

DOI 10.26886/2414-634X.3(58)2023.1

UDC: 631.356.22

**ANALYTICAL STUDIES OF THE PERMISSIBLE MASS OF THE CUTTER  
OF THE REMAINS OF THE HAULM FROM THE HEADS OF ROOT  
CROPS**

**Volodymyr Boyko, Postgraduate student**

<https://orcid.org/0000-0001-6069-4268>

e-mail: boykovolodymyr24@gmail.com

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine, Ternopil

*Increasing the quality indicators of trimming the heads of chicory root crops is an urgent scientific task. An improved design of the cutter for the remnants of the gorse is proposed. The purpose of the research is to establish the functional dependence between the reduced weight of the pruner and the parameters of the work process of trimming the remains of burdock from the heads of chicory root crops. The method of developing deterministic mathematical models is given, which characterizes the change in the reduced mass of the trimmer of the remains of the root crops from the heads of root crops, made according to the "passive copier-spring-loaded knife" type, with the condition of no falling out and no damage to the root crops due to the process parameters. Based on the analysis, the main structural and kinematic parameters of the cutter's working bodies were established.*

**Key words:** *root crops of chicory, remnants of sedge, trimmer, reduced mass of trimmer, copier speed.*

*аспірант, Бойко В.А. Аналітичні дослідження допустимої маси обрізника залишків гички з головок коренеплодів / Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна, Тернопіль*

*Підвищення показників якості обрізування головок коренеплодів цикорію є актуальною науковою задачею. Запропоновано удосконалену конструкцію обрізника залишків гички. Мета дослідження – встановлення функціональної залежності між приведеною масою обрізника та параметрами робочого процесу обрізування залишків гички з головок коренеплодів цикорію. Наведено метод розробки детермінованих математичних моделей, які характеризують зміну приведеної маси обрізника залишків гички з головок коренеплодів, виконаного за типом «пасивний копір-підпружинений ніж» з умови невивалювання та непошкодження коренеплодів від параметрів процесу. На основі аналізу встановлено основні конструктивно-кінематичні параметри робочих органів обрізника.*

***Ключові слова:** коренеплоди цикорію, залишки гички, обрізник, приведена маса обрізника, швидкість руху копіра.*

**Постановка проблеми.** Першим етапом процесу збирання коренеплодів цикорію є енерговитратна технологічна операція зрізування основного масиву гички та залишків гички з їх головок. При цьому наявний вміст гички у зібраних коренеплодах значно знижує якість сировини та вихід продуктів переробки цикорію кореневого [1, 2].

Одним з напрямків підвищення ефективності процесу збирання гички коренеплодів, який базується на вирішенні комплексної науково-технічної задачі, є пошук нових конструктивних схем робочих органів обрізників залишків гички з головок коренеплодів і створених на їх базі удосконалених гичкозбиральних модулів самохідних бункерних комбайнів [3, 4].

Тому розроблення удосконалених конструкцій робочих органів обрізників гички з головок коренеплодів і обґрунтування основних

параметрів робочого процесу обрізування головок коренеплодів є актуальним науковим завданням.

**Формулювання мети статті та задач.** Мета дослідження – встановлення функціональної залежності між приведеною масою обрізника та параметрами робочого процесу обрізування залишків гички з головок коренеплодів цикорію. Проаналізувавши відомі дослідження [5, 6, 7, 8, 9] було сформульовано такі основні задачі:

- провести аналітичні дослідження процесу копіювання головок коренеплодів копіром удосконаленої конструкції обрізника залишків гички [10, 11];

- розробити детерміновані математичні моделі, які описують функціональну залежність зміни маси обрізника залежно від параметрів процесу з умови невивалювання та непошкодження коренеплодів цикорію.

**Викладення основного матеріалу статті.** За результатами наукових досліджень, які наведено у праці [12] отримано диференціальні рівняння, які описують рух робочої поверхні копіра по головці коренеплодів з умови їх невивалювання горизонтальною силою та непошкодження нормальною дотичною силою контакту, відповідно

$$\sum_{i=1}^{n_k} m_i \frac{|\Delta V_p|}{dt_n} = \left( \sum_{i=1}^{n_k} m_i \sqrt{\left(\frac{dV_k}{dt_n}\right)^2 + g^2} + \frac{Gd_n^4}{8D_n^3 z} \Delta x_c \sin \beta + \sum_{i=1}^{n_R} p_{0_i} l_n r_n \sqrt{4f^2 + 0,25\pi^2 \cos(\gamma - \varepsilon)} \right) NV_k \sin \varepsilon \leq [P_{c.max}]; \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{n_k} m_i \frac{|\Delta V_\sigma|}{dt_n} S_k = \left( \sum_{i=1}^{n_k} m_i \sqrt{\left(\frac{dV_{kx}}{dt_n}\right)^2 + g^2} + \frac{Gd_n^4}{8D_n^3 z} \Delta x_c \sin \beta + \sum_{i=1}^{n_R} p_{0_i} l_n r_n \sqrt{4f^2 + 0,25\pi^2 \cos(\gamma - \varepsilon)} \right) \frac{S_k NV_{kx}}{\cos \varepsilon} \leq [\sigma_{n.max}], \quad (2)$$

де  $\sum_{i=1}^{n_k} m_i$  – сумарна маса обрізника, кг, ( $i = 1, 2, \dots, n_k$ );  $t_n$  – час контакту,

с;  $V_k$ ,  $V_{kx}$  – горизонтальна та нормальна швидкість копіра, (м/с);  $G$  – модуль зсуву матеріалу пружини, Н/мм<sup>2</sup>;  $d_n$  – діаметр витків пружини, мм;  $D_n$  – діаметр пружини, мм;  $z$  – кількість витків пружини, шт.;  $\Delta x$  – стиснення пружини, мм;  $\beta$  – кут між регулювальною та нижньою тягами, град.;  $f$  – коефіцієнт тертя пальця;  $p_0$  – питомий розподіл тиску, Н/м<sup>2</sup>;  $l$ ,  $r_n$  – довжина та радіус втулки, м;  $N$  – кількість коренеплодів на 1 п.м рядка, шт. м;  $\varepsilon$  – кут між напрямками осі  $OX$  та силою  $\sum_{i=1}^n P_{c_i}$ , град.;  $[P_{c.max}]$  – допустима горизонтальна сила, Н;  $[\sigma_{n.max}]$  – допустимі нормальні напруження, Па;  $S_k$  – площа контакту копіра з головою коренеплоду, м<sup>2</sup>.

Розв'язавши нерівність (1) відносно  $\frac{dV_k}{dt_n}$ , а нерівність (2) відносно

$\frac{dV_{kx}}{dt_n}$ , одержано залежності для визначення допустимого дотичного

прискорення робочої поверхні копіра обрізника з умови невивалювання  $a_p$  (м/с<sup>2</sup>) та непошкодження  $a_\sigma$  (м/с<sup>2</sup>) коренеплодів, відповідно:

$$\frac{dV_k}{dt_n} = a_p \leq \frac{1}{\sum_{i=1}^{n_k} m_i} \sqrt{\left\{ \frac{[P_{c.max}]}{NV_k \sin \varepsilon} - \left[ \frac{Gd_n^4}{8D_n^3 z} \Delta x_c \sin \beta - \sum_{i=1}^{n_R} p_{0_i} l_n r_n \sqrt{4f^2 + 0,25\pi^2} \cos(\gamma - \varepsilon) \right] \right\}^2 - \left( \sum_{i=1}^{n_k} m_i \right)^2 g^2 \sin^2 \varepsilon} ; \quad (3)$$

$$\frac{dV_{kx}}{dt_n} = a_\sigma \leq \frac{1}{\sum_{i=1}^{n_k} m_i} \sqrt{\left[ \frac{[\sigma_{n,max}] \cos \varepsilon}{S_k NV_{kx}} - \left[ \frac{Gd_n^4}{8D_n^3 z} \Delta x_c \sin \beta - \sum_{i=1}^{n_R} p_{0_i} l_n r_n \sqrt{4f^2 + 0,25\pi^2} \cos(\gamma - \varepsilon) \right] \right]^2 - \left( \sum_{i=1}^{n_k} m_i \right)^2 g^2 \cos^2 \varepsilon} \quad , \quad (4)$$

де  $a_p$  і  $a_\sigma$  – відповідно, допустиме прискорення робочої поверхні контакту копіра з головкою коренеплоду для умови невивалювання та непошкодження коренеплодів (м/с<sup>2</sup>).

Таким чином допустима маса рухомих частин обрізника головок коренеплодів із умови невивалювання та непошкодження коренеплодів, відповідно,  $\sum_{i=1}^{n_k} m_{pi}$ ,  $\sum_{i=1}^{n_k} m_{oi}$  визначається із залежностей (3)

і (4):

- для умови невивалювання коренеплоді з ґрунту

$$\sum_{i=1}^{n_k} m_{pi} \leq \frac{\frac{[P_{c,max}]}{NV_k \sin \varepsilon} - \frac{Gd_n^4}{8D_n^3 z} \Delta x \sin \beta - \sum_{i=1}^{n_k} p_{0_i} l_n r_n \sqrt{4f^2 + 0,25\pi^2} \cos(\gamma - \varepsilon)}{\sqrt{a_p^2 + g^2}} ; \quad (5)$$

- для умови непошкодження коренеплодів

$$\sum_{i=1}^{n_k} m_{oi} \leq \frac{\frac{[\sigma_{n,max}] \cos \varepsilon}{S_k NV_{kx}} - \frac{Gd_n^4}{8D_n^3 z} \Delta x \sin \beta - \sum_{i=1}^{n_k} p_{0_i} l_n r_n \sqrt{4f^2 + 0,25\pi^2} \cos(\gamma - \varepsilon)}{\sqrt{a_\sigma^2 + g^2}} . \quad (6)$$

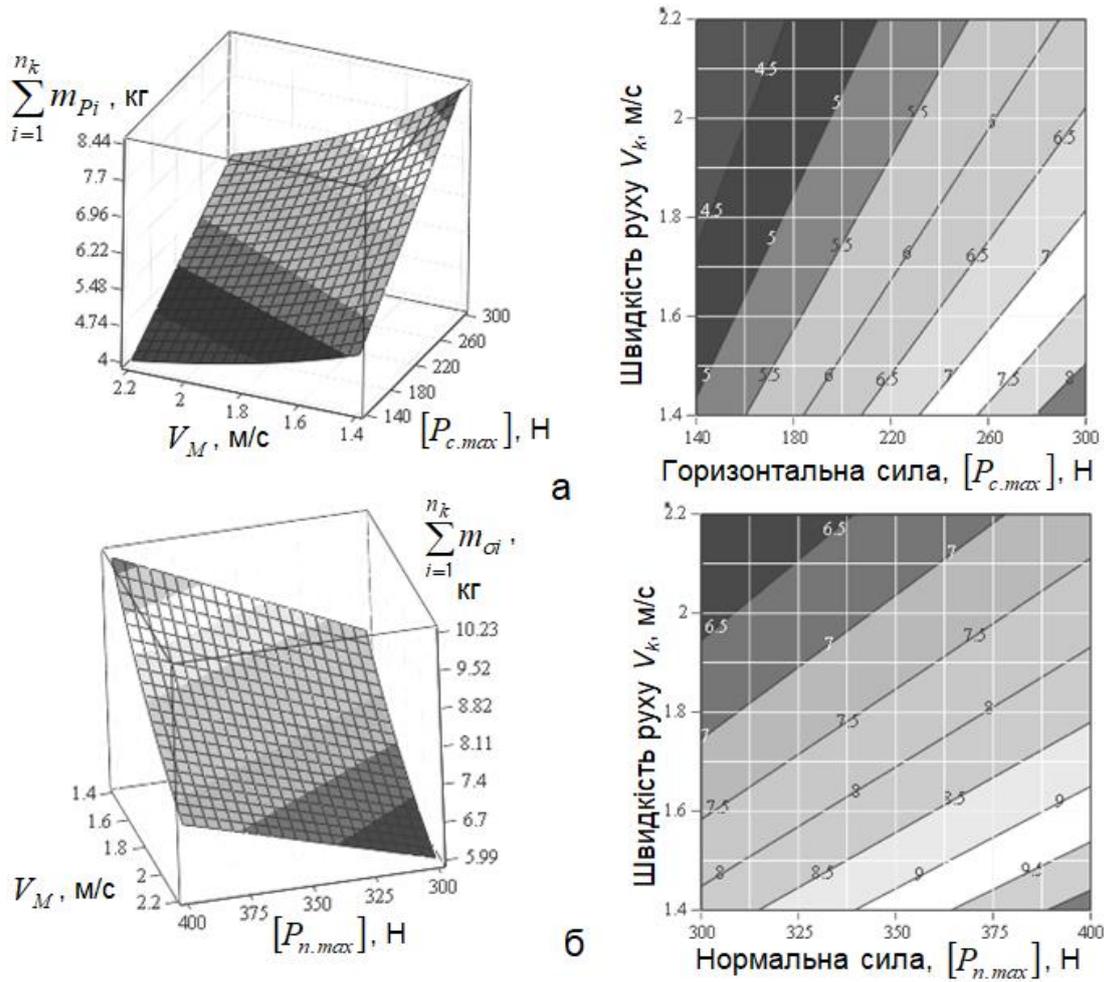


Рис. 1. Залежність маси обрізника: а, б – відповідно для умови невивалювання та непошкодження коренеплодів

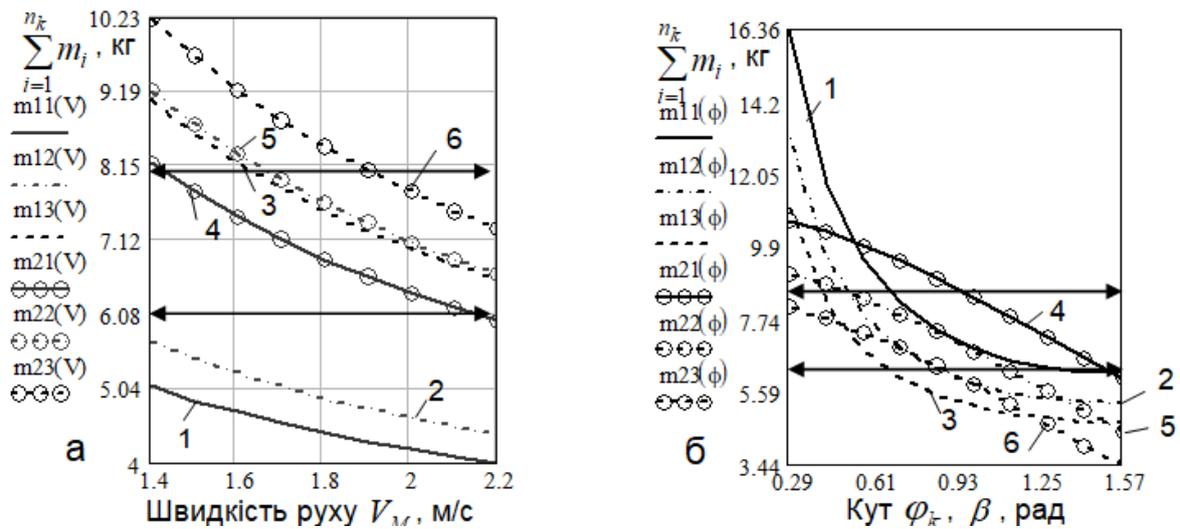


Рис. 2. Залежність маси рухомих частин обрізника для умови невивалювання та непошкодження коренеплодів: а – від швидкості руху  $V_M$ ; б – від кута  $\varphi_k$

На основі аналізу наведених графічних залежностей (рис. 1) встановлено, що зі збільшенням швидкості руху  $V_M$  допустима маса

рухомих частин  $\sum_{i=1}^{n_k} m_i$  для умови невивалювання коренеплодів з ґрунту

та їх непошкодження зменшується у межах, відповідно, від 8,5 до 4 (кг) та від 10,2 до 6,0 (кг), а зі збільшенням допустимої горизонтальної  $[P_{c.max}]$  та нормальної  $[P_{n.max}]$  сили збільшується у зворотному напрямку.

Залежно від збільшення кута  $\varphi_k$  встановлення копіра відносно горизонту, або кута  $\beta$  встановлення пружини паралелограмної підвіски

у межах від 15 до 90 град (рис. 2) допустима маса обрізника  $\sum_{i=1}^{n_k} m_i$  для

умови невивалювання коренеплодів з ґрунту та їх непошкодження зменшується від 10 до 3,5 (кг).

Тоді згідно з рис. 1, рис. 2 можна констатувати, що за допустимих сил  $[P_{c.max}] = 220$  Н і  $[P_{n.max}] = 350$  Н параметри обрізника повинні бути: швидкість руху копіра знаходиться в межах  $1,6 \leq V_M \leq 1,9$  (м/с); кут встановлення копіра відносно горизонталі – у межах  $20 \leq \varphi_k \leq 35$  (град).

**Висновки.** Отримані результати теоретичних досліджень з визначення основних параметрів обрізника головок коренеплодів можуть бути використанні в процесі його розробки і оптимізації конструктивно-технологічних показників.

### **Література:**

1. Барановський В. М. (2014). *Основи розробки адаптованих транспортно-технологічних систем коренезбиральних машин* : монографія / [В. М. Барановський, М. І. Підгурський, М. Р. Паньків та ін.]. Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя.
2. Барановський В., Підгурський М., Паньків М. (2014). *Методологічні та конструктивно-технологічні аспекти розроблення*

- адаптованих коренезбиральних машин. Вісник Тернопільського національного технічного університету, 74(2), 106-113.*
3. Барановський В. М. (2004). *Конструктивно-технологічні принципи застосування адаптивного викопувального робочого органу коренезбиральної машини. Науковий вісник НАУ, 73, 249-255.*
  4. Дубровин В., Голуб Г., Барановский В., Теслюк В. (2013). *Идентификация процесса разработки адаптированной корнеуборочной машины. MOTROL–Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa, 15, 3, 243-255.*
  5. Baranovsky V. M. (2008). *The results of theoretical and experimental studies of the second feeding of a heap of roots]. Mechanization of agricultural production], 1, 111-120.*
  6. Барановський В. М. (2013). *Транспортно-технологічні системи очисних робочих органів адаптованої коренезбиральної машини. Сільськогосподарські машини, 24, 18-29.*
  7. Барановський В. М. (2005). *Конструктивно-технологічні принципи адаптизації транспортно-очисного комбінованого очисного робочого органа коренезбиральних машин. Сільськогосподарські машини, 13, 18-24.*
  8. Baranovsky V., Pankiv M., Dubchak N. (2017). *Experimental research of stripping the leaves from root crops. Acta Technologica Agriculturae, 20, 3, 69-73.*
  9. Потапенко М. В., Барановський В. М. (2016). *Вдосконалення очисних систем вороху коренеплодів цикорію. Scientific journal. Innovative solutions in modern science, 1(1), 138-146.*
  10. Барановський В. М., Дубчак Н. А., Паньків М. Р. (2007). *Аналіз процесу роботи доочисних пристроїв коренезбиральних машин. Науковий журнал. Вісник ТДТУ, 12(1), 76-81.*

11. Барановський В. М., Соломка В. О., Онищенко В. Б. (2001). *Вибір параметрів при конструюванні гвинтового конвеєра*. Вісник ХДТУСГ, 8(2), 209-215.
12. Барановський В. М. (2022). Технологічні аспекти процесів роботи гичкозбиральних модулів : монографія / [В. М. Барановський, Паньків М. Р., Береженко Є. Б. та ін.]. Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя.

**References:**

1. Baranovskyi V. M. (2014). *Osnovy rozrobky adaptovanykh transportno-tekhnologichnykh system korenezbyralnykh mashyn : monohrafiia* / [V. M. Baranovskyi, M. I. Pidhurskyi, M. R. Pankiv ta in.]. Ternopil : Vyd-vo TNTU imeni Ivana Puliuia. [in Ukrainian].
2. Baranovskyi V., Pidhurskyi M., Pankiv M. (2014). *Metodolohichni ta konstruktyvno-tekhnologichni aspekty rozroblennia adaptovanykh korenezbyralnykh mashyn*. *Visnyk Ternopilskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*, 74(2), 106-113. [in Ukrainian].
3. Baranovskyi V. M. (2004). *Konstruktyvno-tekhnologichni pryntsypy zastosuvannia adaptivnoho vykopuvalnoho robochoho orhanu korenezbyralnoi mashyny*. *Naukovyi visnyk NAU*, 73, 249-255. [in Ukrainian].
4. Dubrovin V., Golub G., Baranovskii V., Teslyuk V. (2013). *Identifikatsiya protsessa razrobotki adaptirovannoi korneuborochnoi mashini*. *MOTROL–Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*, 15, 3, 243-255. [in Russian].
5. Baranovsky V. M. (2008). *The results of theoretical and experimental studies of the second feeding of a heap of roots*. *Mechanization of agricultural production*, 1, 111-120.
6. Baranovskyi V. M. (2013). *Transportno-tekhnologichni systemy ochysnykh robochykh orhaniv adaptovanoi korenezbyralnoi mashyny*.

- Silskohospodarski mashyny, 24, 18-29. [in Ukrainian].
7. Baranovskyi V. M. (2005). Konstruktyvno-tehnolohichni pryntsypy adaptyzatsii transportno-ochysnoho kombinovanoho ochysnoho robochoho orhana korenezbyralnykh mashyn. Silskohospodarski mashyny, 13, 18-24. [in Ukrainian].
  8. Baranovsky V., Pankiv M., Dubchak N. (2017). *Experimental research of stripping the leaves from root crops*. Acta Technologica Agriculturae, 20, 3, 69-73. [in English].
  9. Potapenko M. V., Baranovskyi V. M. (2016). Vdoskonalennia ochysnykh system vorokhu koreneplodiv tsykoriiu. Scientific journal. Innovative solutions in modern science, 1(1), 138-146. [in Ukrainian].
  10. Baranovskyi V. M., Dubchak N. A., Pankiv M. R. (2007). Analiz protsesu roboty doochysnykh prystroiv korenezbyralnykh mashyn. Naukovyi zhurnal. Visnyk TDTU, 12(1), 76-81. [in Ukrainian].
  11. Baranovskyi V. M., Solomka V. O., Onyshchenko V. B. (2001). Vybir parametriv pry konstruiuvanni hvyntovoho konveiera. Visnyk KhDTUSH, 8(2), 209-215. [in Ukrainian].
  12. Baranovskyi V. M. (2022). Tekhnolohichni aspekty protsesiv roboty hychkozbyralnykh moduliv : monohrafiia / [V. M. Baranovskyi, Pankiv M. R., Berezhenko Ye. B. ta in.]. Ternopil : Vyd-vo TNTU imeni Ivana Puliuia. [in Ukrainian].

Citation: Volodymyr Boyko (2023). ANALYTICAL STUDIES OF THE PERMISSIBLE MASS OF THE CUTTER OF THE REMAINS OF THE HAULM FROM THE HEADS OF ROOT CROPS. New York. TK Meganom LLC. Innovative Solutions in Modern Science. 3(58). doi: 10.26886/2414-634X.3(58)2023.1

---

Copyright: Volodymyr Boyko ©. 2023. This is an openaccess article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.