

УДК 631.35: 633.63

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОПІРНО-РОТОРНОГО ГИЧКОВІДОКРЕМЛЮВАЛЬНОГО АПАРАТА

В. Булгаков, д-р.техн. наук, проф., академік НААН України,
Національний університет біоресурсів і природокористування України

А. Борис, канд. техн. наук,
ННЦ «ІМЕСГ»

М. Борис, канд. техн. наук,
Подільський державний аграрно-технічний університет

Розроблено копірно-роторний гичковідокремлювальний апарат, установку та методика дослідження в польових умовах процесу відокремлення гички цукрових буряків. Отримано залежності показників якості від поступальної швидкості та висоти копірного зрізу. Внаслідок покращення копіювання головок коренеплідів продуктивність процесу відокремлення гички підвищена на 20%.

Ключові слова: *коренеплід, головка коренеплоду, гичка, копірно-роторний гичковідокремлювальний апарат, лабораторно-польова установка.*

Постановка проблеми. Результати незалежних досліджень роботи гичковідокремлювальних модулів та машин, які наведені в роботах [1,2,3,4] показали, що вимоги стандарту при використанні традиційних технологій відокремлення гички виконуються в обмеженому діапазоні поступальних швидкостей. Що створює технологічну несумісність за робочими швидкостями між операціями відокремлення гички та викопування коренеплідів. Відокремлення гички відбувається при швидкостях до 1,5 м/с, а викопування коренеплідів – до 2,5 м/с.

В зв'язку з цим виникає потреба в удосконаленні традиційних технологій та створенні нових робочих органів, що дозволять якісно виконувати процес відокремлення гички на швидкостях більше 2 м/с.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання експериментальних досліджень технологічного процесу і робочих органів для відокремлення гички відображені в роботах Л.В. Погорілого, В.М. Булгакова, М.В. Татьянако, В.Я. Мартиненко, М.М. Зуєва, М.М. Хелемендика, С.А. Топоровського, М.Г. Березового, О.П. Гурченка, М.М. Бориса, О.О. Сипливця, та ін. Але дані дослідження орієнтовані на традиційні технології та гичковідокремлювальні апарати.

Слід відмітити широке використання в сучасних гичковідокремлювальних модулях технології безкопірного зрізу і копірного дообрізання головок коренеплідів, що дозволяє зменшити діапазон копірного

зрізу та інерційні навантаження на головки коренеплодів, покращує точність їх копіювання. Але у відомих дослідженнях відсутнє наукове обґрунтування цього процесу.

Нами проведено теоретичне дослідження розподілення наземних цукроносних мас і запропоновано комбінований процес відокремлення гички [6]. Даний процес включає в себе безкопірний зріз низьковиступаючих коренеплодів, копірний зріз середньовиступаючих коренеплодів та безкопірний зріз високовиступаючих коренеплодів. Також розроблено копірно-роторний гичковідокремлювальний апарат, що виконує даний технологічний процес. Основні його параметри обґрунтовані теоретично і експериментально в лабораторних умовах [5,7].

Постановка завдання. Технологічний процес комбінованого зрізу та комбінований робочий орган для відокремлення гички застосовуються вперше. При проведенні лабораторних досліджень неможливо було врахувати такі особливості реального процесу як: випадковий характер розміщення головок коренеплодів відносно поверхні ґрунту, коливання машини при русі по нерівностях ґрунту, закріплення коренеплоду у ґрунті. Тому необхідно вивчити вплив технологічних параметрів та режимів роботи гичковідокремлювального апарату на показники якості процесу в польових умовах.

Для цього необхідно розробити конструкцію лабораторно-польової установки. Обґрунтувати методику проведення лабораторно-польових досліджень. Провести лабораторно-польові дослідження, проаналізувати їх результати та визначити раціональні технологічні параметри запропонованого гичковідокремлювального апарата.

Виклад основного матеріалу дослідження. Нами теоретично обґрунтовані такі параметри комбінованого відокремлення гички як: висота безкопірного зрізу низьковиступаючих коренеплодів, висота копірного зрізу середньовиступаючих коренеплодів та висота безкопірного зрізу високовиступаючих коренеплодів [6,7]. Для забезпечення процесу комбінованого відокремлення гички нами розроблений новий копірно-роторний гичковідокремлювальний апарат (рис. 1). Копірно-роторний гичковідокремлювальний апарат складається із несучого диска 1, робочих елементів, встановлених на шарнірах 2, що складаються з копірної частини 3 та різальної частини 5. Між сусідніми робочими елементами забезпечується кінематичний зв'язок за допомогою упорів 4. Особливостями даного гичковідокремлювального апарату є :

- відхилення робочих елементів від площини обертання ротора;
- мала маса робочих елементів;
- використання відцентрових сил інерції для забезпечення контакту робочих елементів з головками коренеплодів та відновлення ними вихідного положення до наступної взаємодії.

Вищенаведені особливості гичковідокремлювального апарата

дозволяють отримати наступні його переваги:

- збільшення продуктивності процесу за рахунок покращення копіювання головок коренеплодів на швидкостях співрозмірних із робочими швидкостями коренезбиральних машин;
- підтримання швидкості різання в допустимих межах;
- поєднання всіх операцій відокремлення гички в одному робочому органі.

Обертання ротора гичковідокремлювального апарату здійснюється в поперечному напрямі до умовної осьової лінії рядка. Процес відокремлення гички даним апаратом складається з фази копіювання копірною частиною головок коренеплодів, фази видалення гички різальною частиною та фази відновлення вихідного положення робочим органом. Під час фази копіювання гичковідокремлювальний апарат рухається вздовж рядка коренеплодів і взаємодіє з головкою коренеплоду копірною частиною. Взаємодіючи з копірною частиною, головка коренеплоду відхиляє систему робочих елементів з кінематичним зв'язком між ними. Після проходження копірної частини головки коренеплоду система робочих елементів орієнтується на необхідну висоту зрізу і порційно, кожним робочим елементом, видаляється частина головки коренеплоду з гичкою. Після досягнення краю головки коренеплоду різальною частиною відбувається відновлення вихідного положення гичковідокремлювального апарату до взаємодії з наступною головкою коренеплоду.

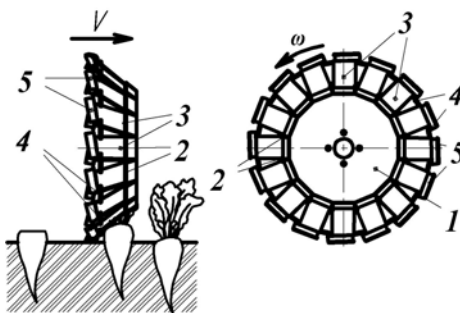
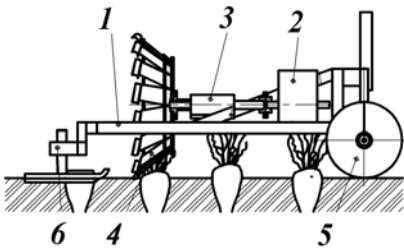


Рисунок 1 – Конструкційна схема копірно-роторного гичкорізного апарату для відокремлення гички

В лабораторних умовах проведені експериментальні дослідження впливу конструктивно-технологічних параметрів апарату для відокремлення гички на втрати цукроносної маси, залишки гички та відхилення площини зрізу від горизонтального положення. Внаслідок проведених теоретичних досліджень та експериментальних випробувань в лабораторних умовах визначені конструктивно-технологічні параметри при яких якісно

виконується технологічний процес: вісь ротора паралельна умовній осевій лінії рядка, діаметр ротора – 600мм, відстань від осі ротора до осі підвісу робочих елементів – 200мм, початкове відхилення робочого елемента від площини обертання – 50° , зміщення осі ротора від умовної осевої лінії рядка $\delta = 30-50$ мм, швидкість поступального руху машини до 2,2 м/с.

З метою дослідження апарату для відокремлення гички в реальних умовах розроблена та виготовлена лабораторно-польова установка (рис. 2) **Ошибка! Источник ссылки не найден.**, яка складається з основної рами 1, ланцюгово-планчатого варіатора 2, проміжної опори приводу 3, робочого органу 4 та копії ведення по рядках коренеплодів 6.



а



б

а – конструвальна схема, б – загальний вигляд

Рисунок 2 – Лабораторно-польова установка для дослідження процесу відокремлення гички

Основними факторами, що впливають на втрати цукроносної маси та залишки гички, є величина вертикального зазору між копією і ріжучою частинами *a*, та поступальна швидкість машини *v*. Частота обертання ротора *n* змінюється відповідно до конструкційно обумовленого кінематичного режиму $n=300v$. Для оцінки виконання процесу в польових умовах вивчався вплив вищенаведених факторів на наступні показники: кількість нормально обрізаних коренеплодів, кількість низько обрізаних коренеплодів, забрудненість гичкою, пошкодження коренеплодів, вибивання коренеплодів.

Порядок проведення, умови відбору проб і визначення показників якості роботи проводили за вимогами ДСТУ 2258-93 та згідно методики [4].

Агротехнічна характеристика посіву, ґрунту та поля визначалась згідно методики наведеної в роботі [4]. Фіксувались наступні показники: відхилення коренеплодів від осі рядка, розподіл головок коренеплодів відносно поверхні ґрунту, відстань між коренеплодами в рядках, густина посіву, висота масиву та форма гички, біологічна врожайність коренеплодів та гички, тип ґрунту та його характеристики (вологість, твердість), рельєф поля, забур'яненість ділянки. Досліди проводились на ділянці поля посіву коренеплодів гібриду «Настя» фірми КВС.

Показники якості процесу відокремлення гички визначали на залізкових ділянках довжиною 20 м. Гичка з коренеплодів видалялась експериментальною установкою на швидкостях 1,8 м/с, 2 м/с та 2,2 м/с. Кількість нормально та низько обрізаних, вибитих з ґрунту, пошкоджених та косообрізаних коренеплодів визначали після проходу гичковідокремлювальних робочих органів. Проби для визначення вмісту гички брали після проходу коренезбиральної машини на брезент, розташований у кузові транспортного засобу.

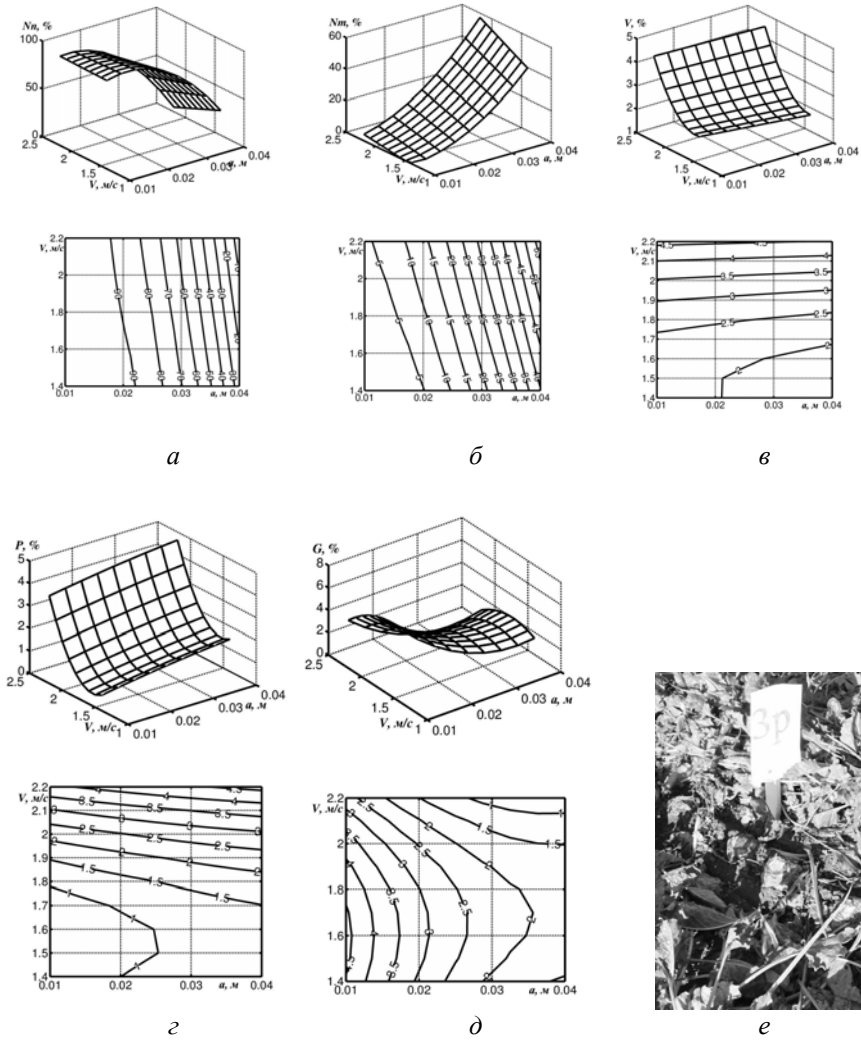
Висота розташування ротора робочого органу над поверхнею ґрунту змінювалась за допомогою регулювальних механізмів передніх опорних коліс 5 та копіїв ведення по рядку 6 (рис. 2). При цьому попередньо вирівнювалась рама установки паралельно ґрунту. Швидкість поступального руху змінювалась шляхом підбору відповідних передач трактора. Частота обертання ротора робочого органу в кожному досліді встановлювалась ланцюгово-планчатим варіатором відповідно до кінематичного режиму визначеного в теоретичному обґрунтуванні. Перевірка заданої частоти обертання контролювалась за допомогою механічного тахометра. Початковий вертикальний зазор ріжучої частини змінювався шляхом установки змінних робочих органів.

Після проходу експериментальної установки проводилась оцінка наявності гички в зоні міжрядь та рядків. Для оцінки процесу відокремлення гички очищались рядки та міжряддя від вільної гички і фіксувався на фото стан коренеплодів після проходження експериментального робочого органу.

З врахуванням умов проведення процесу відокремлення гички, кількості факторів та для забезпечення необхідної точності результатів нами прийнято ПФЕ 3^2 – двофакторний експеримент на трьох рівнях варіювання.

Отримані результати розрахунків зводили у журнал планування експериментальних досліджень. Обробку отриманих результатів експериментів проводили у відповідності до загальновідомих методик обробки та аналізу. За результатами математичної обробки експериментальних даних побудовано графічні залежності рис. **Ошибка!** **Источник ссылки не найден.** *a, б, в, г, д* показників якості процесу відокремлення гички.

Перевірку результатів лабораторно-польових експериментальних досліджень проводили наступним чином: відтворюваності – за критерієм Кохрена, адекватності – за критерієм Фішера, а значущості коефіцієнтів регресії – за критерієм Стьюдента.



а, б, в, г – відповідно кількість нормально і низько обрізаних, вибитих та пошкоджених коренеплодів; д – залишки гички на коренеплодах; е – вигляд коренеплодів та рядків після проходження експериментальної установки.

Рисунок 2 – Залежність показників якості від поступальної швидкості і початкового вертикального зазору, %

З аналізу залежностей на рисунку 3 *а,б,в,г,д* видно, що після проходження гичковідокремлювального апарату показники якості – кількість пошкоджених та вибитих коренеплодів не перевищують допустимих меж у всьому діапазоні зміни факторів: поступальної швидкості v та вертикального зазору a . Кількість косообрізнаних коренеплодів у всіх дослідах не перевищувала 1%. Аналізуючи графічні залежності залишків гички, можна зробити висновок, що із збільшенням поступальної швидкості від 1,8 м/с до 2,2 м/с залишки гички зменшуються. Це пояснюється особливістю конструкції – кінематичним зв'язком між поступальною швидкістю робочого органу та частотою обертання ротора. При збільшенні поступальної швидкості збільшується кутова швидкість, що збільшує відцентрові сили інерції, які в свою чергу сприяють більш жорсткій дії робочого органу на головку коренеплоду. Агровимоги за кількістю зв'язаної гички на коренеплодах (2%) витримуються на швидкостях 2-2,2 м/с і вертикальному зазорі різальної частини 20-30 мм.

Рациональні швидкісні режими роботи дозволяють підвищити продуктивність процесу відокремлення гички на 20 %. Підвищення робочої швидкості більше 2,2 м/с спричинює нестабільний хід лабораторної установки та інтенсивне погіршення показників якості процесу.

Висновки. За швидкості поступального руху копінно-роторного гичковідокремлювального апарату 2,0-2,2 м/с можливе дотримання агровимог за кількістю зв'язаної гички на коренеплодах, якщо вертикальний зазор різальної частини буде рівним 20-0 мм.

Після проходження гичковідокремлювального апарату кількість пошкоджених та вибитих коренеплодів не перевищують допустимих меж у всьому діапазоні поступальної швидкості v та вертикального зазору a . Кількість косообрізнаних коренеплодів у всіх дослідах не перевищувала 1%.

Література

1. Погорелый Л.В., Татьяна Н.В., Свеклоборочные машины: История, конструкция, прогноз. – К.: Феникс, 2004. – 232 с.
2. Булгаков В.М. Бурякозбиральні машини. – К.: Аграрна наука, 2011. – 352 с.
3. Зуев Н. М. Бескопирный срез головок коренеплодов. / Зуев Н. М., Топоровский С. А. // Сахарная свекла. – 1988. – № 6. – с. 42–45
4. Роїк М.В. Науково-методичні рекомендації щодо збирання цукрових буряків /Роїк М.В., Зуев М.М., Курило В.Л., Гументик М.Я. – К.: Аграрна наука, 2002. – 40 с.
5. Булгаков В.М., Методика та засоби лабораторних досліджень процесу відокремлення гички експериментальними робочими органами/Булгаков В.М., Борис А.М. / Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка, 2011 випуск 107, том. 1 с. 175-188.

6. Борис А.М. Моделювання технологічного процесу видалення гички комбінованим способом/ Борис А.М.// Вісник аграрної науки:-Київ.,2011.- Вип 7. - с. 66-68.

7. Борис А.М. Обґрунтування раціонального діапазону копірного зрізу гички цукрових буряків/Борис А.М./Збірник наукових статей Луцького національного технічного університету № 21(1).- Луцьк, 2011, с. 26-30.

Аннотация

Разработаны копирно-роторный ботвоотделяющий аппарат, установка и методика исследований в полевых условиях процесса отделения ботвы сахарной свеклы. Получены зависимости показателей качества от поступательной скорости и высоты копирного среза. Вследствие улучшения копирования головок корнеплодов производительность процесса отделения ботвы повышена на 20%.

Summary

The copy-rotor devices for beet tops separating, installation and methods for researches in the field conditions of sugar beet roots tops separation process are developed. The dependences of quality indices on travel speed and copy cut height are obtained. The sugar beets tops separation process productivity was increased by 20 percent due to improved root heads copying.