

УДК 631.356.2

**І.В. Головач, проф., д-р техн. наук**

*(Національний університет біоресурсів і природокористування України)*

**В.Г. Присяжний, канд. техн. наук**

*(Національний науковий центр "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства" НААН України)*

## Втрати гички цукрового буряку роторним гичкорізальним апаратом

Аналітично досліджено втрати гички цукрового буряку при коливаннях роторного гичкорізального апарату у поздовжньо-вертикальній площині, що здійснює суцільний зріз зеленої маси бурякового поля.

**втрати гички, нерівномірності поля, коливання гичко збирального апарата**

**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:

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

де  $l_3$  – період косинусоїди нерівностей ґрунту;

$h_0$  – амплітуда нерівностей ґрунту.

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

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

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

де  $h_1$  – амплітуда коливань гичкорізального апарату.

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

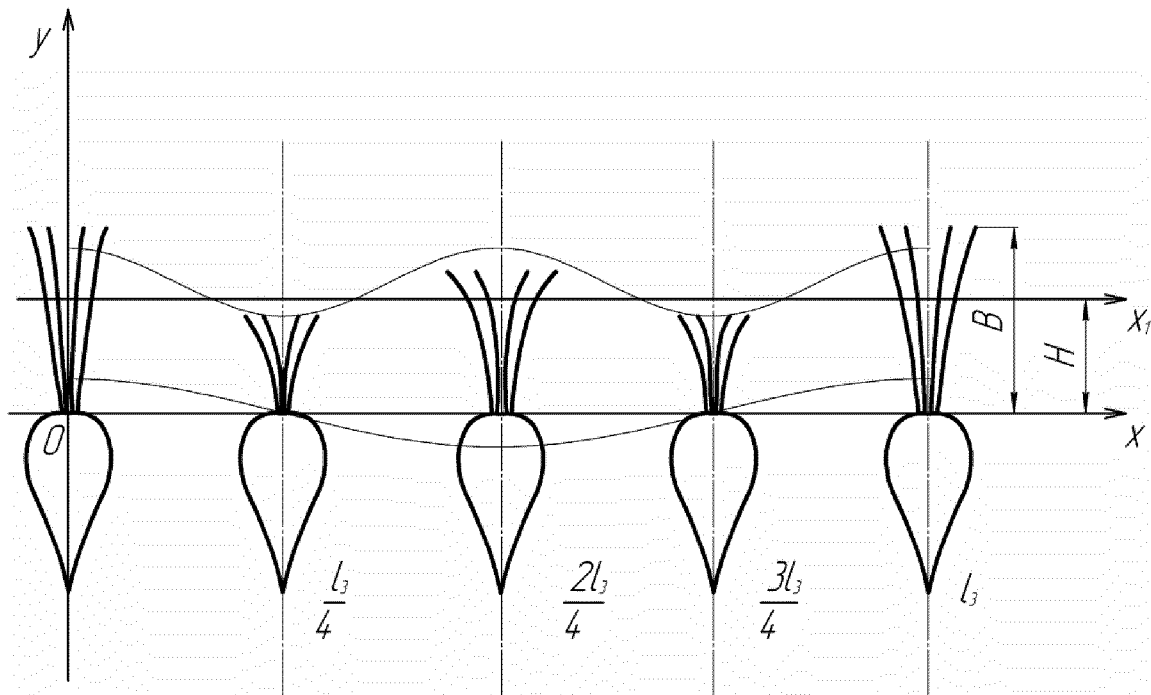


Рисунок 1 – Висота зрізу гички в залежності від розташування коренеплоду з урахуванням нерівностей ґрунту

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 гичкорізального апарату на деяке число  $p \left( 0 \leq p \leq \frac{l_3}{2} \right)$ , 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).

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:

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

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

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

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

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

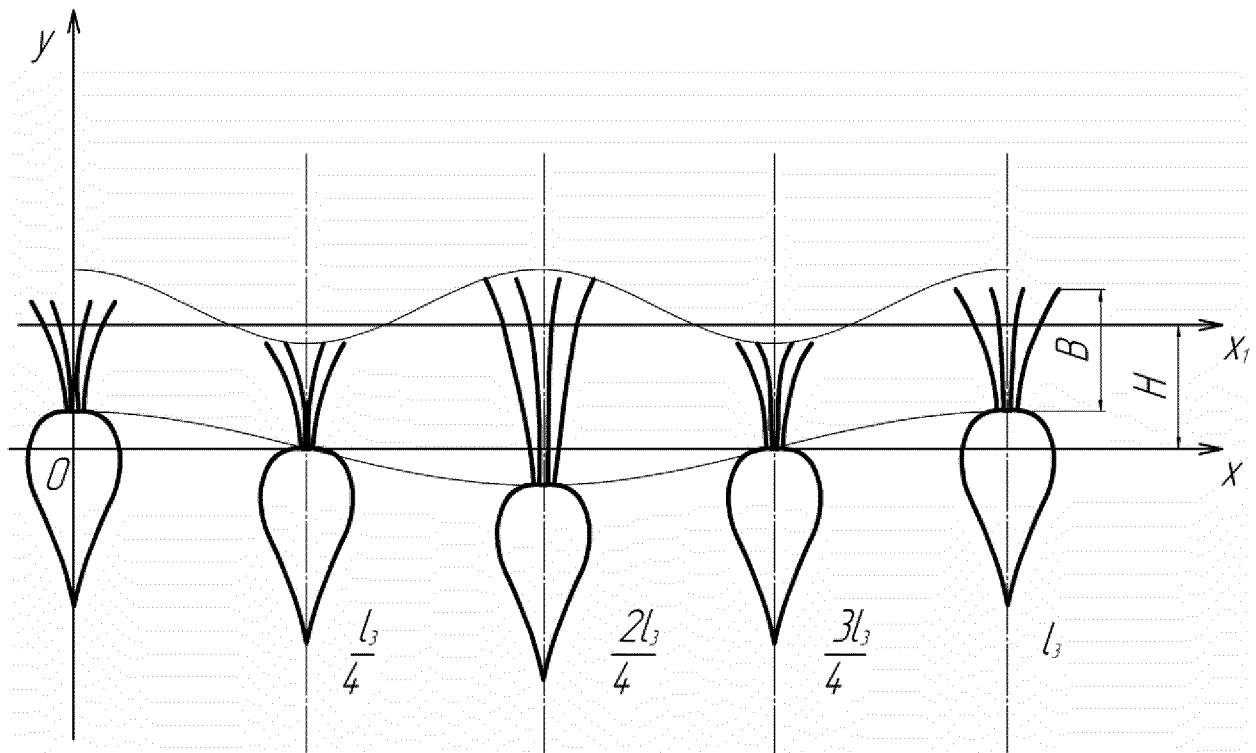


Рисунок 2 – Висота зрізу гички в залежності від розташування коренеплоду на осі  $Ox$  за умови, що головки коренеплодів розташовані на косинусоїді нерівностей ґрунту

При зміщенні фаз коливань гичкорізального 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 гичкорізального 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;

$\Delta_T$  – товщина зони сплячих вічок;

$\Delta_K$  – товщина зони коронки коренеплоду.

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

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

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

Якщо косинусоїда коливань гичкорізального 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:

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

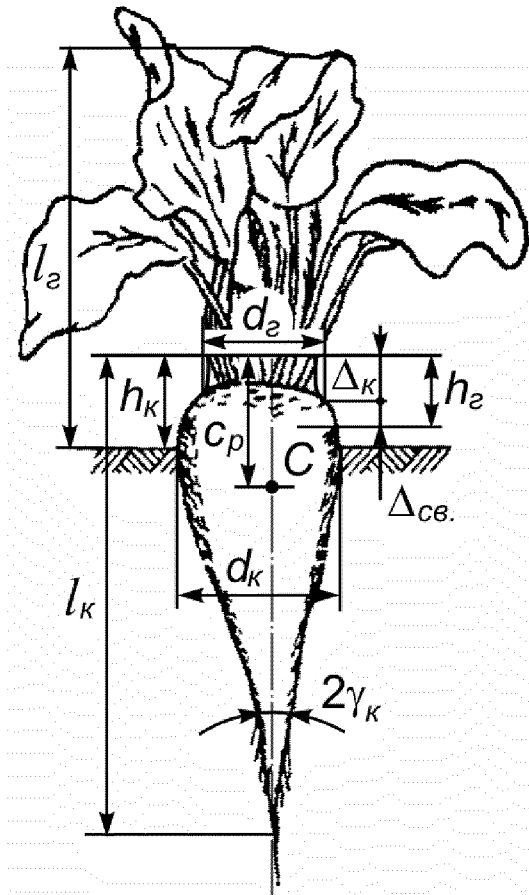


Рисунок 3 – Основні параметри коренеплоду цукрового буряку

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 коренеплоду 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 прийемо 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] прийемо  $h_k = 1,8 \dots 5,0$  (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 ПЕОМ 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  $\Delta$  – 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:

$$P_1 = 0; P_{k+1} = P_k + 0,05l_3; l_3 = 50 \text{ см}; k = 1, 2, \dots, 11.$$

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

$$V_i = \frac{1}{3} \pi (B_i - h_k) [r_{Г1}^2 + r_{Г1} \cdot r_{Г2} + r_{Г2}^2], \quad (i = 1, 2, \dots, 6),$$

де  $r_{Г1}$  – радіус нижньої основи конуса зрізаного пучка гички;

$r_{Г2}$  – 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  $\gamma$  – середня щільність зрізаного пучка гички.

Загальна маса незрізаної гички на одному погонному метрі буде дорівнювати:

$$m_{заг} = \sum_{i=1}^6 m_i.$$

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

$$q = \frac{m_{заг}}{6Q_{Г}} \cdot 100\%,$$

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

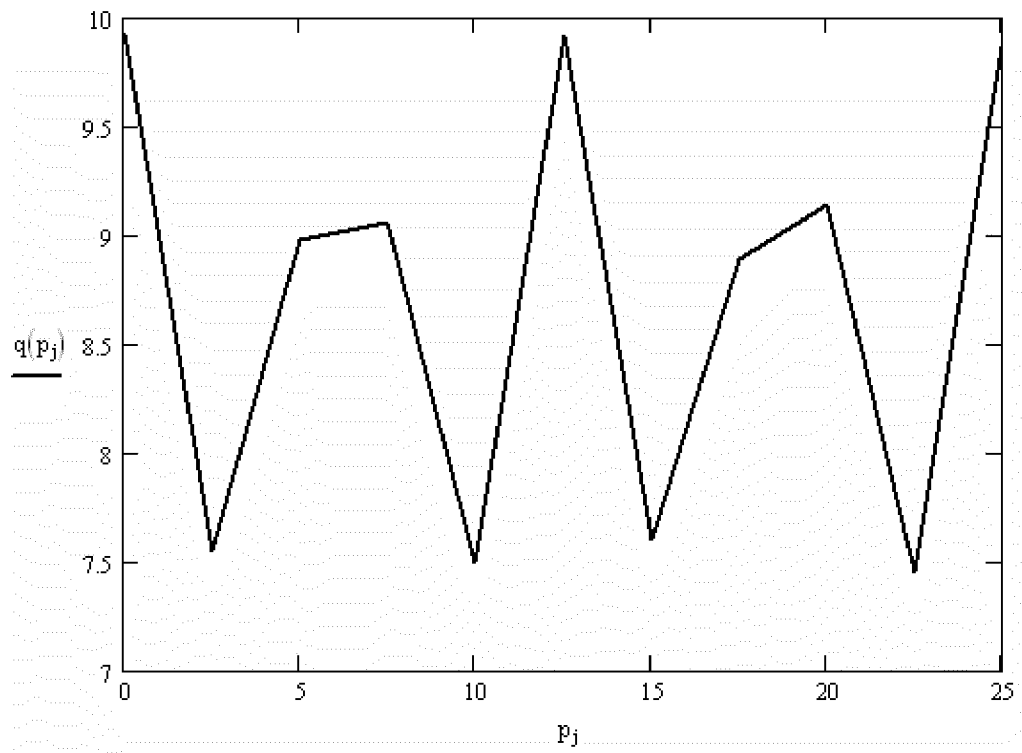
Даний розрахунок проводимо для кожного з вище зазначених зсувів фаз.

Дані для розрахунку приймаємо згідно [3]:

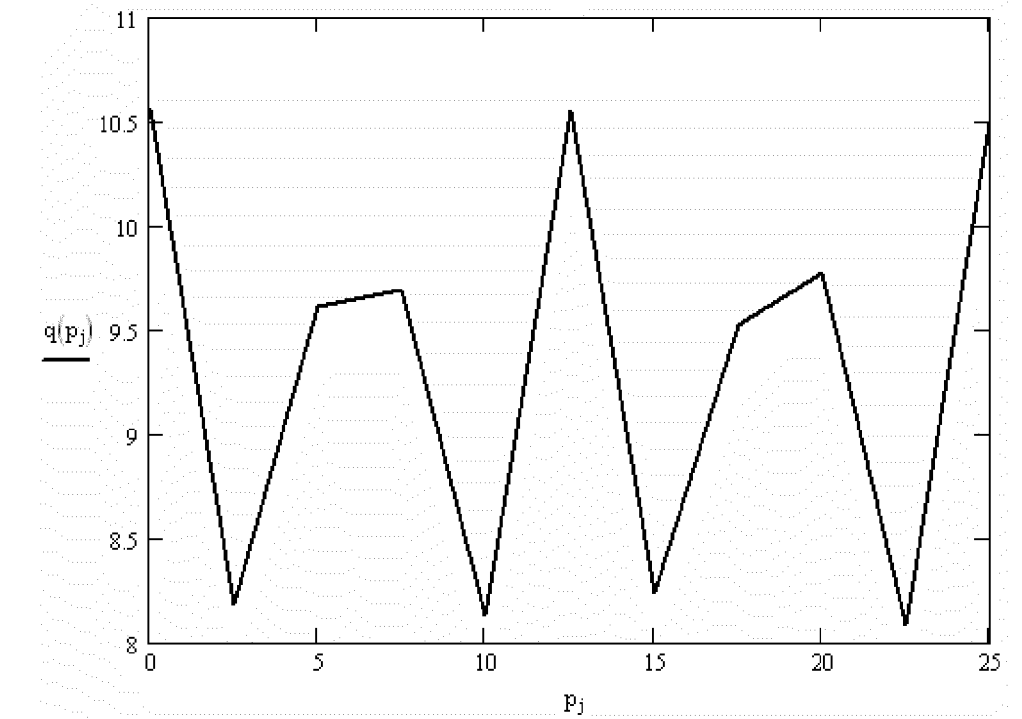
$$r_{Г1} = 3 \text{ см}, \quad r_{Г2} = 6 \text{ см}, \quad \gamma = 0,15 \text{ г/см}^3, \quad Q_{Г} = 500 \text{ г}.$$

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

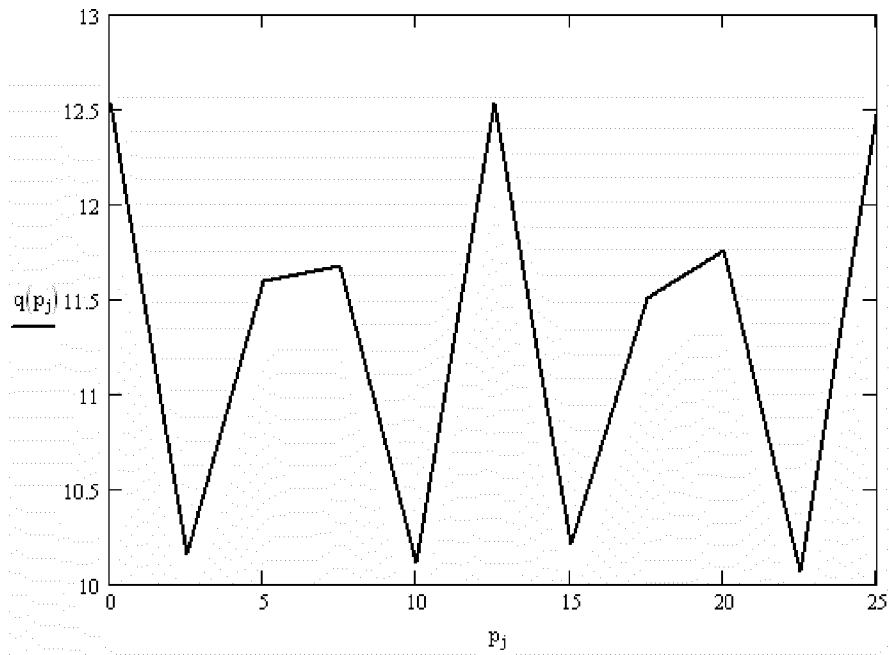
**H=3.68**



**H=4**



**H=5**



**H=7**

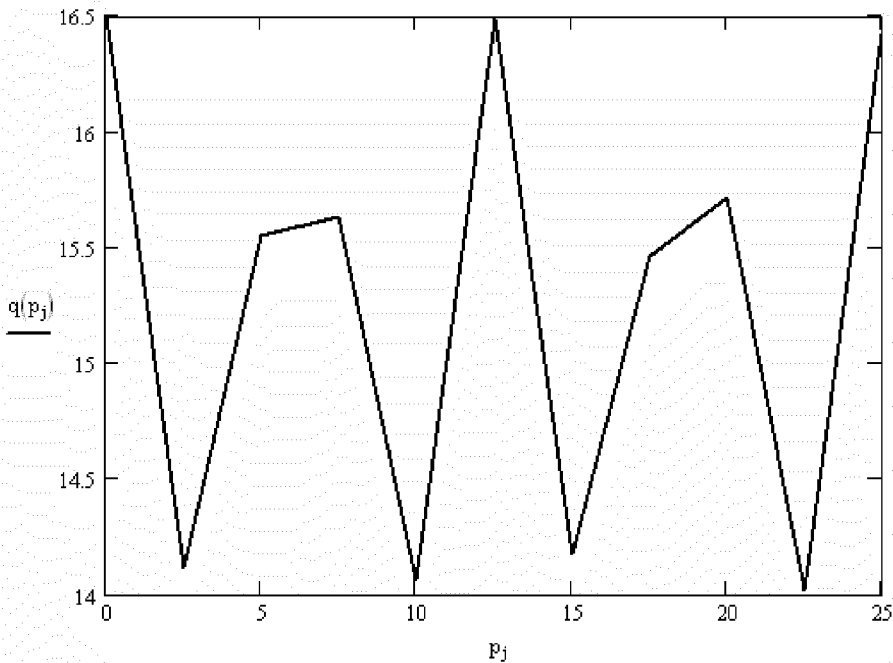


Рисунок 4 – Залежності втрат гички від значення зсуву фаз коливань гичкорізного апарату

**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.

Список літератури



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. Погорельий Л.В., Татьянко Н.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз. – К.: Феникс, 2004. – 231 с.
4. Василенко П.М. Введение в земледельческую механику. К.: Сільгоспосвіта, 1996. – 252 с.
5. Булгаков В.М. Теорія бурякозбиральних машин. Монографія. – Київ: Видавничий центр НАУ, 2005. – 245 с.

*И.Головач, В.Присяжний*

**Потери ботвы сахарной свеклы роторным ботворежущим аппаратом**

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

*I.Holovach, V.Prysyazhnyi*

**Analytical definition of losses of a tops of vegetable at device fluctuations which cuts off a tops of vegetable of a sugar beet**

*Are analytically* investigated the losses of the vegetable tops of sugar beet with the fluctuations of the rotary apparatus in the longitudinal- vertical plane, which accomplishes continuous shear of the foliage of beet-root field.

Одержано 12.10.12