

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

01.01 - МР.2218 "С" 2021.21.12.011 ПЗ

МАЩЕНКО ВІТАЛІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

2022 р.

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

УДК 631.356.2.02

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко-технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

Сільськогосподарських машин та
системотехніки ім. акад. П.М. Василенка
(назва кафедри)

Братішко В.В.

(підпис)

(ПІБ)

Гуменюк Ю.О.

(підпис)

(ПІБ)

«___» _____ 2022 р.

«___» _____ 2022 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Дослідження конструктивних та технологічних параметрів
добрізничка гички коренеплодів

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, ст.наук.с.

(науковий ступінь та вчене звання)

Братішко Вячеслав Вячеславович

(підпис)

(ПІБ)

Керівники магістерської кваліфікаційної роботи

д.т.н., проф. каф.
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Теслюк Віктор Васильович

(ПІБ)

старший викладач кафедри
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Вечера Олег Миколайович

(ПІБ)

Виконав

Мащенко Віталій Володимирович

(підпис)

(ПІБ)

КИЇВ – 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

К.Т.Н., доц.

Гуменик Ю.О.

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

(ІНБ)

2022 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Мащенко Віталію Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи Дослідження конструктивних та технологічних
параметрів дообрізки гички коренеплодів

затверджена наказом ректора НУБіП України від «21» грудня 2021 р. № 2218 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Науково – технічна література; результати
науково-дослідних робіт по літературних джерелах по вивченню питання дообрізок гички
коренеплодів.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Стан питання і завдання досліджень.
2. Обґрунтування процесу та конструкційно-технологічних параметрів робочого
органу для дообрізки гички коренеплодів.
3. Програма та методика проведення експериментальних досліджень.
4. Результати експериментальних досліджень.
5. Економічна ефективність впровадження

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 15 слайдах

Дата видачі завдання «11» листопада 2021 р.

Керівники магістерської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Теслюк В.В.

(прізвище та ініціали)

Вечера О.М.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Мащенко В.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Дослідження конструктивних та технологічних параметрів дообрізача гички коренеплодів»

Магістерська кваліфікаційна робота складається з 5 розділів, висновку, списків літературних джерел з 50 найменувань. Основні частини роботи викладені на 92 сторінках друкованого машинописного тексту, розміщує в собі 47 рисунків та 7 таблиць.

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена підвищенню продуктивності та покращенню показників якості роботи машин для дообрізання гички шляхом удосконалення технологічного процесу та розробки і обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів копінно-роторних дообрізувача гички коренеплодів.

На підставі проведених теоретичних та експериментальних досліджень обґрунтовано та рекомендовано раціональні конструктивно-технологічні параметри і режими роботи копінно-роторного дообрізувача гички коренеплодів, що дозволяло підвищити швидкість поступального руху машин для відокремлення гички, зменшити втрати цукроносної маси і залишки гички на головках коренеплодів. У результаті проведених виробничих випробувань та економічних розрахунків доведена ефективність застосування удосконалених технологічних процесів.

Ключові слова: коренеплоди, головка коренеплоду, гичка, процес комбінованого дообрізання гички, копінно-роторні дообрізувачі, математичні моделі, параметр, режим роботи

ВСТУП	Ст. 6
РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	8
1.1. Аналіз сучасних технологій видалення гички і підготовки коренеплодів цукрових буряків до збирання.....	8
1.2. Обґрунтування вибору технологічного процесу і конструкції нового робочого органу для дообрізання гички.....	20
1.2.1. Обґрунтування вибору технологічного процесу дообрізання гички.....	20
1.2.2. Обґрунтування вибору конструкції гичковидальючого механізму.....	22
РОЗДІЛ 2 ОБґРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ТА КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОРґАНУ ДЛЯ ДООБРИЗАННЯ ГИЧКИ КОРИНЕПЛОДІВ	26
2.1. Обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів копірно-роторного дообрізчика гички.....	26
2.1.1. Загальне обґрунтування технологічної схеми та конструкційних параметрів робочого органу.....	26
2.1.2. Теоретичне дослідження процесу копіювання різновисоких головок коренеплодів копірно-роторним дообрізанням гички.....	35
РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	48
3.1. Програма експериментальних досліджень.....	48
3.2. Методика та обладнання лабораторних досліджень.....	48
3.2.1. Конструкція лабораторної установки та методика моделювання вхідних параметрів експериментальних досліджень...	49
3.2.2. Методика лабораторних досліджень.....	53
3.3. Методика та обладнання польових досліджень.....	56

3.3.1. Обґрунтування конструкції польової установки.....	56
3.3.2. Вибір факторів та плану польового експерименту.....	57
3.3.3. Методика проведення польових експериментальних досліджень.....	59
РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	61
4.1. Лабораторні експериментальні дослідження.....	61
4.2. Польові експериментальні дослідження.....	71
4.2.1. Умови проведення досліджень.....	71
4.2.2. Результати польових досліджень.....	72
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДООБРИЗАННЯ ГІТЧКИ КОРЕНЕПЛОДІВ.....	79
ВИСНОВКИ.....	85
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	87
ДОДАТКИ.....	92

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

НУБІП України

Основним завданням збирання цукрових буряків є отримання з одиниць площі максимуму цукроносної маси з її технологічно та економічно обґрунтованими втратами і допустимим вмістом у воросі коренеплодів шкідливих фізичних забруднювачів - гички та ґрунту.

НУБІП України

На втрати цукроносної маси значно впливає процес дообрізання гички коренеплодів. Найменше втрачається цукроносна маса під час копінного зрізу гички коренеплодів. Але в даному випадку швидкість поступального руху

НУБІП України

машин для дообрізання гички коренеплодів не перевищує 1,5 м/с, що не відповідає швидкості поступального руху коренезбиральних машин - 2...2,5 м/с.

НУБІП України

Безкопінний зріз основної маси гички на рівні високо виступаючих коренеплодів зменшує перепад висот виступання головок коренеплодів та інтервал копінного зрізу. Після наступного копінного дообрізання головок

НУБІП України

коренеплодів пасивними ножами покращується їх коніювання, що дозволяє збільшити швидкість поступального руху машин для дообрізання гички коренеплодів до 2 м/с. Негативною стороною такого робочого процесу є

НУБІП України

збільшення втрат цукроносної маси та погіршення якості зрізу. Використання роторних гичкозрізувачів для безкопінного зрізу значно збільшує енергоємність процесу.

НУБІП України

Таким чином, технологічний процес дообрізання гички коренеплода зі зменшеним інтервалом копінного зрізу на даний час недостатньо обґрунтований.

НУБІП України

Сучасні машини для відокремлення гички не досягнули рівня якісного виконання процесу на швидкостях поступального руху співрозмірних із швидкостями коренезбиральних машин. Тому, зменшення втрат цукроносної маси коренеплодів і підвищення продуктивності робочих органів для дообрізання гички коренеплодів є актуальним науково-технічним завданням.

НУБІП України

Мета кваліфікаційної роботи. Зменшення втрат цукроносної маси коренеплодів і підвищення продуктивності робочих органів для дообрізування гички коренеплодів шляхом обґрунтування технологічного процесу та

параметрів копінно-роторного дообрізувача гички коренеплодів.

Відповідно до мети кваліфікаційної роботи визначені такі задачі дослідження:

- здійснити аналіз сучасних технологічних процесів та робочих органів для видалення гички і визначити напрями їх вдосконалення;

➤ розробити математичну модель процесу комбінованого дообрізування гички коренеплодів та обґрунтувати основні технологічні параметри робочого органу;

- обґрунтувати конструкційну схему копінно-роторного дообрізувача

гички коренеплодів;

➤ розробити математичну модель копювання робочим органом різновисоких головок коренеплодів;

- розробити математичну модель динамічної взаємодії робочого органу

з гичкою та головкою коренеплоду;

➤ провести лабораторні та польові експериментальні дослідження для визначення раціональних параметрів та режимів роботи копінно-роторного дообрізувача гички коренеплодів;

- провести польові випробування розробленого пристрою та

визначити показники технологічної ефективності процесу дообрізування гички коренеплодів;

- визначити техніко-економічну ефективність застосування

робочого органу.

Об'єкт досліджування – технологічні процеси дообрізування гички коренеплодів.

Предмет досліджування – вплив параметрів нового робочого органу для дообрізування гички коренеплодів на показник якості відокремлювання гички коренеплодів.

НУБІП УКРАЇНИ

РОЗДІЛ І СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

НУБІП УКРАЇНИ

1.1. Аналіз сучасних технологій видалення гички і підготовки коренеплодів цукрових буряків до збирання

НУБІП УКРАЇНИ

Аналіз чисельних конструкцій робочих органів для видалення гички розглянуто досить детально в роботах Л.В. Погорілого, В.М. Булгакова, М.В. Татьянко, Р.Б. Гевко, В.Я. Мартиненка, М.М. Хелемендика, Я.І. Козіброди, С.В.

Синього, М.Г. Березового та ін., але створення ефективних робочих органів, які

НУБІП УКРАЇНИ

б характеризувались невеликою енергомісткістю, високою продуктивністю та простотою конструкції, залишається актуальним виробничим та науковим завданням.

Найбільш повно наведено огляд конструкцій і технологічних схем та

робочих органів для видалення гички в роботі [35]. Розглянуто історію створення

НУБІП УКРАЇНИ

та розвитку конструкцій, проаналізовано показники якості виконання технологічного процесу основними робочими органами, але відсутні показники енергоємності.

У роботі [5] проведено класифікацію робочих органів для відокремлення

НУБІП УКРАЇНИ

гички. У роботах [37, 39] наведено аналіз різних технологічних схем відокремлення гички, результати порівняльних випробувань машин західноєвропейських фірм Holmer, Ropa, Kleine, Matrot, Grimme, TIM-

Thyregood. Слід відмітити, що оцінка показників якості процесу відокремлення

гички за європейським стандартом носить характер візуальної оцінки, тому

НУБІП УКРАЇНИ

неможливо оцінити масовий вміст гички у воросі коренеплодів після різних машин. Потужність приводу наводиться тільки для окремих машин. Останнім часом з'явилися нові технічні рішення є зміни в технологічних схемах. Тому

аналіз сучасних технологій і технічних засобів дозволить визначити перспективні

НУБІП УКРАЇНИ

конструкції та напрямки їх удосконалення.

Прослідкуємо основні тенденції розвитку робочих органів для видалення гички на прикладі сучасних бурякозбиральних комбайнів та

гичкові докременювальні модулі ведучих вітчизняних та закордонних виробників. Внаслідок аналізу встановлено, що на сучасному етапі при видаленні гички можуть проводитись наступні операції [35, 37, 39]: зріз основної маси гички на коренеплоді, що росте; видалення основної маси гички ударними взаємодіями (дефоліація); дообрізання головок коренеплодів з рештками гички, що залишились після зрізу основної маси гички; очищення головок коренеплодів від залишків гички; подрібнення гички та розподілення її в рядках або міжряддях; часткове доподрібнення рослинних решток у міжряддях; видалення гички із зони рядків транспортування гички у транспортний засіб або на зібране поле.

Для проведення аналізу різних технологічних схем сучасних машин визначенні сучасних тенденцій розвитку конструкцій класифікуємо технологічний процес підготовки коренеплодів до викопування за вищенаведеними операціями (рис. 1.1).

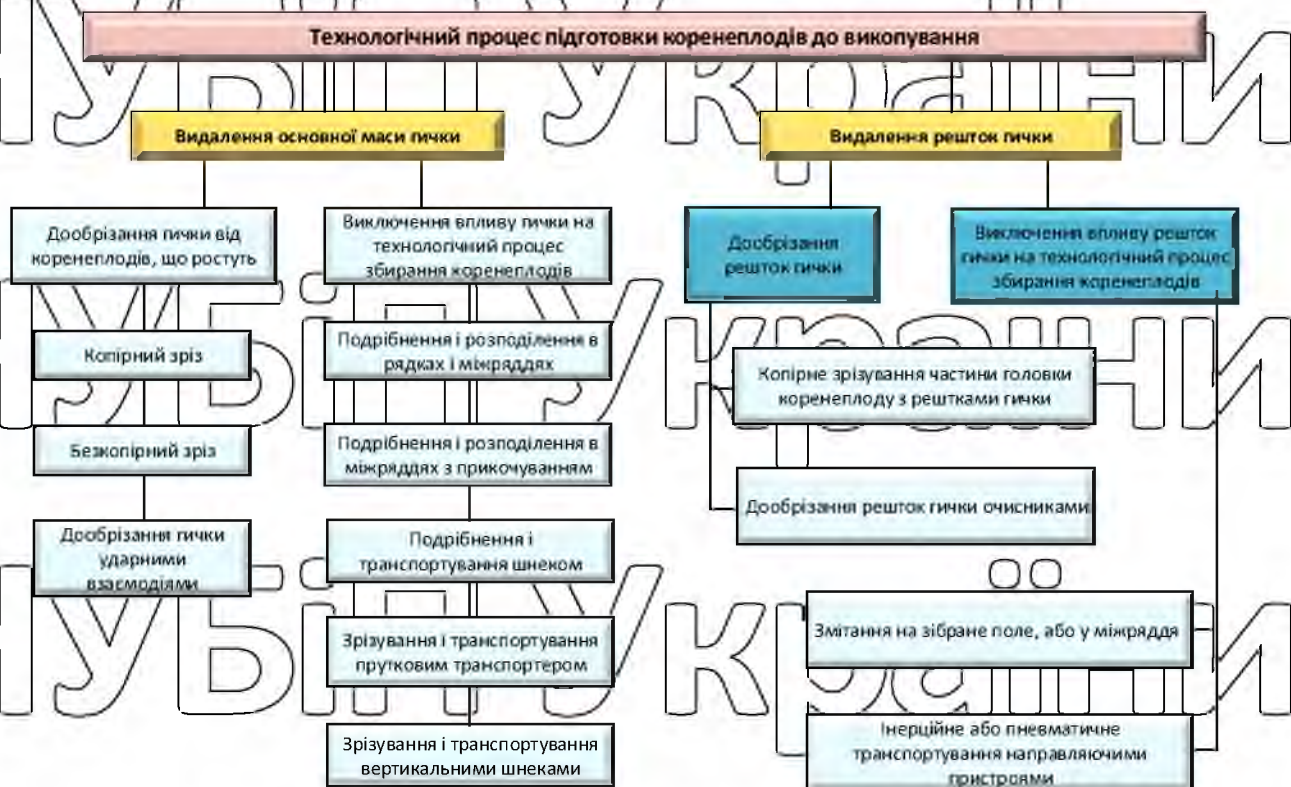


Рис. 1.1. Класифікація технологічного процесу підготовки коренеплодів до викопування.

На основі даної класифікації проаналізуємо застосування операцій

видалення гички у технологічних схемах машин провідних фірм світу. Також в доброзимо конструкції робочих органів, за допомогою яких реалізуються дані операції. Зріз основної маси гички може здійснюватись з копіюванням головок коренеплодів або без їх копіювання на фіксованій висоті відносно поверхні ґрунту. Видалення гички ударними взаємодіями проводять за допомогою роторів-дефолтаторів 1 (рис. 1.4.) з гнучкими елементами. При цьому переважно використовуються наступні механізми: ротори з нахилом під кутом до горизонту (рис. 1.2.), горизонтальною (рис. 1.3.), або вертикальною (рис 1.5.) осями обертання.

На прикладі комбайна Garford Victor (рис. 1.3.) можна розглянути реалізацію даної технологічної схеми за допомогою принципозв інших робочих органів.

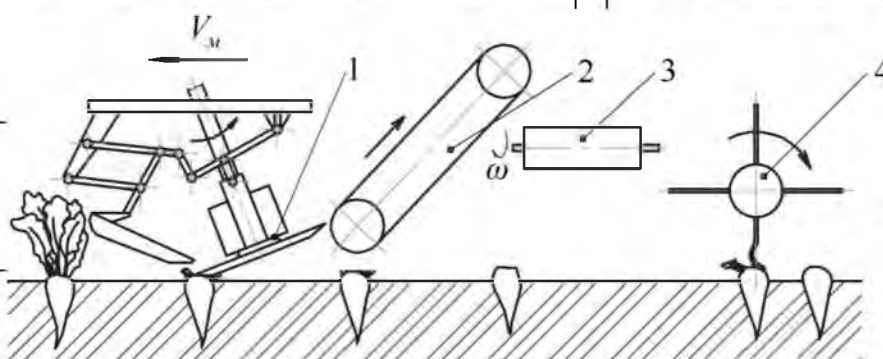


Рис. 1.2. Характерна технологічна схема видалення гички машиною БМ-6А.

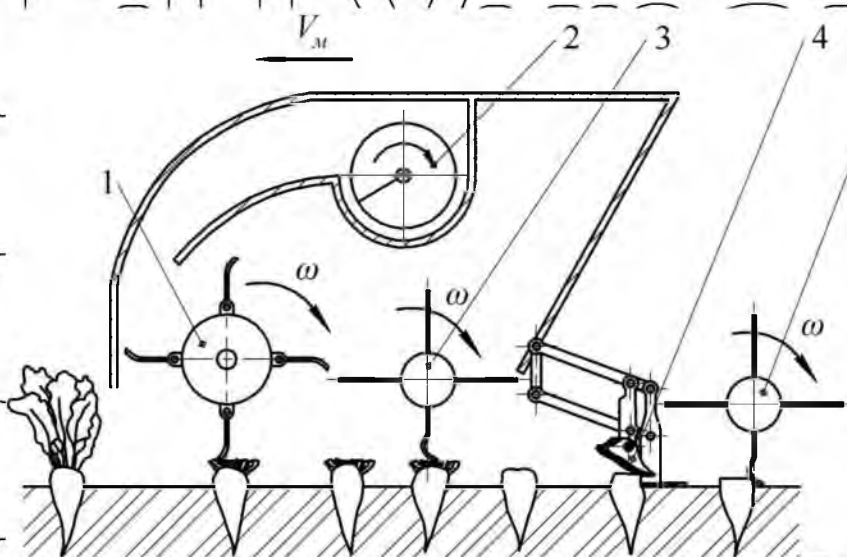
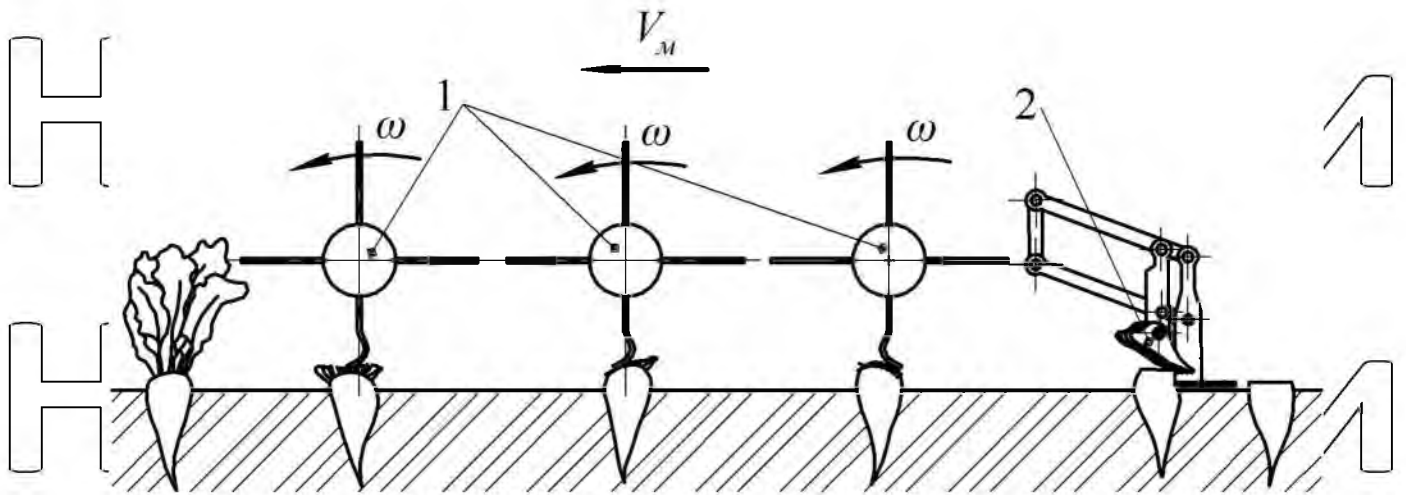


Рис. 1.3. Модуль для видалення гички фірми Kleine.



6

Рис. 1.4. Технологічна схема машини для видалення гички машиною WIS фірми Amity Technology.

Зріз гички також відбувається шляхом безкопінного зрізу активними ножами з вертикально-шнековими транспортуючими робочими органами, а очищення решток гички на головках коренеплодів проводиться очисниками активного типу з жорсткою гперболічною поверхнею.

Розподілення гички в міжряддях проходить одночасно з процесами зрізання та подрібнення шляхом застосування направляючих поверхонь у кожусі різального ротора. Також відома практика вдавлювання рослинних решток у ґрунт в міжряддях (рис. 1.6.).

Для транспортування гички переважно застосовуються шнеки 2 (рис. 1.3.), пруткові транспортери 2, 3 (рис. 1.2.) або набір вертикальних турбін 1 (рис. 1.5.).

Видалення рослинних решток із зони міжрядь проводиться з використанням вентиляторного ефекту в роторних гичкорізах з горизонтальною віссю обертання (рис. 1.6.).

Очищення головок коренеплодів від решток гички здійснюється роторами з гнучкими робочими органами очисниками (рис. 1.8). Найбільш поширені з них лопатеві очисники. Видалення залишків гички із зони рядків виконуються шляхом змітання на зібране поле або застосуванням інерційно-вентиляторного ефекту.

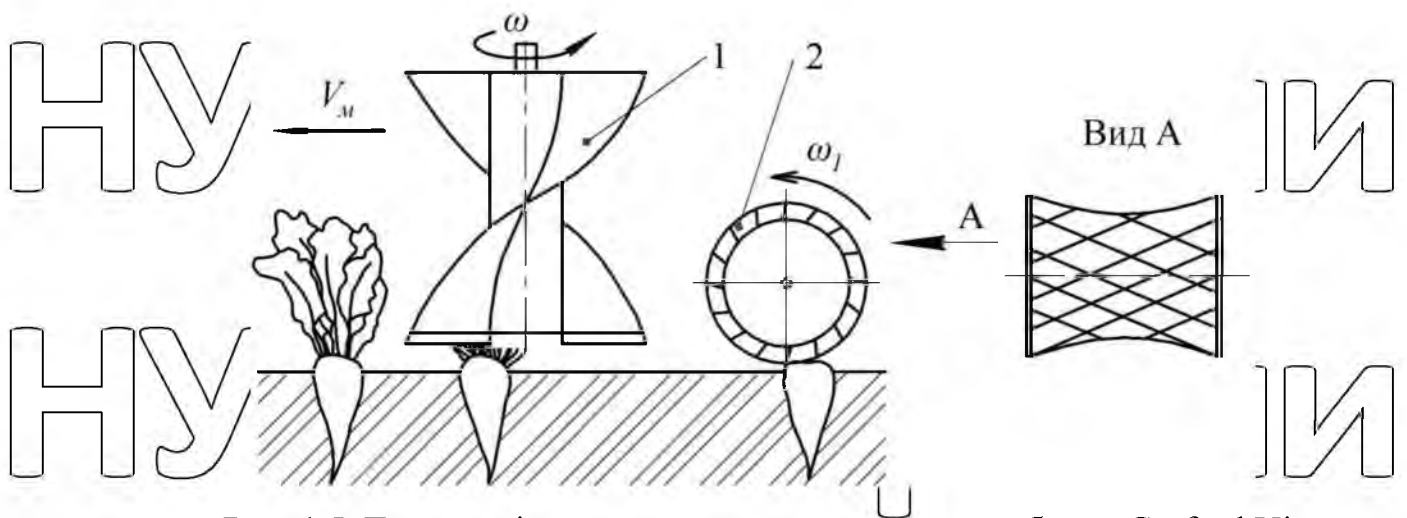


Рис. 1.5. Технологічна схема видалення гички комбайна Garford Victor.

Чітко прослідковується тенденція застосування у переважній більшості машин ведучих світових фірм Holmer, Rora, Kleene та Moseau та ін. безкопирного зрізу гички ротором з горизонтальною віссю обертання та копірного дообрізання головок коренеплодів пасивними дообрізувачами (рис. 1.3.; рис. 1.6.).

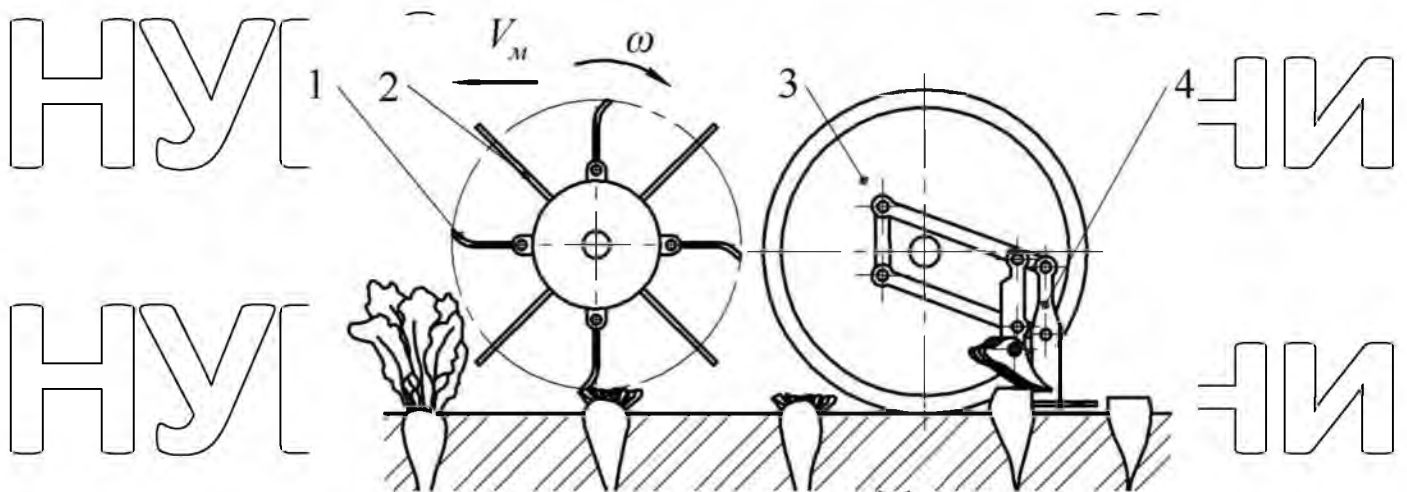


Рис. 1.6. Технологічна схема видалення гички фірми Grimme:

1 - робочі органи для відокремлення гички; 3 - котки для вдавлювання подрібненої гички в ґрунт.

В окремих комбайнах застосовується дещо змінена технологічна схема видалення гички. Замість дугоподібних ножів на роторному гичкорізі застосовуються ножі різних форм, що дозволяють подрібнювати гичку та залицати її в рядках і міжряддях, при цьому гичка подрібнюється до такого ступеня, що вже не впливає на роботу викопувальних робочих органів коренезбиральних машин.

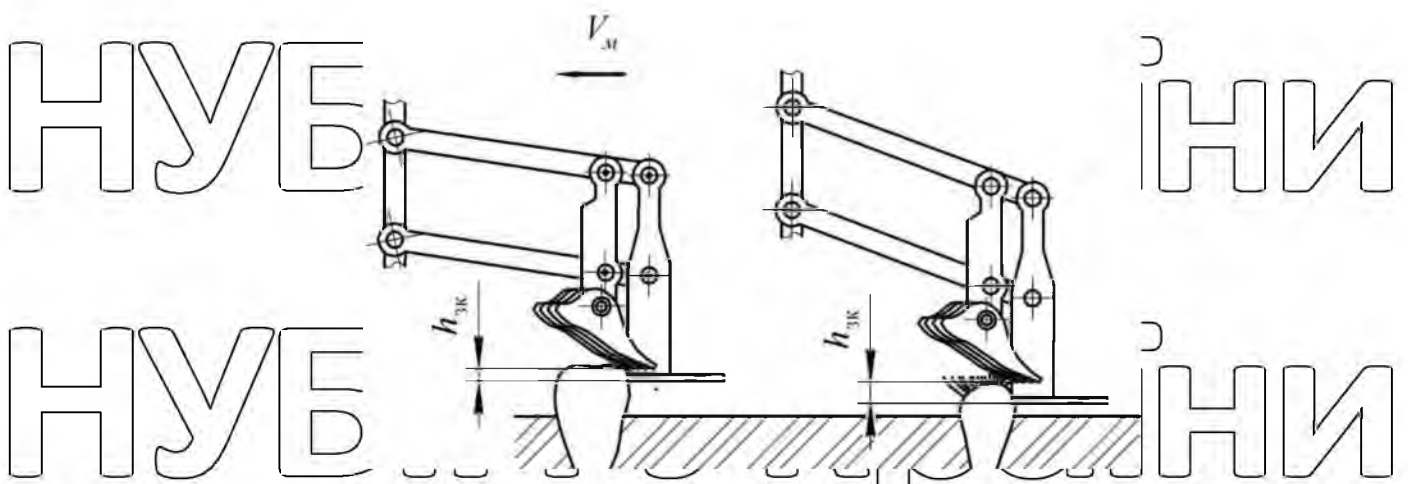


Рис. 1.7. Дообрізувач головок коренеплодів від решток гички пасивного типу зі зворотною вертикальною поправкою фірми Holmer.

Оригінальне технічне рішення для відокремлення гички використала фірма Grimme в своєму комбайні Maxtron 620. У ньому гичка зрізується лише над рядками, секційно розташованими дугоподібними ножами (рис. 1.6.). На валу роторного гичкоріза в зоні міжрядь розміщені поліуретанові біла, що на 30 мм довщі за ножі. Завдяки всмоктувальному ефекту, що створюють довші біла, рослинні рештки підбираються із зони рядків і подаються в зону ножів на додрібнення. Подрібнена гичка за допомогою направляючих щитків, що розташовані на кожусі, розподіляється в міжряддях і вдавлюється в ґрунт стальними котками.

Фірма Grimme також випускає причіпні коренезбиральні машини Rootster 604. Вони працюють в комплексі з гичкозбиральною машинною BM 330/300. Технологічний процес відокремлення гички в даній машині проходить у три стадії (рис. 1.8.).

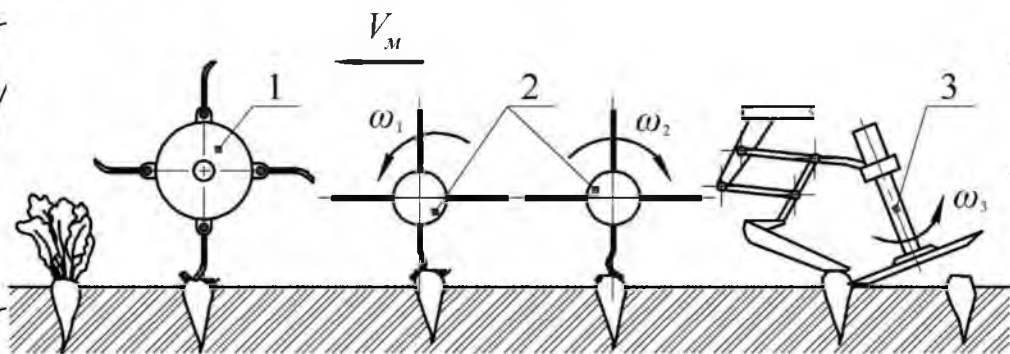


Рис. 1.8. Технологічна схема гичковідокремлювальної машини фірми Grimme BM 330.

Спочатку гичка зрізується роторним гичкорізом з металевими дугоподібними ножами. Ножі розміщені на валу ротора по гвинтовій лінії. Наступною операцією є очищення головок коренеплодів від решток не зрізаної гички двома валами, що обертаються в протилежних напрямках.

На валах шарнірно закріплені поліуретанові біла. Після очищення коренеплоди додатково дообрізаються. Гичкорізальний апарат, що тут застосовується для дообрізання головок коренеплодів, складається з гребінчастого копіра та активного дискового ножа.

Гичкозбиральна машина WIC фірми Amity Technologi [16] має оригінальну конструкцію робочих органів. Замість традиційного роторного зрізувача гички в ній застосовано тривальний оббивач-подрібнювач гички (дефоліатор). Робочі органи (біла) виготовлено з гуми високої механічної міцності.

Робоча частина бил містить металеві вставки, що збільшує силу удару бил під час їх входження в контакт з гичкою. За рахунок високої інтенсивності дії бил гичка подрібнюється на частки малих розмірів і розпорюється в міжряддях, не чинячи негативного впливу на роботу коренезбиральної машини.

Остаточне завершення процесу зрізування гички з коренеплодів здійснюється пасивними ножами-дообрізувачами, які рухаються над кожним з рядків і мають індивідуальну систему копіювання висоти головок коренеплодів.

З наведеного аналізу, можна зробити висновок, що основна маса гички видаляється: безкопірним зрізом гички з копірним дообрізанням головок коренеплодів (рис. 1.9.); копірним зрізом гички з очищенням головок коренеплодів від решток гички (рис. 1.10.); ударною взаємодією (рис. 1.11.). Технологічна схема (рис. 1.9.) характеризується складністю конструкцій, що застосовуються, металомісткістю та високими енерговитратами через застосування роторів з горизонтальним і вертикальним розташуванням осі обертання. Унаслідок застосування безкопірного зрізу якість видалення гички в даній технологічній схемі недостатня та можливі відходи цукроносної маси у гичку, що перевищують агротехнічні вимоги. Поступальна швидкість руху в

даній схемі не перевищує 1,8 м/с, оскільки робочі органи для пасивного дообрізання головок коренеплодів при підвищенні швидкості вибивають коренеплоди та утворюють сколи зрізаної поверхні. Також слід відмітити, що нерівності ґрунту викликають коливання машини. У поєднанні з варіюванням висот виступання головок коренеплодів відносно ґрунту це суттєво погіршить якість зрізу.

Безкопінний зріз високовиступаючих головок коренеплодів

Копінне дообрізування головок коренеплодів

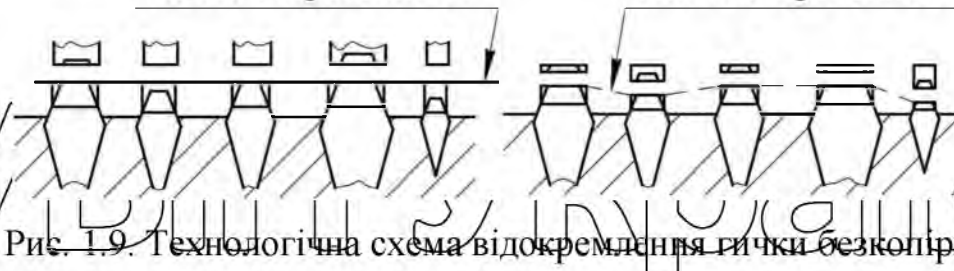


Рис. 1.9. Технологічна схема відокремлення гички безкопінним зрізом з копінним дообрізуванням головок з рештками гички.

Видалення гички копінним зрізом

Доочищення очисником

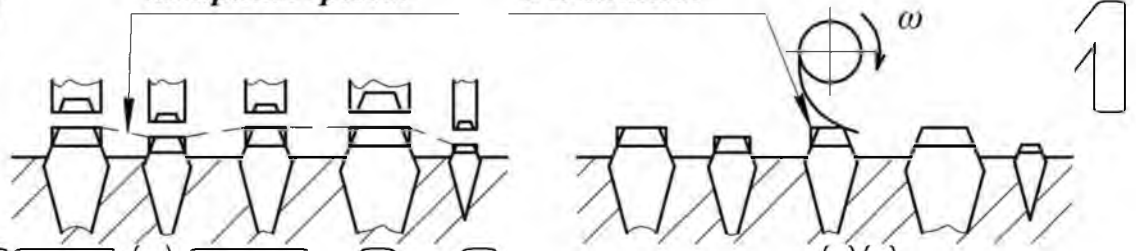


Рис. 1.10. Технологічна схема відокремлення гички копінним зрізом та доочищенням головок коренеплодів очисниками

Видалення гички дефоліаторами за допомогою ударних взаємодій

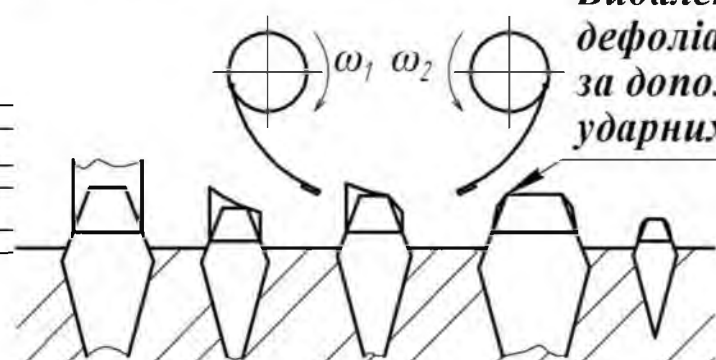


Рис. 1.11. Технологічна схема відокремлення гички дефоліацією з використанням ударних взаємодій

Унаслідок збільшення товщини зрізу головки вміст залишків гички на коренеплодах знизиться, але підвищаться втрата цукроносної маси. За результатами незалежних випробувань [37] кількість коренеплодів з висотою

гички більше 2 см становила в машин даної технологічної схеми в середньому 2%; високо зрізаних коренеплодів - 26,6%; низько зрізаних - 7,5%, а нормально зрізаних коренеплодів - 60,1%. Така статистика свідчить про наявність втрат цукроносної маси та значні залишки гички на коренеплодах. Ці результати наведені для середньої робочої швидкості руху машин 6 км/год., яка є невеликою

швидкістю руху і вибір її зумовлений прагненням отримати якомога задовільнішу якість роботи пасивних дообрізувачів. Така технологічна схема дозволяє зменшити залишки гички на коренеплодах, але продуктивність процесу збирання коренеплодів залишається на невисокому рівні.

Завдяки застосуванню безкопінного зрізу ротором з вертикальною віссю обертання (рис. 1.5.) в парі з очисником активного типу (комбайн Garford Victor) якість відокремлення гички покращується, але можливі пошкодження та вибивання коренеплодів з ґрунту. Враховуючи, що необхідна потужність приводу подібної машини МГШ - 6 становить 24,7 кВт, то на зрізання і транспортування гички затрачається значна кількість енергії.

Поєднання безкопінного зрізу з дообрізкою головок коренеплодів копірними різальними апаратами активного типу невеликої маси (машина Grimme BM 330) дає змогу більш якісно відокремлювати гичку на робочих швидкостях до 1,8 м/с, але при цьому необхідна потужність становить 75...90 кВт.

Технологічна схема (рис. 1.10.) із застосуванням копірного зрізу та доочищення головок коренеплодів очисником (БМ-6Б) також характеризується складністю конструкції та металомісткістю через необхідність застосування копіювального пристрою в парі з різальним робочим органом. Якість видалення гички в такій технологічній схемі значно краща, проте поступальна швидкість руху машини при цьому не висока - до 1,5 м/с. Це зумовлено тим, що на підвищених швидкостях в ланках копіювального механізму і в різучому

робочому органі виникають інерційні зусилля і копіювання головок погіршується. Повна потужність, необхідна для забезпечення технологічного процесу, складає 44 кВт.

Видалення гички ударними взаємодіями відзначається (окремі моделі машин WIC) значними витратами енергії, внаслідок додаткового подрібнення гички, малоефективної дії робочих елементів і, як наслідок, виникнення необхідності застосування трьох валів із різними напрямками обертання (рис. 1.11.). У цьому випадку гичка подрібнюється і розподіляється нанезібраному полі.

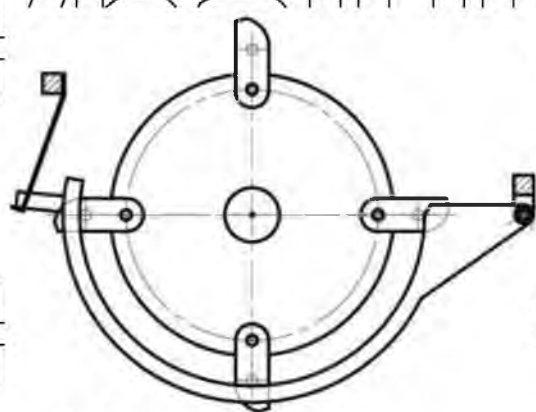
При підвищенні робочої швидкості вище 1,8 м/с якість видалення гички залишається невисокою, необхідна потужність приводу становить 75-90 кВт. Але слід відмітити краще копіювання головок коренеплодів очисними робочими органами.

Окремі дослідники [4, 36] намагалися створити ефективні робочі органи, які об'єднують в собі добре копіювання очисників і низьку енергомісткість та високу якість роботи гичкорізальних апаратів. На (рис. 1.12.) представлені "жорсткі" очисники, які, як правило, використовуються для доочищення головок цукрових буряків. Очисник з робочими органами, наведеними на (рис. 1.12. а),

розроблявся на Тернопільському комбайновому заводі як дообрізчик головок коренеплодів після попереднього зрізу гички іншими робочими органами.



а



б

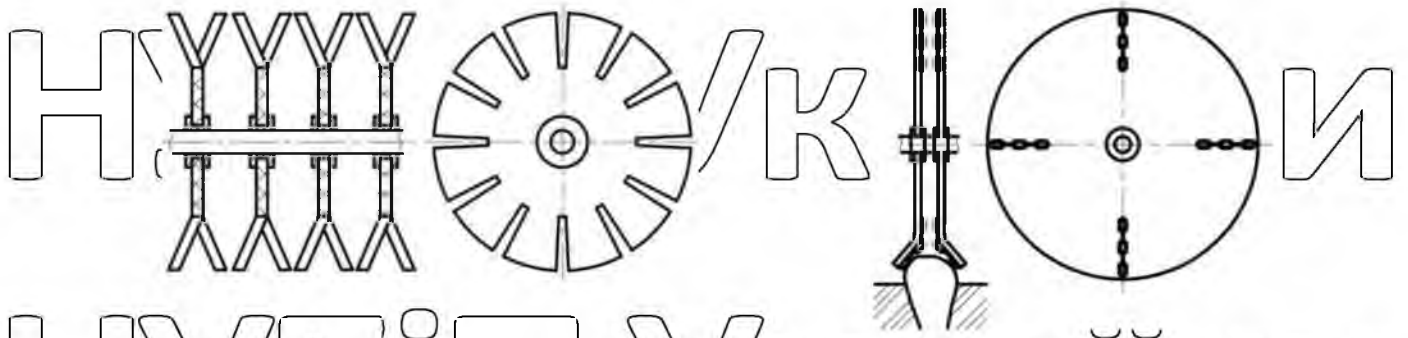


Рис. 1.12. Конструкції очисників головок коренеплодів жорсткої дії з горизонтальною віссю обертання: *а і б* - відцентрові; *в* - дисково-сегментний; *г* - дисковий

Шарнірне закріплення жорсткої лопаті криволінійної форми (рис. 1.12 б) в обертовому русі дозволяє отримати ефект ковзання лопаті по головці коренеплоду, відновлювати її вихідне положення під дією відцентрових сил.

Крім цього, відцентрова сила притискає робочий елемент до головки коренеплоду. Недоліком такого робочого органу є зменшення його абсолютної швидкості в момент взаємодії з головкою коренеплоду.

При взаємодії гнучкого диска (рис. 1.12. г) з головкою проходить його деформація перпендикулярно до площини обертання. За допомогою пружних та відцентрових інерційних сил він притискається боковою поверхнею до головки.

Швидкість ковзання завдяки боковій деформації диска досить висока, що сприяє більш інтенсивному очищенню. Аналізуючи роботу даних очисників, слід відмітити високу ступінь очищення коренеплодів від гички при підвищених швидкостях. Але використання таких робочих органів приводить до вибивання

коренеплодів з ґрунту і подальших їх втрат. Доочищення сегментно-дисковим очисником (рис. 1.12 в) в основному відбувається за рахунок інтенсивної взаємодії торців сегментів з головками коренеплодів.

При цьому торці сегментів значно деформуються, проходить їх інтенсивне зношення і обривання країв. Використання таких робочих органів доцільне лише в зоні рядків, тому що інтенсивна взаємодія по всій ширині захвату може привести до непродуктивних затрат енергії. У переважній

більшості бурякозбиральних машин провідник світових фірм Holmer, Rora,

Kleine, Moreau та ін. чітко прослідковується тенденція застосування попереднього безкопінного зрізу гички ротором з горизонтальною віссю обертання та наступного копінного дообрізання головок коренеплодів пасивними дообрізувачами. При попередньому безкопінному зрізі високовиступаючих коренеплодів зменшується перепад висот виступання і відповідно діапазон копінювання головок коренеплодів.

Таким чином, на сучасному етапі загальними тенденціями розвитку технологічного процесу і робочих органів для видалення гички є:

- повернення окремих фірм (Grimme, Amity Technology) до копінного дообрізування головок коренеплодів активним ножем, як найбільш ефективного за енерговитратами та якістю, способу відокремлення гички;

- використання у конструкційно-технологічних схемах гичковидальючих робочих органів способу зменшення діапазону копінного зрізу, що приводить до зменшення шкідливих інерційних зусиль у робочому органі та його динамічних навантажень на коренеплід і покращення точності копінювання головок коренеплодів;

- підвищення продуктивності та якості процесу відокремлення гички вирішується шляхом збільшення кількості операцій (Grimme, WIC), що є енерговитратним, матеріаломістким та високовартісним шляхом удосконалення технологічного процесу та робочих органів.

Отже, необхідно проводити лише технологічно необхідні операції з підготовки коренеплодів до збирання. Удосконалення технологічного процесу та пошук нових технічних рішень необхідно проводити у напрямку:

- обґрунтування технологічних параметрів комбінованого зрізу, що внаслідок зменшення інерційних навантажень підвищить робочу швидкість копінного зрізу;

- створення робочого органу, який поєднає в собі низьку енергомісткість різальних робочих органів і якісне коніювання головок коренеплодів очисними робочими органами.

1.2. Обґрунтування вибору технологічного процесу і конструкції нового робочого органу для дообрізання гички

1.2.1. Обґрунтування вибору технологічного процесу дообрізання гички.

Робочі органи відомих ГЗА копірного типу розраховані на копіювання всього інтервалу розподілення висот виступання головок коренеплодів. Необхідність копіювання великого перепаду висот призводить до погіршення копіювання головок коренеплодів, збільшення динамічних навантажень з боку ГЗА на коренеплід, що приводить до вибивання коренеплоду або неякісного зрізу гички.

У бурякозбиральних машин ведучих світових фірм застосовується безкопирний зріз основної маси гички та наступне копірне дообрізання головок коренеплодів. Враховуючи конструкційно-технологічну особливість копірного дообрізувача, яка полягає в тому, що він не копіює ті головки коренеплодів, виступання яких над рівнем ґрунту є меншим за вертикальний зазор між копіром і ножем, а також ніж не може проходити нижче рівня ґрунту, то можна вважати, що в даному випадку проходить безкопирний зріз низьковиступаючих головок коренеплодів на рівні ґрунту. Таким чином при безкопирному зрізі високо- і низьковиступаючих коренеплодів зменшується перепад висот виступання і відповідно діапазон копіювання головок коренеплодів. Зменшення діапазону копірного зрізу приводить до покращення точності копіювання головок коренеплодів.

Допустимо, що висоти виступання головок коренеплодів над рівнем ґрунту не заперечують нормального закону розподілу випадкової величини. Відомо, що в інтервалах $[m; m + \sigma]$, $[m + 2\sigma]$, $[m + 3\sigma]$ знаходиться відповідно 34%, 14%, 2% коренеплодів [14]. Якщо 4% коренеплодів з інтервалу $[m - 2\sigma; m - 3\sigma]$ та $[m + 2\sigma; m + 3\sigma]$, зрізати безкопирним зрізом за допомогою більшпростих пристроїв, то при цьому перепад висот виступання головок коренеплодів над рівнем ґрунту зменшиться. Зменшення діапазону копірного зрізу може привести до покращення показників якості відокремлення гички.

На даний час відсутнє наукове обґрунтування раціональних діапазонів

безкопінного зрізу, низько і високо виступаючих коренеплодів та копінного зрізу середньо виступаючих коренеплодів. Тому зменшення діапазону копінного зрізу шляхом обґрунтування раціональних параметрів комбінованого зрізу є актуальним виробничим і науковим завданням.

Для обґрунтування раціональних параметрів комбінованого зрізу необхідно вирішити наступні завдання:

➤ на основі методики [4] моделювання безкопінного зрізу необхідно охарактеризувати об'єкт дослідження (посів цукрових буряків), розробити алгоритм і програму копінного зрізу на фіксовану товщину;

➤ дослідити безкопінний і копінний зріз в різних інтервалах висот виступання головок коренеплодів над рівнем ґрунту і визначити можливість застосування комбінованого зрізу;

Моделювання впливу параметрів коренеплодів, характеристик посіву і технологічного параметра - висоти зрізу на процес безкопінного зрізу наведено в роботі [4]. При моделюванні прийнято наступні допущення:

➤ основні параметри головок коренеплодів та гички знаходяться у функціональній залежності від висоти їх виступання над рівнем ґрунту;

➤ висота виступання головок коренеплодів над рівнем ґрунту є випадкова величина і розподіляється за нормальним законом:

$$f(h) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(h-m)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (1.1.)$$

де m - математичне сподівання випадкової величини h ;

σ - середньоквадратичне відхилення випадкової величини h ;

➤ поверхня ґрунту ідеально рівна;
➤ головки коренеплодів мають форму зрізаного конуса і максимальний діаметр коренеплодів розташований нижче рівня ґрунту (рис. 1.15);

➤ основні параметри коренеплоду знаходяться у наступних лінійних залежностях від висоти виступання головок коренеплодів:

$$h_{3Л} = a \cdot h + b, \quad d_1 = c \cdot h + n, \quad (1.2.)$$

де, a, b, c, n - постійні величини;

пучок гички біля головки коренеплоду має циліндричну форму;
 коренеплоди за розташуванням гички і головки відносно поверхні
 поля поділяються на три групи: вершина головки та гичка розташована над
 рівнем ґрунту; вершина головки розташована над рівнем ґрунту, а основа
 зелених листків гички нижче рівня ґрунту; вершина головки та основа зелених
 листків знаходяться нижче рівня ґрунту;
 інерційні коливання робочого органу відносно поверхні ґрунту
 відсутні;

поверхня зрізу головки коренеплоду горизонтальна і рівна;
 рівень зрізу всіх головок коренеплодів паралельний поверхні
 ґрунту.

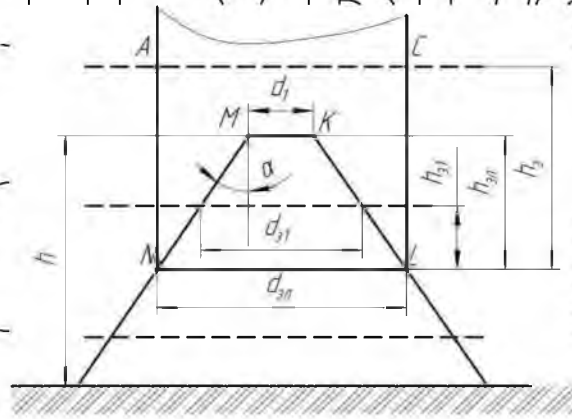


Рис. 1.13. Модель головки коренеплоду.

Основними параметрами коренеплодів, що використовуються при
 моделюванні є: $h_{зл}$ - відстань від вершини головки до основи зелених листків; $h_{зк}$
 - висота зрізаного циліндра гички; $h_{зг}$ - висота зрізаної частини головки
 коренеплоду; h - висота виступання головки; d_1 - діаметр вершини головки
 коренеплоду; $d_{зл}$ - діаметр жмута гички; $d_{зг}$ - діаметр головки коренеплоду в
 площині зрізу; α - половина кута конусності головки.

1.2.2. Обґрунтування вибору конструкції гичковиделяючого механізму

Дособрізувальні апарати копінного типу, які застосовуються в сучасних
 гичковидобривальних машинах мають розділені в часі операції копіювання

голівки коренеплоду та видалення основної маси чи решток гички. Також ці операції здійснюються різними робочими елементами, копіювальним та гичковидаляючим, між якими є необхідний кінематичний зв'язок. Тому дообрізувальні апарати такої конструкції характеризуються невеликою продуктивністю через виникнення динамічних навантажень під час процесів копіювання голівок коренеплодів на підвищених швидкостях. Даний недолік приводить до вибивання коренеплодів з ґрунту і їх пошкодження. Задовільно такі дообрізувальні апарати працюють лише з малою продуктивністю. В роботах [4]

запропоновані дообрізувальні апарати з поєднанням копірного елемента та гичковідокремлювального елемента. Такі дообрізувальні апарати характеризуються відсутністю складного кінематичного зв'язку між копірним та гичковидаляючим елементами, меншою масою гичковідокремлювального апарату; можливістю застосування відцентрової сили, а не сили ваги для керування копіювальним елементом і відповідно їм необхідно менше часу на відновлення вихідного положення після взаємодії з голівкою коренеплоду. Це дозволяє збільшити поступальну швидкість і продуктивність процесу відокремлення гички.

Можна окреслити два шляхи вдосконалення копірних гичковідокремлювальних апаратів. Перший це зменшення маси гичковидаляючих елементів, що є складно через потребу підведення індивідуального приводу до кожного елемента, наявність кінематичного зв'язку між копіювальним та гичковидаляючим елементами і необхідність забезпечення необхідної міцності конструкції самого гичковідокремлювального апарату. Тому доцільно піти по шляху поєднання копірного і гичковидаляючого елемента із застосуванням відцентрової сили, яка буде діяти на них, для забезпечення контакту комбінованого робочого елемента з коренеплодом та відновлення робочим елементом вихідного положення перед наступним копіюванням.

Обігруємо встановлення осі обертання ротора по відношенню до умовної осі рядка. Вісь обертання ротора гичковідокремлювального апарату розташуємо паралельно умовній осевій лінії рядка, щоби високі коренеплоди не

створювали «тіньові зони» для наступних низьких і не погіршували копіювання їх головок.

При відхиленні шарнірно закріплених чи гнучких робочих елементів в площині обертання абсолютна швидкість контактної частини при взаємодії може знижуватись до нульового значення (для очисників це швидкість ковзання, а для ріжучих елементів швидкість різання). Тому, нами пропонується застосувати для зрізу гички робочий орган з відхиленням робочих елементів від площини обертання (рис. 1.16), що буде складатись з набору шарнірно закріплених робочих елементів, які поєднують в собі копірну та ріжучу частину. В своїй

сукупності дані елементи утворюють копірний конус, який може змінювати свій кут конусності при відхиленні робочих елементів голівкою коренеплоду. В даному випадку абсолютна швидкість буде дорівнювати векторній сумі поступальної швидкості та лінійних швидкостей ріжучої частини в обертових рухах навколо осі обертання ротора і осі підвісу робочого елемента.

Конструкційно-технологічні параметри ротора можна підібрати таким чином, що мінімальна швидкість ріжучої частини буде дорівнювати необхідній швидкості різання.

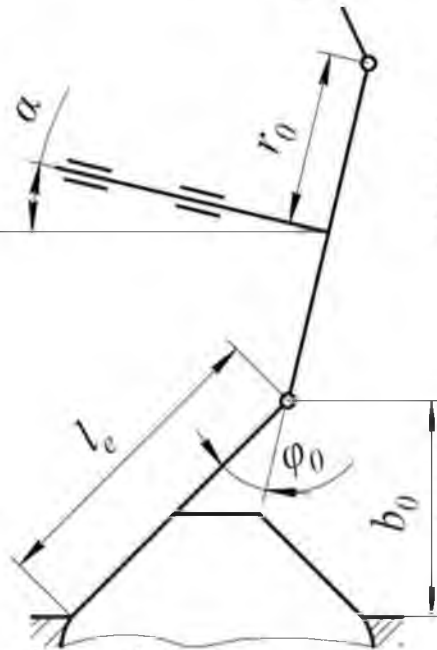


Рис. 1.14. Схема копірно-роторного робочого органу.

Основними конструкційно-технологічними параметрами робочого органу будуть (рис. 1.16.): радіус осі підвісу робочих елементів r_0 ; початковий кут

відхилення робочого елемента від площини обертання φ_0 ; висота розміщення осі підвісу робочого елемента над рівнем поверхні ґрунту b_0 ; довжина робочого елемента l_e ; кут нахилу осі ротора α .

Режимами роботи цього робочого органу є поступальна швидкість машини V , кутова швидкість обертання ротора ω .

Таким чином, робота всіх копірних гичковидальючих апаратів характеризується наступними фазами: фаза підйому на коренеплід, фаза руху по головці коренеплоду, фаза опускання. В кожній фазі копірна частина робочого

елементу повинна забезпечити: в фазі підйому на головку коренеплоду -

наведення ріжучої частини в оптимальну площину зрізу головки коренеплоду; в

фазі руху по головці коренеплоду - горизонтальність площини зрізу та

утримання ріжучого елемента в площині зрізу, в фазі сходу з головки

коренеплоду - утримання ріжучого елемента в площині зрізу та відсутність

підрізання основи головки коренеплоду; Отже, для вивчення процесу взаємодії

та визначення раціональних параметрів робочого органу необхідно розробити

теоретичні моделі взаємодії робочого органу з коренеплодами цукрових буряків.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2 ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ТА КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ ДООБРИЗАННЯ ГИЧКИ КОРЕНЕПЛОДІВ

2.1. Обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів копірнороторного дообрізання гички коренеплодів

2.1.1. Загальне обґрунтування технологічної схеми та конструкційних параметрів робочого органу.

Таким чином, зменшення втрат цукроносної маси коренеплодів і підвищення продуктивності процесу дообрізання гички можливе шляхом наукового обґрунтування технологічного процесу дообрізання гички із зменшеним діапазном копінного зрізу. Реалізація такого технологічного процесу можлива шляхом створення нового високоєфективного робочого органу, що поєднує операції копіювання та дообрізання гички (рис. 2.1.).

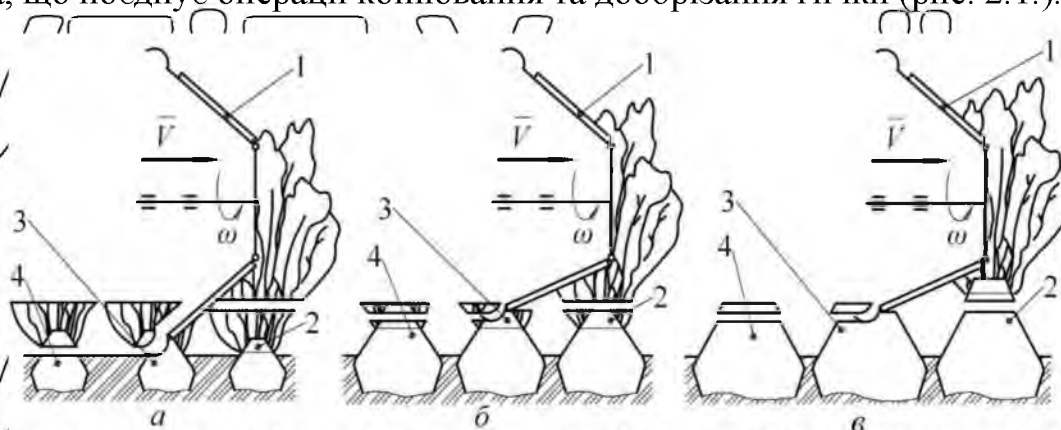


Рис. 2.1. Технологічна схема зрізу гички: а, б, в - відповідно низьких, середніх та високих коренеплодів.

Такий робочий орган може виконувати як самостійний копінний зріз так і комбінований зріз. При великому перепаді висот виступання половин коренеплодів над рівнем ґрунту застосовується комбінований зріз де передбачається безкопінний зріз на рівні високих коренеплодів (позиція 2 на рис. 2.1. а, 2.1. б, 2.1. в), копінний зріз коренеплодів (позиції 3, 4 на рис. 2.1. б та 2.1. в) та безкопінний зріз низьких коренеплодів (позиція 3, 4 на рис. 2.1. а) робочим органом 1. При низькому розташуванні головок коренеплодів відносно поверхні

грунту відпадає потреба у безкопінному зрізі високовиступаючих коренеплодів і проводиться тільки безкопінний зріз низько виступаючих коренеплодів та копінний зріз решти коренеплодів.

Основними конструкційними параметрами, якими визначається робочий орган (рис. 2.2) є: α - кут нахилу осі ротора до горизонталі; l_e - довжина робочого елемента; ρ_0 - кут встановлення робочого елемента до площини обертання; r_0 - радіус осі підвісу) робочих елементів. Режимми роботи даного робочого органу визначаються кутовою швидкістю ω ротора і поступальною швидкістю машини V .

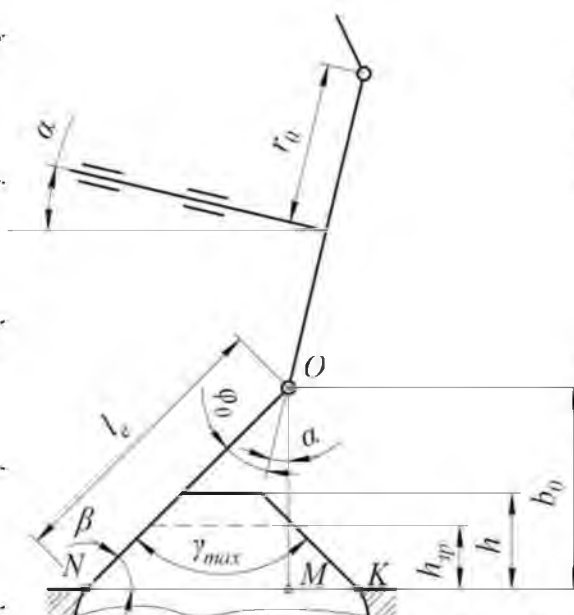


Рис. 2.2. Схема визначення основних конструкційних параметрів копірно-роторного дообрізувача гички.

Кут нахилу робочого елемента до горизонту β визначимо з умови не підрізання основи головки на початку фази копіювання головки коренеплоду.

Для виконання цієї умови необхідно копірну частину робочого елемента розмістити паралельно твірній умовного конуса коренеплоду. Відомі дослідження кута конусності коренеплодів γ згідно яких він складає 60° - 100° .

Для визначення кута встановлення робочого елемента до горизонту використаємо максимальне значення кута конусності головок коренеплодів 100° .

Якщо кут при вершині конуса γ то відповідно кут β , що є кутом встановлення робочого елемента, буде відповідати куту нахилу твірної конуса до горизонту

$$\beta = \frac{1}{2} \cdot (\pi - \gamma), \quad (2.1)$$

Підставивши значення, отримаємо $\beta = 40^\circ$.

Визначимо висоту розташування осі підвісу робочого елемента над рівнем ґрунту b_o . Значним чином на конструкційно-технологічні параметри ротора буде впливати максимальна висота виступання головок коренеплодів над рівнем ґрунту h (рис. 2.2). На основі досліджень процесу комбінованого зрізу гички цукрових буряків приймемо значення $h = 90$ мм, що відповідає висоті зрізу високо виступаючих коренеплодів і втратам цукроносної маси при зрізі менше 0,5% для всіх характеристик розподілу головок коренеплодів над рівнем ґрунту. Висота встановлення ротора над рівнем ґрунту буде визначатись також із умови не торкання шарніром головок максимально виступаючих коренеплодів. Враховуючи конструкційні розміри шарніра, приймемо відстань від осі шарніра до поверхні ґрунту $b_o = 110$ мм.

Довжину робочого елемента l_e визначимо з умови мінімальної довжини таторкання кінцем елемента рівня ґрунту, тому що збільшення його довжини приведе до збільшення габаритних розмірів і зростання відцентрових сил інерції. При встановлених значеннях висоти розташування осі підвісу b_o та кута нахилу робочого елемента до горизонту β визначимо значення l_e як гіпотенузи прямокутного трикутника NOM (рис. 2.2.):

$$l_e = \frac{b_o}{\sin \beta}, \quad (2.2)$$

Провівши розрахунок, отримаємо $l_e = 155$ мм.

Обґрунтування початкового кута відхилення робочого елемента від площини обертання φ_o виконаємо з умови стабільності контакту робочого органу з головкою коренеплоду. Стабільність контакту буде характеризуватись наявністю нормальної реакції достатньої величини. Основним силовим фактором, що буде впливати на нормальну реакцію є момент відцентрових сил інерції, які діють на робочий елемент. Внаслідок розрахунку визначено, що момент відцентрових сил інерції зростає від нуля, при радіальному розташуванні робочого елемента, до 5 Н м, при зміні кута відхилення робочого елемента від

радіального положення до $1,16$ град або 66° (рис. 2.3.). Стабільний контакт робочого органу з голівкою коренеплоду буде при максимальних значеннях моменту відцентрових сил інерції, що відповідає куту повороту робочого елемента $0,93 \dots 1,57$ рад. Звідси приймаємо значення початкового кута відхилення робочого елемента $\varphi_0 = 0,93$ рад або 50° .

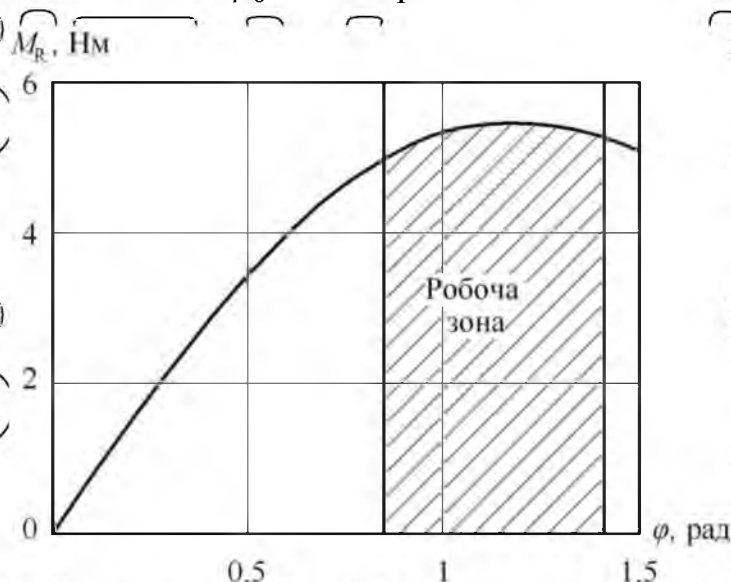


Рис. 2.3. Залежність моменту відцентрових сил інерції від кута повороту робочого елемента.

Обґрунтуємо кут нахилу осі ротора до горизонталі α , з врахуванням значення початкового кута відхилення робочого елемента від площини обертання φ_0 та кута нахилу робочого елемента до горизонту β . із прямокутного трикутника NMO (рис. 2.2.) визначимо значення кута нахилу осі ротора до горизонту:

$$\alpha = \frac{\pi}{2} - \varphi_0 - \beta, \quad (2.3.)$$

Підставивши значення складових рівності (2.3.) отримаємо $\alpha = 0$. Отже для забезпечення стабільного контакту робочого органу з голівкою коренеплоду необхідно розташувати вісь обертання ротора горизонтально і паралельно умовній осьовій лінії рядка.

Відстань від осі ротора до осі підвісу робочого елемента r_0 визначимо за необхідною швидкістю різання:

$$v_n \geq v_r \quad (2.4.)$$

де V_n - лінійна швидкість кінця робочого елемента;
 V_p - швидкість різання активними ножами різальних апаратів копінного типу $V_p = 12$ м/с

При заданому режимі ω мінімальна лінійна швидкість різання буде за мінімального радіуса дуги, що описує кінець робочого елемента, при русі по поверхні зрізу, максимально виступаючої над рівнем ґрунту $h_{зр}$ (рис. 2.4.):

$$V_n = \omega \cdot (r_0 + b_0 - h_{зр}) \quad (2.5.)$$

Максимальна висота комбінованого зрізу, при втратах цукроносної маси менше 2%, складає 60...70 мм. Приймаємо $h_{зр} = 80$ мм.

З врахуванням виразу (2.5.) умова забезпечення достатньої швидкості різання (2.4.) набуде вигляду:

$$\omega \cdot (r_0 + b_0 - h_{зр}) \geq V_p \quad (2.6.)$$

Звідси визначимо значення r_0 згідно наступного виразу:

$$r_0 \geq \frac{V_p}{\omega} + h_{зр} - b_0 \quad (2.7.)$$

Приймемо значення кутової швидкості ротора $\omega = 50 \dots 80$ с⁻¹. Підставивши значення обчислимо значення $r_0 = 0,15 \dots 0,24$ м. При конструюванні робочого органу нами вибрано значення близьке до середнього

$r_0 = 0,2$ м.

Таким чином, із вищенаведених умов визначаються наступні параметри механізму:

- кут нахилу робочого елемента до горизонту $\beta = 40^\circ$;
- довжина робочого елемента $l_e = 0,155$ м;
- радіус осі підвісу робочих елементів - 0,2 м;
- початковий кут відхилення робочого елемента від площини обертання - 50° ;
- діаметр ротора - 600 мм;
- при частоті обертання ротора 500...700 хв⁻¹ швидкість різання -

неменше 12 м/с.

На основі даних обґрунтувань нами запропонована наступна

конструкційна схема робочого органу (рис. 2.5.-2.6.).

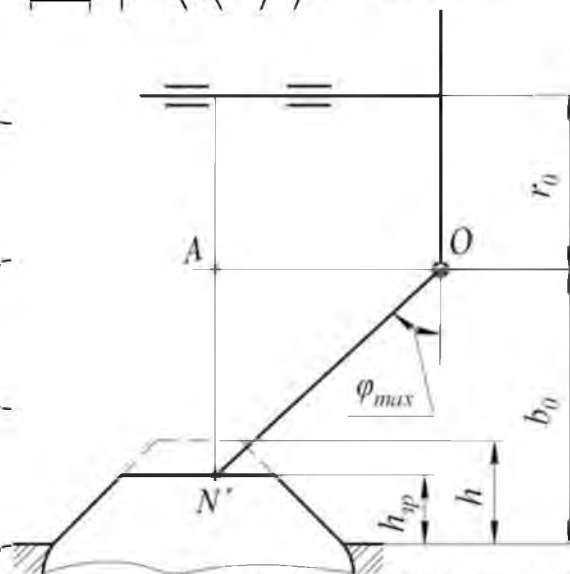


Рис. 2.4. Схема визначення відстані від осі ротора до осі підвісу робочого елемента.

Копірно-роторний дообрізкач гички (рис. 2.5.) складається з несучого диска 1, встановлених на шарнірах 2 робочих елементів, що складаються з жорстко зв'язаних між собою копірної частини 3, упорів 4 та ріжучої частини 5. Між сусідніми робочими елементами існує кінематичний зв'язок за допомогою упорів 4. За напрямком обертання кожний наступний робочий елемент опирається на упор попереднього елемента. Обертання ротора дообрізкача гички здійснюється в площині перпендикулярній до умовної осьової лінії рядка. Процес дообрізкаччя гички складається з фаз: копіювання копірною частиною головок коренеплідів, видалення гички ріжучою частиною та відновлення вихідного положення робочим органом. При наїзді на коренеплід робочий елемент відхиляється і за допомогою упорів з певною закономірністю починають відхилятися наступні елементи. Після проходження копірною частиною головки коренеплоду система робочих елементів орієнтується на необхідну висоту зрізу і порційно кожним робочим елементом видаляється частина головки коренеплоду з гичкою.

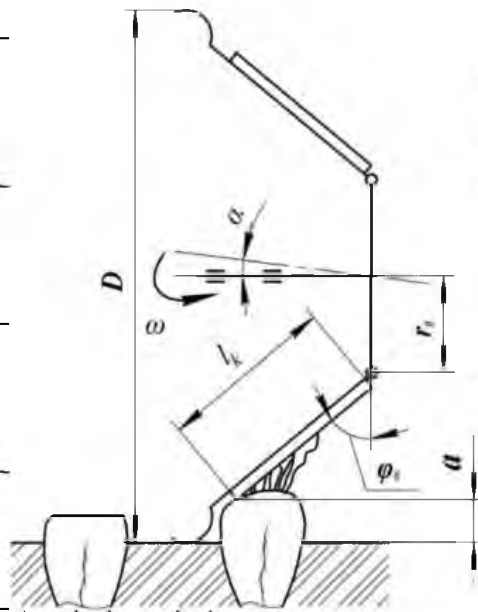


Рис. 2.5. Кінематична схема нового копірно-роторного дообрізчика гички

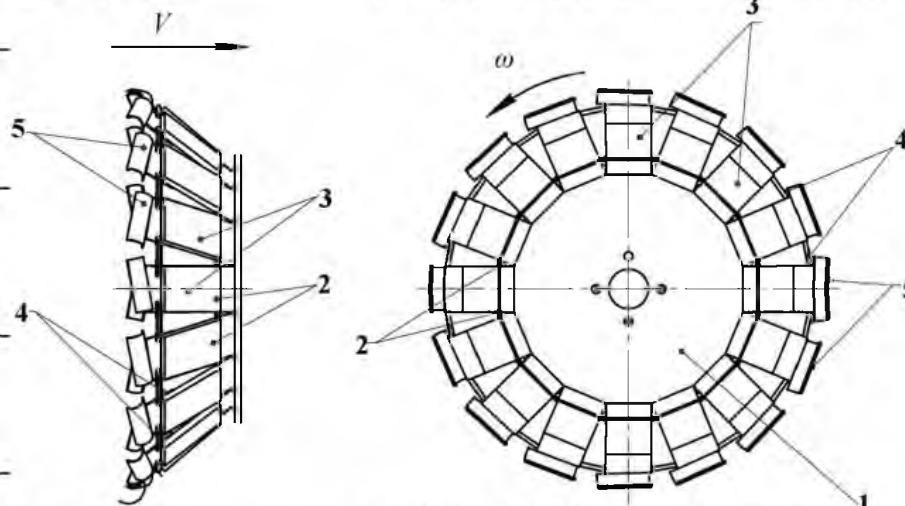


Рис. 2.6. Конструкційна схема нового копірно-роторного дообрізчика гички.

Після досягнення ріжучою частиною краю головки коренеплоду відбувається схід системи елементів з головки і відновлення вихідного положення дообрізчика гички для взаємодії з наступною головкою коренеплоду.

У фазі взаємодії з копірною частиною відбувається зустріч робочого елемента із головкою коренеплоду та його рух по головці коренеплоду з одночасним відхиленням навколо власної осі обертання, на кут φ . Водночас відбувається перестроювання n - кількості наступних робочих елементів згідно закону кінематичного зв'язку між робочими елементами Dr . Після переходу

голівкою коренеплоду міжелементного проміжку при взаємодії з наступним робочим елементом відбувається зрізання частини гички або голівки. В даній фазі необхідно забезпечити стабільність контакту та копіювання голівки з метою точного наведення ріжучого елемента на задану висоту зрізу.

Також для зрізу гички ребрами копірної частини потрібно забезпечити необхідне зусилля притискання копірної частини до голівки коренеплоду. Тому для побудови математичної моделі у даній фазі необхідно визначити закономірність руху першого робочого елемента по голівці коренеплоду

$\varphi_1 = f \cdot (h)$; визначити вплив руху першого робочого елемента на рух наступних

робочих елементів; нормальні зусилля, що будуть діяти в контакт голівки і копірної частинки робочого елемента при різній висоті виступання голівки коренеплоду; складові нормальній реакції робочого елемента на коренеплід в

поздовжньому та поперечному напрямках до умовної осьової лінії рядка та

порівняти їх з допустимими значеннями. У фазі сходу робочого органу з голівки

коренеплоду необхідно розглянути вільний рух робочого елемента для визначення часу відновлення робочим елементом свого вихідного положення.

Після цього необхідно перевірити чи відновлює робочий орган вихідне

положення до взаємодії з наступним поряд розташованим низьковиступаючим

коренеплодом.

При побудові математичних моделей прийемо наступні припущення:

1. Робочий орган рухається поступально із швидкістю $V = const$ та обертається навколо своєї осі із кутовою швидкістю $\omega = const$.

2. На початку фази сходу робочого елемента з голівки коренеплоду кут відхилення робочого елемента від початкового положення $\varphi = const$, і відповідно його кутова швидкість $\dot{\varphi} = 0$ і кутове прискорення $\ddot{\varphi} = 0$.

3. Сила ваги значно менша за інші силові фактори, що діють на робочий елемент, тому приймаємо $G = 0$.

4. Маса робочих елементів є постійною.

5. Момент сил реакції шарніра робочого елемента $M = 0$.

6. Робочий елемент та голівка коренеплоду є абсолютно тверді тіла.

7. Коренеплід жорстко закріплений у ґрунті.

При комплектуванні машинно-тракторного агрегату передбачається 20...30% запас номінальної потужності двигуна. Коефіцієнт опору кочення є постійний, схил поля змінюється не миттєво, середня потужність на зріз гички не перевищує 10% від номінальної потужності двигуна. Відповідно сумарне збільшення тягової та привідної складових ефективної потужності не буде перевищувати 20%, а отже правомірно прийняти $V = const$ і $\omega = const$.

Відеоспостереженнями встановлено, що при закінченні взаємодіробочого органу з гичкою та головкою коренеплоду не спостерігалась зміна кута відхилення робочого елемента. Тому друге припущення є коректним.

Припущення 3, 4 і 5 є правомірними внаслідок того що, сумарний вплив силових факторів викликаних даними величинами змінює величину зовнішніх силових факторів не більше 2%.

При взаємодії робочого органу з головкою можливі її деформації, що не перевищують 1 мм. Вказані переміщення приведуть до зміни зусилля в контакті не більше 0,5%, що є незначною величиною, якою можна знехтувати. Тому припущення 6 в даному випадку є коректним.

За нормальних умов збирання зусилля, що діють в контакті робочий орган-коренеплід, не перевищують граничних зусиль стійкості коренеплоду у ґрунті. Отже переміщення коренеплоду не буде і тому припущення 7 є правомірним.

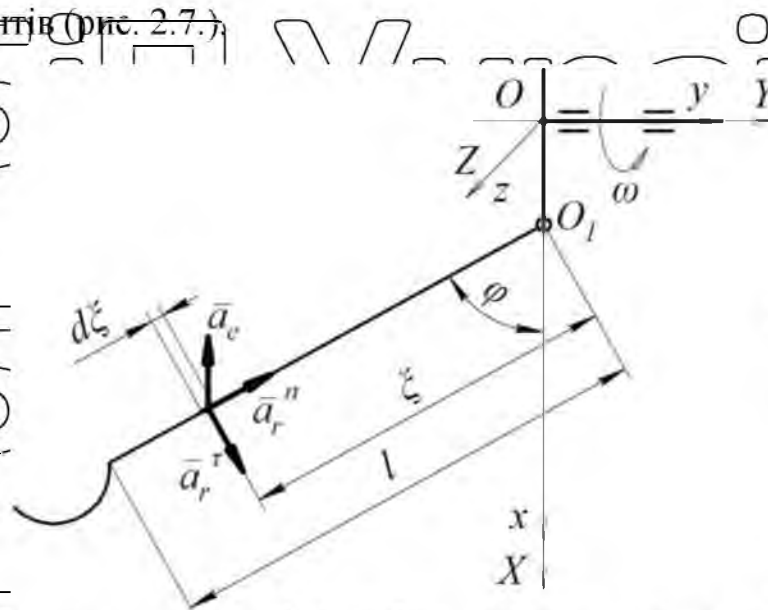
Отже за допомогою теоретичних моделей необхідно уточнити визначені конструктивні параметри робочого органу та обґрунтувати раціональні значення його технологічних параметрів та режимів роботи.

2.1.2. Теоретичне дослідження процесу копіювання різновисоких головок коренеплодів копінно-роторним дообрізанням гички.

Для перевірки даного робочого органу на здатність копіювати різновисокі головки коренеплодів необхідно вирішити наступні завдання: скласти розрахункову схему; побудувати теоретичну модель вільних коливань від площини обертання прямолинійного стрижня постійного поперечного перерізу;

за конструкційно-технологічними параметрами визначити диференціальне рівняння вільних коливань реального робочого елемента; визначити залежність зміни кута відхилення від часу кожного робочого елемента при сході системи робочих елементів з головки коренеплоду; графічно промоделювати процес копіювання робочими елементами екстремального випадку розташування суміжних головок коренеплодів при різних режимах роботи.

Для виконання поставлених завдань розглянемо еквівалентну схему робочого органу, що складається із валу на якому жорстко закріплена маточина у вигляді диска і приєднаних до нього за допомогою циліндричних шарнірів робочих елементів (рис. 2.7.).



Фиг. 2.7. Еквивалентна схема робочого органу.

Робочий елемент складається із копірної частини у вигляді стрижня постійного перерізу та дугоподібної ножової частини. В першому наближенні розглянемо коливання прямолінійного стрижня навколо осі підвісу. Введемо праві прямокутні системи координат: $OXYZ$ - інерціальна система координат, пов'язана з геометричним центром маточини і $Oxyz$ - жорстко пов'язана з валом ротора. Осі OY і Oy сумістимо з віссю обертання ротора, вісь Ox - з повздовжньою віссю стрижня у не відхиленому стані, тобто коли кут відхилення стрижня $\varphi = 0$. Ротор обертається з кутовою швидкістю $\omega = const$ навколо своєї осі. Шарнірне закріплення стрижня дозволяє йому здійснювати маховий рух від площини обертання Oxz .

Для побудови рівняння руху стрижня, визначимо прискорення, з яким рухається її елемент $d\xi$ та підрахуємо обумовлену ним силу інерції.

Вектор абсолютного прискорення елемента стрижня $d\xi$ буде дорівнювати:

$$\bar{a} = \bar{a}_e + \bar{a}_r + \bar{a}_c \quad (2.8)$$

Де \bar{a}_e , \bar{a}_r та \bar{a}_c - відповідно вектори переносного, відносного і коріолісового прискорення елемента стрижня.

Переносне прискорення елемента стрижня визначається за формулою

$$|\bar{a}_e| = (r_0 + \xi \cos\varphi)\omega^2 \quad (2.9)$$

де ξ - поточна координата елемента стрижня $d\xi$;

φ - відхилення стрижня від площини обертання.

Знайдемо проекції вектора \bar{a}_e на осі системи Oxy :

$$a_{ex} = -\omega^2(r_0 + \xi \cos\varphi), \quad (2.10)$$

$$a_{ey} = 0 \quad (2.11)$$

Відносне прискорення стрижня визначимо як векторну суму нормального і тангенціального прискорень:

$$a_r = a_r^n + a_r^t \quad (2.12)$$

Нехай стрижень знаходиться у відхиленому стані і відцентрові сили інерції намагаються встановити його у площину обертання ротора. Очевидно, що в даному випадку лінійна швидкість його буде збільшуватись і кутове прискорення α_r^t буде додатнім і направлене згідно рисунка. У цій же системі координат визначимо складові вектора \bar{a}^r

У даному випадку досліджується маховий рух стрижня в площині O_{xy} . В цьому випадку до рівняння рівноваги увійдуть елементарні моменти сил інерції F_x^J і F_y^J , що діють в цій площині.

Скориставшись звичайним правилом знаків: позитивним будемо вважати момент сил направлений проти ходу годинникової стрілки. Елементарний момент сил інерції, що діють в площині O_{xy} :

Друга складова рівності є моментом сил інерції стрижня відносно осі

підвісу. Логічно припустити, що перша складова є моментом відцентрових сил інерції і вираз є диференціальним рівнянням обертального руху шарнірно закріпленого стержня навколо осі підвісу, яка обертається навколо перпендикулярної осі, розташованої на віддалі r_0 . Виходячи із даних міркувань

та використовуючи принцип Даламбера, запишемо рівняння динамічної рівноваги для робочого елемента в наступному вигляді:

$$Jd\sum M_R = 0 \quad (2.13.)$$

де J - момент інерції робочого елемента відносно осі підвісу;

$\sum M_R$ - сума моментів відцентрових сил інерції складових робочого

елементу відносно осі підвісу.

Робочий елемент складається з шарніра 1, копірної частини 2, пластинки 3 та ножа 4 (рис. 2.8.).

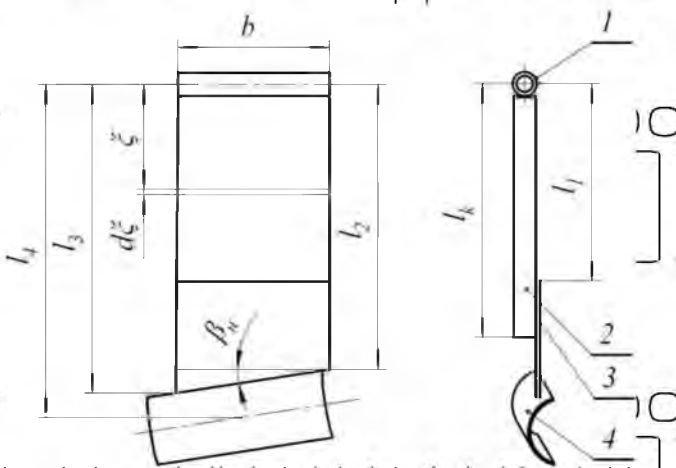


Рис. 2.8. Схема робочого елемента.

Враховуючи, що момент відцентрових сил інерції циліндричного шарніра буде рівним нулю, то сумарний момент інерції відцентрових сил робочого елемента визначимо, як:

$$M_R = M_K + M_P + M_H, \quad (2.14.)$$

де M_K , M_P , M_H - відповідно моменти відцентрових сил інерції копірної частини, пластинки і ножа. Для знаходження моменту відцентрових сил інерції

копірної частини визначимо, обумовлену доцентровим прискоренням a_e , елементарну відцентрову силу інерції dF_e , що діє на елементарний переріз копірної частини (рис. 2.9.), матимемо:

$$dF_e = -\alpha_e dm, \quad (2.15.)$$

де dm – маса елементарного перерізу.

Масу елементарного перерізу виразимо наступним чином:

$$dm = \gamma s d\xi \quad (2.16.)$$

де γ – густина матеріалу копірної частини;

Враховуючи вирази (2.10.) і рівняння (2.15.) набуде такого вигляду:

$$dF_e = -\omega^2 \gamma s (r_0 + \xi \cos \varphi) d\xi \quad (2.17.)$$

Визначимо елементарний момент відцентрових сил інерції:

$$dM_k = -dF_e^t dm, \quad (2.18.)$$

де dF_e^t – тангенціальна складова елементарної відцентрової сили інерції (рис. 2.9.), яка буде дорівнювати:

$$dF_e^t = dF_e \sin \varphi, \quad (2.19.)$$

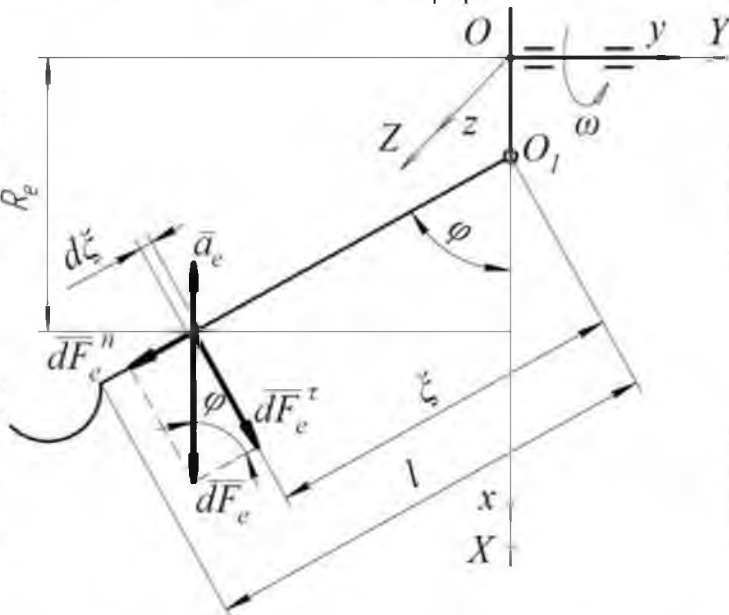


Рис. 2.9. Схема до визначення моменту відцентрових сил інерції прямолінійного стрижня постійного перерізу

Враховуючи вирази та рівняння запишемо у наступному вигляді:

$$dM_k = -\omega^2 \gamma s \sin \varphi (r_0 + \xi \cos \varphi) \xi d\xi, \quad (2.20.)$$

Момент відцентрових сил інерції копірної частини визначимо шляхом інтегрування виразу (2.20.) тобто:

$$M_k = \int_0^{l_k} [-\omega^2 \gamma s \sin \varphi (r_0 + \xi \cos \varphi) \xi] d\xi, \quad (2.21.)$$

Після інтегрування в межах від 0 до l_k отримаємо момент відцентрових

сил інерції, що діють на копірну частину, відносно осі шарніра:

$$M_k = -\frac{\gamma s \omega^2 l_k^3 \sin 2\varphi}{6} - \frac{\gamma s r_0 \omega^2 l_k^3 \sin \varphi}{2} \quad (2.22)$$

Враховуючи, що $\gamma s l_k = m_k$ остаточно запишемо.

$$M_k = m_k \omega^2 \left(\frac{l_k}{2} r_0 \sin \varphi + -\frac{l_k^2}{6} \sin 2\varphi \right), \quad (2.23.)$$

Аналізуючи вираз (2.23.), бачимо, що він аналогічний першому члену виразу (2.22). Отже припущення про те, що перший доданок виразу (2.22.) є моментом відцентрових сил інерції стрижня прямокутного перерізу відносно осі підвісу підтверджено. В результаті розрахунків моментів відцентрових сил

складових реального робочого елемента, залежність (2.14.) приймає наступний вигляд:

$$M_R = \omega^2 (a \sin 2\varphi + b \sin \varphi), \quad (2.24.)$$

де a, b - постійні коефіцієнти, що враховують розмірно-масові параметри робочого елемента ($a = 6,8 \cdot 10^{-4} \text{ Н м с}^2$, $b = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м с}^2$).

В результаті розрахунків сумарний момент інерції робочого елемента відносно осі підвісу - $J = 1,587 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^2$

з врахуванням конкретних значень конструкційних параметрів диференційне рівняння коливань робочого елемента навколо осі підвісу (2.23.)

набуває остаточно вигляду:

$$J d\omega^2 (a \sin 2\varphi + b \sin \varphi) = 0, \quad (2.25.)$$

Для вирішення задачі копіювання головок коренеплідів необхідно ввести окремі визначення та припущення. Останній ріжучий робочий елемент - робочий елемент, що зрізає під час фази різання останню частинку головки коренеплоду.

Час закінчення фази різання - час коли останній ріжучий робочий елемент проходить крайнє нижнє положення на роторі. Час відновлення вихідного положення робочим елементом - час від закінчення фази різання до відновлення робочим елементом вихідного положення. Час відновлення робочим органом

початкового положення t_p - час від закінчення фази різання до відновлення вихідного положення першим з робочих елементів, що рухаються слідом за останнім ріжучим елементом. Максимально виступаючий коренеплід - коренеплід

у якого головка коренеплоду максимально виступає над рівнем ґрунту. За нашими розрахунками при комбінованому зрізі це коренеплоди з висотою виступання головок над рівнем ґрунту більше 80 мм. Мінімально виступаючий коренеплід, у якого головка розташована на рівні ґрунту.

Звідси сформулюємо необхідну умову копіювання головок коренеплідів запропонованим робочим органом. Час відновлення робочим органом вихідного положення t_v повинен бути меншим за час від кінця фази різання максимально виступаючого коренеплоду до початку контакту з мінімально виступаючим коренеплодом t_d без пошкоджень основи головки максимально виступаючого коренеплоду або ③ допустимими, за агротехнічними вимогами, незначними пошкодженнями.

Перевірку виконання необхідної умови копіювання проведемо у наступній послідовності. Визначимо залежність зміни кута відхилення $\varphi(t)$ для кожного з робочих елементів, що відновлюють своє вихідне положення після зрізу високо виступаючого коренеплоду. Визначимо момент часу проходження кожним з відхилених робочих елементів крайнього нижнього положення на роторі t_i і відобразимо їх на графіках (рис. 2.10.):

$$t_i = \frac{2i\pi}{\omega z}, \quad (2.26.)$$

де i - порядковий номер робочого елемента після останнього ріжучого робочого елемента (рис. 2.10). Для кожного i -го робочого елемента порівняємо в момент часу t_i значення $\varphi_i(t_i)$ із φ_0 за умовою: якщо $\varphi_i(t_i) > \varphi_0$, то робочий елемент не відновив вихідне положення, а якщо $\varphi_i(t_i) = \varphi_0$, то робочий елемент відновив вихідне положення. Визначимо робочий елемент, що першим відновив вихідне положення, і таким чином, встановимо час відновлення робочим органом вихідного положення. у випадку взаємодії з коренеплодом $h = 40$ мм.

Для перевірки не підрізання основи головки високо виступаючого коренеплоду проведемо графічний аналіз положень робочих елементів при проходженні ними крайнього нижнього положення у фазі відновлення вихідного положення при різних режимах роботи.

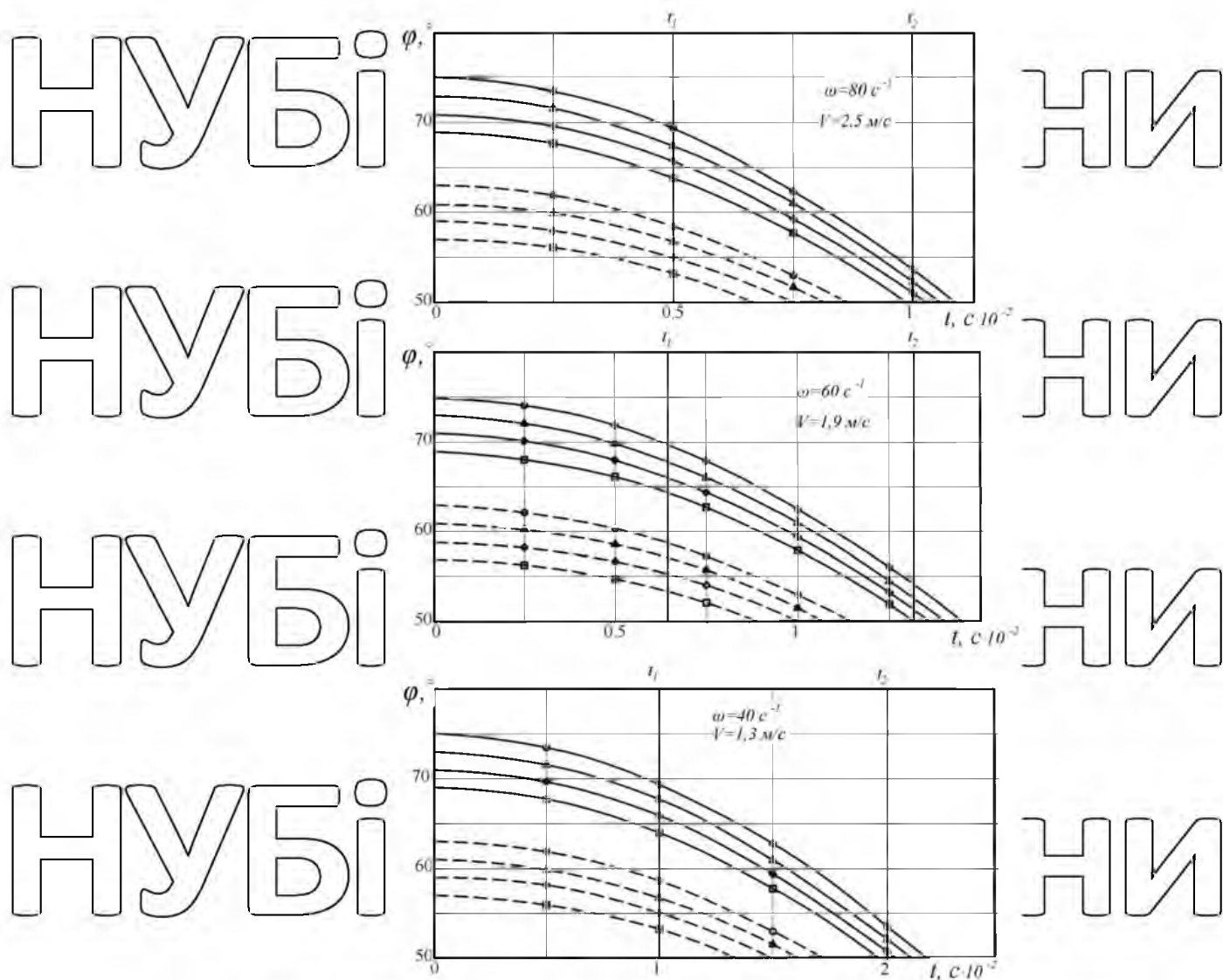


Рис. 2.10. Залежність кута відхилення робочого елемента від часу:

○△◇□ - відповідно останнього ріжучого та 1, 2, 3 наступних елементів системи;

○△◇□ — взаємодія з коренеплодом $h = 80$ мм;

○△◇□ - - - взаємодія з коренеплодом $h = 40$ мм

Для визначення імовірності копіювання екстремального випадку розташування суміжних головок коренеплодів у досліджуваному діапазоні робочих швидкостей необхідно: побудувати залежність допустимого часу відновлення вихідного положення t_d та фактичного часу від кутової швидкості t_f , що розраховані теоретично; порівняти отримані графічні залежності з експериментальними даними і визначити раціональні значення режимів роботи

- поступальної швидкості та частоти обертання ротора робочого органу.

Для дослідження часу відновлення початкового положення робочим органом t_v визначимо вплив висоти виступання головок коренеплодів та кутової швидкості ротора на рух системи робочих елементів після сходу їх з головки коренеплоду.

За нашими розрахунками [6] висота безкопінного зрізу високо виступаючих коренеплодів над рівнем ґрунту не буде перевищувати 80 мм. Для порівняння результатів розрахунків виберемо дві висоти виступання коренеплодів $h = 80$ мм і $h = 40$ мм. З метою отримання горизонтальної

поверхні зрізу нами конструкційно закладено співвідношення між кутовою швидкістю ротора і поступальною швидкістю робочого органу:

$$\omega = 10\pi V, \quad (2.27)$$

Тому, при поступальних швидкостях 1,0...2,5 м/с вибираємо значення кутової швидкості $\omega = 40, 60, 80$ с⁻¹. Враховуючи початкові умови для кожного з робочих елементів, із диференційного рівняння (2.25.), визначимо чисельними методами залежність $\varphi(t)$ для останнього ріжучого та декількох наступних робочих елементів (рис. 2.10.). Відмітимо на графіках час t_1 і t_2 , при якому перший та другий ріжучі елементи будуть проходити крайнє нижнє положення.

При сходженні з головки коренеплоду висотою 40 мм до часу t_2 всі робочі елементи відновлюють своє початкове положення. При сходженні з головки коренеплоду висотою 80 мм всі робочі елементи відновлюють своє вихідне положення між часом t_2 і t_3 .

Слід відмітити зменшення часу відновлення робочими елементами вихідного положення при збільшенні кутової швидкості ротора. Очевидно, це пояснюється відомим із теорії коливань, зменшенням періоду коливань при збільшенні кутової швидкості. Проведемо додатково аналіз процесу взаємодії копінно-роторного робочого органу з головкою коренеплоду (рис. 2.11.). Процес

взаємодії буде складатись з фази копіювання t_k , фази різання t_r і фази сходження з головки t_c . Як бачимо із наведеного графічного аналізу (рис. 2.11.), при сходженні робочого органу з головки коренеплоду робочі елементи, при

проходженні крайнього нижнього положення, практично копіюють тильну сторону головки. Причому, при зміні кутової швидкості і відповідній її швидкості поступального руху, положення робочих елементів практично не змінюється. Це свідчить про правильність вибору кінематичного режиму, нечутливість робочого органу до зміни поступальної швидкості та добре копіювання головок коренеплодів різної висоти виступання. Слід відмітити можливе підрізання тильної сторони головки при збільшених кутах конусності головки та підвищених значеннях кутової швидкості. Але даний недолік усувається зміною кінематичного режиму - збільшенням поступальної швидкості руху робочого органу або зменшенням кутової швидкості ротора. Можливі рішення конструкційного плану, наприклад, збільшення моменту інерції робочого елемента, що збільшить період коливань. При проведенні експериментальних польових досліджень підрізання спостерігалось лише в окремих випадках і глибина пошкоджень головок коренеплодів не перевищувала 5 мм, що є в межах допустимих вимог. Проведемо дослідження можливості якісного копіювання екстремального випадку розташування суміжних головок коренеплодів в рядку запропонованою конструкційною схемою (рис. 2.11.-2.12.).

Введемо систему координат Oxy , центр якої розташуємо на рівні ґрунту в центрі основи головки коренеплоду. Вісь x направимо паралельно умовній осьовій лінії рядка в напрямку руху машини, а вісь y вертикально вгору.

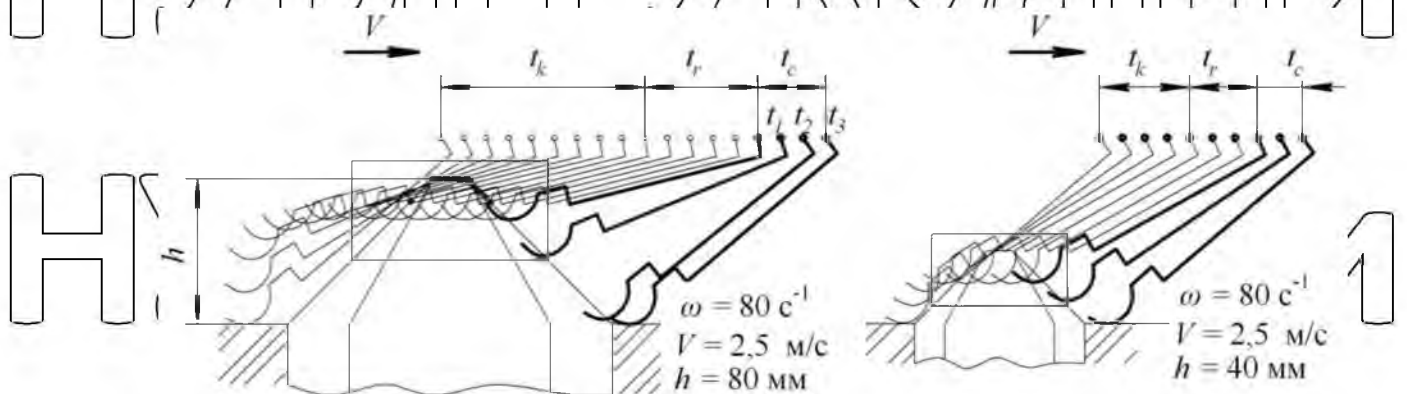


Рис. 2.11. Графічний аналіз копіювання головок коренеплодів робочими елементами копірно-роторного дроборізника гички.

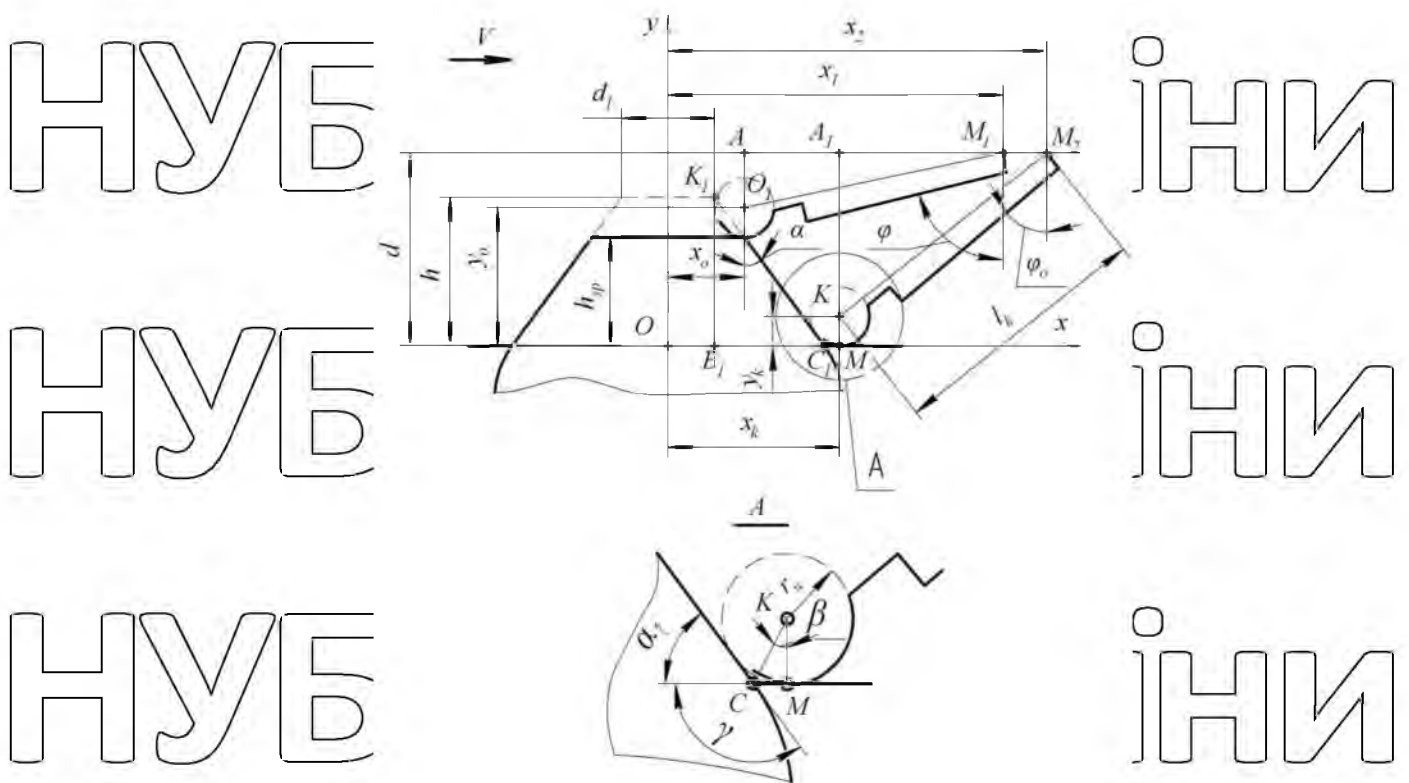


Рис. 2.12. Схема для визначення необхідного часу відновлення робочим органом вихідного положення.

При цьому визначимо мінімально допустимий час протягом якого робочий орган повинен відновити вихідне положення перед копюванням наступного коренеплоду. Розглянемо період руху робочого органу від моменту сходження системи робочих елементів з вершини головки коренеплоду (точка M_1) до повного відновлення робочим елементом вихідного положення - точка M_2 . Подолавши відрізок M_1M_2 робочий орган відновить вихідне положення безпосередньо після закінчення основи головки коренеплоду на рівні ґрунту. Час проходження робочим органом відстані M_1M_2 буде необхідним часом t відновлення початкового положення робочим органом.

Цей час визначимо із залежності:

$$t_d = \frac{x_2 - x_1}{v}, \quad (2.26)$$

де v - швидкість поступального руху робочого органу, м/с.

Визначимо положення осі підвісу робочого елемента в момент сходження ножа з вершини головки коренеплоду, а саме положення точки M_1 . Координата y_1 цієї точки буде рівна відстані від осі підвісу до рівня ґрунту d . Координату x_1 точки M_1 визначимо з виразу

$$x_1 = x_0 + AM_1, \quad (2.27.)$$

де x_0 - координата центру дуги ножа в положенні еходу з головки коренеплоду;

AM_1 - відстань від центру дуги ножа до точки M_1 по горизонталі.

Координату x_0 - визначимо, як половину діаметра коренеплоду в площині

зрізу:

$$x_0 = d_1 + (h - h_{зр}) \operatorname{tg} \alpha, \quad (2.28.)$$

Відрізок AM_1 - визначимо з прямокутного трикутника AO_1M_1

$$AM_1 = \sqrt{l_k^2 - (d - h_{зр} + r_H)^2}, \quad (2.29.)$$

Підставивши у вираз (2.47.) значення виразів (2.28.) та (2.29.), обчислимо координату x_1 :

$$x_1 = d_1 + (h - h_{зр}) \operatorname{tg} \alpha + \sqrt{l_k^2 - (d - h_{зр} + r_H)^2}, \quad (2.30.)$$

Визначимо положення точки M_2 . Координата y_2 буде рівна відстані d . Координату x_2 визначимо з прямокутного трикутника A_1KM_2 :

$$x_2 = x_1 + \sqrt{l_k^2 - (d - r_H)^2} \quad (2.31.)$$

Визначимо координату центру дуги ножа x_k у вихідному положенні, як суму відрізків:

$$x_k = OB_1 + B_1C_1 + C_1M_1 \quad (2.32.)$$

Враховуючи, що трикутники $K_1B_1C_1$ та $C_1O_1M_1$ прямокутні, визначимо значення складових рівності (2.32.):

$$Jd_1 + \omega^2(2\alpha + b)\varphi = 0, \quad (2.33.)$$

де d_1 - діаметр вершини головки коренеплоду

Або з врахуванням значення виразу (1.2.) та значень коефіцієнтів $c = 0,11$ та $b = 10$ [2] рівність (2.32.) набуде вигляду:

$$OB_1 = \frac{1}{2} \cdot (0,11h + 10), \quad (2.34.)$$

Відрізки B_1C_1 та C_1M_1 визначимо із виразів:

$$B_1C_1 = h \operatorname{tg} \alpha, \quad (2.35.)$$

$$t_k = \frac{2\pi}{z\omega} \frac{\arcsin\left(\frac{b}{2\sqrt{\delta^2 + (d-h)^2}}\right)}{\omega} \quad (2.36.)$$

Кут β визначимо шляхом наступних міркувань. З трикутника $K_1B_1C_1$ визначимо кут α_1 :

$$\alpha_1 = \frac{\pi}{2} - \alpha \quad (2.37.)$$

Кут γ визначимо із залежності

$$\gamma = \pi + \alpha, \quad (2.38.)$$

Проведемо бісектрису кута γ , яка пройде через центр дуги ножа. Тоді кут

β визначимо, як половину кута γ і з врахуванням виразу (2.38.) запишемо:

$$\beta = \frac{\pi + \alpha}{2} \quad (2.39.)$$

З врахуванням (2.39.) вираз набуде вигляду

$$t_k = \frac{2\pi}{z\omega}, \quad (2.39.)$$

Запишемо значення виразу (2.32.) з врахуванням виразів (2.3.), (2.4.) та (2.39.) матимемо:

$$x_k = \frac{0,11 \cdot h + 10}{2} + h \cdot \operatorname{tg} \alpha + r_H \cdot \operatorname{arctg} \frac{\alpha}{2}, \quad (2.40.)$$

Після цього визначимо значення x_2 враховуючи вираз (2.40.):

$$x_2 = \frac{0,11 \cdot h + 10}{2} + h \cdot \operatorname{tg} \alpha + r_H \cdot \operatorname{arctg} \frac{\alpha}{2} + \sqrt{l_k^2 - (d - r_H)^2}, \quad (2.41.)$$

Тоді з використанням виразів (2.39.), (2.40.) та (2.41.) запишемо значення виразу:

$$t_d = \left(\frac{10\pi}{\omega}\right) \left[\frac{0,11 \cdot h + 10}{2} + h \cdot \operatorname{tg} \alpha + r_H \cdot \operatorname{arctg} \frac{\alpha}{2} + \sqrt{l_k^2 - (d - r_H)^2} - d_1 + (h - h_{зр}) \operatorname{tg} \alpha + \sqrt{l_k^2 - (d - h_{зр} + r_H)^2} \right], \quad (2.42.)$$

Для дослідження вибраний виразок максимально виступаючого коренеплоду $h = 0,08$ м у якого висота в зрізаному стані буде становити $h_{зр} = 0,06$ м.

НУБІП України

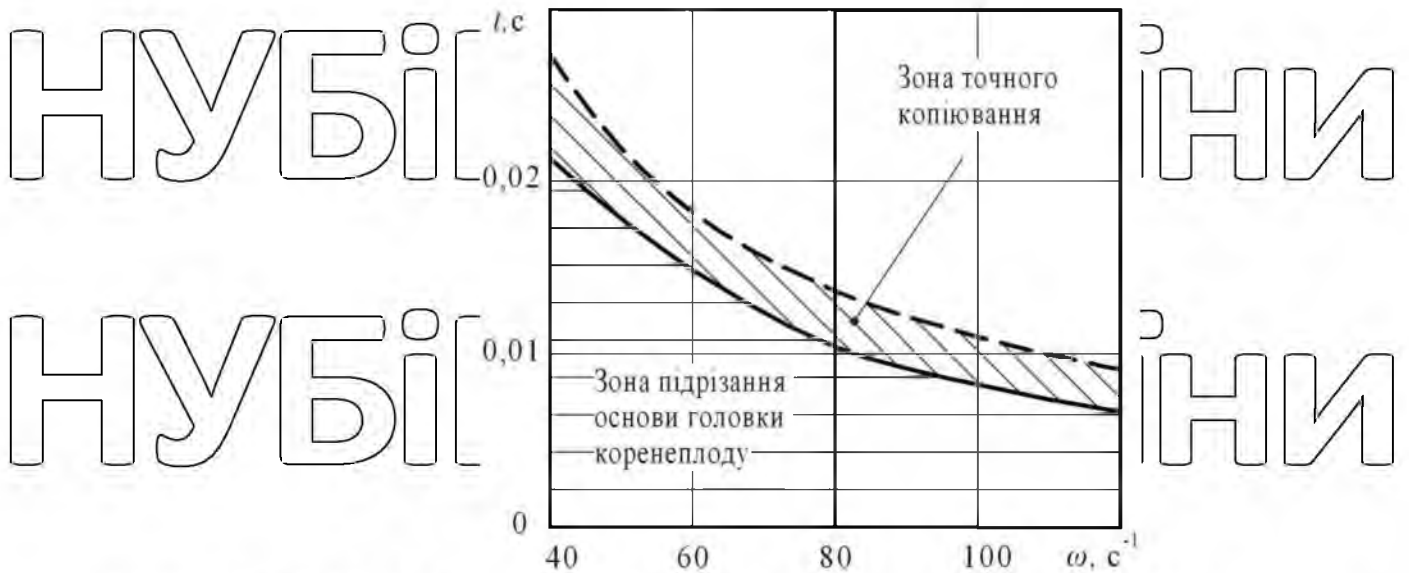


Рис. 2.13. Залежність часу відновлення робочим органом вихідного положення від кутової швидкості ротора
 (—) - час розрахований теоретично;
 (- - -) - необхідний час.

З графіків рис. 2.13. зробимо висновок про те, що розрахунковий час відновлення вихідного положення реального робочого органу t_v дещо менший від необхідного, але слід зауважити, що ця різниця досить мала і складає 0,006 с. За даний час робочий орган змінює своє положення по куту відхилення робочих елементів менше 1 (рис. 2.13.), що є допустимим і значних пошкоджень основи головки коренеплоду не буде. Таким чином встановлено, що робочий орган забезпечує точність копіювання зі швидкістю поступального руху $V = 1,3 \dots 3,8$ м/с.

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма експериментальних досліджень

Відповідно до поставленої мети та наукових завдань магістерської кваліфікаційної роботи, а також для перевірки отриманих теоретичних моделей процесу відокремлення гички розроблена програма проведення експериментальних досліджень, якою передбачалося:

➤ розробити конструкцію установки та розробити методику проведення лабораторних експериментальних досліджень;

➤ провести лабораторні експериментальні дослідження для визначення впливу конструктивних, кінематичних та технологічних параметрів робочого органа на показники якості процесу дообрізчика гички;

➤ розробити конструкцію польової установки та методику проведення польових досліджень;

➤ провести експериментальні польові дослідження.

3.2. Методика та обладнання лабораторних досліджень

Для розробки методики лабораторних досліджень та конструкції установки необхідно:

➤ спроектувати і виготовити лабораторну установку з моделюванням вхідних параметрів експериментальних досліджень, в якій необхідно передбачити зміну конструктивних параметрів та режимів роботи відокремлювача гички та можливість використання натуральних коренеплодів;

➤ визначити агрофізичні параметри коренеплодів та посівів, що моделюються в лабораторних умовах;

➤ розробити методику проведення, визначення та аналізу показників експериментальних досліджень.

3.2.1. Конструкція лабораторної установки та методика моделювання вхідних параметрів експериментальних досліджень.

Нами розроблено та виготовлену лабораторну установку (рис. 3.1-3.2), де передбачено можливість моделювання режимів роботи і конструкційно-технологічних параметрів робочих органів а також агрофізичних характеристик посівів та параметрів коренеплоду.

Лабораторна установка для дослідження гнучковидальючих робочих органів складається з основної рами 1 (рис. 3.1.), електродвигуна 3, клинопасової передачі 4, ланцюгово-планчатого варіатора 5, поворотного пристрою 6, кінчного редуктора 7 та закріпленого на його валу робочого органу 8, рами «рухомого поля» 9 (рис. 3.4), механізму приводу рамки «рухомого поля» 10, рамки рухомого поля 11, коренеплоду 12, стійок 13. Механізм приводу рамки «рухомого поля» складається з рами електродвигуна та барабана для намотування троса, що з'єднаний з рамкою 11.

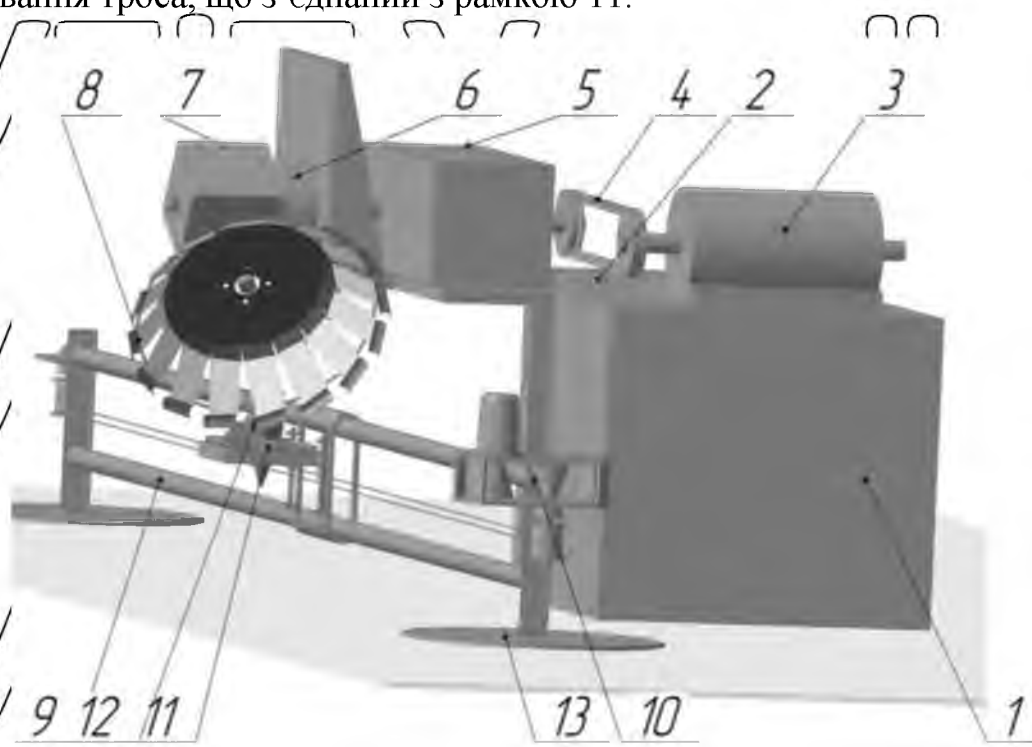


Рис. 3.1. Конструкційна схема лабораторної установки.



Рис. 3.2. Загальний вигляд лабораторної установки.

Особливістю конструкції є можливість зміни наступних параметрів (рис. 3.3.): частоти обертання ротора ω , швидкості поступального переміщення коренеплоду V , кута нахилу ротора до горизонту β , кута атаки ротора α , відстані між коренеплодами в рядку S , відхилення коренеплоду від умовної осьової лінії рядка δ , висоти виступання головки коренеплоду над умовною поверхнею ґрунту h та ін. Схема керування двигуном 3 передбачає реверсивний режим руху. Керування приводами ротора з робочими органами та «рухомого поля» здійснюється з ящика управління.

Рамка рухомого поля складається з направляючої частини 1 та тримача коренеплоду 2. Направляюча частина служить для переміщення коренеплоду вздовж рами «рухомого поля» та переміщення його у вертикальному напрямі. Тримач коренеплоду фіксує коренеплід у рамці «рухомого поля».

Поступальна швидкість робочого органу визначалась наступним чином.

НУБІП України

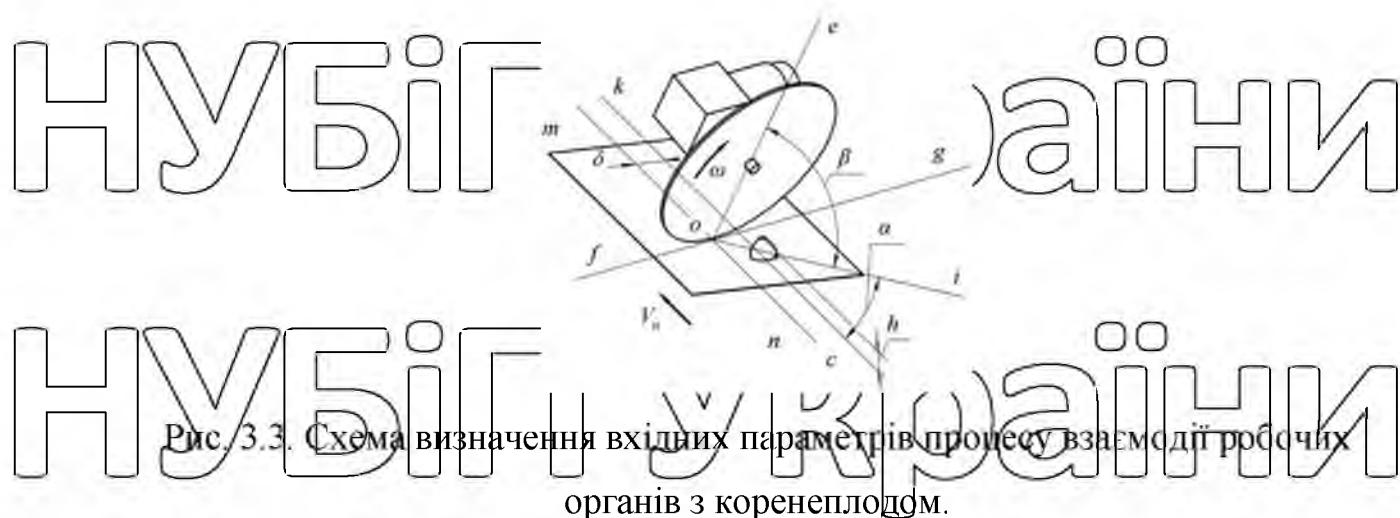


Рис. 3.3. Схема визначення вхідних параметрів процесу взаємодії робочих органів з коренеплодом.

На рамку «рухомого поля» (рис. 3.4.), біля зони робочого органу, наносилась спеціальна шкала, а на рамку «рухомого поля» — показчик. При включенні приводу рухомого поля починалась швидкісна відеозйомка процесу цифровим фотоапаратом Casio Exilim EX-FH20. За допомогою покадрового перегляду відеоматеріалу фіксувалось положення показчика на шкалі, що відповідало початку і кінцю взаємодії робочого органу з коренеплодом, а потім визначалось переміщення.



Рис. 3.4. Кріплення коренеплоду у рамці «рухомого поля»:

а) схема пристрою; б) загальний вигляд рамки «рухомого поля» із закріпленим коренеплодом.

У лабораторних умовах моделювались наступні агрофізичні характеристики посіву: висоту виступання головки коренеплоду над рівнем ґрунту, відхилення коренеплоду від умовної осьової лінії рядка, відстань між

коренеплодами в рядку. Проведення експериментальних досліджень планувалось з використанням натуральних коренеплодів, різних за агрофізичними параметрами. Основні розмірні характеристики коренеплоду визначаються згідно рис. 3.5.

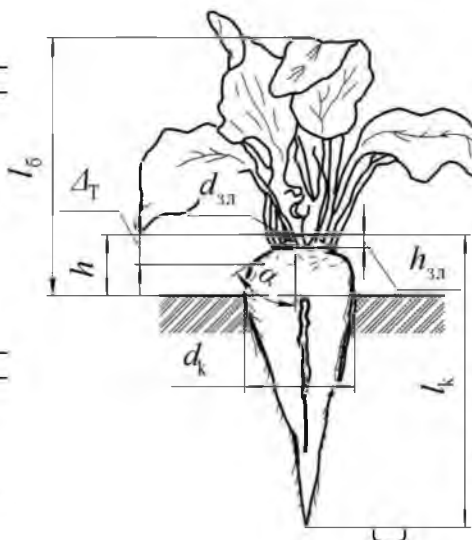


Рис. 3.5. Геометричні параметри коренеплоду цукрових буряків :

l_b - висота гички; $d_{3л}$ - діаметр пучка гички; h - висота виступання головки коренеплоду над рівнем ґрунту; $h_{3л}$ - товщина зони зелених листків; Δ_m - товщина зони сплячих вчок; d_k - максимальний діаметр коренеплоду; l_k - технічна довжина коренеплоду; α - половина кут конусності головки коренеплоду.

Проведення досліджень за допомогою лабораторної установки здійснювалось наступним чином. Коренеплід вибирався за необхідною висотою виступання над рівнем ґрунту, закріплювався затискачами на відповідній висоті в рухомій рамці, що знаходилась у вихідному положенні на рамі 12 (рис. 3.1.).

Встановлювались відхилення коренеплоду від осьової лінії рядка, величина вертикального зазору, частота обертання та поступальна швидкість руху коренеплоду. Відповідна комбінація факторів дослідження заносились у журнал проведення експериментів (додаток В). Вмикалась освітлювальна апаратура. Вмикався привід робочих органів. Після цього вмикався привід «рухомого поля». Вимкання приводу рухомого поля робочих органів відбувалось автоматично за допомогою кінцевого вимикача.

Дані вимірювань безпосередньо заносились в комп'ютер у журнал проведення досліджень, де автоматично проводився розрахунок всіх показників. При цьому контролювалось значення показника точності дослідження його в діапазон від 1 до 5%.

За аналізом цілої групи показників визначалась раціональні значення параметрів або встановлювалась причина їх відхилень від нормативних та робились висновки про можливі шляхи удосконалення робочих органів та процесу.

3.2.2. Методика лабораторних досліджень.

Для проведення лабораторних досліджень процесу відокремлення гички проводимо відбір факторів, врахувавши наступні вимоги: незалежність факторів один від одного; фактори повинні допускати можливість їх поєднання для дослідження їх взаємного впливу; керованість факторів протягом всього періоду дослідження; кожен фактор повинен безпосередньо впливати на параметр оптимізації; для фіксації та зміни значень факторів вони повинні допускати можливість їх точних вимірювань, а також мати стабільні значення на певних інтервалах варіювання.

Для перевірки теоретичної моделі відхилення площини зрізу від горизонтального положення будемо вивчати вплив на процес відокремлення гички таких факторів як відхилення від умовної осьової лінії рядка δ , поступальна швидкість машини V та висота виступання головок коренеплодів над рівнем поверхні ґрунту h . Для перевірки теоретичних моделей втрат цукроносної маси, залишків гички, пошкоджень головок коренеплодів будемо вивчати вплив таких факторів як величина вертикального зазору α , поступальна швидкість машини V та висота виступання головок коренеплодів над рівнем поверхні ґрунту h .

Поставленим завданням лабораторних досліджень та вибраному числу факторів може задовольнити центральна-композиційна план-матриця (Додаток Б). Дану план-матрицю використовуємо для перевірки математичних моделей

втрат цукроносної маси, залишків гички, відхилення площини зрізу від горизонтальності та висоти зрізу головок коренеплодів.

Оскільки, одним із завдань досліджень є збільшення поступальної швидкості V , вибираємо межі варіювання поступальної швидкості в межах від

1,6 до 2,4 м/с. Конструкція лабораторної установки дозволяє досліджувати даний

параметр у цьому діапазоні. Висота виступання головок коренеплодів h може

варіювати в межах 0...90 мм. При відокремленні гички з головок коренеплодів цукрових буряків ротор розташовується на мінімально можливій висоті відносно

поверхні ґрунту. При експериментальній перевірці роботоздатності конструкції

встановлено можливі межі зміни відхилення коренеплоду від умовної осьової лінії рядка - від 0,04 до 0,08 м.

Таким чином, для перевірки теоретичної моделі відхилення площини зрізу від горизонтального положення приймаємо наступні рівні варіювання

факторів: X_1 - швидкість руху машини, $X_1 = 1,6 \dots 2,4$ м/с; X_2 - відхилення від

умовної осьової лінії рядка, $X_2 = -0,04 \dots 0,08$ м, X_3 - висота виступання

головок коренеплодів над рівнем ґрунту, $X_3 = 0 \dots 0,09$ м.

При перевірці теоретичних моделей втрат цукроносної маси, залишків

гички, пошкоджень головок коренеплодів рівні варіювання факторів

визначається так: X_1 - швидкість руху машини, $X_1 = 1,6 \dots 2,4$ м/с, X_2 - величина

вертикального зазору, $X_2 = 0,01 \dots 0,04$ м, X_3 - висота виступання головок

коренеплодів над рівнем ґрунту, $X_3 = 0 \dots 0,09$ м.

Для проведення дослідів згідно вибраного плану-матриці визначимо

кодовані значення факторів на всіх рівнях варіювання [1].

Визначимо допустимі величини похибок вимірювань при яких

відкидається його результат [1]. Для подальшої обробки експериментальних

даних необхідно перевірити однорідність дисперсій за критерієм Кохрена.

Для кожної точки плану проводилась перевірка гіпотези про

відтворюваність досліджень. Задавши необхідним рівнем значущості,

визначивши число ступенів свободи знаходилось табличне значення критерію

Кохрена. Після чого визначене значення порівнювалось з табличним на

виконання умови $G < G_{\text{табл}}$. При виконанні умови робиться висновок про однорідність дисперсій.

Отримані результати розрахунків зводили у журналі планування експерименту, наведеному у додатках Г.

Для опису функцій відгуку емпіричних моделей параметрів оптимізації вибрана апроксимуюча модель повного квадратичного полінома [1]

Для отримання емпіричної математичної моделі визначимо коефіцієнти апроксимуючого полінома [1]

Для перевірки значимості коефіцієнтів рівняння регресії b_i за t – критерієм Стьюдента використали наступний алгоритм [1]:

- визначили дисперсію параметра оптимізації;
- визначили в усіх точках плану-матриці дисперсію помилки визначення коефіцієнта регресії;

- визначили середньоквадратичне відхилення дисперсії похибки визначення коефіцієнта регресії;

- визначили t – критерій Стьюдента;
- визначили число степенів свободи.

При невиконанні умови значимості коефіцієнтів коефіцієнт b_i рівняння регресії приймався рівним нулю, а відповідний член рівняння регресії виключався.

Для перевірки адекватності отриманої емпіричної моделі спочатку визначали дисперсію адекватності [1]. Адекватність моделі перевіряється за критерієм

Фішера: визначали табличне значення критерію Фішера F_T за заданим рівнем значимості α і двома ступенями відповідності [1].

Отримане значення F_P порівнювали з табличним F_T . Якщо умова виконувалась, тобто розрахункове значення F_P критерію Фішера менше табличного F_T при 5% - му рівні значимості, числі степенів вільності дисперсії адекватності та числі степенів вільності дисперсії відтворюваності, то рівняння регресії адекватне експериментальним даним.

3.3. Методика та обладнання польових досліджень

3.3.1. Обґрунтування конструкції польової установки.

Нами розроблено та виготовлено польову установку (рис. 3.6., 3.7.), де передбачено можливість зміни режимів роботи та конструкційно-технологічних параметрів робочого органу.

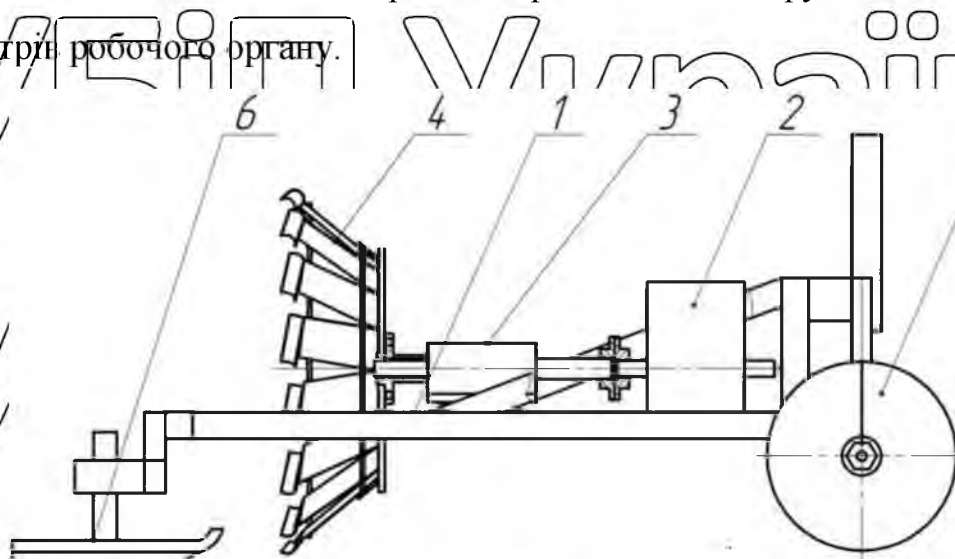


Рис. 3.6. Компонувальна схема польової установки для дообрізання гички.

Польова установка для дослідження гичковидальючих робочих органів (рис. 3.6.) складається з основної рами 1, ланцюгово-планчатого варіатора 2, проміжної опори приводу 3, робочого органу 4 та копирів ведення по рядках коренеплодів 6. Польова установка агрегується з тракторами вал відбору потужності яких обертається з частотою 548 хв^{-1} . Зміна частоти обертання ротора проводиться з допомогою ланцюгово-планчатого варіатора 2. Швидкість поступального руху змінюється шляхом підбору відповідних передач трактора. Зміщення робочого органу відносно умовної осової лінії рядка здійснюється за допомогою пересування кронштейнів копирів 6 відносно осі симетрії установки в повздовжньому напрямі.



Рис. 3.7. Загальний вигляд польової установки для дообрізання гички.

3.3.2. Вибір факторів та плану польового експерименту.

При проведенні польових досліджень визначали залишки гички G (%), пошкодження коренеплодів P (%), вибивання коренеплодів з ґрунту V (%), кількість косообрізаних коренеплодів H (%) залежно від швидкості руху трактора V_n та вертикального зазору α . У зв'язку з тим, що конструкційне виконання робочого органу не дозволяє визначити пряме втрати цукроносної маси, проводимо додатково оцінку показників якості технологічного процесу після проходження робочого органу за Євростандартом. При цьому, враховуючи результати теоретичних та лабораторних досліджень, кількість робочих елементів на роторі порівнювала 16.

Відповідно до кількості факторів та з врахуванням умов досліджень нами прийнято ПФЕ 3^2 - двофакторний експеримент на трьох рівнях варіювання. Перехід від натуральних значень до кодованих проводили відповідно до залежності (3.1.). Результати кодування вхідних факторів представлені в таблиці 3.1. Для отримання необхідної точності результатів дослідів та враховуючи умови досліджень нами вибрана трикратна повторність. Результати досліджень заносили в додаток Г. Вибір необхідної кількості паралельних дослідів, перевірку однорідності дисперсій за критерієм Кохрена, перевірку значимості коефіцієнтів рівняння регресії за критерієм Стьюдента, перевірку гіпотези адекватності моделі за критерієм Фішера проводили за допомогою

методики пункту 3.2.

Таблиця 3.1

Результати кодування факторів та рівні їх варіювання

Фактори	Позначення		Інтервал варіюв.	Рівні варіювання: натур./кодовані		
	Натур.	Код.		натур./кодовані	натур./кодовані	натур./кодовані
Початковий вертикальний зазор, a , хв ⁻¹	X1	x ₁	0,015	0,04/+1	0,025/0	0,01/-1
Робоча швидкість руху, V_p , м/с	X2	x ₂	0,4	2,2/+1	1,8/0	1,4/-1

При відборі проб та визначенні показників якості керувались методикою [38]. При проведенні польових досліджень визначались: час проходження агрегатом залікової ділянки; маса гички у воросі коренеплодів; маса коренеплодів, вибитих робочими органами; маса коренеплодів з сильно пошкодженими головками. Для визначення якості очищення коренеплодів від гички користувались залежністю:

$$W = \frac{m}{m_k} \cdot 100\%, \quad (3.1)$$

де m - маса гички у воросі коренеплодів; m_k - маса коренеплодів у пробі.

Показник вибивання коренеплодів визначали за залежністю

$$Z = \frac{m_b}{m_k} \cdot 100\%, \quad (3.1)$$

де m_b - маса вибитих коренеплодів.

Таблиця 3.2

Матриця планування експерименту 3² в кодованих значеннях

№ точки плану	Порядок реалізації дослідів			Фактори процесу					
	m_1	m_2	m_3	X_0	X_1	X_2	$X_1 X_2$	X_1^2	X_2^2
1	1	1	7	1	1	-1	1	0,33	0,33
2	3	6	3	1	1	-1	-1	0,33	0,33
3	7	5	9	1	-1	1	-1	0,33	-0,33
4	2	9	2	1	1	1	1	0,33	0,33
5	8	8	1	1	-1	0	0	0,33	-0,67
6	6	2	8	1	1	0	0	0,33	-0,67
7	5	7	6	1	0	-1	0	-0,67	0,33
8	4	4	5	1	0	1	0	-0,67	0,33
9	9	3	4	1	0	0	0	-0,67	-0,67

Показник пошкодження коренеплодів визначався за залежністю:

$$V_k = \frac{m_{\text{п}}}{m_k} \cdot 100, \quad (3.3.)$$

де $m_{\text{п}}$ – маса пошкоджених коренеплодів.

Отримані результати розрахунків зводили у журнал планування експериментальних досліджень (Додаток Г). Для побудови поверхонь відгуку та ліній однакового рівня використовували пакет стандартних програм для ПК «Matlab 6.0». Емпіричну математичну модель представляли у вигляді повного полінома другого ступеня [1]:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2, \quad (3.4.)$$

де $b_0, b_1, b_2, b_{12}, b_{11}, b_{22}$ – коефіцієнти при відповідних значеннях x_i ; x_1, x_2 – кодовані фактори.

3.3.3. Методика проведення польових експериментальних

досліджень.

При розробленні методики проведення польових експериментальних досліджень використасмо попередні дослідження [21] та загальноприйняті методики [38].

Агротехнічна характеристика посіву, ґрунту та поля, згідно методики, розробленої в Інституті цукрових буряків УААН [38], визначається наступними показниками: відхиленням коренеплодів від осі рядка, розподілом головок коренеплодів відносно поверхні ґрунту, фактичною шириною основних і стикових міжрядь, відстанню між коренеплодами в рядках, густотою посіву, висотою масиву та формою гички, геометричними розмірами та формою коренеплодів, біологічною врожайністю коренеплодів та гички, типом ґрунту та його характеристиками (вологістю, твердістю), рельєфом поля, забур'яненістю ділянки. Досліди проводились на ділянці поля посіву коренеплодів гібриду «Настя» фірми КВС.

Якість роботи робочого органу оцінювалась за наявністю гички у ворсі коренеплодів після коренезбиральної машини, пошкодженнями коренеплодів і їх вибиванням робочими органами очисника з ґрунту та відхиленням площини

зрізу від горизонтальності.

Для експериментальних досліджень готували ділянку довжиною 40 м і шириною у три рядки, що відповідає числу повторностей досліду. Початкова смуга ділянки протяжністю 10 м відводилась для розгону агрегату, а наступних 30 м було заліковою ділянкою. Кількість ділянок визначалась згідно плану-матриці проведення лабораторно-польових експериментальних досліджень.

Розгін і введення копирів в рядок - виконувався на початковій ділянці довжиною 10 м. Початок руху налаштованою установкою виконувався на зменшеній швидкості, достатній для стабільного ведення агрегату оператором

трактора. Перед проходженням дослідної ділянки на її початку встановлювались розмітні таблички із надписом відповідної комбінації факторів. Так як конструкція робочого органу запропонована вперше, то для вивчення можливості застосування його в загальній технологічній схемі збирання

коренеплодів цукрових буряків під час проведення досліду рух агрегату і процес відокремлення гички фіксувався на відео. Після проходження кожної дослідної ділянки на фото фіксувався її загальний стан та проводилась оцінка наявності гички в зоні міжрядь і коренеплодів, а також ступеня її подрібнення. Усі показники проведення дослідів заносились у таблиці. Для оцінки показників

процесу відокремлення гички міжряддя очищались від вільної гички і фіксувався на фото стан коренеплодів на ділянці зі зв'язаною гичкою. Фіксувалася також кількість пошкоджених та вибитих коренеплодів, стан поверхні зрізу та загальна кількість коренеплодів. Для оцінки якості копіювання фіксувались на фото

випадки відокремлення гички на різновисоких близькорозташованих коренеплодах.

НУБІП УКРАЇНИ

РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

НУБІП УКРАЇНИ

4.1. Лабораторні експериментальні дослідження

У результаті попереднього аналізу факторів, що впливають на процес відокремлення гички, були визначені основні фактори та обґрунтовані інтервали їх варіювання.

Фіксування всіх результатів дослідів проводилось у зведеному журналі лабораторних випробувань, який наведений у додатку Г.

Наведемо послідовність обробки результатів експериментальних досліджень на прикладі визначення залишків гички на коренеплодах. Для перевірки відтворюваності результатів досліджень проведена перевірка на однорідність дисперсій, яка є достатньою умовою для проведення подальшого аналізу. Для перевірки цієї умови використано критерій Кохрена. Порядок проведення перевірки наведений в розділі 3.

Визначено середнє значення показника y . Відхилення значень кожного з показників дослідів від середнього значення визначено із залежності:

$$\Delta y_3 = y_3 - \bar{y}_3, \quad (4.1)$$

Дисперсія відтворюваності визначена із виразу (3.4) Результатирозрахунку наведені в таблиці 4.1.

Критерій Кохрена визначений за залежністю (3.3.):

$$G = \frac{0,040}{0,007} = 0,186, \quad (4.2)$$

Для визначення табличного значення критерію Кохрена визначено число ступенів вільності. Число ступенів вільності.

$$V_1 = m - 1 = 5 - 1 = 4. \quad (4.3)$$

Число ступенів вільності дослідів:

$$V_2 = N = 15. \quad (4.4)$$

Табличне значення критерію Кохрена для даних умов становить 0,242. Так, як $G < G_{кр}$ умова про однорідність дисперсій виконується.

Таблиця 4.1.

Результати розрахунку дисперсій, що обумовлені похибками дослідів привизначенні якості відокремлення гички в лабораторних умовах

Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	\bar{Y}	S_y^2
15,27	15,16	15,21	15,17	15,11	15,184	0,0035
12,17	12,09	12,09	12,06	12,09	12,100	0,00191
24,73	24,49	24,56	24,59	24,60	24,596	0,00735
21,14	20,94	20,99	21,09	20,96	21,025	0,00746
0,94	0,93	0,91	0,93	0,93	0,927	9,5E-05
0,35	0,34	0,34	0,34	0,34	0,343	2,1E-06
2,90	2,88	2,87	2,88	2,88	2,883	9,1E-05
1,81	1,80	1,81	1,80	1,80	1,804	3,6E-05
6,17	6,14	6,15	6,15	6,13	6,148	0,00031
3,64	3,60	3,63	3,62	3,62	3,621	0,00017
3,08	3,06	3,07	3,07	3,07	3,071	9,3E-05
9,73	9,64	9,65	9,63	9,63	9,657	0,00154
23,12	23,07	23,01	23,00	22,97	23,034	0,00393
2,68	2,65	2,65	2,66	2,66	2,661	0,00011
6,29	6,26	6,23	6,26	6,26	6,259	0,00037

Так як умова однорідності дисперсій підтверджена, є можливість проведення подальшого аналізу дослідних даних.

Для інтерпретації результатів дослідів використаний регресійний аналіз та отримані емпіричні математичні моделі процесу відокремлення гички. Зокрема, в результаті проведеного регресійного аналізу було отримано наступні апроксимуючі квадратичні форми, що визначають залежності від факторів x_1 , x_2 , x_3 залишків гички на головках коренеплодів G , втрат цукронової маси B , відхилення площини зрізу від горизонтальності H , та товщини зрізу H_z , в кодованому вигляді:

$$G = 6,23 - 1,04x_1 + 2,73x_2 - 8,37x_3 - 0,12x_1x_2 + 0,62x_1x_3 - 1,87x_2x_3 - 0,93x_1^2 + 0,07x_2^2 + 4,46x_3^2, \quad (4.5.)$$

$$B = 2,725 + 0,246x_1 - 0,475x_2 + 1,645x_3 + 0,203x_1x_3 - 0,366x_2x_3 - 0,275x_{12} + 0,627x_{22}, \quad (4.6.)$$

$$H = x_2 + 2,586x_3 + 0,405x_1x_2 - 0,340x_2x_3 + 1,340x_{12} + 1,233x_{22} + 4,523x_{32}, \quad (4.7.)$$

$$H_z = 13,62 + 4,24x_1 - 4,98x_2 + 13,01x_3 + 1,78x_1x_3 - 1,92x_2x_3 + 0,41x_2^2 - 2,555x_3^2, \quad (4.8.)$$

Для визначення дійсних значень незалежних факторів використаємо

наступні залежності:

$$x_1 = \frac{V-2}{0,4}; \quad x_2 = \frac{\delta-40}{40}; \quad x_3 = \frac{h-50}{40}; \quad (4.9.)$$

де V - швидкість руху машини, м/с;

δ - відхилення від умовної осьової лінії рядка, мм;

h - висота виступання головок коренеплодів, мм.

Розкодовані регресійні залежності мають наступний вигляд:

$$G = -0,0116\delta h + 0,08\delta V + 1,06\delta + 0,027h^2 + 0,387hV - 5,195h - 60V^2 + 191,18V + 45,26, \quad (4.10.)$$

$$B = -6,94 + 0,03\delta + 0,03h + 0,013hV - 1,75V^2, \quad (4.11.)$$

$$H = 21,1 + 24,8V + 8,38V^2 + 0,245h + 0,026hV + 0,0028h^2 - 0,08\delta, \quad (4.12.)$$

$$H_z = -10,64 + 6,05V - 0,01\delta + 0,28h + 0,11hV - 0,001V\delta - 0,003\delta h - 0,002h^2, \quad (4.13.)$$

Розгорнути результати регресійного аналізу та перевірки адекватності

емпіричних моделей, які отримані за допомогою прикладних програм на ПК наведені в додатку Б.

Статистичну значимість коефіцієнтів b_i отриманих рівнянь регресії проводили у відповідності до залежностей (3.8. – 3.13.). Згідно розрахунку всі коефіцієнти значимі, крім коефіцієнта b_{33} у рівнянні регресії відхилення площини зрізу від горизонтальності, який є не значимим.

Адекватність апроксимуючої квадратичної залежності експериментальним даним визначено за критерієм Фішера. У результаті співставлення табличних значень критерію Фішера з розрахунковими всі регресійні моделі виявились адекватними.

Проведемо аналіз емпіричних моделей процесу відокремлення гички в наступному порядку:

- побудуємо графічну інтерпретацію емпіричних моделей у вигляді графіків поверхонь відгуку та графіками ліній однакового рівня;

- визначимо ступінь впливу та ефекти взаємного впливу на показники якості виконання процесу досліджуваних факторів;

- визначимо шляхи підвищення швидкості в контексті кожного показника якості виконання процесу відокремлення гички;

- визначимо значення параметрів процесу при яких можливе суттєве збільшення швидкості процесу відокремлення гички та підвищення його показників якості.

На початковому етапі в лабораторних умовах проводилась перевірка функціональної придатності відокремлювача гички та первинна оцінка правильності теоретичного обґрунтування основних конструкційних параметрів. При проведенні первинних досліджень фіксувались параметри поступальної швидкості $V = 2$ м/с, вертикального зазору $\alpha = 25$ мм і висоти виступання $h = 60$ мм. Відхилення робочого органу від умовної осі рядка δ змінювались в межах від -80 мм до $+80$ мм від середнього положення. Оцінка якості роботи проводилась візуально шляхом безпосереднього спостереження процесу та за допомогою швидкісного відео. Унаслідок спостережень виявлено

наступне:

стабільний контакт системи робочих елементів у всіх фазах взаємодії з головою коренеплоду;

- відновлення початкового положення відокремлювачем гички за час достатній для якісного копіювання головок коренеплодів в рядку;

поверхня зрізу, утворена ріжучою частиною, рівна, без сколів і пошкоджень;

- відсутність пошкоджень на інших поверхнях коренеплодів;
- відсутність підрізання основи головки коренеплоду ріжучою

частиною.

Дані показники попередньо засвідчили функціональну придатність робочого органу, правильність теоретичного обґрунтування основних

конструкційно-технологічних параметрів та необхідність проведення подальших

досліджень з метою визначення раціональних параметрів процесу таробочого

органу. Але слід відмітити значне відхилення площини зрізу від горизонтального положення при окремих значеннях δ , що вимагає окремого дослідження впливу даного параметра на процес відокремлення гички.

За результатами лабораторних досліджень отримано регресійні

залежності показників якості процесу від поступальної швидкості V , вертикального зазору a , висоти виступання головок коренеплодів h , відхилення робочого органу від умовної осі рядка δ .

Виявлено, що всі фактори впливають на появу косого зрізу. За

результатами досліджень побудовано поверхню відгуку відхилення площини зрізу від горизонтального положення (рис. 4.1 а) при поступальній швидкості 1,8

м/с. Аналізуючи поверхню відгуку, видно чітко виражений мінімум функції при певних значеннях зміщення δ . Так як одним із завдань роботи є підвищення

продуктивності процесу відокремлення гички, то проведемо аналіз функції

відгуку за допомогою двовірних перетинів в області підвищених швидкостей при $V = 1,8 \dots 2,2$ м/с (рис 4.1 б, в, г). Із збільшенням фактора висоти виступання

головок коренеплодів над рівнем ґрунту зростають відхилення площини зрізу

від горизонтального положення та втрати цукроносної маси, а залишки гички на коренеплодах зменшуються. Відхилення площини зрізу не перевищує агротехнічних вимог для низьковиступаючих коренеплодів, для коренеплодів середнього діапазону висот виступання відхилення площини зрізу збільшуються понад рівень агротехнічних вимог, але враховуючи випадковий характер розподілення цукроносних мас відносно поверхні ґрунту в польових умовах слід оцінювати значно менших усереднених значень даного показника.

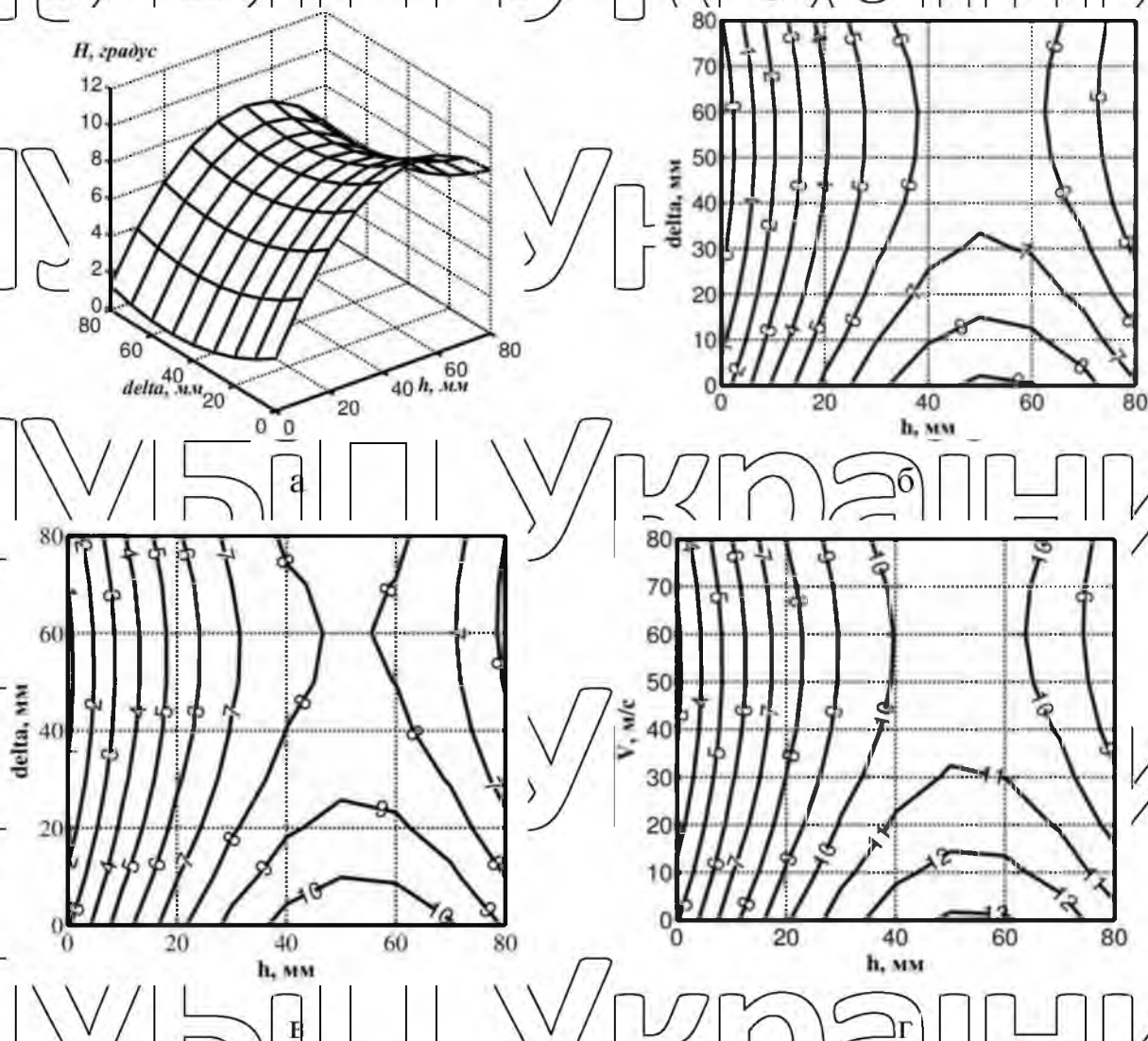


Рис. 4 Г Відхилення площини зрізу від горизонтального положення:

а - поверхня відгуку; б, в, г - двомірні перетини поверхонь відгуку з поступальними швидкостями відповідно 1,8 м/с, 2,0 м/с, 2,2 м/с.

Отже, при поступальних швидкостях менших ніж 2 м/с можливі значення δ , при яких коренеплоди всього діапазону висот виступання будуть нормально зрізані - $H < 10^\circ$. Мінімальні відхилення площини зрізу при поступальній

швидкості робочого органу близько 2 м/с будуть в діапазоні $\delta = 50 \dots 60$ мм. Допустимі відхилення площини зрізу будуть при $\delta > 30$ мм. Очевидно, що подальше збільшення відхилення робочого органу від осі рядка приведе до збільшення залишків гички на низько розташованих головках коренеплодів (рис. 4.2.).

Втрати цукроносної маси при $\delta = 20 \dots 50$ мм збільшуються, що свідчить про активізацію процесу відокремлення гички (рис. 4.3.). При зрізі гички за межами даного діапазону втрати цукроносної маси зменшуються, але це пояснюється появою косих зрізів головок коренеплодів. Отже, з врахуванням

вищевикладеного, раціональним діапазоном зміщення осі ротора від умовної осі рядка можна вважати $\delta = 30 \dots 50$ мм.

При лабораторних дослідженнях процесу взаємодії робочого органу головок коренеплодів різних висот виступання нами виявлено відхилення фактичних висот зрізу головок коренеплодів від розрахункових (рис. 4.4.-4.6.).

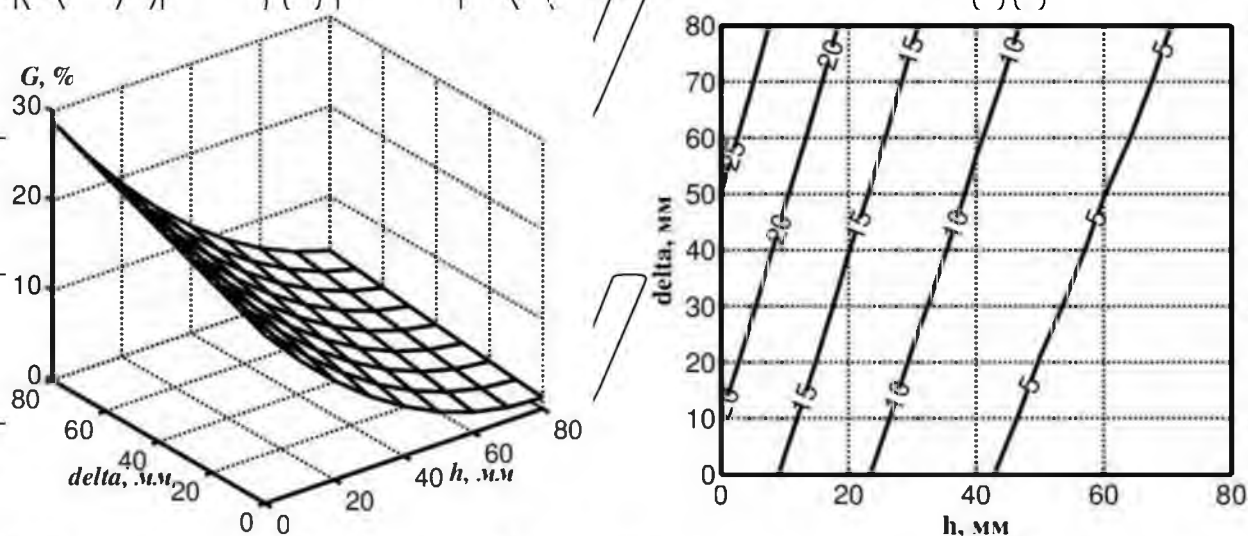


Рис. 4.2. Залишки гички на коренеплодах при фіксованій доступальній швидкості 2 м/с і вертикальному зазорі 25 мм

Висота зрізу низьковиступаючих коренеплодів менша за вертикальний зазор ріжучої частини, а високовиступаючих - значно перевищує вертикальний зазор.

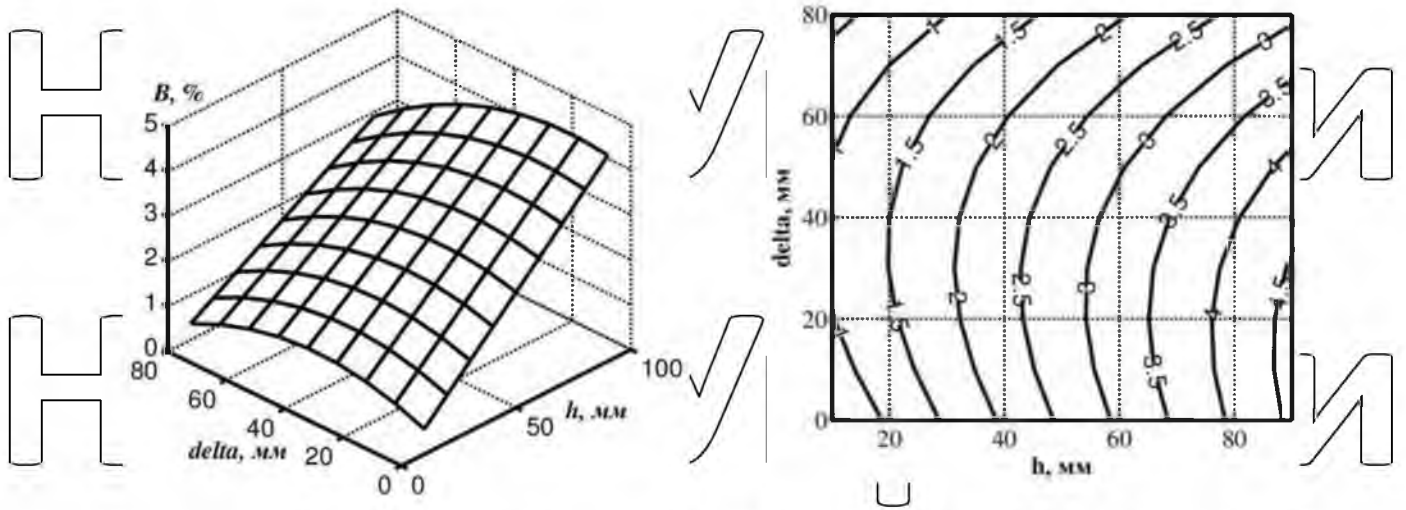


Рис. 4.3. Втрати цукронової маси при фіксованій поступальній швидкості 2 м/с і вертикальному зазорі 25 мм

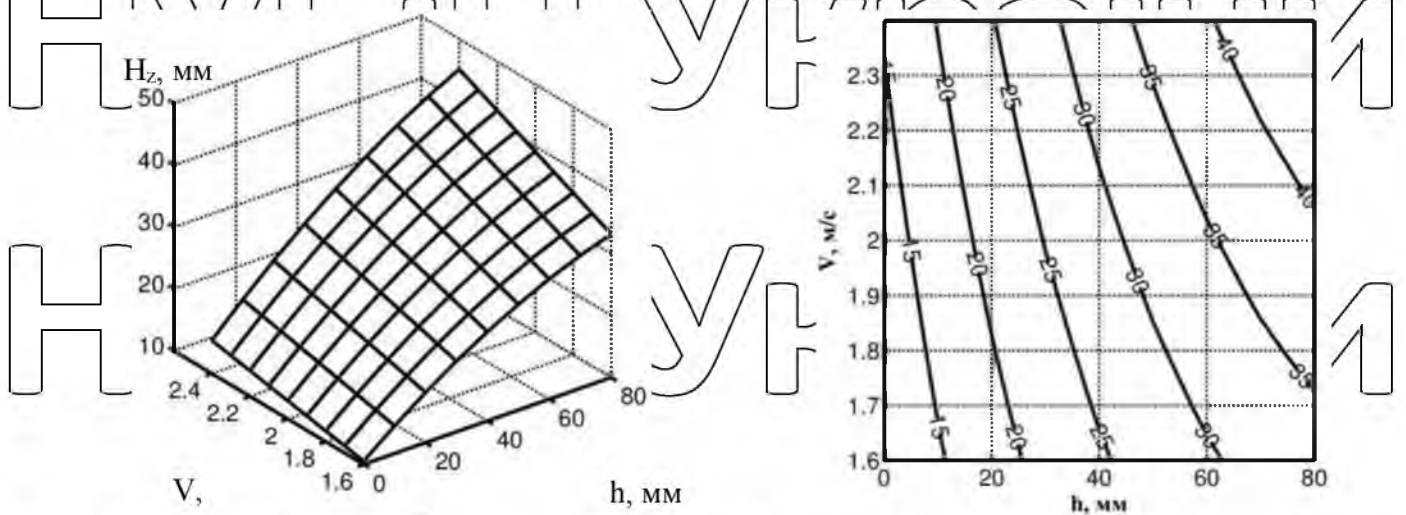


Рис. 4.4. Висота зрізаного шару головки коренеплоду при вертикальному зазорі 40 мм

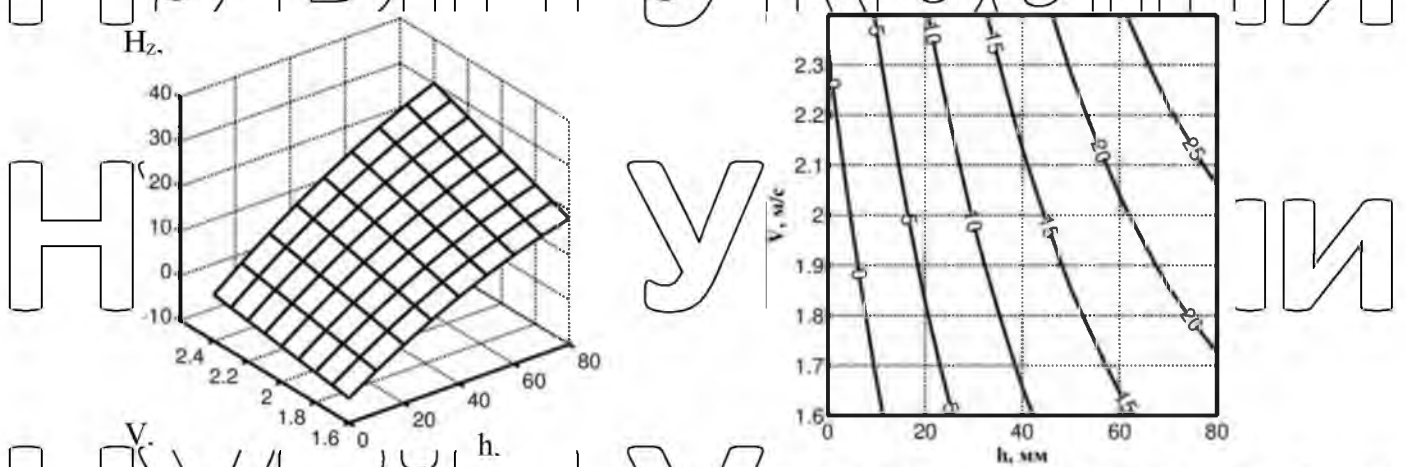


Рис. 4.5. Висота зрізаного шару головки коренеплоду при вертикальному зазорі 25 мм.

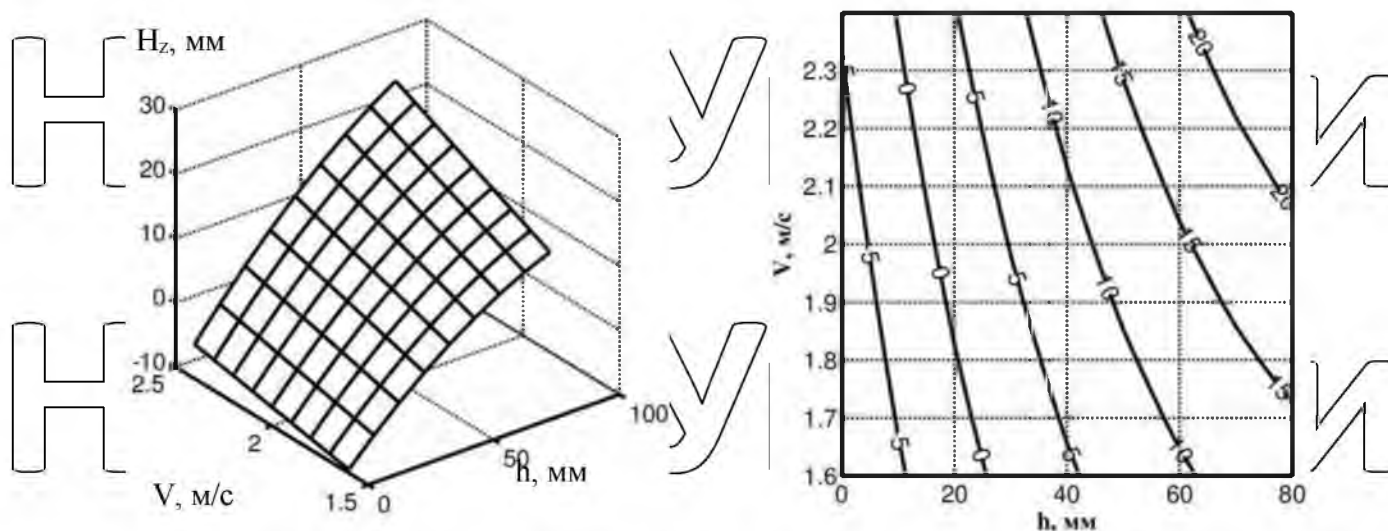


Рис. 4.6. Висота зрізаного шару головки коренеплоду при вертикальному зазорі 10 мм.

За короткий час взаємодії з копірною частиною робочий орган не встигає знімати шар гички на головках низьковиступаючих коренеплодів і тому зрізується менший шар головки. При взаємодії високо виступаючих коренеплодів із великою кількістю лопатей копірної частини знімається весь шар гички і верхівкова частина головки. Очевидно, що даний ефект необхідно врахувати при виборі раціональних параметрів копірного і комбінованого зрізів.

Отримані емпіричні залежності висоти зрізу головки від конструкційно-технологічних параметрів та режимів роботи робочого органу можна використати при розрахунках показників якості процесу відокремлення гички та технологічних регулюваннях робочого органу.

У результаті проведених досліджень було виявлено суттєвий вплив висоти виступання головок коренеплодів на основні показники процесу відокремлення гички - втрати цукроносної маси та залишки гички на головках коренеплодів. Для дослідження цього ефекту нами було проведене додаткове дослідження взаємодії копірної та ріжучої частин робочого органу з гичкою та головкою коренеплоду. Для цього під час проведення процесу відокремлення гички з головок коренеплодів експериментальним робочим органом з допомогою спеціальних екранів фіксувались видалені структурні частини гички та головки

коренеплоду. Після цього штучно із зібраних структурних частин відновлювалась первинна структура головки коренеплоду з гичкою. Ці заходи дали можливість оцінити поверхню головки коренеплоду, яка отримана в результаті взаємодії з копірною частиною робочого органу. На фото рис. 4.7

наведено приклад взаємодії робочого органу з головкою коренеплоду середнього діапазону розподілення висот виступання. У результаті даних досліджень встановлено наступний характер проходження процесу видалення гички при взаємодії копірної частини з головкою коренеплоду останньою видаляється

основна маса гички у високо виступаючих коренеплодів та коренеплодів

середнього діапазону висот виступання. Для низьковиступаючих коренеплодів характерні залишки гички на головці коренеплоду висотою 10...20 мм. Це пояснюється різницею в тривалості та інтенсивності взаємодії головок

коренеплодів різних груп висот виступання з робочими елементами відокремлювача гички, що підтверджено виявленим відхиленням фактичних

висот зрізу головок коренеплодів від заданого вертикального зазору (рис. 4.1).

Так для низьковиступаючих коренеплодів висота зрізу менша за вертикальний зазор ріжучої частини, а високовиступаючих - значно перевищує вертикальний

зазор. При взаємодії високовиступаючих коренеплодів із великою

кількістю лопатей копірної частини знімається весь шар гички і верхівкова частина головки. Кожен робочий елемент по чергово, рухаючись по поверхні головки коренеплоду, знімає порцію гички, утворюючи при цьому поверхню

головки, наведену на рис. 4.7. Отримані емпіричні залежності висоти зрізу

головки від конструкційно-технологічних параметрів та режимів роботи

робочого органу можна використати при розрахунках показників якості процесу відокремлення гички копірним чи комбінованим способом і технологічних регулюваннях відокремлювача гички.

Слід відмітити, що при лабораторних дослідженнях неможливо відтворити

реальні умови закріплення коренеплоду в ґрунті, випадковий характер розташування коренеплоду відносно умовної осі рядка та головок коренеплодів відносно поверхні ґрунту.



Рис. 4.7. Вигляд головки коренеплоду після взаємодії з копірною частиною робочого органу (головка штучно відновлена після зрізу).

Тому для визначення раціональних параметрів процесу в польових умовах слід додатково дослідити вплив вертикального зазору та поступальної швидкості на показники якості процесу.

4.2. Польові експериментальні дослідження

4.2.1. Умови проведення досліджень.

Характеристика умов проведення польових експериментальних досліджень показників якості процесу відокремлення гички, наведена в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Характеристика посіву цукрових буряків

Показники	Значення показників
Характеристика культури:	
Відхилення коренеплодів від умовної осі рядка, %	
0	3,4
±10	22,6
±20	43,1
±30	26,4
±40 мм і більше	4,5

Виступання головок коренеплодів над поверхнею ґрунту, %		
- від 0 до +20 вкл.		0,9
- від 0 до +20 вкл.		41,3
- більше +20 до +40 мм вкл.		24,1
- більше +40 до +60 мм вкл.		18,2
- більше +60 до +80 мм вкл.		11,9
- більше +80 мм		0,6
Густота насадження рослин	тис. шт./га	91,3
Біологічна урожайність коренеплодів	т/га	51,4
Біологічна урожайність гички	т/га	20,2
Стан гички на коренеплодах по формі розміщення листя, %:		
- розетка		30,2
- напіврозетка		43,7
- конус		36,1
Тип ґрунту і його назва за механічним складом		Чорнозем глибокий малогумусний
Схил поля		1
Вологість ґрунту %, 0-10 см		21,5

4.2.2. Результати польових досліджень.

Польові дослідження експериментальних робочих органів для дообрізання решток гички цукрових буряків проводилися на базі спроектованої та виготовленої польової установки (рис. 4/8).



Рис. 4.8. Копірно-роторний гичкозрізальний апарат.

За результатами математичної обробки експериментальних даних побудовано поверхні відгуків (рис. 4.9, 4.13) та отримано рівняння регресії (табл. 4.4.) показників якості процесу відокремлення гички. Перевірку

результатів польових експериментальних досліджень провели наступним чином: відтворюваності - за критерієм Кохрена, адекватності - за критерієм Фішера, а значущості коефіцієнтів регресії - за критерієм Стьюдента. Результати перевірки наведені у таблиці 4.3. Повні відомості про результати перевірки відтворюваності, значущості коефіцієнтів та адекватності емпіричних моделей наведені в додатках Г.

Таблиця 4.3

Результати перевірок відтворюваності та адекватності експериментальних даних

Критерій	Розрахунковий	Табличний	Висновок
Вибивання коренеплодів			
Значимість коефіцієнтів	-	-	Всі значимі
Кохрена G	0,26	0,478	Дисперсії однорідні
Фішера F	2,45	2,93	Модель адекватна
Пошкодження			
Значимість коефіцієнтів	-	-	Всі значимі
G	0,43	0,478	Дисперсії однорідні
F	2,81	2,93	Модель адекватна
Забрудненість гичкою			
Значимість коефіцієнтів	-	-	Всі значимі
G	0,39	0,478	Дисперсії однорідні
F	2,61	2,93	Модель адекватна
Кількість нормально обрізаних коренеплодів			
Значимість коефіцієнтів	-	-	Всі значимі
G	0,36	0,478	Дисперсії однорідні
F	2,18	2,93	Модель адекватна
Кількість низько обрізаних коренеплодів			
Значимість коефіцієнтів	-	-	Всі значимі
G	0,37	0,478	Дисперсії однорідні
F	2,81	2,93	Модель адекватна

Таблиця 4.4.

Регресійні залежності показників якості

Функція відтукку	Рівняння регресії	
	в кодованому вигляді	в натуральних величинах
Вибивання коренеплодів	$V = 2,5 + 1,3X_1 - 0,26X_2 + 0,14X_1X_2 + 0,73X_1^2$	$V = 14aV - 13,5V - 35,6a + 4,56V^2 + 12,3$
Пошкодження	$P = 1,5 + 1,6X_1 + 0,62X_2 + 1,23X_1^2 - 0,17X_2^2$	$P = 272a^2 + 38,4a + 7,688V^2 - 23,675V + 18,42$
Забрудненість гичкою	$G = 2,4 + 0,7X_1 - 2,1X_2 + 0,42X_1X_2 - 0,81X_1^2 + 1,7X_2^2$	$G = 2720a^2 + 42aV - 295,6a - 5,0V^2 + 15,4V - 5,2$
К-сть нормально обрізаних коренеплодів	$N_n = 79,8 - 5X_1 - 38,76X_2 - 5,52X_1X_2 - 25,67X_2^2$	$N_n = -10,64 + 6,05V - 6,0d + 0,28h + 0,1Vh - 0,0012dh - 0,0016h^2$
К-сть мизько-обрізаних коренеплодів	$N_m = 16 + 5,6X_1 + 38,98X_2 + 5,33X_1X_2 + 25,18X_2^2$	$N_m = 0,675V + 533aV + 40288a^2 + 0,985$

З аналізу залежностей рис. 4.12. і рис. 4.13. видно, що після проходу робочого органу показники якості, кількість пошкоджених та кількість вибитих коренеплодів, не перевищують допустимих меж у всьому діапазоні зміни факторів: поступальної швидкості V та вертикального зазору a .

Кількість косообрізаних коренеплодів у всіх проведених дослідах не перевищувала 1%.

В результаті визчення отриманих регресійних залежностей показників якості процесу відокремлення гички встановлено наступне. Пошкодження та вибивання не перевищують агротехнічних вимог у всьому діапазоні зміни факторів.

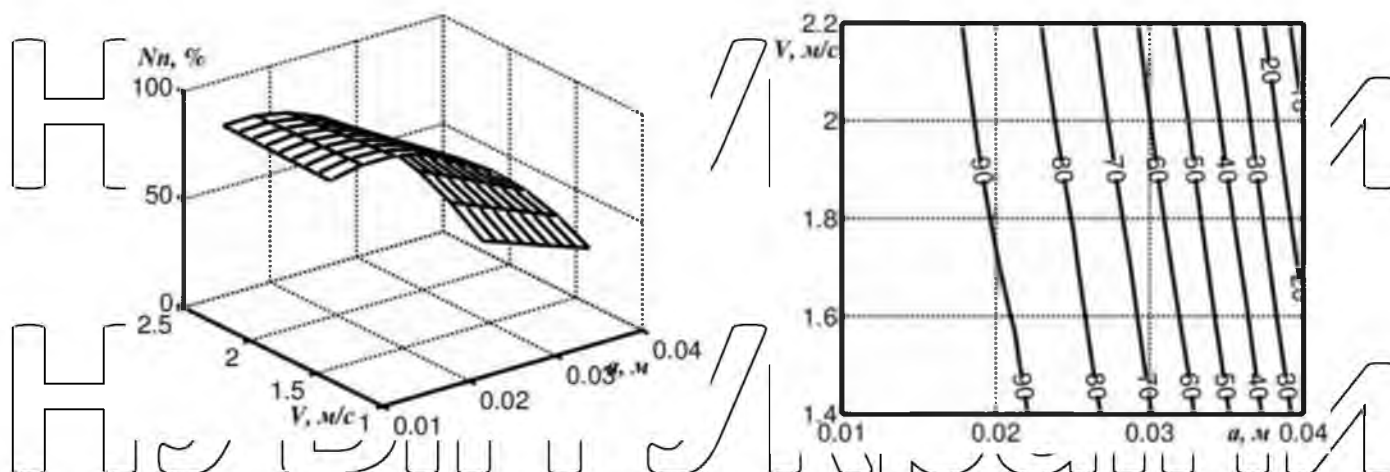


Рис. 4.9. Кількість нормальнообраних коренеплодів, %.

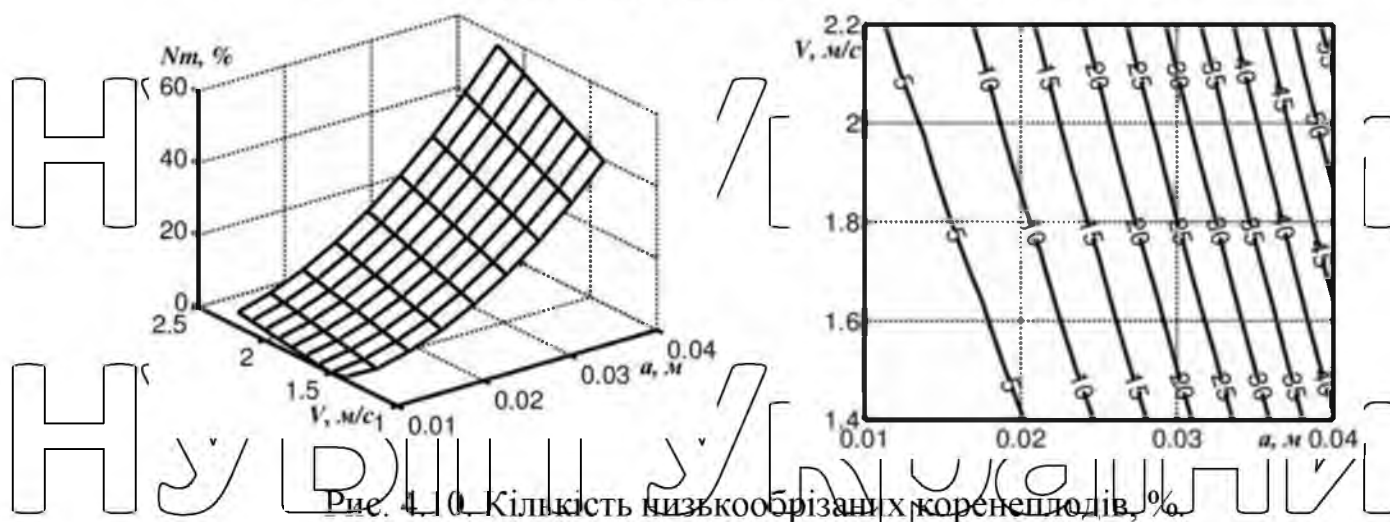


Рис. 4.10. Кількість низькообраних коренеплодів, %.

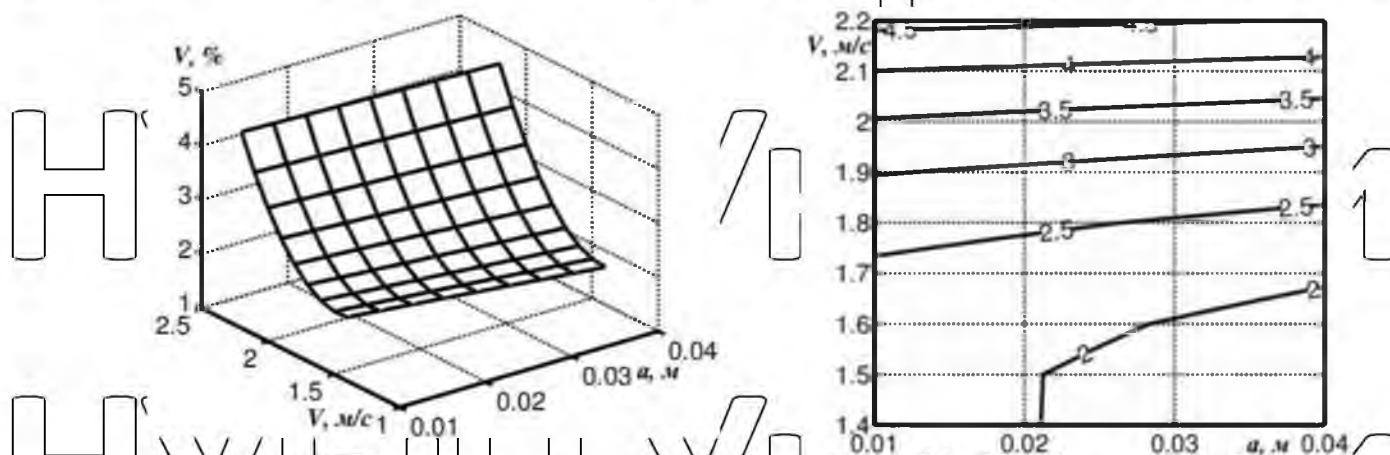


Рис. 4.11. Кількість вибраних коренеплодів, %.

НУБІП України

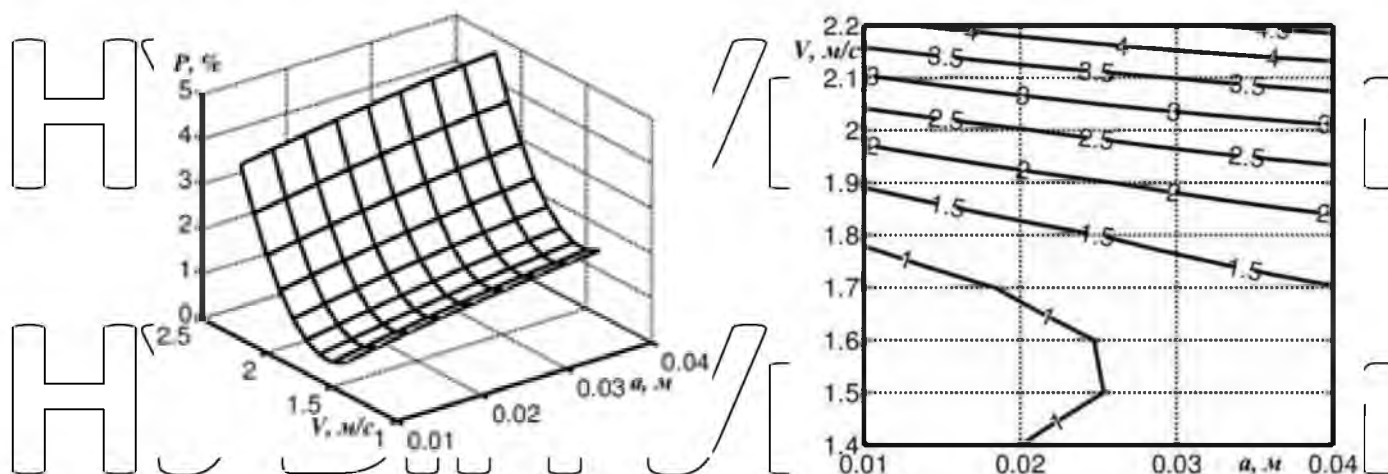


Рис. 4.12. Кількість пошкоджених коренеплодів, %.

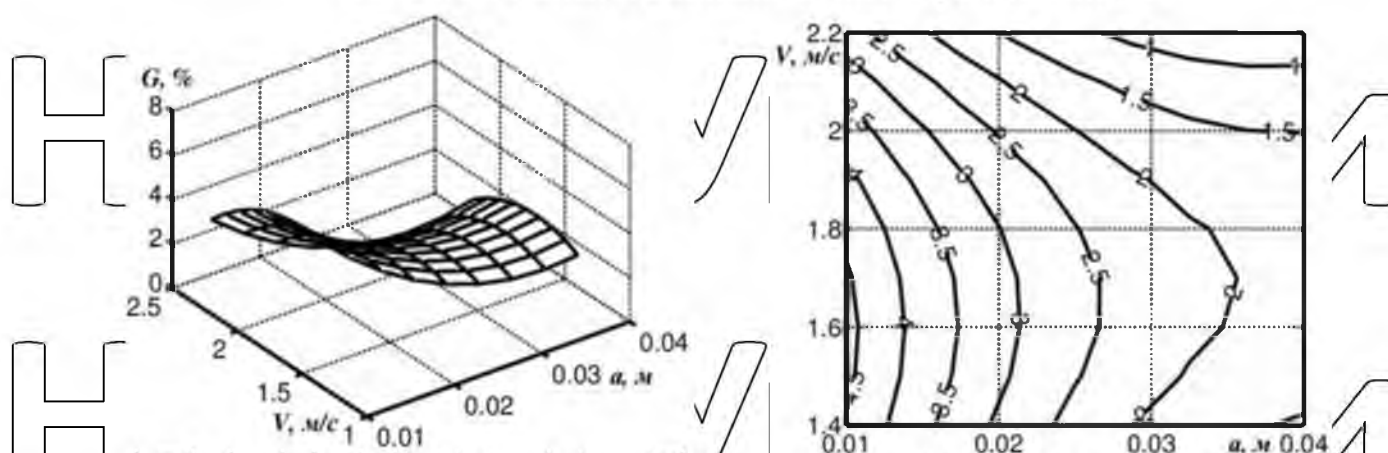


Рис. 4.13. Маса залишків гички на коренеплодах, %.

На всьому інтервалі зміни факторів вибивання коренеплодів не перевищує допустимих агротехнічних вимог, тому можна зробити висновок про повне їх дотримання при збільшенні швидкості до 2,2 м/с. При подальшому збільшенні швидкості слід очікувати збільшення кількості вибитих коренеплодів через збільшення кутової швидкості і відповідно відцентрових сил в контакті робочий елемент - головка коренеплоду. Це в свою чергу, приведе до збільшення критичних зусиль вибивання в поздовжньому та поперечному напрямках.

Для показника кількості пошкоджених коренеплодів можна зробити висновок про повне дотримання агротехнічних вимог при збільшенні швидкості до 2,2 м/с, але при подальшому збільшенні швидкості слід очікувати збільшення показника вибивання коренеплодів понад агротехнічні вимоги.

Для показника залишків гички на коренеплодах суттєвий вплив мають обидва фактори процесу - початковий вертикальний зазор та швидкість. Рівень

агротехнічних вимог 2% виконуються при значенні вертикального зазору менше 30 мм.

При збільшенні швидкості від 1,4 до 1,8 м/с для задоволення вимог стандарту необхідно збільшити вертикальний зазор до 35 мм, а при подальшому збільшенні швидкості до 2,2 м/с вертикальний зазор необхідно зменшити до 15 мм.

Отже, збільшення швидкості поступального руху машини потребує зміни попереднього вертикального зазору в межах від 35 мм до 15 мм.

Виходячи з вищенаведеного слідує, можна зробити наступні висновки. За кількістю нормально обрізаних коренеплодів агротехнічні вимоги (85%) виконуються при величині початкового вертикального зазору 18...20 мм.

Для виконання агротехнічних вимог за кількістю низько обрізаних коренеплодів, для збільшення поступальної швидкості до 2,2 м/с, необхідний початковий зазор повинен становити 10...12 мм. При збільшенні зазору до 20 мм перевищуємо вимоги стандарту вдвічі. Кількість низько обрізаних коренеплодів становить близько 10%.

За кількістю пошкоджених та вибитих коренеплодів агротехнічні вимоги виконуються при всіх значеннях початкового зазору та поступальної швидкості.

При збільшенні швидкості до 2,2 м/с наближаємось до агротехнічних вимог 5%.

Фактор вертикального зазору збільшує кількість вибитих коренеплодів на 0,5%, а у випадку пошкоджень коренеплодів зменшує на 0,5%. Тому, працюючи на границі агротехнічних вимог 5%, для зменшення вибивання необхідно вибирати якомога менші значення вертикального зазору, а для зменшення пошкоджень його необхідно дещо збільшувати.

При дотриманні агротехнічних вимог за залишками гички на коренеплодах, в підвищеному діапазоні швидкостей 2...2,2 м/с вертикальний зазор можна зменшити від 25 до 15 мм.

При збільшенні вертикального зазору до 20 мм на швидкості 2,2 м/с ми отримуємо 1,5% залишків гички у воросі коренеплодів.

Із загального аналізу впливу збільшення швидкості на показники якості

виконання процесу можна зробити висновок про необхідність зменшення початкового вертикального зазору до 10...12 мм, виходячи з вимог за кількістю низько обрізаних коренеплодів. З іншого боку за показником залишків гички величина початкового вертикального зазору повинна бути не менше 15 мм.

Кількість низько обрізаних коренеплодів при цьому складе близько 7%. Так як показники залишків гички є дуже важливими в процесі подальшої переробки вороху коренеплодів зменшення вертикального зазору понад 15 мм вважаємо недоцільним. Рівень агротехнічних вимог за кількістю низькообрізаних

коренеплодів при мінімальному зазорі 15 мм може бути досягнений на

швидкості до 2,2 м/с. Отже, можна зробити висновок про те, що при відокремленні гички експериментальним відокремлювачем гички можливе збільшення швидкості поступального руху машини до 2,2 м/с. Подальше збільшення швидкості поступального руху приведе до підвищених втрат цукроносної маси внаслідок збільшення кількості низькообрізаних коренеплодів.

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДОКРЕМЛЕННЯ ГИЧКИ

Основними факторами, що визначають економічну ефективність проведених досліджень, є:

➤ Підвищення якості цукрової сировини за рахунок зниження її забруднення зв'язаною гичкою;

➤ зменшення втрат цукроносної маси в гичку при її відокремленні дослідною машиною;

➤ зменшення пошкоджень коренеплодів внаслідок застосування нового робочого органу для відокремлення гички;

➤ зменшення кількості завалених коренеплодів;

➤ підвищення продуктивності операції відокремлення гички за рахунок підвищення робочої швидкості до 7...8 км/год.

Розрахунок прямих економічних показників проведено з визначенням додаткового економічного ефекту від перерахованих вище факторів. Вихідні дані для розрахунку показників техніко-економічної ефективності визначено на

основі показників роботи машини базового типу у порівнянні з дослідним зразком. Вихідні дані для розрахунку показників економічної ефективності занесено в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності впровадження машини для відокремлення гички

№п/п	Показники	Варіант	
		базові дані	Дослідна машина
1	Робоча швидкість V , м/с	1,8	2
2	Годинна продуктивність Π , га/год	1,75	1,94
3	Урожайність коренеплодів, Q т/га	40	40
4	Терміни збирання згідно ДСТУ	20.09-20.10	20.09-20.10
5	Тривалість зберігання t , днів	30	30

7	Нормативне річне завантаження, год:		
	- трактора, T_T	1000	1000
	- машини, t_c	100	100
8	Балансова вартість, грн		
	- трактора, B_T	76900	76900
	- машини, B_M	35000	21000
9	Відрахування на реновацію, %		
	- трактора, a_T	16,2	16,2
	- машини, a_M	16,1	16,1
10	Відрахування на ТО і ПР, %		
	- трактора, p_T	9,9	9,9
	- машини, p_M	10	10
12	Забруднення зв'язаною гичкою, %	1,9	1,5
13	Втрати цукроносної маси в гичку, %	2,2	2
14	Пізнє пошкодження коренеплодів, %	6,0	4,8
15	Завалювання коренеплодів, %	0,8	0,2

Додатковий економічний ефект від зниження забрудненості цукрової сировини зв'язаною гичкою в порівнянні з базовою машиною при урожайності 40 т/га, терміном зберігання перед переробкою - 30 діб, цукристістю - 14% буде складати:

$$E_1 = \frac{Q \cdot (x_1 - x_2) \cdot k_g \cdot c \cdot C_1}{100}, \quad (5.1)$$

де E_1 - додатковий економічний ефект від зниження забрудненості цукрової сировини зв'язаною гичкою, грн./га;

Q - урожайність коренеплодів цукрових буряків, т/га;

x_1 та x_2 - кількість зв'язаної гички у воросі коренеплодів, відповідно

привидаленні гички базовою та дослідною машинами, %

k_g - коефіцієнт втрат цукру на один відсоток вмісту зв'язаної гички,

$k_g \approx 0,01$;

c - вихід цукру з коренеплодів, $c = 11\%$;

C_1 - вартість однієї тонни цукру, $C_1 = 4650$ грн/т.

$$E_1 = \frac{40 \cdot (1,9 - 1,5) \cdot 0,01 \cdot 11 \cdot 4650}{100} = 81,8 \text{ грн./га}$$

Ефект від зменшення втрат цукроносної маси в гичку в порівнянні з базовою машиною:

$$E_2 = Q \cdot (s_1 - s_2) \cdot K_g \cdot C_v, \quad (5.2.)$$

де E_2 - економічний ефект від зменшення втрат цукроносної маси в гичку, грн./га;

s_1 і s_2 - відповідно втрати цукроносної маси базовою та дослідною машинами, %;

C_v - вартість тонни вороху коренеплодів, $C_v = 450$ грн/т.

$$E_2 = 40 \cdot (2,2 - 2) \cdot 0,01 \cdot 450 = 36 \text{ грн./га}$$

Економічний ефект від зменшення пошкоджень коренеплодів E_3

визначається за залежністю:

$$E_3 = 0,95 \cdot 10^{-5} \cdot (p_1 - p_2) \cdot Q_c \cdot m \cdot t \cdot k_{pop} \cdot C_v, \quad (5.3.)$$

де p_1, p_2 - відповідно кількість пошкоджених коренеплодів базовою і модернізованою машиною, %;

Q_c - кількість коренеплодів зібраних за сезон, т;

m - частка коренеплодів, що підлягає зберіганню, $m = 0,8$;

k_{pop} - поправочний коефіцієнт, $k_{pop} = 0,828$,

t - термін зберігання, днів.

Кількість коренеплодів, зібраних за сезон Q_c (т), визначаємо із залежності:

$$Q_c = Q \cdot \Pi \cdot t_c, \quad (5.4.)$$

де Π - година продуктивність дослідної машини, $\Pi = 1,94$ га/год;

t_c - тривалість сезону, $t_c = 100$ год.

$$E_3 = 0,95 \cdot 10^{-5} \cdot (6,0 - 4,8) \cdot 7760 \cdot 0,8 \cdot 30 \cdot 0,828 \cdot 450 = 791,1 \text{ грн./га}$$

Економічний ефект на один гектар зібраної площі:

$$E_3 = \frac{E_3}{\Pi_d \cdot t_c} = \frac{791,1}{1,90 \cdot 100} = 4,078 \text{ грн./га}$$

Економічний ефект від зменшення втрат коренеплодів, що пов'язані із завалюванням коренеплодів при видаленні гички.

$$E_4 = \Pi \cdot t_c \cdot Q \cdot k \cdot C_v, \quad (5.5)$$

де k — питома зменшення завалювання буряків дослідною машиною порівняно з базовою:

$$k = \frac{0,8 - 0,2}{100} = 0,006.$$

Тоді

$$E_4 = 1,94 \cdot 100 \cdot 40 \cdot 0,006 \cdot 450 = 20950 \text{ грн.}$$

Розрахунковий економічний ефект від зменшення втрат коренеплодів на один гектар зібраної площі:

$$E_4 = \frac{E_4}{\Pi \cdot T_M} = \frac{20950}{1,94 \cdot 100} = 108 \text{ грн./га}$$

Економічний ефект від зниження експлуатаційних витрат визначили за залежністю:

$$E_5 = (B_B - B_D), \quad (5.6)$$

де B_B - експлуатаційні витрати по базовому варіанту, грн./га;

B_D - експлуатаційні витрати по дослідному варіанту, грн./га;

Експлуатаційні витрати на одиницю збільшення продуктивності визначили з виразу:

$$B = Z_o + A + P, \quad (5.7)$$

де Z_o - питома заробітна плата оператора грн./га;

A - відрахування на реновацію, грн./га;

P - відрахування на ТО і ПР, грн./га.

$$Z_o = \frac{t_{\text{год}}}{\Pi}, \quad (5.8)$$

$$Z_{o,B} = \frac{14,2}{1,7} = 8,1 \text{ грн./га}$$

$$Z_{o,D} = \frac{14,2}{1,94} = 7,32 \text{ грн./га}$$

Питома відрахування на реновацію:

$$A = A_{\text{тр}} + A_{\text{м}}, \quad (5.9)$$

де $A_{\text{тр}}$ - питомі витрати на реновацію трактора, грн./га;
 $A_{\text{м}}$ - питомі витрати на реновацію машини, грн./га.

$$A_{\text{тр}} = \frac{B_{\text{м}} \cdot \alpha_{\text{м}}}{100 \cdot \Pi \cdot T_{\text{м}}}, \quad (5.10)$$

$$A_{\text{трБ}} = \frac{76900 \cdot 16,2}{100 \cdot 1,75 \cdot 1000} = 7,12 \text{ грн./га,}$$

$$A_{\text{трД}} = \frac{76900 \cdot 16,2}{100 \cdot 1,94 \cdot 1000} = 6,42 \text{ грн./га,}$$

$$A_{\text{м}} = \frac{B_{\text{м}} \cdot \alpha_{\text{м}}}{100 \cdot \Pi \cdot T_{\text{м}}}, \quad (5.11)$$

$$A_{\text{м.Б}} = \frac{2100 \cdot 16,1}{100 \cdot 1,75 \cdot 100} = 19,32 \text{ грн./га,}$$

$$A_{\text{м.Д}} = \frac{35000 \cdot 16,1}{100 \cdot 1,94 \cdot 100} = 17,43 \text{ грн./га,}$$

Тоді

$$A_{\text{Б}} = A_{\text{трБ}} + A_{\text{м.Б}} = 7,12 + 19,32 = 26,44 \text{ грн./га,}$$

$$A_{\text{Д}} = A_{\text{трД}} + A_{\text{м.Д}} = 6,42 + 17,43 = 23,85 \text{ грн./га,}$$

Питомі витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування:

$$P = P_{\text{тр}} + P_{\text{м}}, \quad (5.12)$$

$$P_{\text{тр}} = \frac{B_{\text{тр}} \cdot p_{\text{м}}}{100 \cdot \Pi \cdot T_{\text{м}}}, \quad (5.13)$$

$$P_{\text{трБ}} = \frac{76900 \cdot 9,9}{100 \cdot 1,75 \cdot 1000} = 4,35 \text{ грн./га,}$$

$$P_{\text{трД}} = \frac{76900 \cdot 9,9}{100 \cdot 1,94 \cdot 1000} = 3,92 \text{ грн./га,}$$

$$P_{\text{м}} = \frac{B_{\text{м}} \cdot p_{\text{м}}}{100 \cdot \Pi \cdot T_{\text{м}}}, \quad (5.14)$$

$$P_{\text{м.Б}} = \frac{2100 \cdot 10}{100 \cdot 1,75 \cdot 100} = 12,0 \text{ грн./га,}$$

$$P_{\text{м.Д}} = \frac{35000 \cdot 10}{100 \cdot 1,94 \cdot 100} = 10,83 \text{ грн./га,}$$

Тоді

$$P_{\text{Б}} = P_{\text{трБ}} + P_{\text{м.Б}} = 4,35 + 12,0 = 16,35 \text{ грн./га,}$$

$$P_{\text{Д}} = P_{\text{трД}} + P_{\text{м.Д}} = 3,92 + 10,83 = 14,75 \text{ грн./га,}$$

Експлуатаційні видатки складуть:

$$B_{\text{Б}} = 8,1 + 26,44 + 16,35 = 50,9 \text{ грн./га,}$$

$$V_d = 7,32 + 23,85 + 14,75 = 45,92 \text{ грн./га.}$$

Економічний ефект від зниження експлуатаційних видатків складе:

$$E_5 = (50,9 - 45,9) = 4,98 \text{ грн./га.}$$

Сумарний економічний ефект від всіх факторів складе:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 \quad (5.15.)$$

$$E = 81,8 + 36 + 4,01 + 108 + 4,98 = 235 \text{ грн./га.}$$

Таблиця 5.2.

Показники економічної ефективності впровадження технологічного процесу відокремлення гички

Показник	Значення показника		Зниження показника, %
	базова	дослідна	
Годинна продуктивність, га/год	1,75	1,94	-
Заробітна плата, грн./га	64,5	64,5	-
Питомі витрати на реновацію, грн./га	26,4	23,9	10,36
Питомі відрахування на поточний ремонт і ТО, грн./га	16,4	14,8	-
Прямі експлуатаційні видатки, грн./га	50,9	45,9	12,3
Економічний ефект від зниження експлуатаційних видатків, грн.	-	947	-
Економічний ефект від зниження пошкоджень коренеплодів, грн.	-	713	-
Економічний ефект від зменшення втрат коренеплодів, грн.	-	144	-
Загальний економічний ефект за 1 рік експлуатації модернізованої машини, грн.	-	44630	-
Загальний економічний ефект на 1 га, грн.	-	235	-

Отже, річний економічний ефект від застосування експериментальної

машини для відокремлення гички, що реалізує технологічний процес

безкопінного зрізу з агротехнічно допустимими втратами цукроносної маси, буде

складати 44630 грн. або 235 грн./га.

ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі наведено теоретичне

узагальнення та нове вирішення наукової задачі, що полягає в дослідженні конструктивних та технологічних процесів та параметрів дообрізчика гички коренеплода, яке забезпечило зменшення втрат цукроносної маси та підвищення продуктивності процесу відокремлення гички.

1. Унаслідок аналізу встановлено, що сучасні технічні засоби для відокремлення гички цукрових буряків не забезпечують якісного виконання

технологічного процесу на підвищених швидкостях, співрозмірних із швидкостями коренезбиральних робочих органів. Визначено перспективний напрям вирішення наукової задачі - обґрунтування технологічних параметрів

процесу відокремлення гички із зменшеним діапазоном копінного зрізу з розробкою нового робочого органа, який сумістить операції копіювання та відокремлення гички і буде використовувати в якості відновлювальної сили відцентрову силу інерції.

2. Обґрунтована конструкційна схема та розроблено копінно-роторний відокремлювач гички, що суміщає операції комбінованого відокремлення гички.

З умов мінімальних динамічних навантажень на коренеплід, стабільності контакту робочого елемента з головкою коренеплоду та копіювання максимального перепаду головок коренеплодів визначено раціональні значення

конструкційно-технологічних параметрів робочого органа: довжина робочого елемента $l_e = 0,155$ м, радіус осі підвісу робочого елемента $r_o = 0,2$ м, початковий кут відхилення робочого елемента від площини обертання $\varphi_o = 50^\circ$, діаметр ротора $D = 600$ мм, частота обертання ротора $n = 500 \dots 700$ хв⁻¹, швидкість різання - не менше 12 м/с.

3. Розроблено математичну модель копіювання робочим органом різновисоких головок коренеплодів, яку підтверджено експериментально. Відхилення теоретичних значень від експериментальних даних не перевищило 2%. Визначений час відновлення робочим органом вихідного положення, що

змінюється в межах 0,01... 0,03 с і теоретично встановлено, що копірнороторний відокремлювач гички забезпечує точність копіювання головок коренеплодів з швидкістю поступального руху $V \approx 1,3 \dots 3,8$ м/с та відповідною кутовою швидкістю обертання ротора $\omega = 40 \dots 120$ с⁻¹ і є технологічно нечутливим до зміни швидкості в даному діапазоні.

4. Унаслідок проведення лабораторних експериментальних досліджень підтверджено здатність конструкції виконувати процес відокремлення гички та правильність теоретичного обґрунтування основних конструкційно-технологічних параметрів робочого органа; встановлено раціональне значення

зміщення осі ротора від умовної осі рядка $\delta = 30 \dots 50$ мм. Встановлено значення потужності приводу робочого органа, максимальне значення якої складає 2 кВт, з максимальною робочою швидкістю 2,2 м/с.

5. Польовими експериментальними дослідженнями підтверджено раціональні значення технологічних параметрів робочого органа, з якими виконуються агротехнічні вимоги: швидкість поступального руху $V = 1,4 \dots 2,2$ м/с, відповідна кутова швидкість ротора $\omega = 40 \dots 70$ с⁻¹, початковий вертикальний зазор $\alpha = 10 \dots 20$ мм. Після проходження робочого органа отримано наступні показники якості: залишки гички - менше 2%, кількість пошкоджених

коренеплодів - 1...4%, кількість косообрізаних коренеплодів - менше 1%, кількість нормально обрізаних коренеплодів - 85...90%.

6. Річний економічний ефект від застосування нового дообрізачка гички коренеплодів, який реалізує розроблений технологічний процескомбінованого зрізу з агротехнічно допустимими втратами цукроносної маси, складає близько 235 грн/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. - М.: Наука, 1974.

- 283 с.

2. Бендера І. М. Обґрунтування способу та конструкції машини для відокремлення гички від коренеплодів цукрових буряків / І. М. Бендера, М. М. Борис, А. М. Борис // Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. - 2008. - № 12(2). - С. 368-364.

3. Борис А. М. Обґрунтування раціонального діапазону копінного зрізу гички цукрових буряків / А. М. Борис // Сільськогосподарські машини: 36 наук. ст. - Вип. 21. - Том I. - Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2011. - С. 26-30.

4. Борис М. М. Обґрунтування технологічного процесу та параметрів робочого органу для відокремлення гички цукрових буряків: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.11 "Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва" / М. М. Борис. - Вінниця, 2009. - 20 с.

5. Булгаков В. М. Теорія бурякозбиральних машин. Монографія / В. М. Булгаков. - Київ: Видавничий центр НАУ, 2005. - 245 с.

6. Булгаков В. М. Математичне моделювання та експериментальне дослідження технологічного процесу безкопінного зрізу гички цукрових буряків / В. М. Булгаков, М. М. Борис, А. М. Борис // Наук. вісник Луганського національного аграрного унів. - Луганськ: ЛНАУ, 2011. - №29. - С. 261-272.

7. Булгаков В. М. Использование прямого метода граничных элементов при исследовании стационарных колебаний пластин / В. В. Адамчук, В. М. Булгаков, Г. Н. Калетник, А. Г. Куценко // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях». - №1(84). - 2017. - С. 8-14.

8. Булгаков В. М. Плоскі вертикальні криві, що забезпечують постійні тиск і швидкість руху матеріальної точки. // Булгаков В. М., Пидишак С. Ф., Ярнуд В. М., Захарова Т. Н., Калетник Г. М. / Всеукраїнський науково-технічний

журнал «Вібрації в техніці та технологіях». ВНАУ. 2014 р. – Вип. 1

9. Булгаков В.М. Теоретична механіка. Посібник для практичних занять. / В.М. Булгаков, В.В. Бурлака, Г.М. Калетнік, І.Є. Кравченко, С.І. Кучеренко, Д.І. Мазоренко, Л.М. Тіщенко. – Вінниця: Нова книга, 2010. – 667 с.

10. Булгаков В.М. Теоретичне дослідження збудених гармонійних коливань у вібраційних приводах машин / В.В. Адамчук, Г.М. Калетнік, В.М. Булгаков, О.М. Черниш // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях» №2 (82) 2016. – С.5-9.

11. Гунько І.В. Енергоощадні безконтактні методи діагностування показників технічного стану мобільної сільськогосподарської техніки / І.В. Гунько, Л.Г. Коваль // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – №3 (95). – Вінниця. – 2016. – С. 89-93.

12. Дубчак В.М. Вища математика в прикладах та задачах. Навчальний посібник / В.М. Дубчак, В.М. Пришляк, Л.І. Новицька. – Вінниця: ВНАУ, 2018. – 254 с.

13. Калетнік Г. М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість [Текст] : підручник. за ред. Г. М. Калетніка, М. Г. Чаусова. - Київ :Хай-Тек Прес, 2013. - 528 с.

14. Калетнік Г.М. Технічна механіка. Підручник. Калетнік Г.М., Булгаков В.М., Черниш О.М., Кравченко І.Є., Солона О.В., Цуркан О.В. – К.: «Хай-Тек-Прес», 2011. – 340 с.

15. Кобець О. М. Обґрунтування робочого процесу і параметрів робочих органів для видалення гички кормових буряків: дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Кобець Олександр Миколайович. - Вінниця, 2007. - 166 с.

16. Мартиненко В. Я. Механіко-технологічні основи підвищення ефективності робочих органів гичкозбиральних машин: дис. ... докт. техн. наук: 05.05.11 // Мартиненко Володимир Якимович. - Тернопіль. - 2000. - 287 с.

17. Машини бурякозбиральні. Загальні технічні умови: ДСТУ 2258-93.

18. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: практикум / [Войтюк Д. П., Царенко О. М., Яцун С. С. та ін.]; за ред. С. С. Яцуна. - К.: Аграрна освіта, 2000. - 93 с.

19. Кальбус Г. Л. Гидропривод и навесные устройства тракторов в вопросах и ответах [Текст] / Г. Л. Кальбус - Киев: Урожай, 1982 – 200 с.

20. Загребельный В. И. Методы диагностики работоспособности гидравлических систем / В.И. Загребельный / Тр. Ин-та. - Рига. - 1968. - Вып. 34. - сб. 1. - С.50-52.

21. ГОСТ 27674-88. Трение, изнашивание и смазка. Термины и определения. - М.: Изд-во стандартов, 1988. - 20 с.

22. Григорьев М. А. Очистка масла и топлива в автотракторных двигателях [Текст] / М. А. Григорьев. - М.: Машиностроение, 1970. - 270 с.

23. Писаренко Г. С. Сопротивление материалов [Текст] / Г.С. Писаренко. - Киев: Вища школа, 1973.- 672 с.

24. Икрамов, У. А. Расчетные методы оценки абразивного износа [Текст] / У. А. Икрамов. - М.: Машиностроение, 1987. - 288 с.

25. Борошок, Л. И. Гидравлические элементы в системах автоматизации сельскохозяйственных агрегатов [Текст] / Л.И. Борошок. - М.: Машиностроение, 1969.-162 с.

26. Методические рекомендации по технологии ремонта гидравлической аппаратуры. - М.: Цент НТИ, 1988. 31 с.

27. Молодык Н. В. Восстановление деталей машин. Справочник [Текст] / Н. В. Молодик, А. С. Зенкин - М.: Машиностроение, 1989. - 480 с.

28. ГОСТ 12.0.003 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация - М.: Изд-во стандартов, 2003.- 125 с.

29. ДНАОП 01.41-1.01-01. Правила охорони праці під час технічного обслуговування та ремонту машин і обладнання сільськогосподарського виробництва. – К.: Держстандарт, 2001. – 119 с.

30. Порядок проведення медичних оглядів працівників певних категорій, Наказ Міністерства охорони здоров'я України 21.05.2007 N 246 . – К.: МОЗ України, 2007. – 49 с.

31. Кальбус Г. Л. Гидропривод и навесные устройства тракторов в вопросах и ответах. [Текст] / Г. Л. Кальбус - Киев: Урожай, 1982 - 200 с.

32. Комаров В. А. Совершенствование структуры и содержания ремонтных воздействий для агрегатов автомобилей сельскохозяйственного назначения (на примере коробки передач автомобиля ГАЗ-53). Автореф. дисс. канд. техн. наук. [Текст] / В. А. Комаров - Саранск, 1987 - 18 с.

33. Кальбус Г. Л. Стенды для испытания тракторных гидроприводов: Учебн. Пособие для средних профессионально - технических училищ [Текст] / Г. Л. Кальбус - М.: Агропромиздат, 1985 - 96 с.

34. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин [Текст] / И. И. Артоболевский - М: Наука, 1975 - 640 с.

35. Артемьев Ю. Н. Расчетные уравнения и таблицы по курсу «Основы надежности сельскохозяйственной техники». Метод, указания. [Текст] / Ю. Н. Артемьев, Н. А. Очковский - М., 1976 - 30 с.

36. Павленко В.С. З'єднання в машинобудуванні: Навч. Посібник / В.С. Павленко, І.П. Паламарчук, О.В. Цуркан, Ю.А. Полєвода / За ред.. В.С. Павленка. – Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К», 2015. – 110 с.

37. Павленко В.С., Цуркан О.В., Кравченко І.Є., Любін М.В. Пасові передачі. Теорія, розрахунки, конструювання: Навчальний посібник / За ред.. В.С. Павленка. – К.: «Хай-Тек Прес», 2011 – 140 с.

38. Погорелый Л. В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз / Л. В. Погорелый, Н. В. Татьяна -К.: Феникс, 2004. - 232 с.

39. Свеклоуборочный комбайн Rora euro-Tiger V8-3 XL [Электронный ресурс] // Сельскохозяйственная техника. - 2008. - № 4. - Режим доступа до журналу: <http://russia.profi.com>. - заголовок з екрана.

40. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку / [Войтюк Д.Г., Барановський М.В., Булгаков В.М. та ін.]. - К.: Вища освіта, 2005. - 464 с.

41. Сивак Р.І. Короткий курс теоретичної механіки / Р.І. Сивак, І.А. Деревенько. – Вінниця: ТОВ «Вінницька міська друкарня», 2016. – 200 с.

42. Солоня О.В. Прикладна механіка. Методичні рекомендації для

виконання практичних робіт / О.В. Солона, І.М. Купчук – Вінниця: ВНАУ, 2017.
– 116 с.

43. Солона О.В. Прикладна механіка. Методичні рекомендації для виконання курсового проекту / О.В. Солона, І.М. Купчук, В.І. Паламарчук. – Вінниця: ВНАУ, 2017. – 84 с.

44. Солона О.В. Технічна механіка. Методичні рекомендації для виконання практичних робіт / О.В. Солона, І.М. Купчук – Вінниця: ВНАУ, 2017.
– 84 с.

45. Солона О.В., Купчук І.М. Теорія механізмів і машин. Курсове проектування. Навчальний посібник. – Вінниця, 2019. – 254 с.

46. Солона О.В.. Теорія механізмів і машин. Лабораторний практикум. Навчальний посібник / О.В. Солона, В.С. Любін – Вінниця. ПП Балюк І.Б., 2014.
– 138 с.

47. Es geht um den Kopf/ Zuckerrüben Journal №3 // Rheinischer

48. Кобець О. М. Обґрунтування робочого процесу і параметрів робочих органів для видалення гички кормових буряків: дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Кобець Олександр Миколайович. - Вінниця, 2007. - 166 с.

49. Мартиненко В. Я. Механіко-технологічні основи підвищення ефективності робочих органів гичкозбиральних машин: дис. ... докт. техн. наук: 05.05.11 / Мартиненко Володимир Якимович. - Тернопіль. - 2000. - 287 с.

50. Машини бурякозбиральні. Загальні технічні умови: ДСТУ 2258-93.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України
ДОДАТКИ

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України