

Березовий М. Г.

Борис А. М.

Національний
університет
біоресурсів і
природокористування
України

Кравченко І. Є.

Цуркан О. В.

Пришляк В. М.

Вінницький
національний аграрний
університет

УДК 631.356.2

ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТ ГИЧКИ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ ПРИ КОЛИВАННЯХ ГИЧКОРІЗАЛЬНОГО АПАРАТУ

Аналитически исследованы потери ботвы сахарной свеклы при колебаниях роторного ботвоуборочного аппарата в продольно-вертикальной плоскости, который осуществляет сплошной срез зеленой массы свекловичного поля.

Losses of sugar beet haulm at oscillations of the rotary haulm gatherer in direct-vertical plane which realises a continuous cut of green mass in the field are analytically investigated.

Вступ. Внаслідок нерівностей бурякового поля виникають коливання гичкорізального апарату роторного типу, який здійснює суцільне безкопірне зрізування гички при русі гичкозбиральної машини вздовж рядків коренеплодів цукрових буряків. Зазначені коливання викликають нерівномірне зрізання гички по висоті над поверхнею головок коренеплодів, що призводить до значних втрат гички при її збиранні та викликають низку якості коренеплодів цукрових буряків при послідовному їх збиранні. Тому оцінка цих втрат є досить актуальною.

Мета дослідження. Розробка методу аналітичного визначення втрат гички при її зрізанні гичкорізальним апаратом, що виникають внаслідок коливань гичкорізального апарату роторного типу при русі гичкозбиральної машини по нерівностях поверхні поля.

Методика досліджень. Методика досліджень базується на аналізі накладання косинусоїди коливань гичкорізального апарату і косинусоїди нерівностей поверхні ґрунту. Причому, накладання зазначених косинусоїд вивчається для ряду значень зсуву фаз коливань гичкорізального апарату, оскільки від цього залежить висота зрізу гички над поверхнею головки коренеплоду, а в кінцевому результаті і втрати гички при її збиранні.

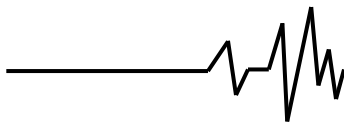
Дана методика дає можливість з врахуванням агротехнічних вимог до збирання гички аналітично визначити мінімальну висоту розміщення гичкорізального апарату над поверхнею ґрунту з метою забезпечення нормального зрізу головок коренеплодів. При цьому аналітично визначено рівень найнижчого зрізу, який може мати місце при даних косинусоїдах. Отримані аналітичні вирази покладені в основу розрахунку на ПЕОМ втрат гички при її зрізанні гичкорізальним апаратом в залежності від зсуву фаз коливань гичкорізального апарату. Такий розрахунок дасть можливість за допомогою ПЕОМ побудувати графік зазначеної залежності і визначити значення зсуву фаз коливань, при яких втрати гички будуть мінімальними.

Основний зміст дослідження. При дослідженні даної проблеми слід розглянути два можливих випадки:

– перший випадок – нерівності ґрунту розташовані у міжряддях, а у самих рядках головки коренеплодів знаходяться на однаковому рівні;

– другий випадок – нерівності ґрунту розташовані як у міжряддях, так і у рядках, а тому головки коренеплодів знаходяться на різній висоті над умовною поверхнею поля.

Будемо вважати [1], що нерівності ґрунту змінюються за косинусоїдальним законом наступного вигляду:



$$y_0 = h_0 \cos \frac{2\pi}{l_3} x, \quad (1)$$

$$y_1 = h_1 \cos \frac{4\pi}{l_3} x, \quad (2)$$

де l_3 – період косинусоїди нерівностей ґрунту;
 h_0 – амплітуда нерівностей ґрунту.

Згідно експериментальних досліджень [2] період коливань центра мас гичкорізного апарату приблизно у два рази менший за період косинусоїди нерівностей ґрунту.

Таким чином, можна вважати, що коливання гичкорізного апарату здійснюються за законом:

де h_1 – амплітуда коливань гичкорізного апарату.

Нехай далі H – висота розміщення гичкорізного апарату над умовною поверхнею поля. Розглянемо спочатку перший випадок (рис.1). Очевидно, що в даному випадку косинусоїда коливань гичкорізного апарату знаходиться вище умовної поверхні поля (осі x) на величину H .

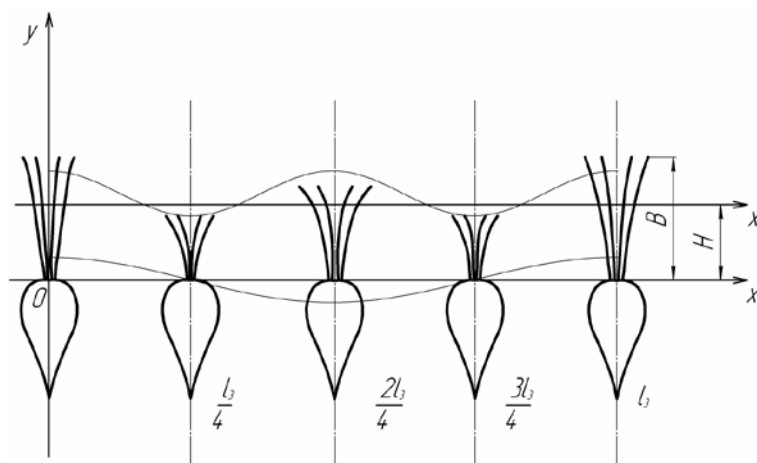


Рис. 1. Висота зрізу гички в залежності від розташування коренеплоду з урахуванням нерівностей ґрунту

Крім того, необхідно також врахувати косинусоїду нерівностей ґрунту.

В результаті висота B зрізу гички над поверхнею поля для коренеплоду, що знаходиться на відстані x від точки O , буде дорівнювати:

$$B = y + H + y_1,$$

або, враховуючи вирази (1) і (2), матимемо:

$$B = h_0 \cos \frac{2\pi}{l_3} x + H + h_1 \cos \frac{4\pi}{l_3} x. \quad (3)$$

Для розміщень коренеплодів, показаних на рис. 1, зазначена висота буде дорівнювати:

$$\text{при } x = 0: B = h_0 + H + h_1;$$

$$\text{при } x = \frac{l_3}{4}: B = H - h_1;$$

$$\text{при } x = \frac{l_3}{2}: B = -h_0 + H + h_1;$$

$$\text{при } x = \frac{3l_3}{4}: B = H - h_1;$$

$$\text{при } x = l_3: B = h_0 + H + h_1.$$

Якщо врахувати, що головка коренеплоду знаходиться вище умовної поверхні поля на величину h_K , то висота залишків гички для коренеплоду буде дорівнювати $B - h_K$.

У більш загальному випадку, при зміщенні фаз коливань гичкорізного апарату на деяке число p ($0 \leq p \leq \frac{l_3}{2}$), залежність (3) набуде вигляду:

$$B = h_0 \cos \frac{2\pi}{l_3} x + H + h_1 \cos \left(\frac{4\pi}{l_3} x - p \right). \quad (4)$$

Розглянемо далі другий випадок (рис. 2).

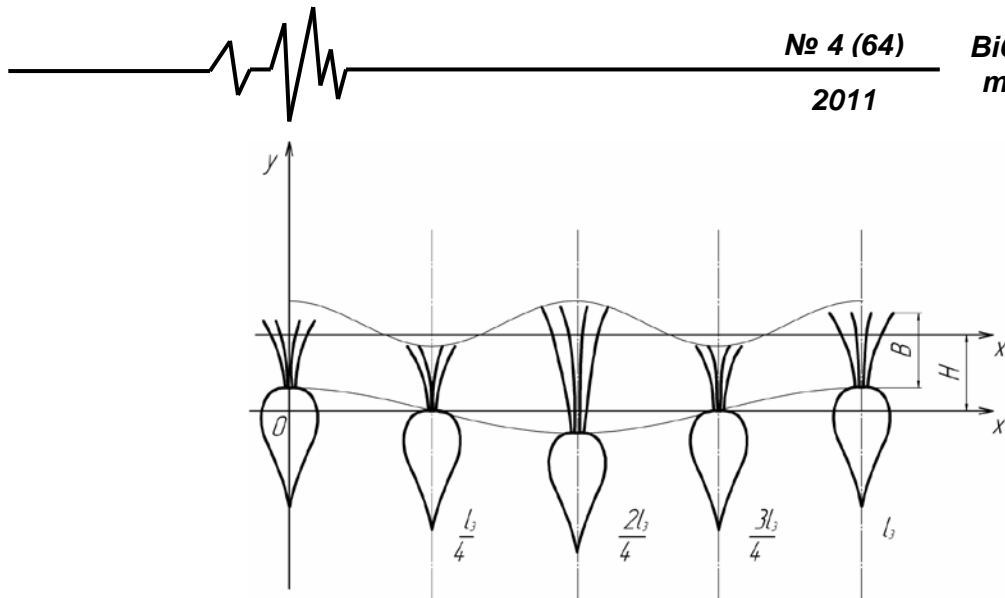


Рис. 2. Висота зрізу гички в залежності від розташування коренеплоду на осі Ox за умови, що головки коренеплодів розташовані на косинусоїді нерівностей ґрунту

Оскільки головки коренеплодів розташовані на косинусоїді нерівностей ґрунту, то висота незрізаної гички для коренеплоду, що знаходиться на відстані x від точки O , буде дорівнювати:

$$B = H + h_1 \cos \frac{4\pi}{l_3} x - h_0 \cos \frac{2\pi}{l_3} x. \quad (5)$$

Наприклад, для розміщень коренеплоду, показаних на рис.2, матимемо:

$$\text{при } x = 0: B = H + h_1 - h_0;$$

$$\text{при } x = \frac{l_3}{4}: B = H - h_1;$$

$$\text{при } x = \frac{l_3}{2}: B = H + h_1 + h_0;$$

$$\text{при } x = \frac{3l_3}{4}: B = H - h_1;$$

$$\text{при } x = l_3: B = H + h_1 - h_0.$$

При зміщенні фаз коливань гичкорізного апарату вираз (5) набуде вигляду:

$$B = H + h_1 \cos \left(\frac{4\pi}{l_3} x - p \right) - h_0 \cos \frac{2\pi}{l_3} x. \quad (6)$$

Визначимо далі мінімальну висоту розміщення гичкорізного апарату над поверхнею ґрунту з метою забезпечення нормального зрізу головок коренеплодів. З врахуванням агротехнічних вимог необхідно, щоб висота B зрізу гички над поверхнею ґрунту задовольняла наступним умовам:

$$h_k + 2 \geq B \geq h_k - (\Delta_T + \Delta_K), \quad (7)$$

де h_k – висота розміщення коренеплоду над рівнем ґрунту; Δ_T – товщина зони сплячих

вічок; Δ_K – товщина зони коронки коренеплоду.

Розміщення коренеплоду у ґрунті та зазначені параметри показані на рис. 3.

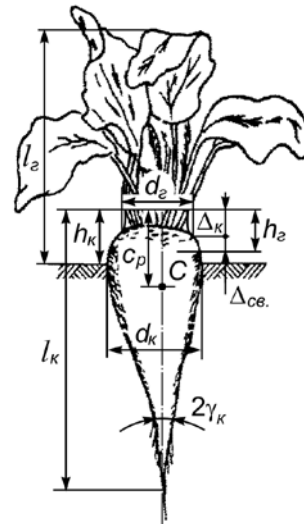


Рис. 3. Основні параметри коренеплоду цукрового буряку

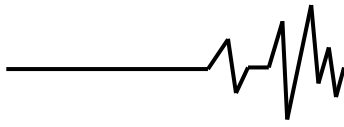
Оскільки низький зріз небажаний через надмірну втрату цукру, то приймемо крайню умову нормального зрізу:

$$B = h_k - (\Delta_T + \Delta_K). \quad (8)$$

Якщо косинусоїда коливань гичкорізного апарату зміщена відносно косинусоїди зазначених коливань, показаної на

рис.1, вліво або вправо на величину $\frac{l_3}{4}$, то

найнижчий зріз коренеплоду відбудеться у точці $x = \frac{l_3}{2}$, який буде дорівнювати:



$$B = H - h_1 + h_0. \quad (9)$$

Це взагалі найнижчий зріз, який може мати місце при даних косинусоїдах (1) і (2).

Підставляючи вираз (9) у вираз (8), отримаємо:

$$H - h_1 - h_0 = h_K - (\Delta_T + \Delta_K),$$

звідки визначаємо допустиме розміщення гичкорізального апарату над рівнем ґрунту з умов нормального зрізу:

$$H = h_0 + h_1 + h_K - (\Delta_T + \Delta_K). \quad (10)$$

При отриманому значенні H ні один з коренеплодів не зазнає низького зрізу, проте значна частина коренеплодів може зазнати високого зрізу. Очевидно, що зменшення високого зрізу можна досягти за рахунок зменшення величини H . Однак, при цьому з'являться коренеплоди з низьким зрізом. Якщо, наприклад, величину H зменшити на величину h_0 , тобто якщо

$$H = h_1 + h_K - (\Delta_T + \Delta_K), \quad (11)$$

то деякі коренеплоди матимуть найнижчий зріз, що визначається виразом (9).

Це саме ті коренеплоди, при обрізанні яких гичкорізальний апарат буде знаходитись, за рахунок нерівностей ґрунту і коливань самого гичкорізального апарату, у найнижчому положенні. Очевидно, що таких випадків буде небагато, а отже і коренеплодів з низьким зрізом буде небагато. Тому для проведення розрахунків втрат гички приймемо висоту установки різального апарату, що визначається з виразу (11). Звичайно, якщо взяти значення H менше (11), то число коренеплодів з низьким зрізом значно зросте.

Згідно [3] приймемо $h_K = 1,8 \dots 5,0$ (см);

$\Delta_T = 0,8 \dots 2,14$ (см); $\Delta_K = 1,32 \dots 1,62$ (см).

Підставляючи найменші, середні та найбільші значення даних величин у вираз (11), отримаємо $H = 3,68$ см, $H = 4,46$ см і $H = 5,24$ см відповідно.

Отже, при проведенні чисельних розрахунків на ПК необхідно задавати значення H , що задовольняє умові:

$$H \geq 3,68 \text{ см.}$$

Переходимо далі до розрахунку втрат гички при її зрізанні гичкорізальним апаратом. Будемо вважати, що на одному погонному метрі рядка розташовано 6 коренеплодів. Висоту зрізу B_i кожного коренеплоду підраховуємо згідно виразу (4), підставляючи

значення його координати x_i , причому $x_{i+1} = x_i + \Delta$, де Δ – відстань між сусідніми коренеплодами цукрового буряку, $x_i = 0$, $\Delta = 20$ см, $i = 1, 2, 3, \dots, 6$.

Даний розрахунок приводимо для кожного з наступних значень зсуву фаз косинусоїди коливань гичкорізального апарату:

$$P_1 = 0; P_{k+1} = P_k + 0,05 l_3;$$

$$l_3 = 50 \text{ см}; k = 1, 2, \dots, 11$$

Далі, вважаючи форму зрізаного пучка гички зрізаним конусом, для кожного коренеплоду знаходимо об'єм гички, що залишилась після зрізання:

$$V_i = \frac{1}{3} \pi (B_i - h_K) [r_{\Gamma 1}^2 + r_{\Gamma 1} \cdot r_{\Gamma 2} + r_{\Gamma 2}^2],$$

$$(i = 1, 2, \dots, 6)$$

де $r_{\Gamma 1}$ – радіус нижньої основи конуса зрізаного пучка гички; $r_{\Gamma 2}$ – радіус верхньої основи конуса зрізаного пучка гички.

Тоді маса залишків гички для кожного коренеплоду буде дорівнювати:

$$m_i = \gamma V_i, \quad (i = 1, 2, \dots, 6),$$

де γ – середня щільність зрізаного пучка гички.

Загальна маса незрізаної гички на одному погонному метрі буде дорівнювати:

$$m_{\text{заз}} = \sum_{i=1}^6 m_i.$$

Після цього визначаємо, скільки відсотків гички залишається на одному погонному метрі після зрізання гичкозбиральною машиною:

$$q = \frac{m_{\text{заз}}}{6Q_{\Gamma}} \cdot 100\%,$$

де Q_{Γ} – маса пучка гички, що знаходиться на коренеплоді до зрізання.

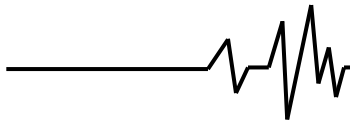
Даний розрахунок проводимо для кожного з вище зазначених зсувів фаз.

Дані для розрахунку приймаємо згідно [3]:

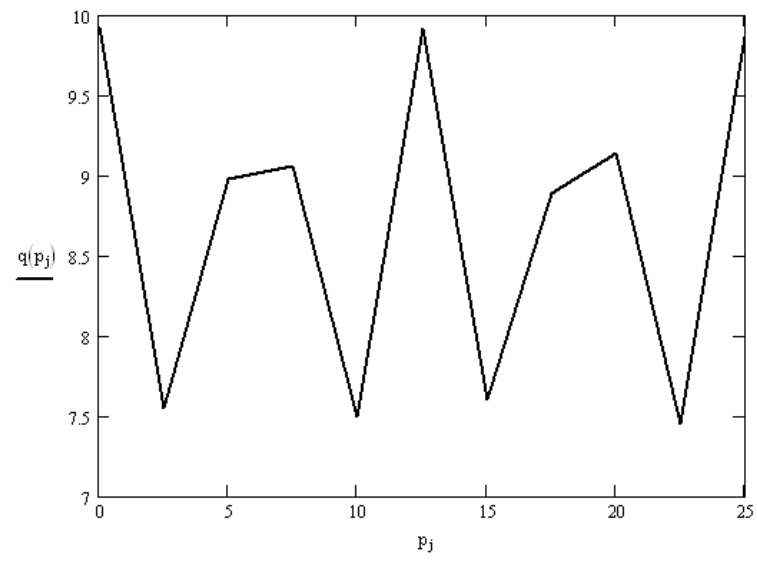
$$r_{\Gamma 1} = 3 \tilde{m}, \quad r_{\Gamma 2} = 6 \tilde{m},$$

$$\gamma = 0,15 \tilde{a} / \tilde{m}^3, \quad Q_{\Gamma} = 500 \tilde{a}$$

На підставі проведених розрахунків на ПК отримані графіки залежності втрат гички від значення зсуву фаз коливань гичкорізального апарату, які представлені на рис. 4. та рис. 5.



$H=3.68$



$H=4$

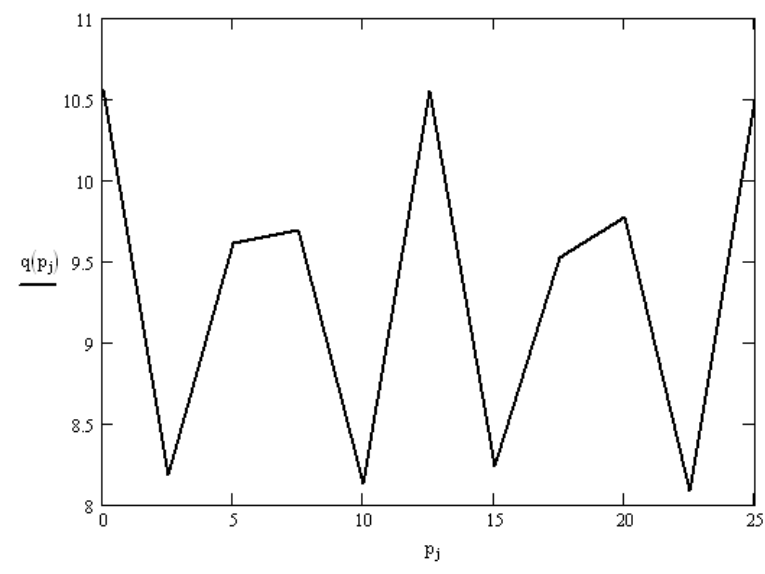


Рис. 4. Залежності втрат гички від значення зсуву фаз коливань гичкорізального апарату

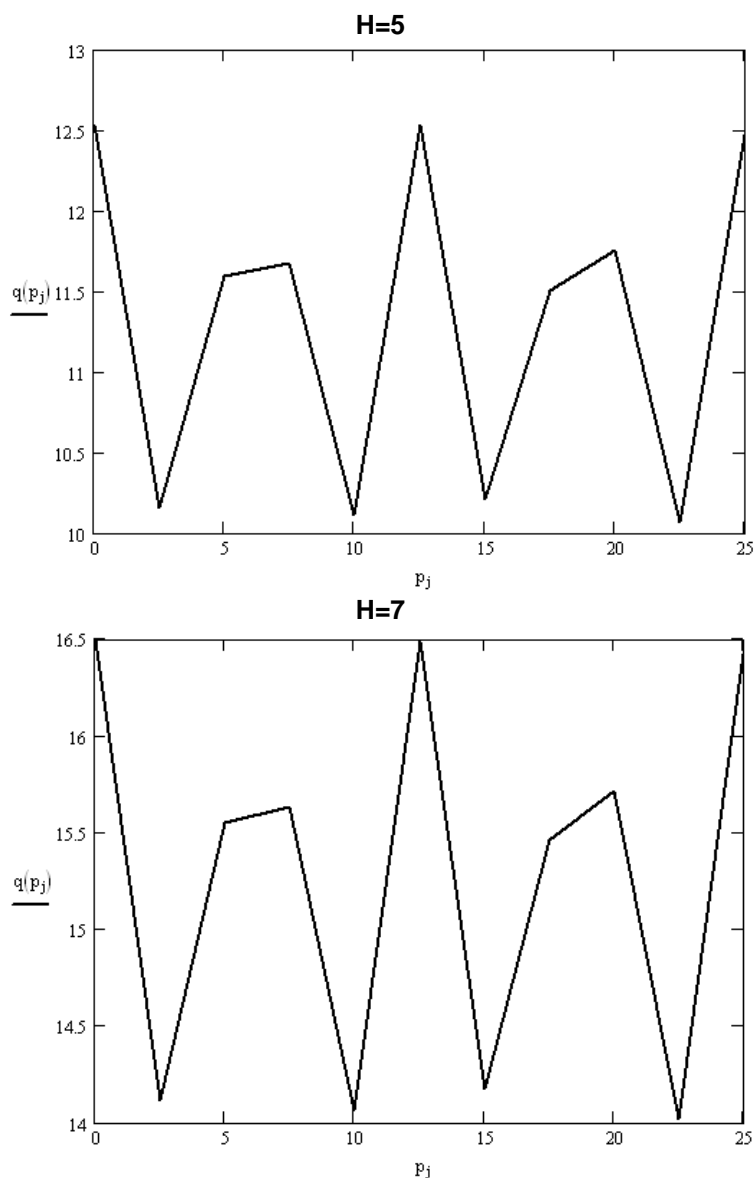
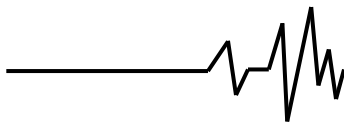


Рис. 5. Залежності втрат гички від значення зсуву фаз коливань гичкорізного апарату

Висновки

1. Розроблена методика аналітичного визначення втрат гички з врахуванням коливань гичкорізного апарату і нерівностей ґрунту при збиранні гички цукрових буряків гичкозбиральною машиною.

2. Аналітично визначене мінімальне значення висоти розміщення гичкорізного апарату над поверхнею ґрунту з врахуванням агротехнічних вимог до збирання гички і забезпечення нормального зрізу головок коренеплоду.

3. Проведено розрахунок на ПЕОМ і отримано графік залежності втрат гички від значення зсуву фаз коливань гичкорізного апарату, що дає можливість визначити

отримане значення зсуву фаз, при якому втрати гички будуть мінімальними.

Література

1. Зуев Н.М. Методика исследования качества работы свеклоуборочных машин. – К.: ВНИС. – 72 с.

2. Сипливец О.О. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів гичкозбиральної машини: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.05.11 / Національний аграрний університет. – К., 2005. – 20 с.

3. Погорелый Л.В., Татьяна Н.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз. – К.: Феникс, 2004. – 231 с.