

## ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОТОРНОГО ГИЧКОЗРІЗУВАЛЬНОГО АПАРАТУ

*Запропоновано новий спосіб видалення гички і вкладання її у міжряддя коренеплодів. Здійснено теоретичне обґрунтування раціональних кінематичних і конструктивних параметрів розробленого робочого органу та наведено конструктивну схему машини.*

### Умовні позначення

$V_m$  - поступальна швидкість машини;

$R$  - радіус розташування різальних кромки ножів;

$\omega$  - кутова швидкість ножів;

$t$  - час;

$\Delta$  - відстань від нижньої кромки захисного щитка до осі обертання ротора;

$\varphi$  - кут повороту різальної кромки ножа відносно горизонту.

Як у європейських бурякосіючих країнах, так і в Україні головними технологічними вимогами, що визначають напрямки вдосконалення конструкцій робочих органів і компоновок бурякозбиральних машин в цілому є підвищення якості зрізання та доочищення головок коренеплодів від залишків гички, зменшення витрат при викопуванні коренеплодів, інтенсифікація процесів сепарації вороху при допустимому рівні витрат та пошкоджень.

Перехід на двостадійний спосіб збирання гички з розкиданням її по поверхні поля дозволив значно інтенсифікувати процеси збирання коренеплодів, в першу чергу, за рахунок підвищення робочих швидкостей машин. Однак двостадійний спосіб видалення гички має певні недоліки. Гичка при збиранні комбайнами подрібнюється і розкидається по зібраній частині поля рівномірно, що при перевалочній технології перешкоджає формуванню польових кагатів. Виходячи з цього, деякі фірми комплектують свої машини гичкозрізувальними апаратами, що укладають подрібнену гичку в міжряддя [1].

Такий спосіб видалення гички є перспективним, оскільки після проходу коренезбиральної машини вона покривається ґрунтом, але потребує ґрунтовних досліджень нових робочих органів гичкорізів з обґрунтуванням їх раціональних конструктивних, кінематичних і динамічних параметрів.

Реалізацію даного напрямку найбільш доцільно здійснювати на базі роторних гичкорізів з шарнірно закріпленими радіальними ножами. При цьому основною вимогою, яка повинна висуватись до технологічного процесу зрізання гички є ступінь її подрібнення. Іншою умовою є рівномірне вкладання зрізаної гички в міжряддя коренеплодів.

Якщо другу умову можна реалізувати чисто конструктивними рішеннями, наприклад, застосуванням патентів України №№30355А; 30356А, то досягнення виконання першої умови є можливим лише за умови підбору теоретично обґрунтованих, взаємоузгоджених, раціональних параметрів роторного гичкоріза.

Розрахункова схема для проведення теоретичних розрахунків з визначення раціональних конструктивних і кінематичних параметрів зображена на рис. 1.

В процесі обертання і переміщення вздовж рядків коренеплодів робочого органу різальні кромки ножів описують циклоїди [2].

Для забезпечення гарантованої подачі зрізаної маси гички ножами 1 на внутрішню поверхню щитка 2 його передня частина виконана вертикальною і зміщена відносно осі обертання ротора в напрямку поверхні ґрунту на величину  $\Delta$ . Початкові положення кромки ножів на схемі показані позиціями відносно  $1_n$  і  $2_n$ , а кінцеві –  $1_k$  і  $2_k$ .

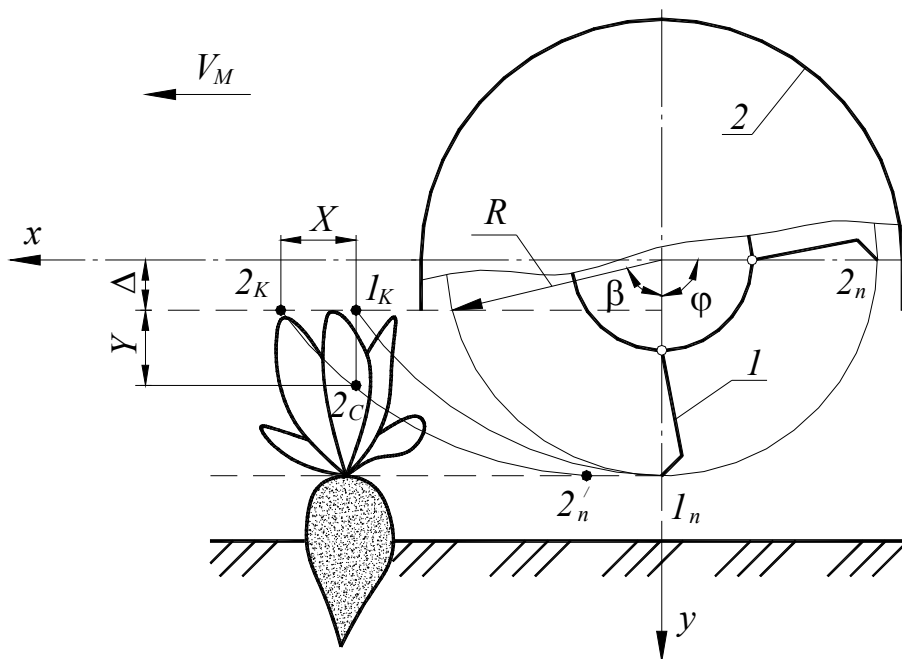


Рис. 1. Схема для визначення параметрів роторного гичкоріза

Оскільки передня частина щитка зміщена, на величину  $\Delta$ , то кінцеві положення ножів  $I_k$  і  $2_k$  знаходяться на одній лінії з кромкою щитка.

На основі аналізу розрахункової схеми можна стверджувати, що максимально можливими величинами зрізаної гички при найбільш несприятливому її розміщенні відповідають значення  $X$  і  $Y$ .

Метою теоретичного розрахунку є обґрунтування і підбір таких конструктивних і кінематичних параметрів робочого органу, які забезпечать мінімізацію значень  $X$  і  $Y$  при задовільних умовах роботи гичкозбиральної машини. Тобто в процесі зрізання найбільш можливі розміри частин листків гички не будуть перевищувати розмірів вищеназваних величин.

Для визначення конструктивно-кінематичних параметрів робочого органу рівняння руху кромки ножа 1 має вигляд [2]

$$X_{I_n} = V_m t + R \sin \omega t; Y_{I_n} = R \cos \omega t. \quad (1)$$

Відповідно до рівняння кромки ножа 2, зміщеного в коловому напрямку відносно першого на кут  $\varphi$

$$X_{2_n} = V_m t + R \sin(\omega t - \varphi); Y_{2_n} = R \cos(\omega t - \varphi). \quad (2)$$

Для того, щоб встановити величину  $Y$ , знайдемо абсцису т.  $I_k$  і прирівняємо її до  $X_{2_c}$ . При цьому визначаємо час  $t$ , за який кромка другого ножа набуде значення  $2_c$ , яке відповідатиме значенню абсциси т.  $I_k$ . Підставляючи час в  $Y_2$  другого рівняння, визначимо ординату т.  $2_c$ , що дозволить встановити значення  $Y$  [3]

$$X_{I_k} = V_m \frac{\beta}{\omega} + \sqrt{R^2 - \Delta^2};$$

$$X_{I_k} = \frac{V_m}{\omega} \arccos\left(\frac{\Delta}{R}\right) + \sqrt{R^2 - \Delta^2}. \quad (3)$$

Прирівнюючи рівняння (3) з першим рівнянням (2), визначимо час  $t$ , за який т.  $2_n$  займе положення  $2_c$ ,

$$\frac{V_m}{\omega} \arccos\left(\frac{\Delta}{R}\right) + \sqrt{R^2 - \Delta^2} = V_m t + R \sin(\omega t - \varphi);$$

$$t = \frac{\arccos\left(\frac{\Delta}{R}\right)}{\omega} + \frac{\sqrt{R^2 - \Delta^2}}{V_m} - \frac{R}{V_m} \sin(\omega t - \varphi),$$

а з урахуванням узгодження градусів і радіан

$$t = \frac{\pi \cdot \arccos\left(\frac{\Delta}{R}\right)}{180\omega} + \frac{\sqrt{R^2 - \Delta^2}}{V_m} - \frac{R}{V_m} \sin\left(\frac{180\omega t}{\pi} - \varphi\right). \quad (4)$$

Оскільки час  $t$  знаходиться, як у правій, так і у лівій частині рівнянь, то його розв'язання здійснюється чисельними методами.

Величина  $Y$  з урахуванням розрахункового значення  $t$  обчислюється за формулою

$$Y = R \cdot \cos\left(\frac{180\omega t}{\pi} - \varphi\right) - \Delta. \quad (5)$$

Величина  $X$  визначається за відомою залежністю [2]

$$X = V_m \frac{\varphi}{\omega}. \quad (6)$$

Таким чином, залежність розмірів частин зрізаної гички від конструктивних і кінематичних параметрів робочого органу визначається за системою рівнянь:

$$\begin{cases} t = \frac{\pi \cdot \arccos\left(\frac{\Delta}{R}\right)}{180\omega} + \frac{\sqrt{R^2 - \Delta^2}}{V_m} - \frac{R}{V_m} \sin\left(\frac{180\omega t}{\pi} - \varphi\right); \\ Y = R \cos\left(\frac{180\omega t}{\pi} - \varphi\right) - \Delta; \\ X = V_m \frac{\varphi\pi}{180\omega}, \end{cases} \quad (7)$$

де  $\varphi$  - задається в градусах;  $\omega$  – в радіанах за секунду.

Для аналізу системи рівнянь (7) першочергово задамося реальними межами зміни конструктивних і кінематичних параметрів роторного гичкоріза.

Оскільки гичкоріз доцільно встановлювати безпосередньо на коренезбиральній машині, то його поступальні швидкості повинні відповідати робочим швидкостям машини. Тому приймаємо  $V_m = 2 \dots 2,6$  м/сек.

Кутові швидкості роторних гичкорізів повинні знаходитись в межах  $\omega = 60 \dots 80$  рад/сек.

Зменшення величини кутових швидкостей призводитиме до збільшення розмірів частин зрізаної гички, що є небажаним, а їх зростання понад 80 рад/сек викликатиме (встановлено на основі відомих експериментальних досліджень) підвищені динамічні вібраційні навантаження на привід і машину в цілому.

Кількість ножів на роторі повинна бути парною для уникнення дисбалансів, тому раціональними є наступні значення 2; 4; 6. Цим значенням відповідають кути  $\varphi = 180^\circ; 90^\circ; 60^\circ$ .

Радіус розташування різальної кромки ножів знаходиться у наступних межах  $R = 0,3 \dots 0,4$  м.

На основі аналізу компоновальних схем роторних гичкорізів встановлено, що найбільш раціональним є співвідношення  $\frac{\Delta}{R} \approx 0,3$ . Тому приймаємо межі зміни величини  $\Delta = 0,1 \dots 0,13$  м.

При аналізі рівня впливу конструктивних і кінематичних параметрів на величини  $X$  і  $Y$  один з параметрів змінюється у вказаних діапазонах, а іншим надаються середні значення. Середні значення параметрів становлять:  $V_m = 2,3$  м/с;  $\omega = 70$  рад/с;  $\varphi = 90^\circ$ ;  $R = 0,35$  м;  $\Delta = 0,115$  м.

За результатами досліджень, системи рівнянь (7) побудовані графічні залежності  $Y = f(R; \omega; \varphi; \Delta)$  і  $X = f(V_m; \omega; \varphi)$ , які зображені на рис 2 і 3.

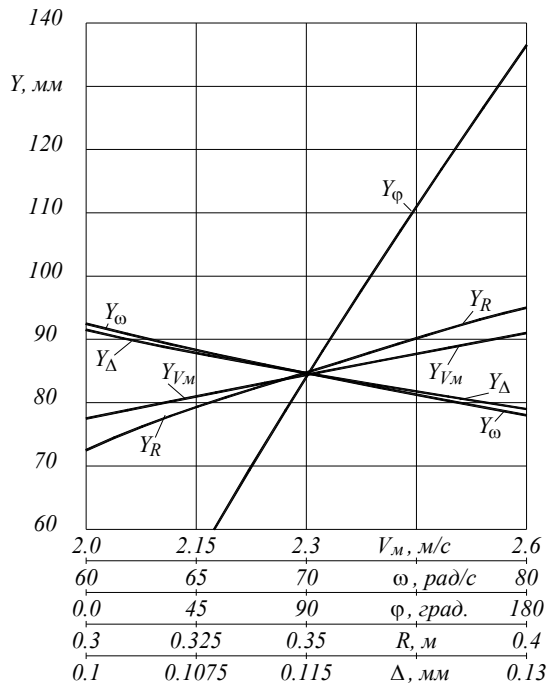


Рис. 2. Графічні залежності максимальних частинок зрізаної гички у вертикальному напрямку  $Y$  від параметрів  $V_m, R; \omega; \varphi; \Delta$

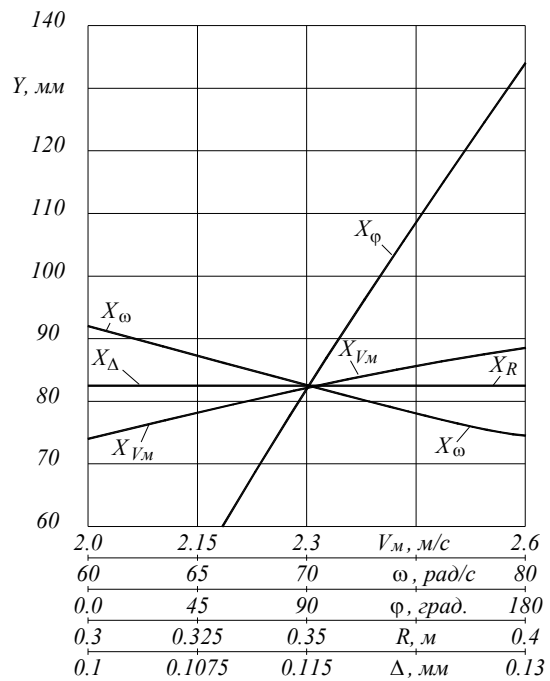


Рис. 3. Графічні залежності максимальних частинок зрізаної гички у горизонтальному напрямку  $X$  від параметрів  $V_m, R; \omega; \varphi; \Delta$

Аналізуючи дані залежності, можна стверджувати, що зрізані частинки гички у вертикальному напрямку на 24-43% є більшими ніж у горизонтальному напрямку у вказаному діапазоні зміни параметрів. Домінуючий вплив на величину  $X$  і  $Y$  має кількість ножів, які розташовані в коловому напрямку, що визначається кутом  $\varphi$ . Також можна констатувати, що кількість ножів, розташованих в одній площині робочого органу, повинна бути не менше чотирьох. Застосування шести ножів ( $\varphi = 60^\circ$ ) сприятиме зменшенню розмірів частинок зрізаної гички, в порівнянні з чотирма ножами на 28%, однак енергомісткість процесу суттєво підвищиться. Остаточний вибір кількості ножів необхідно проводити з урахуванням результатів експериментальних досліджень. У тому випадку, коли величина зрізаної гички чотирма ножами задовільнить умову її розташування в міжрядді коренеплодів (тобто величина частинок гички дозволить рівномірно укласти її між рядками), то такої кількості ножів в одній площині обертання ротора буде достатньо.

У випадку невиконання даної умови кількість ножів необхідно збільшити до шести.

Оскільки величина  $Y$  на 24-43% є більшою ніж величина  $X$  при зміні одних і тих же параметрів, то аналіз їх впливу на величину зрізаних частинок гички проведемо для значення  $Y$ .

З аналізу рис. 2 можна встановити, що зростання поступальної швидкості машини  $V_m$  від 2,0 до 2,6 м/с призводить до збільшення абсолютної величини  $Y$  на 14,3%, що не є суттєвим. При цьому необхідно відзначити, що даний параметр в повній мірі зале-

жить від режиму роботи коренезбиральної машини, з якою повинен агрегатуватись гичкорізувальний робочий орган.

Зростання величини  $\omega$  від 60 до 80 рад/с призводить до зменшення величини  $Y$  від 94 до 78 мм (на 17%). Тому рекомендується вибирати значення  $\omega$  в межах 75...80 рад/с. Вищі кутові швидкості можуть спричинити значні вібраційні навантаження на раму машини і елементи приводів, що недопустимо.

Збільшення радіуса розташування кромки ножів від 0,3 до 0,4 м спричиняє зростання  $Y$  від 72 до 95 мм. Тому раціональними можна вважати значення  $R = 0,3...0,35$  м.

Досить суттєвий вплив на значення  $Y$  має величина  $\Delta$  розташування першої частини щитка відносно поверхні ґрунту. Найменше значення  $Y = 78$  мм відповідає максимальному значенню  $\Delta = 0,13$  м. Даний параметр найбільш просто регулювати при проведенні експериментальних досліджень. Передню частину щитка можна виготовляти окремо і змінювати її положення відносно рами машини з наступною фіксацією.

При проведенні експериментальних досліджень необхідно встановити мінімальне значення величини  $\Delta$ , при якому задовільно виконуватиметься технологічний процес зрізання і подачі гички на внутрішню поверхню щитка.

### **Висновки**

1. Зрізані частинки гички у вертикальному напрямку на 24-43% є більшими ніж у горизонтальному, тому при виборі раціональних параметрів роторного гичкоріза необхідно користуватись аналітичними залежностями  $Y = f(R; \omega; \varphi; \Delta; V_m)$ ;
2. Межами раціональних значень параметрів є:  $\omega = 75...80$  рад/с;  $\varphi = 90^\circ$ ;  $R = 0,3...0,35$  м;  $\Delta = 0,125...0,13$  м;
3. Для зменшення величини подрібненої гички доцільним є встановлення пари роторних гичкорізів з різною висотою їх розташування відносно поверхні ґрунту, причому перший гичкоріз повинен мати вище розташування і зрізати основну масу листової частини гички.

*New method of beet-leaves cutting and their location in the inter-row spaces, is suggested. Theoretical substantiation of the efficient kinematics and construction parameters of the developed working past, is carried out. Construction scheme of the machine is presented*

### **Література**

1. Погорілий М.Л. Технологічні і технічні аспекти вдосконалення бурякозбиральної техніки // - Техніка АПК.-2000.-№9.-С.1-10.
2. Е.С. Босой, О.В. Верняев, Н.Н. Смирнов, Е.Г. Султан – Шах. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин. – М.: Машиностроение.-1978.-566 с.
3. Климук В.В., Синій С.В. Теоретичне обґрунтування конструктивних і кінематичних параметрів роторного гичкоріза // Сільськогосподарські машини, 36. наук. ст., - Вип. 5. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛТДУ, 1999.-С. 135-139.

*Одержано 02.04.2003 р.*