

DOI 10.26886/2414-634X.2(46)2021.1

UDC: 631.356.22

**EXPERIMENTAL STUDIES OF THE PROCESS OF CUTTING
THE HEAD OF CHICORY ROOTS**

E. Berezhenko, Postgraduate student

<https://orcid.org/0000-0002-2852-3562>

e-mail: berezhenko1@gmail.com

V. Pankiv, PhD of Technical Sciences

<https://orcid.org/0000-0003-2998-7948>

e-mail: vitaliipankiv25@gmail.com

B. Berezhenko

<https://orcid.org/0000-0003-1021-9770>

e-mail: bobberbm@tntu.edu.ua

Ternopil Ivan Puluuj National Technical University, Ukraine, Ternopil

Reducing the energy consumption of the technological process of harvesting the main mass of chicory root buds is provided by developing, justifying the parameters and the use of advanced hooking modules. According to the results of field planned factor experiments, a regression equation is obtained, which characterizes the change in the cutting length of root heads from the initial speed of the knife, which is mounted rigidly on the pendulum of the copra at an angle to the direction of knife movement. The results of the study are the prerequisites for the development and improvement of methodology and methods of calculation and justification of rational structural and kinematic parameters of the working bodies of hook-harvesting modules of root-harvesting machines.

Key words: pendulum copier, hard knife, cutting length, knife speed, knife mounting angle, regression equation.

аспірант, Береженко Є. Б.; кандидат технічних наук, Паньків В.

Р.; Береженко Б. М., Експериментальні дослідження процесу різання головок коренеплодів цикорію / Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна, Тернопіль

Зниження енергоємності технологічного процесу збирання основного масиву гички коренеплодів цикорію забезпечується шляхом розробки, обґрунтування параметрів і застосування удосконалених гичкозбиральних модулів. За результатами реалізації польових планованих факторних експериментів отримано рівняння регресії, яке характеризує зміну довжини різання головок коренеплодів від початкової швидкості руху ножа, який встановлено жорстко на маятнику копра під кутом до напрямку переміщення ножа. Результати дослідження є передумовами розробки та удосконалення методології та методики розрахунку та обґрунтування раціональних конструктивно-кінематичних параметрів робочих органів гичкозбиральних модулів коренезбиральних машин.

Ключові слова: маятниковий копір, жорсткий ніж, довжина різання, швидкість ножа, кут установки ножа, рівняння регресії.

Постановка проблеми. Першим етапом технологічного процесу збирання цикорію є механізована операція зрізування основного масиву гички з головок коренеплодів, наявний вміст якої у зібраних коренеплодах значно знижує якість сировини та вихід продуктів їх переробки [1, 2]. Розробка та впровадження у виробництво енергозберігаючих технологічних процесів збирання основного масиву гички коренеплодів можливе на основі наукового підходу до вирішення актуальних задач подальшого конструктивного удосконалення гичкозбиральних модулів коренезбиральних машин [3, 4].

Рішення наукової задачі досягається шляхом усунення проміжної операції переміщення зрізаної гички шнековим конвеєром на зібране

поле [5, 6], яка забезпечується та реалізується внаслідок системного підходу до удосконалення конструктивних особливостей робочих органів і ефективного моделювання та побудови їх компоновальних схем, що утворюють гнучкозбиральних модуль транспортної системи [7, 8].

Формулювання мети статті та задач. Мета дослідження: розробка емпіричної моделі, яка функціонально описує процес різання головок коренеплодів цикорію ножом роторного гичкоріза, який встановлено на маятниковому копрі. Завдання дослідження: визначення максимально можливої довжини різання тіла головки коренеплодів цикорію залежно від початкової швидкості руху ножа, який встановленого на маятнику копра під кутом до напрямку переміщення ножа.

Виклад основного матеріалу. Для проведення експериментальних досліджень з визначення довжини різання L_d головок коренеплодів цикорію застосовували виготовлену польову експериментальну установку. На рис. 1а наведено конструктивну схему експериментальної установки, на рис. 1б, в, г – її загальний вигляд.

Експериментальна польова установка виконана у вигляді маятникового копра, який складається з станини 1 (рис. 1а), на якій змонтовано опорну плиту 2, механізм регулювання 3, який виконано у вигляді чотирьох гвинтових пар «болт-гайка», двох корпусів з підшипниками 4. У підшипники встановлено поворотну вісь 5, на

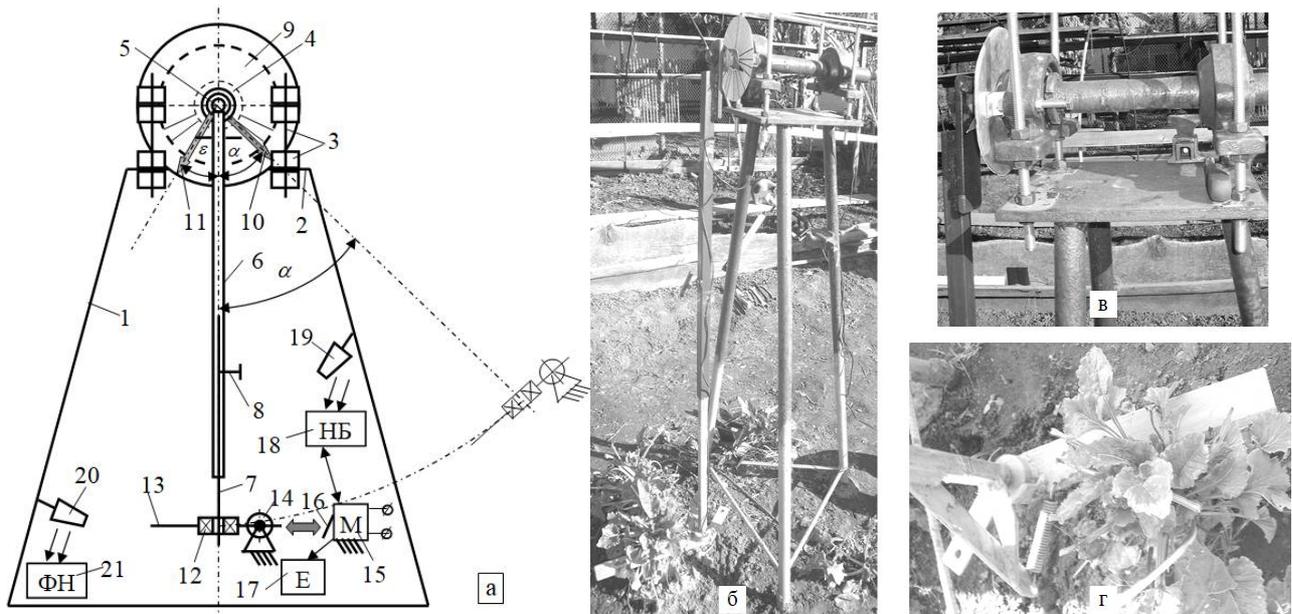


Рис. 1. Конструктивна схема (а) та загальний вигляд (б, в, г) експериментальної установки: 1 – станина; 2 – опорна плита; 3 – механізм регулювання; 4 – корпус з підшипником; 5 – поворотна вісь; 6 – маятник; 7 – подовжувач; 8 – фіксатор; 9 – шкала; 10, 11 – стрілка; 12 – корпус з підшипником; 13 – ніж; 14 – пружина; 15 – мікроперемикач; 16 – рухомий контакт; 17 – секундомір; 18 – ноутбук; 19 – відеокамера; 20 – відеореєстратор; 21 – флеш-накопичувач

торцеву частину якої посаджено маятник 6 з подовжувачем 7 і фіксатором 8. До переднього корпусу з підшипником закріплено градуйовану шкалу 9, яка має два рухомі поворотні покажчики, або стрілки 10 і 11. На нижній кінець подовжувача встановлено корпус 12 з підшипником, який посаджено на вісь подовжувача. До корпусу закріплено плоский ніж 13, який за допомогою пружини 14 виконано підпружиненим у горизонтальній площині його повороту. На подовжувачі закріплено контактний мікроперемикач 15, при цьому рухомий контакт 16 мікроперемикача має початковий контакт з торцем

вільного плеча поворотного ножа. Мікроперемикач зв'язаний електричною схемою з електросекундоміром 17 ноутбука 18.

Стрілки 10 і 11 показують, на який кут відхилено маятник до різання (кут α) і на який кут відхилиться маятник після закінчення процесу різання головки коренеплоду (кут ε). Також на станині встановлено мультимедійну швидкісну відеокамеру 19, яка зв'язана з ноутбуком та відеореєстратором 20 з флеш-накопичувачем файлів 21 для відеофіксації процесу різання головок коренеплодів ножом і фіксації тривалості (часу) різання.

Довжина маятника l копра під час проведення експериментів була постійною та становила $l = 0,55$ м.

Експериментальні дослідження процесу різання головок коренеплодів цикорію ножом провели з метою визначення максимально можливої довжини різання L_d тіла головки коренеплодів залежно від початкової швидкості руху ножа V_n (фактор x_1) та жорсткості пружини k_n (фактор x_2).

Для реалізації польових експериментів застосували симетричну план-матрицю, при цьому кількість експериментів однієї повторності дорівнювала 27. Дослідження процесу різання головки проводили на коренеплодах цикорію сорту «Уманський 99» (середня урожайність коренеплодів – 170 ц/га).

Апроксимуючу функцію відгуку, або параметра оптимізації, тобто зміну довжини різання L_d головки коренеплоду, визначену експериментальним шляхом, знаходили у вигляді математичної моделі полінома другої степені.

Невідомі значення коефіцієнтів рівняння регресії у вигляді функціонала $L_d = f_L(x_1; x_2)$ у кодованих величинах визначали за формулами згідно з [10], а перехід від кодованих величин до натуральних, або визначення коефіцієнтів рівняння регресії

апроксимуючої моделі $L_d = f_L(V_n; k_n)$ у натуральних величинах – за формулами згідно з [11].

Після оцінки статистичної значущості коефіцієнтів рівняння регресії і перевірки адекватності моделі згідно з (3.9), (3.11) (додаток Г.5.2) та переходу від кодованих позначень змінних факторів до натуральних, одержано рівняння регресії, яке характеризує зміну довжини різання L_{2d} , L_{1d} головки коренеплоду:

$$L_d = 4,52 + 2, V_n - 0,08 k_n + 0,18 V_n k_n - 0,42 (V_n)^2 - 0,001 (k_n)^2; \quad (1)$$

Отримана регресійна модель (1) може бути використана для визначення довжини різання L_d головки коренеплоду цикорію згідно з апроксимуючою моделлю $L_d = f_L(V_n; k_n)$ у таких межах зміни діапазону значень вхідних факторів: початкової швидкості різання $1,2 \leq V_n \leq 2,0$ м/с; жорсткості пружини $15 \leq k_n \leq 55$ Н/см.

На рис. 2 наведено поверхню відгуку та двомірний переріз поверхні відгуку зміни довжини різання L_d тіла головок коренеплодів цикорію як функціонал $L_d = f_L(V_n; k_n)$, які побудовано згідно рівняння регресії (1).

Довжина різання L_d тіла головок коренеплодів цикорію у межах зміни діючих вхідних факторів $1,2 \leq V_n \leq 2,0$ м/с та $15 \leq k_n \leq 55$ Н/см змінюється в діапазоні від 8,7 до 18,4 см. При цьому довжина різання L_d тіла головок коренеплодів цикорію зростає зі збільшенням, як початкової швидкості різання V_n , так і жорсткості пружини k_n що також характерно аналізу графічної інтерпретації, яку наведено на рис. 3.

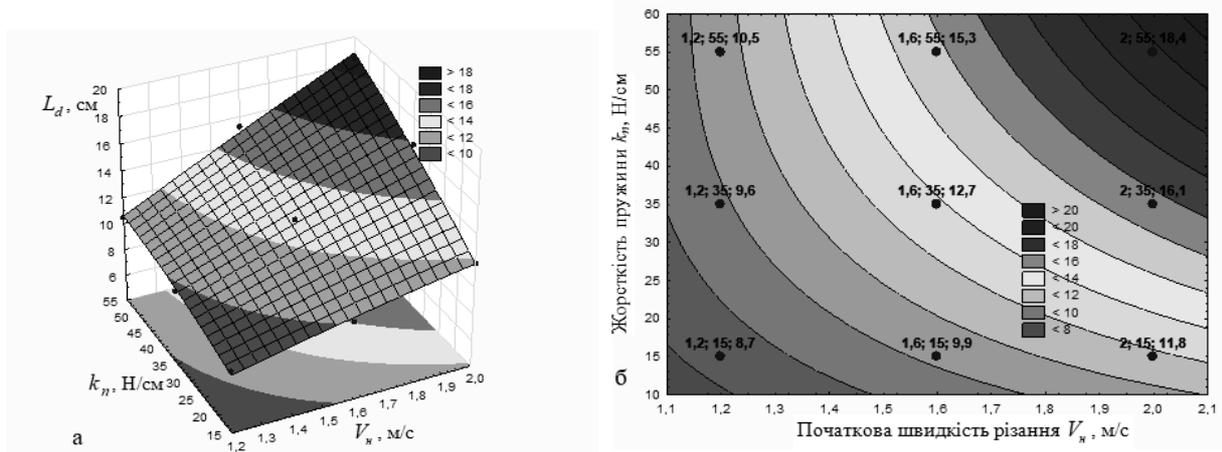


Рис. 2. Поверхня відгуку (а) та двовірний переріз (б) поверхні відгуку зміни довжини різання головок коренеплідів цикорію як функція $L_d = f_L(V_n; k_n)$

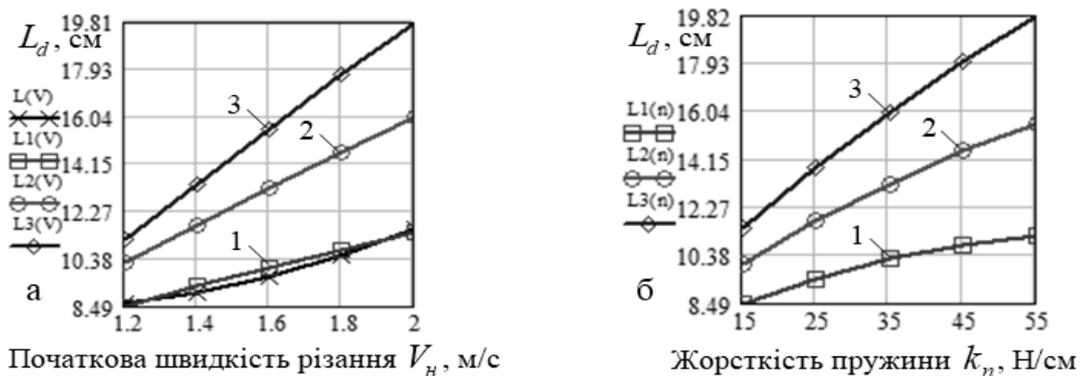


Рис. 3. Залежність зміни довжини різання головок коренеплідів: а – від початкової швидкості різання V_n як функція $L_d = f_L(V_n)$, 1, 2, 3 – за $k_n = 15, 35, 55$ Н/см; б – від жорсткості пружини k_n як функція $L_d = f_L(k_n)$, 1, 2, 3 – за $V_p = 1,2; 1,4; 2,0$ м/с

На основі порівняльного графічного аналізу встановлено, що за значення жорсткості пружини $k_n = 15$ Н/см довжина різання L_d тіла головок коренеплідів цикорію становить від 8,5 см до 11,5 см у межах зміни початкової швидкості різання $1,2 \leq V_n \leq 2,0$ м/с (рис. 3а), при цьому за зміни жорсткості пружини k_n від 15 Н/см до 35 Н/см та початкової швидкості різання V_n в межах від 1,2 м/с до 1,4 м/с довжина різання L_d

не перевищує 12 см (рис. 2).

У зв'язку з цим можна констатувати, що застосування пружини жорсткістю $k_n \leq 35$ Н/см за початкової швидкості різання $V_n \leq 1,6$ м/с для збільшення швидкості різання головок коренеплодів або довжини різання L_d є практично не раціональним, тому що у вказаних межах зміни жорсткості пружини $15 \leq k_n \leq 35$ Н/см та початкової швидкості різання $1,2 \leq V_n \leq 1,6$ м/с довжина різання L_d тіла головок коренеплодів практично однакова та не перевищує 12 см. Ефективне підсилення швидкості різання головок коренеплодів відбувається за жорсткості пружини $k_n > 35$ Н/см.

Висновки. Отримане рівняння регресії у натуральних величинах (1) функціонально описує зміну довжини різання L_d тіла головок коренеплодів цикорію залежно від зміни діючих вхідних факторів: швидкості різання $1,2 \leq V_n \leq 2,0$ м/с; жорсткості пружини та $15 \leq k_n \leq 55$ Н/см.

За результатами аналізу обґрунтовано основні раціональні параметри ефективності процесу різання тіла головок коренеплодів цикорію: початкова швидкість різання $V_n > 1,6$ м/с; жорсткість пружини $k_n > 35$ Н/см.

Література:

1. Барановський, В. М. (2008). Результати теоретично-експериментальних досліджень секундної подачі вороху коренеплодів. *Механізація сільськогосподарського виробництва*, 1, 111-120.
2. Войтюк, Д. Г., Барановський, В. М., Булгаков, В. М. (2005) *Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку*: підручник ; за ред. Д. Г Войтюка. К.: Вища освіта.
3. Барановський, В. М. (2005). Конструктивно-технологічні принципи

адапטיзації транспортно-очисного комбінованого робочого органа коренезбиральних машин. *Сільськогосподарські машини*, 13, 18-24.

4. Барановський, В. М., Соломка, В. О., Онищенко, В. Б. (2001). Вибір параметрів при конструюванні гвинтового конвеєра. *Вісник ХДТУСГ*, 8(2), 209-215.

5. Барановський, В. М. (2013). Транспортно-технологічні системи очисних робочих органів адаптованої коренезбиральної машини. *Сільськогосподарські машини*, 24, 18-29.

6. Baranovsky, V. M.; Potapenko, M. V. (2017). Theoretical analysis of the technological feed of lifted root crops. *INMATEH: Agricultural Engineering*, 51, 1/2017, 29-38.

7. Гурченко, О. П., Барановський, В. М. (1995). Результати випробування модернізованої коренезбиральної машини МКК-6А. *Механізація та електрифікація сільського господарства*, 81, 57-60.

8. Барановський, В. М., Підгурський, М. І., Паньків, М. Р., Теслюк, В. В., Онищенко, В. Б. (2014). *Основи розробки адаптованих транспортно-технологічних систем коренезбиральних машин*. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя.

9. Baranovsky, V., Dubchak, N., Pankiv, M. (2017). Experimental research of stripping the leaves from root crops. *Acta Technologica Agriculturae*, 20(3), 69-73.

References:

1. Baranovsky, V. M. (2008). Rezultaty teoretychno-eksperymentalnykh doslidzhen sekundnoi podachi vorokhu koreneplodiv [The results of theoretical and experimental studies of the second feeding of a heap of roots] *Mekhanizatsiia silskohospodarskoho vyrobnytstva [Mechanization of agricultural production]*, no 1, 111-120 [in Ukrainian].

2. Voytiuk, D. G., Baranovsky, V. M., Bulgakov, V. M. (2005). *Silskohospodarski mashyny. Osnovy teorii ta rozrakhunku: pidruchnyk ; za*

red. D. H. Voitiuka [Agricultural machines. Fundamentals of theory and calculation: textbook; for order. D. G. Wojtyuk]. K.: Vyshcha osvita [K.: Higher education]. [in Ukrainian].

3. Baranovsky, V. M. (2005). Konstruktyvno-tekhnologichni pryntsyipy adaptyzatsii transportno-ochysnoho kombinovanoho robochoho orhana korenezbyralnykh mashyn. Silskohospodarski mashyny [Structural and technological principles of adaptation of the transport-cleaning combined working body of the root machines]. *Silskohospodarski mashyny [Agricultural machinery]*, no 13, 18-24. [in Ukrainian].

4. Baranovsky, V. M., Solomka, V. O., Onyshchenko, V. B. (2001). Vybiv parametriv pry konstruiuvanni hvyntovoho konveiera [Choice of parameters when designing a screw conveyor]. *Visnyk KhDTUSH [CDTUSG Herald]*, no 8(2), 209-215. [in Ukrainian].

5. Baranovsky, V. M. (2013). Transportno-tekhnologichni systemy ochysnykh robochykh orhaniv adaptovanoi korenezbyralnoi mashyny [Transport-technological systems of cleaning working bodies of the adapted root harvesting machine]. *Silskohospodarski mashyny [Agricultural machinery]*, no 24, 18-29. [in Ukrainian].

6. Baranovsky, V. M., Potapenko, M. V. (2017). Theoretical analysis of the technological feed of lifted root crops. *INMATEH: Agricultural Engineering*, 51, 1/2017, 29–38.

7. Gurchenko, O. P., Baranovsky, V. M. (1995). Rezultaty vyprobuvannia modernizovanoi korenezbyralnoi mashyny MKK-6A [Test results of the modernized MKK-6A root-harvesting machine]. *Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva [Mechanization and electrification of agriculture]*, no 81, 57-60. [in Ukrainian].

8. Baranovsky, V. M., Pidgursky, M. I., Pankiv, M. R., Teslyuk, V. V., Onishchenko, V. B. (2014). *Osnovy rozrobky adaptovanykh transportno-tekhnologichnykh system korenezbyralnykh mashyn [Fundamentals of*

development of adapted transport-technological systems of root-harvesting machines]. Ternopil: TNTU im. I. Puliuia [Ternopil: TNTU named after I. Pulyuya]. [in Ukrainian].

9. Baranovsky, V., Dubchak, N., Pankiv, M. (2017). Experimental research of stripping the leaves from root crops. *Acta Technologica Agriculturae*, 20(3), 69-73.

Citation: E. Berezhenko, V. Pankiv, B. Berezhenko (2021). EXPERIMENTAL STUDIES OF THE PROCESS OF CUTTING THE HEAD OF CHICORY ROOTS. New York. TK Meganom LLC. Innovative Solutions in Modern Science. 2(46). doi: 10.26886/2414-634X.2(46)2021.1

Copyright: E. Berezhenko, V. Pankiv, B. Berezhenko ©. 2021. 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.