

Механізація, електрифікація

УДК 631.356.2
© 2012

*В.М. Булгаков,
академік НААН*

А.М. Борис

*Національний
університет біоресурсів
і природокористування
України*

ВТРАТИ ЦУКРОНОСНОЇ МАСИ ТА ЗАЛИШКИ ГИЧКИ ЗА КОМБІНОВАНОГО ЇЇ ЗРІЗУ

Визначено втрати цукроносноЇ маси під час виконання робочого процесу видалення гички за допомогою комбінованого зрізу при різних агрофізичних характеристиках посіву і технологічних параметрах робочого органу. В результаті теоретичних розрахунків виявлено можливість зменшення діапазону копірного зрізу.

Постановка проблеми. Однією з переваг копірного зрізу перед безкопірним є краща якість відокремлення гички. Здійсненими розрахунками доведено, що за дотримання вимог стандарту (2% — на відході цукроносноЇ маси) залишки гички для безкопірного зрізу залежно від умов розподілення становитимуть 8—12%, а для копірного зрізу цей показник становитиме лише 1—6%. Недоліком копірного зрізу є складність його конструктивної реалізації та мала продуктивність технологічного процесу через обмеженість швидкості руху гичкозбиральної машини. Крім того, збільшення інерційно-динамічних навантажень у системі «робочий орган — коренеплід» також істотно обмежує поступальну швидкість руху машини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У світі простежується тенденція до застосування бурякозбиральних машин переважно провідних фірм з виробництва бурякозбиральної техніки, зокрема Holmer, Rora, Kleine, Moreau та ін., для попереднього безкопірного зрізу гички та наступного копірного дообрізання головок коренеплодів цукрових буряків.

Дослідження технологічного процесу збирання гички з головок коренеплодів цукрових буряків відображено в працях В.М. Булгакова, Л.В. Погорілого, М.М. Зуєва, С.А. Топоровського, М.Г. Березового та ін. [1, 2]. На основі цих досліджень проведено теоретичне моделювання процесу безкопірного зрізу [3] та розроблено алгоритм і програму розрахунків.

Постановка завдання. Дослідження показали, що на периферійних ділянках інтервалу висот виступання головок коренеплодів зосе-

реджена мала кількість маси надземних частин головок коренеплодів, тому тут немає потреби в копіюванні головок коренеплодів, і гичку доцільно видаляти безкопірним зрізом. Середню ділянку інтервалу розподілення доцільно зрізати копірним зрізом через велику кількість розміщених тут мас.

Нині немає наукового обґрунтування раціональних діапазонів безкопірного зрізу коренеплодів низького і високого виступання та копірного зрізу коренеплодів середнього виступання (комбінованого зрізу). Тому слід вирішити такі завдання: розробити програму та алгоритм розрахунку втрат цукроносноЇ маси і залишків гички за комбінованого зрізу; визначити його раціональні технологічні параметри, що стануть основою для обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів робочого органу.

Результати досліджень. Узагальнимо припущення, прийняті у моделюванні процесу безкопірного зрізу [3]. Поверхня ґрунту ідеально рівна, інерційні коливання робочого органу відносно поверхні ґрунту відсутні, поверхня зрізу головки коренеплоду горизонтальна і рівна, рівень зрізу всіх головок коренеплодів паралельний поверхні ґрунту. Коренеплоди за розміщенням головки і гички відносно поверхні поля поділяються на 3 групи: вершина головки та гичка розміщені над рівнем ґрунту; вершина головки розміщена над рівнем ґрунту, а основа зелених листків гички — нижче рівня ґрунту; вершина головки та основа зелених листків розміщені нижче рівня ґрунту. Основні параметри головок коренеплодів та гички перебувають у функціональній залежності від висо-

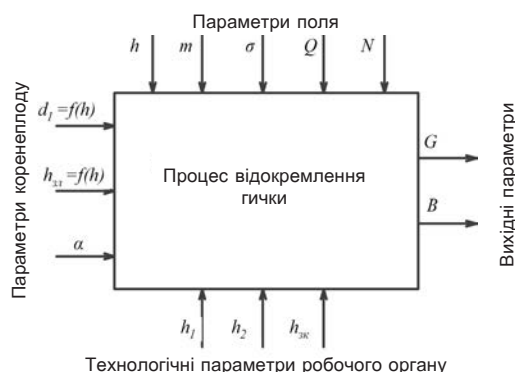


Рис. 1. Модель технологічного процесу комбінованого зрізу гички

ти їхнього виступання над рівнем ґрунту, яка є випадковою величиною і розподіляється за нормальним законом. Головки коренеплодів мають форму зрізаного конуса і максимальний діаметр коренеплодів розміщений нижче рівня ґрунту. Основні параметри коренеплоду перебувають у лінійній залежності від висоти виступання головок коренеплодів. Мичка гички біля головки коренеплоду має циліндричну форму.

Графічну інтерпретацію моделі технологічного процесу комбінованого зрізу з вхідними і вихідними параметрами наведено на рис. 1.

Отже, втрати цукронової маси та залишки гички на головках коренеплодів цукрових буряків є функціями:

$$B = f_1(d_1, h_{3п}, \alpha, h, m, \sigma, Q, N, h_1, h_2, h_{3к}), \quad (1)$$

$$G = f_2(d_1, h_{3п}, \alpha, h, m, \sigma, Q, N, h_1, h_2, h_{3к}). \quad (2)$$

Далі введемо позначення параметрів, що використовуються у розрахунках: Q — урожайність коренеплодів на одиниці площі (1 га); N — кількість коренеплодів на 1 га, h — висота виступання головки коренеплоду над рівнем ґрунту; m і σ — відповідно математичне очікування та середньоквадратичне відхилення випадкової величини h ; d_1 — діаметр вершини головки коренеплоду; $h_{3п}$ — відстань від вершини головки до основи зелених листків; α — половина кута конусності головки; $h_1, h_2, h_{3к}$ — технологічні параметри робочого органу відповідно до висоти безкопінного зрізу коренеплодів низького та високого виступання і висота копінного зрізу; h_3 — висота зрізаного циліндра гички; $d_{3п}$ — діаметр мички гички; d_3 — діаметр головки коренеплоду в площині зрізу; ρ_r, ρ — відповідно, густина гички і коренеплоду; B та G — відповідно, втрати цукронової маси та залишки гички на коренеплодах.

Сумарні значення відходів цукронової маси B та залишків гички G на головках коренеплодів

для всієї множини коренеплодів з проміжку висот виступання головок $[m-3\sigma; m+3\sigma]$ визначимо за такими формулами:

$$G = \sum_{i=1}^n (G_{h_{i-1}, h_i}); B = \sum_{i=1}^n (B_{h_{i-1}, h_i}), \quad (3)$$

де n — кількість інтервалів у проміжку $[m-3\sigma; m+3\sigma]$; G_{h_{i-1}, h_i} і B_{h_{i-1}, h_i} — відповідно маса залишків гички та відходів цукронової маси в інтервалі $[i-1; i]$, що визначаються із залежностей:

$$G_{h_{i-1}, h_i} = N F_r P_{h_{i-1}, h_i}, B_{h_{i-1}, h_i} = N F P_{h_{i-1}, h_i}, \quad (4)$$

де F_r — маса залишків гички на коренеплоді з висотою виступання $\frac{h_{i-1} + h_i}{2}$;

$$F_r = \rho_r \left(\frac{\pi h_3 d_{3п}^2}{4} - \frac{\pi h_3 d_{3п}^2 + d_{3п} d_3 + d_3^2}{12} \right); \quad (5)$$

F — відходи цукронової маси з коренеплоду з висотою виступання $\frac{h_{i-1} + h_i}{2}$;

$$F = \rho \left(\frac{\pi h_{3к} d_{3п}^2 + d_{3п} d_3 + d_3^2}{12} \right); \quad (6)$$

P_{h_{i-1}, h_i} — ймовірність появи інтервалу $[h_{i-1}; h_i]$ висот виступання головок коренеплодів:

$$P(h_{i-1}, h_i) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{h_i}^{h_{i+1}} \exp \left(-\frac{(h-m)^2}{2\sigma^2} \right) dh. \quad (7)$$

Інтеграл у виразі (7) визначається чисельним інтегруванням за формулою Сімсона. Матимемо:

$$P_{h_{i-1}, h_i} = \left(\frac{h_{i+1} - h_i}{3k} \sum_{j=0}^k c_j f(h) \right), \quad (8)$$

де k — кількість інтервалів: $k = 2U$; $U = 1, 2, 3, 4, \dots$; c_j — коефіцієнт при значеннях підінтегральної функції у відповідних точках, $c_j = 1, 2, 3, 4, 2, 4, \dots, 2, 4, 1$.

Враховуючи вирази (4, 5, 6, 8), залежності (3) набудуть такого вигляду:

$$G = N \sum_{i=1}^n \left\{ \rho_r \left(\frac{\pi h_3 d_{3п}^2}{4} - \frac{\pi h_3 d_{3п}^2 + d_{3п} d_3 + d_3^2}{12} \right) \right\} \times \left(\frac{h_{i+1} - h_i}{3k} \sum_{j=0}^k c_j f(h) \right), \quad (9)$$

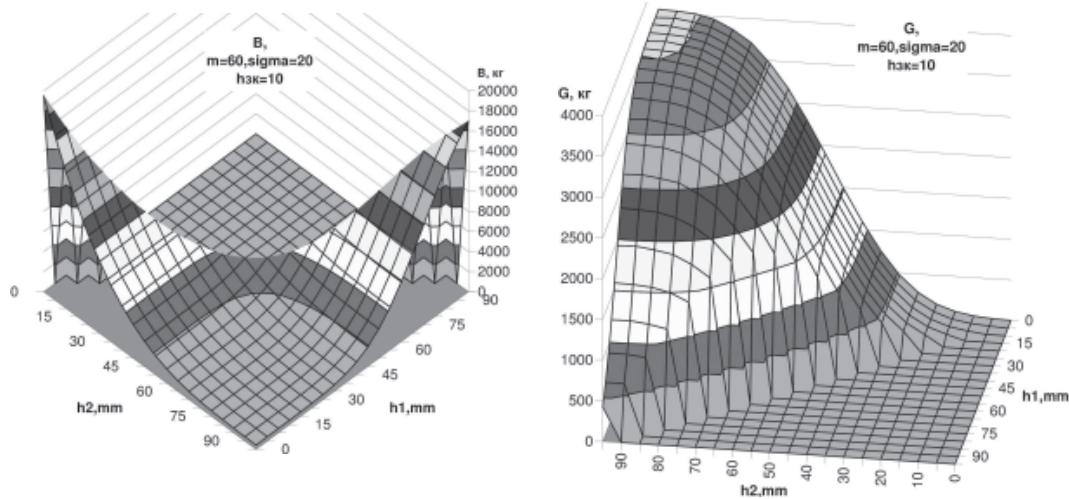


Рис. 2. Втрати цукронової маси та залишки гички за комбінованого зрізу

$$B = N \sum_{i=1}^n \left\{ \rho \left(\frac{\pi h_{3k} d_{3n}^2 + d_{3n} d_3 + d_3^2}{12} \right) \right\} \times \left(\frac{h_{i+1} - h_i}{3k} \sum_{j=0}^k c_j f(h) \right). \quad (10)$$

На основі наведених вище залежностей розроблено алгоритм і програму для обчислення втрат цукронової маси і залишків гички за копірного її зрізу.

Застосовуючи комбінований спосіб зрізу, треба визначити межі застосування кожного виду зрізу. Згідно з описаними вище твердженнями безкопірний зріз застосовуємо для периферійних зон інтервалу розподілення висот виступання головок коренеплодів. Тому для початкової зони інтервалу слід визначити межу між кінцем безкопірного зрізу коренеплодів низького виступання і початком зони копірного h_1 . Для протилежної периферійної ділянки потрібно визначити межу між закінченням копірного зрізу і початком зони безкопірного зрізу коренеплодів високого виступання h_2 . Значення невідомих h_1 і h_2 визначимо такою їх комбінацією, яка забезпечить істотне зменшення копірного діапазону за відходів цукронової маси та залишків гички, близьких до вимог стандарту.

Перед початком розрахунку задаємо вихідні значення. Параметри коренеплоду цукрового буряка: $\alpha=30^\circ$; $a=0,36$; $b=16$ мм; $c=0,11$; $n=10$ мм. Параметри посіву: $Q=50$ т/га; $N=100000$ шт.; $\rho_r=900$ м³; $\rho=1100$ м³; $m=60$ мм; $\sigma=20$ мм. Технологічні параметри гичкозрізувального робочого органу: $h_{3k}=10; 20; 30; 40$ мм.

Інтервали значень нижньої h_1 і верхньої h_2 меж змінюємо в межах 0...90 мм, оскільки в цих межах розміщена основна кількість коренеплодів і досліджувати вплив параметрів і поза межами цього інтервалу недоцільно. За умовами технологічного процесу виключена можливість здійснення зрізу в одному й тому самому інтервалі різними способами (копірним і безкопірним), тому відкидаємо всі комбінації h_1 і h_2 , за яких це можливо, ставлячи умову: якщо $h_1 > h_2$, то функції втрат цукронової маси і залишків гички не визначені.

Після цього послідовно розраховуємо залишки гички та відходи цукронової маси для інтервалів $[m-3\sigma; h_1]$, $[h_1; h_2]$, $[h_2; m+3\sigma]$. В інтервалі висот виступання $[m-3\sigma; h_1]$ розрахунок проводимо за алгоритмом безкопірного зрізу з нульовою висотою проходження площини зрізу (всі коренеплоди цукрового буряку даного інтервалу висот виступання зрізуємо на рівні ґрунту). В інтервалі $[h_1; h_2]$ розрахунок проводимо за алгоритмом копірного зрізу із заданою висотою зрізу h_{3k} . В інтервалі $[h_2; m+3\sigma]$ розрахунок проводимо за алгоритмом безкопірного зрізу з висотою зрізу h_2 . Після цього підсумовуємо відходи цукронової маси та залишки гички для всього інтервалу висот виступання головок коренеплодів цукрових буряків. Згаданий вище алгоритм розрахунку повторюємо для всіх комбінацій параметрів h_1 і h_2 .

Загальну тенденцію до втрат цукронової маси та залишків гички від середніх характеристик коренеплодів цукрових буряків, їхніх посівів і технологічних параметрів гичкозрізувального робочого органу наведено на рис. 2.

Вимоги стандарту за втратами цукронової маси виконуватимуться при таких технологіч-

них параметрах робочого органу: $h_{зк}=10$ мм, $h_1=35$ мм, $h_2=65$ мм. Залишки гички в цьому разі становитимуть 5,5—6%. При $h_{зк}=20$ мм, $h_1=35$ мм, $h_2=65$ мм мінімальні втрати цукронової маси збільшаться до 2,5—3%, але залишки гички зменшаться до 4—4,5%. При $h_{зк}=30$ мм мінімальні втрати цукронової маси 4,5—5% будуть при $h_1=40$ мм, $h_2=55$ мм, а залишки гички становитимуть 3—3,5%. При $h_{зк}=40$ мм мінімальні втрати цукронової маси 6—6,5% будуть при $h_1=45$ мм, $h_2=50$ мм, а за-

лишки гички становитимуть 2—2,5%. Вимоги стандарту за втратами цукронової маси виконуватимуться тільки при висоті копірного зрізу $h_{зк}=10$ мм. Щоб дотриматися вимог стандарту за вмістом гички у вороху коренеплодів цукрових буряків, треба збільшувати значення $h_{зк}$ до 40 мм. Однак, враховуючи наступну інтенсивну дію викопувально-очисних робочих органів на коренеплоди, слід очікувати дотримання вимог стандарту за забрудненням гичкою при менших значеннях висоти копірного зрізу.

Висновки

У результаті аналітичного дослідження та розрахунків виявлено, що за раціональних параметрів комбінованого зрізу гички діапазон копірного зрізу зменшується у 3—4 рази. Це істотно знизить інерційно-динамічні наван-

таження в системі «робочий орган — коренеплід цукрового буряка», покращить копіювання головок коренеплодів та підвищить поступальну швидкість гичкозбиральних машин за копірного зрізу.

Бібліографія

1. Погорельий Л.В., Татьяна Н.В. Свеклоуборочные машины: История, конструкция, прогноз. — К.: Феникс, 2004. — 232 с.
2. Булгаков В.М. Теория бурякозбиральных машин. — К.: Видавничий центр, НАУ, 2005. — 245 с.

3. Бендера І.М., Борис М.М., Борис А.М. Об'ґрунтування способу та конструкції машини для відокремлення гички від коренеплодів цукрових буряків//Вісн. Львів. НАУ: агроінженерні дослідження. — Львів: Львів. НАУ, 2008. — № 12(2). — 762 с.