

## АГРОІНЖЕНЕРІЯ

УДК 631.3

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.186-191](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.186-191)

О.О. Окунський, асп., О.П. Цьонь, доц., канд. техн. наук, Г.Б. Цьонь, канд. техн. наук,  
Р.Я. Лещук, доц., канд. техн. наук., О.А. Юр'єв, асп.

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль,  
Україна*

*e-mail: tson\_oleg\_@ukr.net*

## Обґрунтування конструктивних параметрів дообрізувача гички з активним ножем

На основі аналізу досліджень технологічного процесу доочищення залишків гички з головок коренеплодів буряків встановлено, що існує необхідність розроблення більш досконалих математичних моделей взаємодії робочого органу для зрізання гички з коренеплодами буряків, які включають аналіз кінематичних та конструктивних параметрів робочих органів гичкозбиральних машин. Впровадження таких моделей дозволить більш точно прогнозувати ефективність роботи різних конструкцій та налаштувань робочих органів, що призведе до підвищення якості очищення коренеплодів, зменшення втрат продукції та зниження витрат на обслуговування обладнання. Побудовано розрахункову схему для визначення конструктивних параметрів дообрізувача гички буряків з активним плоским ножем. Подано аналітичні залежності для узгодження часу переміщення активного ножа у горизонтальній та вертикальній площинах. Запропоновано алгоритм визначення необхідної довжини активного ножа дообрізувача гички, який забезпечує виконання технологічної операції видалення залишків гички відповідно до агротехнічних вимог.

**дообрізувач гички, активний ніж, коренеплоди, гичкозбиральний модуль**

**Постановка проблеми.** Очищення головок буряків від залишків гички під час механізованого збирання є критично важливою операцією, що впливає на загальну якість технологічного процесу. Агротехнічна ефективність бурякозбиральних машин визначається рядом факторів, основними з яких є фізичний стан і тип ґрунту, а також агрофізичні характеристики буряків. Оскільки умови виробництва мають статистичний характер, а агрофізичні параметри буряків варіюються випадковим чином, їхні значення слід враховувати на основі відповідних статистичних показників, таких як математичне очікування, дисперсія, щільність розподілу тощо.

Для обґрунтування параметрів модуля для збирання гички на етапі його конструктивної розробки та проектування доцільно провести теоретичний аналіз можливих варіантів виконання технологічної операції видалення рослинних компонентів з коренеплодів. Це дозволить визначити технологічні параметри роботи модуля для збирання гички, зокрема, оптимальні швидкості руху, кути встановлення і розташування плоских ножів, що забезпечують максимальну ефективність очищення при мінімальних втратах продукції.

Крім того, теоретичний аналіз допоможе передбачити можливі проблеми в роботі обладнання, такі як забруднення чи зношування, і розробити заходи для їх запобігання. Важливо враховувати також вплив на якість обробки, зокрема на збереження цілісності коренеплодів і запобігання їх механічному пошкодженню. Комплексний підхід до проектування забезпечить високу продуктивність і надійність бурякозбиральних машин, що, в свою чергу, позитивно вплине на загальний урожай та економічні результати агрономічних заходів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження параметрів дообрізчика гички коренеплодів були предметом праць Барановського В., Онищенко В., Паньків М. [1, 2], де висвітлено інформацію про технології та методи збору гички, аналіз конструкцій і теоретично-експериментальні дослідження робочих органів гичкозбиральних модулів. У цих роботах акцентовано увагу на вдосконаленні конструкцій і технологій для підвищення ефективності очищення, зменшення втрат продукції і покращення якості обробки.

У науковій роботі Булгакова В., Адамчука В. [3] розглянуто оптимальні конструктивні та кінематичні параметри нового очисника головок коренеплодів, які забезпечують високу якість очищення від залишків гички на корені. Вони проаналізували різні конфігурації робочих органів та їх взаємодію з коренеплодами, що дозволяє зменшити механічні пошкодження і підвищити ефективність процесу. Дослідження включають оптимізацію швидкостей руху с/г машин, конструкції ножів і механізмів для точного і швидкого видалення гички, що є критично важливим для забезпечення високих стандартів якості при збиранні.

Ці роботи сприяють розвитку сучасних технологій очищення коренеплодів, пропонуючи нові підходи до проектування і налаштування бурякозбирального обладнання для досягнення максимальних результатів.

У зв'язку з цим необхідно розробити та впровадити більш досконалі математичні моделі взаємодії робочого органу для зрізання гички з коренеплодами буряків, які включають дослідження кінематичних та конструктивних параметрів робочих органів гичкозбиральних машин [4, 5].

**Постановка завдання.** Аналізуючи існуючі методи розрахунку додаткового обрізання коренеплодів від залишків гички, можна стверджувати, що вони не в повній мірі враховують особливості цих технологічних процесів. Зокрема, традиційні моделі часто не враховують варіації в агрофізичних властивостях буряків, різноманітність ґрунтових умов та зміни в фізичному стані рослинних компонентів під час збирання.

Метою роботи є розроблення нової розрахункової схеми для визначення конструктивних параметрів активного ножа, яка дозволить більш точно прогнозувати ефективність роботи дообрізувача залишків гички, що призведе до підвищення якості очищення коренеплодів, зменшення втрат продукції та зниження витрат на обслуговування обладнання. Це також сприятиме оптимізації технологічних процесів та підвищенню загальної продуктивності бурякозбиральних машин.

**Виклад основного матеріалу.** Для аналізу конструкції та кінематичних параметрів активного ножа гичкозбиральної машини розглянемо конструктивну схему, зображену на рисунку 1.

Модуль обрізувача гички разом з активним ножом 2 рухається по рядках буряків 1 із прямолінійною швидкістю. При цьому пасивний копір проходить над головою коренеплоду і копіює її контур. Активний ніж 2 рухається одночасно паралельно площині і в зворотньо-поступальному напрямку. Ріжуча кромка активного ножа зрізує головку коренеплоду на заданій висоті зрізу.

Ріжуча кромка активного ножа повинна рухатися в двох напрямках з узгодженими швидкостями, тільки коли вся поверхня головки повністю зрізана, досягається необхідна якість зрізу верхньої частини, що залишилася.

Передбачається, що активний ніж дообрізувача рухається лінійно вздовж рядків з постійною швидкістю. Якщо в горизонтальній площині, коли ріжуча кромка леза рухається вздовж головки коренеплоду або ріже в поздовжньому напрямку, точка  $2_n$ , що належить ріжучій кромці леза, переміщується в бік кінця різання головки

коренеплоду, гарантуючи повне зрізання головки 1 (рис.1) коренеплоду ріжучою кромкою 3 активного леза 2.

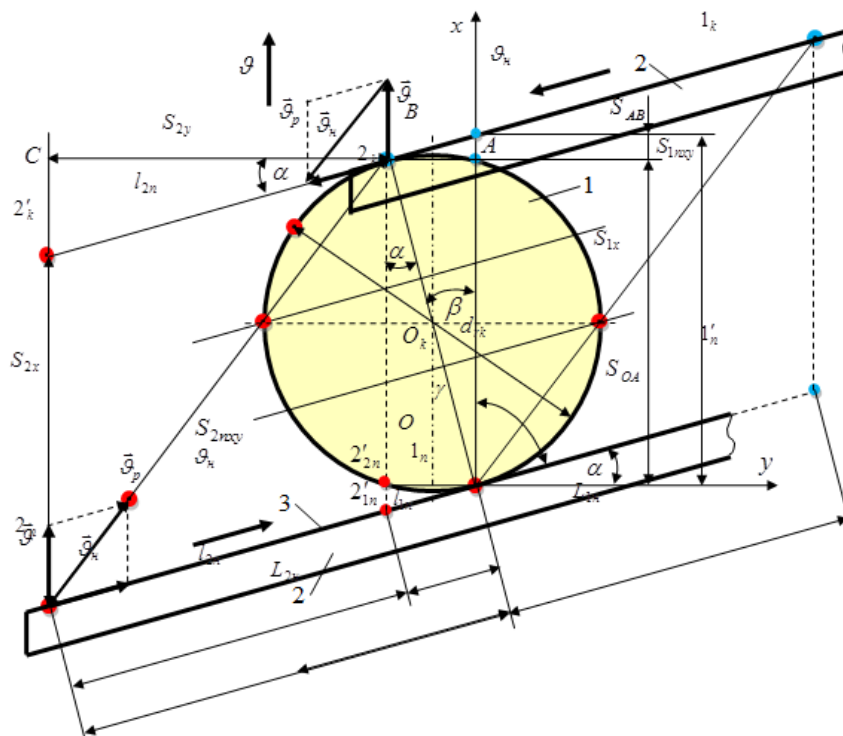


Рисунок 1 – Розрахункова схема для визначення параметрів активного ножа

Джерело: розроблено авторами

При цьому час, який витрачається на переміщення ріжучої кромки леза активного ножа від точки  $2_n$  до точки  $2_k$ , тобто час  $t_{r\vartheta_n}$ , який витрачається на переміщення ріжучої кромки леза ножа в горизонтальній площині, був більшим або рівним, ніж час, який затрачається на переміщення гнчкозбирального модуля у горизонтальній площині  $Oxy$ . Аналітична залежність для узгодження часу переміщення активного ножа у горизонтальній та вертикальній площинах набуде вигляду

$$t_{r\vartheta_n} \geq t_{r\vartheta}, \text{ або } \frac{S_{2y}}{\vartheta_n \cos \alpha} \geq \frac{S_{2x}}{\vartheta}, \quad (1)$$

де  $t_{r\vartheta_n}$  – час переміщення точки  $2_n$  в точку  $2_k$  вздовж осі  $Oy$ , с;

$t_{r\vartheta}$  – час зрізання головки коренеплоду активним ножом від точки  $1_n$  до точки  $2_k$  вздовж осі  $Ox$ , с;

$S_{2y}$  – шлях переміщення точки  $2_n$  в точку  $2_k$  вздовж осі  $Oy$ , м;

$S_{2x}$  – шлях переміщення точки  $1_n$  до точки  $2_k$  вздовж осі  $Ox$ , м;

$\vartheta_n$  – швидкість руху ножа, м/с;

$\alpha$  – кут встановлення активного ножа відносно осі  $Oy$ , град.

Встановимо відстань  $S_{2x}$ , яка забезпечує переміщення точки  $1_n$  в  $2_k$  у повздовжньому напрямку відповідно до рис. 1.

$$S_{2x} = S_{1x} = S_{OA} + S_{AB} \quad (2)$$

Відстань  $S_{2x}$ , яка забезпечує виконання технологічного процесу видалення залишків гички вздовж осі  $Ox$  (рис. 1) буде рівна

$$S_{2x} = d_{rk} \cos \alpha + d_{rk} \sin^2 \alpha = d_{rk} (\cos \alpha + \sin^2 \alpha), \quad (3)$$

або

$$S_{2x} = d_{rk} \cos \alpha + l_{1H} \cos \alpha \cdot \sin \alpha = \cos \alpha (d_{rk} + l_{1H} \sin \alpha) \quad (4)$$

Отже, час  $t_{r,g}$  різання від моменту його початку (точка  $1_n$ ) до закінчення технологічного процесу (точка  $2_k$ ) у поздовжньому напрямку встановлюється за аналітичною залежністю

$$t_{r,g} = \frac{d_{rk} (\cos \alpha + \sin^2 \alpha)}{\frac{dS_x}{dt}}, \text{ або } t_{r,g} = \frac{\cos \alpha (d_{rk} + l_{1H} \sin \alpha)}{\frac{dS_x}{dt}}, \quad (5)$$

Дослідимо величину шляху  $S_{2y}$  переміщення точки  $2_n$  активного ножа в точку  $2_k$  для поперечного напрямку (вздовж осі  $Oy$ ).

Із прямокутного трикутника  $2_k 2'_k C$  (див. рис. 1) визначаємо шлях  $S_{2y}$

$$S_{2x} = l_{2H} \cos \alpha, \quad (6)$$

де  $l_{2H}$  – частина робочої довжини активного ножа, м.

При цьому:

$$l_{2H} = L_{2H} - l_{1H} = L_{2H} - d_{rk} \sin \alpha, \quad (7)$$

де  $L_{2H}$  – робоча довжини активного ножа між крайньою точкою ріжучої кромки лева та точкою початку різання головки коренеплоду, м.

Відповідно до формул (6-7), шлях  $S_{2y}$  буде визначатися виразом

$$S_{2y} = (L_{2H} - d_{rk} \sin \alpha) \cos \alpha. \quad (8)$$

Таким чином, час  $t_{r,g_H}$  переміщення точки  $2_n$  ріжучої кромки лева активного ножа в точку  $2_k$  у поперечному напрямку або вздовж осі  $Oy$  може бути встановлений як

$$t_{r,g_H} = \frac{(L_{2H} - d_{rk} \sin \alpha) \cos \alpha}{\frac{dS_y}{dt}}. \quad (9)$$

Підставивши значення часу  $t_{r,g_H}$  переміщення точки  $2_n$  ріжучої кромки лева активного ножа в точку  $2_k$  у поперечному напрямку та значення часу  $t_{r,g}$  різання головки коренеплоду ріжучою кромкою лева активного ножа від точки початку різання

$l_n$  до точки кінця різання  $2_k$  у поздовжньому напрямку отримаємо

$$\frac{(L_{2n} - d_{rk} \sin \alpha) \cos \alpha}{\frac{dS_y}{dt}} \geq \frac{d_{rk} (\cos \alpha + \sin^2 \alpha)}{\frac{dS_x}{dt}}. \quad (10)$$

Із залежності (10) знаходимо необхідну робочу довжину  $L_{2n}$  активного ножа між крайньою точкою ріжучої кромки леза та точкою початку різання головки коренеплоду за якої забезпечується гарантоване повне зрізування головки коренеплоду, або необхідна якість зрізування.

$$L_{2n} \geq d_{rk} \left[ \cos \alpha \left( \frac{dS_y}{dt} / \frac{dS_x}{dt} \right) + \sin \alpha \right]. \quad (11)$$

Формула (11) може бути використана для встановлення конструктивних параметрів активних ножів (їх робочої довжини) за умови ідеального розміщення вертикальної осі коренеплоду відносно осі рядка.

**Висновки.** 1. Аналіз існуючих методів розрахунку додаткового обрізання коренеплодів від залишків гички вказує на те, що традиційні моделі не повністю враховують специфіку технологічного процесу. Наявні моделі часто ігнорують варіації в агрофізичних властивостях буряків, різноманітність ґрунтових умов та зміни в фізичному стані рослин під час збирання.

2. Розроблена розрахункова схема для визначення конструктивних параметрів активного ножа дообрізувача гички дозволяє оцінити необхідну довжину ножа та узгодження його руху у горизонтальній і вертикальній площинах. Отримані аналітичні залежності допомагають забезпечити точне виконання технологічного процесу видалення залишків гички відповідно до агротехнічних вимог.

3. Досягнення високих стандартів якості в агропромисловому комплексі та забезпечення надійної роботи бурякозбиральних машин можливе через впровадження вдосконалених математичних моделей та оптимізацію конструктивних параметрів робочих органів.

## Список літератури

1. Технологічні аспекти процесів роботи гичкозбиральних модулів: монографія / В. М. Барановський, М. Р. Паньків, Е. Б. Береженко, Б. М. Береженко, В. А. Бойко. Тернопіль: Ред.-вид. відділ ТНТУ ім. І. Пулюя, 2022. 294 с.
2. Методологічні основи розробки гичкозбиральних модулів коренезбиральних машин: монографія / В. Б. Онищенко, В. М. Барановський, Г. Б. Цьонь, В. Р. Паньків, І.М. Сторожук. Київ: Ред.-вид. відділ НУБіП України, 2021. 267 с.
3. Булгаков, В., Адамчук, В., Будзанівський, М., Головач, І., Ігнат'єв, Є. Експериментальне дослідження якості роботи очисника головок коренеплідних культур від залишків гички на корені. *Вісник аграрної науки*, 2023. 101(10). С. 47-54.
4. Цьонь, О. П., Сташків, М. Я., Олексюк, В. П., Цьонь, Г. Б. Дослідження залишкового ресурсу плоского ножа дообрізувача гички активного типу. *Праці Міжнародної науково-технічної конференції "Пошкодження матеріалів під час експлуатації, методи його діагностування і прогнозування"* 2017. С. 251-255.
5. Рибак Т.І., Цьонь О.П. Огляд гичковидальючих апаратів бурякозбиральних машин та шляхи їх вдосконалення. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка "Технічний сервіс машин для рослинництва"*, Харків, 2013. Вип. № 134. С. 203 – 207.

## References

1. Baranovskyi, V. M. (Eds). (2022). *Tekhnologichni aspekty protsesiv roboty hychkozbyralnykh moduliv: monohrafiia [Technological aspects of the operation of top-dressing modules: monograph]*. Ternopil: Red.-vyd. viddil TNTU im. I. Puliui. [in Ukrainian].
2. Onyshchenko, V. B. (Eds). (2021). *Metodologichni osnovy rozrobky hychkozbyralnykh moduliv korenezbyralnykh mashyn: monohrafiia [Methodological foundations of developing top-dressing modules for root harvesting machines: monograph]*. Kyiv: Red.-vyd. viddil NUBiP Ukrainy. [in Ukrainian].
3. Bulhakov, V., Adamchuk, V., Budzanivskyi, M., Holovach, I. & Ihnatiev, Ye. (2023). Eksperymentalne doslidzhennia yakosti roboty ochysnyka holovok koreneplidnykh kultur vid zalyshkiv hychky na koreni [Experimental study of the performance quality of root crop head cleaners in removing top residues from roots]. *Visnyk ahrarynoi nauky*, 101(10). P. 47-54 [in Ukrainian].
4. Tson, O. P., Stashkiv, M. Ya., Oleksiuk, V. P. & Tson, H. B. (2017). Doslidzhennia zalyshkovoho resursu ploskoho nozha doobrizuvacha hychky aktyvnogo typu [Study of the residual life of the active-type flat knife in top-dressing trimmers]. Pratsi Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii "Poshkodzhennia materialiv pid chas ekspluatatsii, metody yoho diahnostuvannia i prohnozuvannia". P. 251-255 [in Ukrainian].
5. Rybak, T.I., Tson, O.P. (2013). Ohliad hychkovydaleiayuchykh aparativ buriakozbyralnykh mashyn ta shliakhy yikh vdoskonalennia [Review of top-removal devices in beet harvesting machines and paths for their improvement]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka "Tekhnichniy servis mashyn dlia roslynnytstva", Kharkiv, 2013. № 134. P. 203 – 207 [in Ukrainian].

**Oleksandr Okunskiy**, post-graduate, **Oleg Tson**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Anna Tson**, PhD tech. sci., **Roman Leshchuk**, Assoc. Prof., PhD tech. Sci., **Oleksandr Yuriev**, post-graduate  
*Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine*

### **Justification of the Design Parameters of the Additional Trimmer with an Active Knife**

To substantiate the parameters of the top-dressing module during its design and development stage, it is advisable to conduct a theoretical analysis of possible variants for performing the technological operation of removing plant components from root crops. This will allow for the determination of technological parameters for the operation of the top-dressing module, including optimal movement speeds, angles of installation, and positioning of flat knives, ensuring maximum cleaning efficiency with minimal product loss.

Based on the analysis of research into the technological process of additional cleaning of top residues from root crop heads, it has been established that there is a need for more advanced mathematical models of the interaction between the cutting organ and the root crops. These models should incorporate the analysis of kinematic and structural parameters of the top-dressing machine's working organs. Implementing such models will allow for more accurate forecasting of the performance of various designs and settings of working organs, leading to improved cleaning quality of root crops, reduced product losses, and lower maintenance costs. A calculation scheme has been developed to determine the structural parameters of a beet top trimmer with an active flat knife.

Analytical dependencies have been provided to coordinate the movement time of the active knife in both horizontal and vertical planes. An algorithm has been proposed to determine the required length of the active knife for the top-dressing trimmer, which ensures that the technological operation of removing top residues is performed in accordance with agronomic requirements.

**top trimmer, active knife, root crops, top-dressing module**

*Одержано (Received) 07.10.2024*

*Прорецензовано (Reviewed) 16.10.2024*

*Прийнято до друку (Approved) 28.10.2024*