



# Механізація, електрифікація

УДК 631.356.02

© 2015

*В.М. Булгаков,*  
академік НААН, доктор  
технічних наук

Національний  
університет біоресурсів  
і природокористування  
України

*А.М. Борис,*  
кандидат технічних наук

Національний науковий  
центр «Інститут  
механізації та  
електрифікації сільського  
господарства»

*М.М. Борис,*  
кандидат технічних наук

Подільський державний  
аграрно-технічний  
університет

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛЕННЯ ВИСОТИ ВИСТУПАННЯ ГОЛОВОК КОРЕНЕПЛОДІВ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ НАД ПОВЕРХНЕЮ ҐРУНТУ

**Мета.** Зменшити втрати цукроносно́ї маси в процесі відокремлення гички буряків цукрових від головок коренеплодів через створення передумов для автоматичного коригування висоти зрізу гички. **Методи.** Дослідження було проведено експериментально на новій розробленій лабораторно-польовій установці з подальшою обробкою результатів на ПЕОМ статистичними методами. **Результати.** Внаслідок обробки результатів дослідження підтверджено гіпотезу про те, що розподілення висот виступання головок коренеплодів над поверхнею ґрунту не заперечує закону нормального розподілення. Встановлено межі зміни його статистичних характеристик, які мають такі значення: середньоквадратичне відхилення —  $\sigma=20-30$  мм, математичне сподівання —  $m=40-60$  мм. **Висновки.** Спроектована і виготовлена принципово нова лабораторно-польова установка та проведені на ній експериментальні дослідження підтвердили гіпотезу про нормальний закон розподілення висот виступання коренеплодів і дали всі підстави для розробки нової системи автоматичного коригування висоти зрізу гички з головок коренеплодів буряків цукрових на збиральних машинах сучасного технічного рівня.

**Ключові слова:** буряки цукрові, збиральні машини, втрати, цукроносна маса, висота виступання, статистичний розподіл.

**Постановка проблеми.** Буряківництво — стратегічна галузь агропромислового виробництва провідних держав Європи та Америки. Однією з найвідповідальніших операцій у виробництві буряків цукрових є збирання, оскільки на цьому етапі може втрачатися більша частина зібраного врожаю.

Втрати врожаю коренеплодів буряків цукрових зумовлені багатьма факторами, оскільки сам процес збирання коренеплодів буряків є досить складним і затратним. Проте слід виокремити з-поміж них найвагоміші. Це передусім фактори, зумовлені незадовільною роботою бурякозбиральних машин на етапах

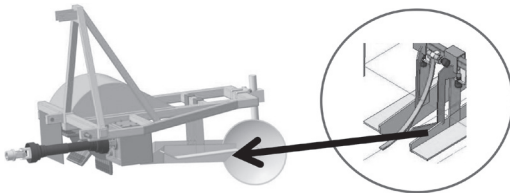
відокремлення гички від головок коренеплодів на корені і наступним викопуванням коренеплодів з ґрунту.

Підвищення забрудненості вороху коренеплодів буряків цукрових зеленою масою всього на 1% від установленої норми знижує вихід цукру на 0,1%, а за зберігання в кагатах з умістом гички близько 4% щоденні втрати цукру в середньому становлять 0,02% [1, 2, 6, 7, 14]. Водночас сучасні бурякозбиральні машини, що випускаються в Європі та Америці, спричиняють неабияку втрату цукроносної маси, зумовлену завеликим зрізом головок коренеплодів, в яких міститься значна кількість цукру. Тому наразі актуальним є пошук таких технічних рішень, які дадуть змогу уникнути зазначених втрат. Є чимало типів технічних засобів, що передбачають копіювання головок коренеплодів, але найбільшого поширення сьогодні набули бурякозбиральні машини з безкопірним способом відокремлення гички.

**Мета досліджень** — зменшити втрати цукроносної маси в процесі відокремлення гички буряків цукрових від головок коренеплодів через створення передумов для автоматичного коригування висоти зрізу гички.

**Об'єкт і методика досліджень.** Об'єктом дослідження є технологічний процес відокремлення гички від коренеплодів буряків цукрових на корені безкопірним зрізом. Результати проведених вимірювань обробляли статистичними методами за допомогою персонального комп'ютера.

У конструкціях сучасних бурякозбиральних машин використовували переважно відокремлювані гички роторного типу, які зрізають головки коренеплодів на одному рівні відносно поверхні ґрунту. Вибір зазначеної висоти зрізу проводиться згідно із загальновідомими рекомендаціями, але на практиці часто буває важко їх дотримуватись,



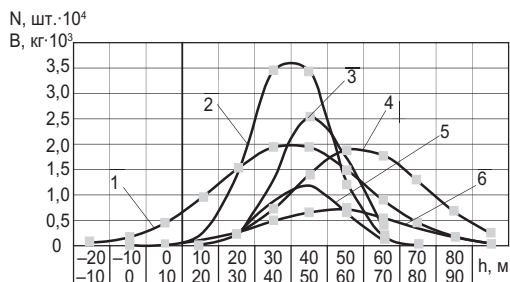
**Рис. 1.** *Схема (3D модель) лабораторної установки для вимірювання виступання головок коренеплодів буряків цукрових над рівнем поверхні ґрунту та її виконавчий робочий орган*

іноді зовсім неможливо, зважаючи на ймовірний характер розподілу висоти виступу головок коренеплодів над поверхнею ґрунту. Незважаючи на це, перед споживачами бурякозбиральної техніки завжди постає проблема вибору раціональних значень висоти зрізу в конкретних виробничих умовах (різні характеристики висот виступання головок коренеплодів). Переважно цю проблему розв'язують емпіричними методами (візуальною оцінкою якості роботи після кількох проходів), які потрібно повторювати кілька разів. Це призводить до непродуктивних витрат робочого часу, що, у свою чергу, знижує продуктивність збирання. Також у цьому разі можливі випадки неправильного вибору висоти зрізу, що призводить до підвищення втрат цукроносної маси.

Тому доцільно розробити автоматичний регулятор, який міг би забезпечити розв'язання проблеми встановлення висоти зрізу автоматично в процесі роботи бурякозбиральної машини. Для розробки такого регулятора потрібно визначити тип статистичного розподілу висот виступання головок коренеплодів. Це питання досліджувалося рядом учених [6, 7, 9], які здебільшого віддають перевагу нормальному закону розподілу. Однак достовірність цих результатів сумнівна, оскільки неможливо отримати великої вибірки способом ручного відбору проб. Тому для остаточної оцінки поля посівів цукрових буряків перед збиранням (оцінки розподілу рослин у рядку, розподілу відносно поверхні ґрунту, визначення втрат під час збирання) було розроблено експериментальну лабораторно-польову установку (рис. 1, 2).



**Рис. 2.** *Лабораторна установка під час проведення експериментального дослідження*



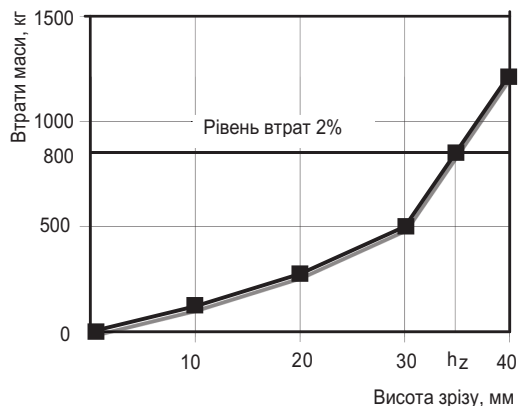
**Рис. 3.** Розподіл висот виступання головок коренеплодів буряків цукрових над рівнем поверхні ґрунту:  $m=40$  мм:  $N$  – кількість коренеплодів (1 –  $\sigma=10$  мм; 2 –  $\sigma=20$  мм);  $V_r$  – наземної цукроносною маси (3 –  $\sigma=10$  мм; 4 –  $\sigma=20$  мм);  $V_{ал}$  – наземної цукроносною маси, яка містить гичку (5 –  $\sigma=10$  мм; 6 –  $\sigma=20$  мм)

її функціонально-структурна схема передбачає: модулі введення і виведення інформації, модуль управління вимірювальним блоком, блок датчиків для реєстрації параметрів сілви.

Також створено алгоритм програми управління процесом вимірювання висоти виступання головок коренеплодів буряків цукрових над рівнем поверхні ґрунту. Було розроблено конструктивну схему лабораторно-польової установки і виготовлено її зразок. Спроековано систему гіроскопів та акселерометрів з метою дослідження впливу коливань бурякозбиральної машини на стабільність виконання процесу робочими органами для збирання коренеплодів буряків цукрових.

Крім того, розроблено конструктивну схему вимірювального блоку, виготовлено електронний модуль управління процесом вимірювання параметрів розміщення головок коренеплодів буряків цукрових над рівнем поверхні ґрунту. Вимірювальний блок містить щупи індикації наявності коренеплоду, щуп для ідентифікації положення бази машини і висоти виступання головки коренеплоду над рівнем поверхні ґрунту.

Проведене дослідження розподілу висот виступання головок коренеплодів відносно рівня поверхні ґрунту представлено на рис. 3. При цьому графіки побудовано за результатами великої вибірки (50 тис. вимірювань), яка була оброблена на ПЕОМ за розробленою програмою Matlab. Представлені на рис. 3 криві показують розподіл висот виступання головок коренеплодів буряків



**Рис. 4.** Залежність втрат цукроносною маси від висоти безкопінного зрізу головок коренеплодів буряків цукрових

цукрових над рівнем поверхні ґрунту залежно від інтервалів  $h$ , показаних по осі абсцис. За результатами дослідження встановлено, що статистичний розподіл висот виступання головок коренеплодів над рівнем поверхні ґрунту відповідає нормальному закону розподілу (рис. 3). Межі зміни його статистичних характеристик такі: середньоквадратичне відхилення  $\sigma = 20$ – $30$  мм, математичне сподівання  $m = 40$ – $60$  мм.

Встановлено такі показники якості процесу збирання коренеплодів буряків цукрових: втрати цукроносною маси — 4%, залишки гички на коренеплодах — 2, пошкодження коренеплодів — 3%.

Використавши побудовану раніше математичну модель [6, 7], було отримано втрати цукроносною маси залежно від висоти безкопінного зрізу головок коренеплодів буряків цукрових. На графіку (рис. 4) наведено приклад залежності (для одного окремо взятого випадку) за таких параметрів розподілу:  $m=40$  мм і  $\sigma=20$  мм. Однак на одному й тому самому полі ці параметри можуть змінюватися в межах, що зазначені на рис. 3. Тому параметри статистичного розподілу потрібно контролювати динамічно. За умови їх зміни зміняться відповідно і крива втрат маси (рис. 4), а також оптимальне значення  $h_z$ .

За допомогою графіка (рис. 4) можна прогнозувати втрати маси коренеплодів і забрудненість їх залишками гички в конкретних умовах, попередньо отримавши статистичні параметри розподілу ( $m$ ,  $\sigma$ ), а також використавши математичну модель, представлену

в роботах [6, 7]. Це, у свою чергу, дасть можливість створити автоматичну систему оцінки параметрів коренеплодів й оперативно

регулювати висоту зрізу гички з головок коренеплодів буряків цукрових для істотного зниження втрат цукроносної маси.

## **Висновки**

*У результаті експериментального дослідження розподілу висот виступання головок коренеплодів буряків цукрових над рівнем поверхні ґрунту підтверджено гіпотезу про те, що цей розподіл відповідає нормальному закону розподілу. Спроековано і виготовлено принципово*

*нову лабораторно-польову установку, а проведені на ній експериментальні дослідження дали всі підстави для розробки нової системи автоматичного коригування висоти зрізу гички з головок коренеплодів буряків цукрових на збиральних машинах сучасного технічного рівня.*

## **Бібліографія**

1. Адлер Ю.П. Планування експерименту при пошуку оптимальних умов/Ю.П. Адлер, О.В. Маркова, Ю.В. Грановський. — М.: Наука, 1971. — 283 с.
2. Борис Н.М. Обґрунтування технологічного процесу та параметрів робочого органу для відділення гички цукрових буряків: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва». — Вінниця, 2009. — 20 с.
3. Борис А.Н. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів копірно-роторного відокремлювача гички цукрових буряків: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва». — Мелітополь, 2012. — 23 с.
4. Булгаков В.М. Теорія бурякозбиральних машин: монографія. — К.: Видавн. центр Нац. аграр. ун-ту, 2005. — 245 с.
5. Булгаков В.М. Бурякозбиральні машини. — К.: Аграр. наука, 2011. — 351 с.
6. Булгаков В.М. Обґрунтування і вибір оптимальної схеми бурякозбиральної машини за критерієм потужності/В.М. Булгаков, Я.І. Козіброта та ін.// Commission of Motorization and Energetics in Agriculture Polish Academy of Sciences Branch in Lublin. — Poland, Lublin: WAR, 2001. — V. I. — P. 69–72.
7. Зуєв М.М. Безкопирний зріз головок коренеплодів/М.М. Зуєв, С.А. Топоровський//Цукровий буряк. — 1988. — № 6. — С. 42–45.
8. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: практикум/О.М. Царенко,

С.С. Яцун та ін.]; за ред. С.С. Яцуна. — К.: Аграр. освіта, 2000. — 93 с.

9. Погорілий Л.В. Бурякозбиральні машини: історія, конструкція, теорія, прогноз/Л.В. Погорілий, Н.В. Татянюк. — К.: Фенікс, 2004. — 232 с.

10. *Результати* незалежних випробувань [Електр. ресурс]//Сільськогосподарська техніка. — 2007. — № 1. — Режим доступу до журналу: <http://russia.profi.com>.

11. *Різні* технології збирання цукрових буряків [Електр. ресурс]//Сільськогосподарська техніка. — 2009. — № 4. — Режим доступу до журналу: <http://russia.profi.com>. — Заголовок з екрану.

12. Хелемендік Н.М. Підвищення механіко-технологічної ефективності трудомістких процесів у буряківництві: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.20.01 «Механізація сільськогосподарського виробництва»/Н.М. Хелемендік. — Тернопіль: ТПІ, 1996. — 48 с.

13. Roller O. Entblatten statt K. Pfen/Dr. Olaf Roller//Zuckerr. Ben Journal № 2//Rheinischer Landwirtschafts-Verlag GmbH. — 2010. — S. 14–15.

16. Merkes R. 50 Jahre Produktionstechnik im Zuckerr. Benbau in Deutschland/R. Merkes//Zuckerr. Be. — 2001. — № 4. — S. 214–217. 17. Es geht um den Kopf/Zuckerr. Ben Journal № 3//Rheinischer Landwirtschafts-Verlag GmbH. — 2010. — PP. 7–8.

14. *Zuckerr Ben: Erntetechnik und Bodenschutz*/FAT-Berichte Nr. 567//Eidgenössische Forschungsanstalt f. R Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 T. Nikon TG. — 2001. — S. 1–19.

*Надійшла 9.02.2015.*