

М.І. Підгурський, проф., д-р техн. наук

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

e-mail: pidhurskyu@gmail.com

М.М. Борис, доц., канд. техн. наук

Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, Україна

Г.Б. Цьонь, доц., канд. техн. наук

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

Експериментальні дослідження ширини утвореного валка зрізаної гички коренеплодів цикорію

У статті наведено результати перевірки адекватності розробленої аналітичної моделі, яка функціонально описує процес вивантаження зрізаної гички на поверхню зібраного поля шнековим конвеєром гичкозрізувального модуля. На основі обробки експериментального масиву даних отримано рівняння регресії зміни ширини утвореного валка зрізаної гички залежно від швидкості руху модуля, урожайності гички та частоти обертання шнека.

Встановлено, за швидкості руху модуля у межах 1,6-2,4 м/с, урожайності гички 120-180 ц/га і частоти обертання шнека 40-100 об/хв ширина утвореного валка знаходиться в діапазоні від 0,5 до 1,4 м, а розбіжність експериментальних і теоретичних значень знаходиться у межах 5...10 %. Отримані результати наукових досліджень є подальшим кроком удосконалення методології оптимізації раціональних параметрів робочих органів коренезбиральних машин.

коренеплоди цикорію, процес, зрізана гичка, залишки гички, модель, фактори, параметри

Постановка проблеми. Пошук ефективних технічних рішень і наукових напрямків обґрунтування раціональних параметрів робочих органів гичкозрізувальних апаратів, які забезпечують збільшення виробництва стратегічно-важливої для провідних галузей економіки України (енергетичної – біопаливо, харчової – кава, фармацевтичної – інулін) культури, або коренеплодів цикорію є актуальним і значущим напрямком досліджень, як для науки, так і практики [1].

Важливість і цінність коренеплодів цикорію визначається вмістом у коренеплодах різних видів цукринів – інуліну, фруктози, глюкозиду інтибіну та корисних для організму різних типів вітамінів і мікроелементів [2-4].

При цьому гичка коренеплодів є харчовим продуктом для галузі тваринництва, а безпосередньо коренеплоди – сировиною для виробництва біостанолу [5].

Збільшення виходу кінцевого продукту, шляхом переробки сировини (коренеплодів цикорію) досягається шляхом дотримання агротехнічних вимог до машин для збирання коренеплодів цикорію за рахунок зменшення втрат коренеплодів, які становлять більше 1,5 %, забрудненості залишками гички (від 3 до 5 %), кількості обрізаних головок нижче встановлених вимог (від 7 до 9 %), пошкоджень коренеплодів, які більше за 15 %, із них сильнопошкоджених – більше 6...8 % [6-9].

Шляхами підвищення ефективності роботи гичкозбиральних модулів коренезбиральних машин, або забезпечення показників якості роботи гичкозбиральних модулів, а відповідно, і показників якості роботи сучасних

самохідних коренезбиральних машин загалом є пошук нових технологій збирання основного масиву гички коренеплодів і подальше обрізування залишків гички з їх головок шляхом удосконалення конструкції та обґрунтування раціональних конструктивно-кінематичних параметрів робочих органів гичкозбиральних модулів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретично-експериментальному аналізу технологічних процесів зрізування основного масиву гички коренеплодів шляхом обґрунтування раціональних конструктивно-кінематичних параметрів робочих органів гичкозрізувальних апаратів присвячено значну кількість наукових праць [9–14].

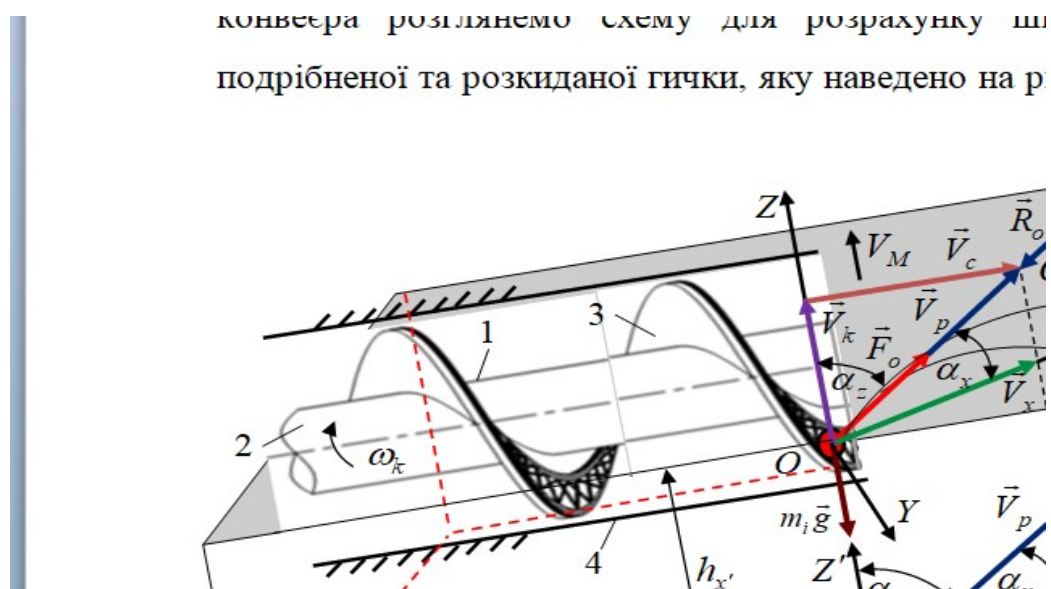
У них викладено основні аспекти, які характеризують наукові підходи та методологію опису, розробки математичних аналітичних і емпіричних моделей та аналізу процесів роботи апаратів для зрізування основного масиву гички та обрізування залишків гички з головок коренеплодів різними типами обрізників.

Проте, питання наукового дослідження формування ширини утвореного валка зрізаної гички, яка вкладається на поверхню зібраного поля досліджено не в повному та недостатньому обсязі – ширина утвореного валка зрізаної гички регламентує необхідну ширину міжосьової відстані між колесами транспортних засобів, які рухаються поруч з гичко-, або коренезбиральною машиною.

Тому і виникла потреба подальшого дослідження та аналізу процесів роботи гичкозбиральних модулів коренезбиральних машин.

Постановка завдання. Завданням дослідження є розробка емпіричної моделі, яка описує характер зміни ширини утвореного валка зрізаної гички, який формується шляхом вивантаження гички на поверхню зібраного поля шнековим конвеєром гичкозбирального модуля залежно від основних параметрів процесу.

Викладення основного матеріалу. З метою формалізації технологічного процесу транспортування подрібненої гички коренеплодів цикорію та для обґрунтування раціональних параметрів шнекового конвеєра розглянемо схему для розрахунку ширини валка зрізаної гички, яку утворено шнековим конвеєром (рис. 1) та яка поєднує в собі функціональну схему технологічного процесу роботи гичкозбирального модуля (рис. 2).

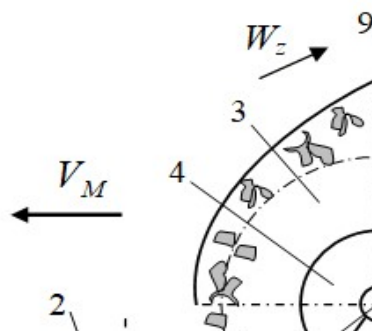


1 – шнековий конвеєр; 2 – барабан; 3 – виток шнекового конвеєра; 4 – кожух

Рисунок 1 – Схема для розрахунку ширини утворено валка зрізаної гички коренеплодів

Джерело: розроблено авторами

Ширина утвореного валка b розкиданої гички по поверхні зібраного поля є наслідком функціонально-пов'язаних між собою багатьох об'єктивних і суб'єктивних факторів: параметрів шнека 1 (рис. 1); початкового положення подрібненої гички (точкової маси гички) на площині спірального витка 3 шнека (миттєвих координат гички), які визначають координати початкового моменту вильоту гички з витка шнека; кліматичних умов роботи гичкозбирального модуля (швидкість і напрямок руху повітря тощо), маси гички, яка сходить з робочого органу, фізико-механічних характеристик гички тощо.



- 1 – основна рама модуля; 2 – колесо опорне; 3 – гичкоріз;
4, 10 – відповідно, барабан гичкоріза та шнека; 5 – Г-подібний ніж; 6 – шнек; 7 – виток шнека;
8 – жолоб шнека; 9 – кожух гичкоріза; 11 – вихідна частина шнека

Рисунок 2 – Схема технологічного процесу роботи гичкозбирального модуля

Джерело: розроблено авторами

Після проведення теоретичного аналізу технологічного процесу роботи гичкозбирального модуля було отримано аналітичну модель, яка описує функціональну зміну ширини b утвореного валка зрізаної гички залежно від параметрів процесу [15]

$$b = \frac{\pi n_k}{60} \frac{\Psi \sin \left(\operatorname{arctg} \frac{n\pi_k}{\operatorname{tg}(0,5\pi - \alpha_k)} \right) \cos \beta}{g k_o m_i} \times \left[1 - \frac{\pi n_k k_o m_i \Psi \cos \left(\operatorname{arctg} \frac{n\pi_k}{\operatorname{tg}(0,5\pi - \alpha_k)} \right)}{60} \right]^{-1} e^{k_o m_i g} (e^{t_{21}} - e^{t_{22}}) \quad (1)$$

де $D^2 + (D \operatorname{tg}(0,5\pi - \alpha_k) - \delta_v)^2 k_a^2 k_y^2 = \Psi^2$ [13].

Було встановлено, що максимальна ширина валка b розкиданої гички на теоретичному рівні змінюється в діапазоні від 0,2 до 1,57 м за таких значень параметрів: діаметра шнека $D = 0,2 \dots 0,3$ м; частоти обертання шнека n_k 40 - 100 об/хв; маси гички m_i від 0,15 до 0,5 кг.

Практичне застосування отриманої моделі(1) в реальних практичних розрахунках показника b потребує експериментальної перевірки її адекватності, або відповідності аналітичних значень ширини b утвореного валка реальному процесу.

Реалізацію експериментальних досліджень з визначення параметра оптимізації, або встановлення функціональної залежності (емпіричної моделі), яка описує взаємозв'язок зміни ширини утвореного валка від основних параметрів робочих органів гичкозбирального модуля як функція $b_e = f(x_1; x_2; x_3)$ провели в польових умовах з застосуванням макетного експериментального зразка, рис. 2.

Було розроблено схему моделі реалізації багатофакторного експерименту типу ПФЕ 3^3 [16] за три повторності кожного окремого експерименту (рис. 3), при цьому вхідними параметрами функціональної залежності $b_e = f(x_1; x_2; x_3)$ приймали:

- робочу швидкість руху V_M гичкозбирального модуля;
- урожайність U_g гички коренеплодів цикорію;
- частоту обертання шнека n_k .

експеримент типу ПФЕ 3^3 .



Рисунок 3 – Схема моделі планованого факторного експерименту типу ПФЕ 3^3

Джерело: розроблено авторами

Характеристику вхідних факторів експерименту типу ПФЕ 3^3 наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Характеристику вхідних факторів експерименту типу ПФЕ 3^3 з визначення ширини утвореного валка як функція $b_e = f(x_1; x_2; x_3)$

Фактори	Позначення	Інтервал варіювання	Рівні варіювання, натуральні/кодовані		
Робоча швидкість руху модуля, V_M , м/с	x_1	0,4	1,6/-1	2,0/0	2,4/+1
Урожайність гички коренеплодів цикорію, U_g , ц/га	x_2	30,0	120/-1	150/0	180/+1
Частота обертання шнека, n_k , об/хв	x_3	250	350/-1	600/0	850/+1

Джерело: розроблено авторами

Черговість реалізації порядкових номерів (першого експерименту та наступного номера) кожного експерименту визначали шляхом рандомізації основної план-матриці багатофакторного експерименту ПФЕ 3^3 [17].

Основні базові елементи методики реалізації експерименту типу ПФЕ 3^3 були наступними:

- для визначення довжини гону L_{zi} кожної залікової ділянки за встановленої згідно табл. 1 робочої швидкості руху модуля приймали умовний час руху модуля

рівним $t_Q = 2$ с;

- тоді визначали довжину гону L_{3i} за робочої швидкості руху модуля $V_M = 1,6; 2,0$ і $2,4$ м/с, відповідно, отримали значення довжини гону $L_{31} = 3,2$ м ($V_M = 1,6$ м/с), $L_{32} = 4,0$ м ($V_M = 2,0$ м/с) та $L_{33} = 4,8$ м ($V_M = 2,4$ м/с);

- регулювання частоти n_k обертання шнека, або встановлення її значень $n_k = 350, 600$ і 850 об/хв проводили за рахунок зміни передаточного числа привода шнека;

- ширину b_e валка, яка утворювалася з 6-ти рядків після реалізації кожного експерименту вимірювали послідовно на інтервалі рівному 1 м з проміжками між інтервалом $0,5$ м з точністю ± 1 см;

- визначали середнє значення b_e , яке заносили в таблицю результатів експериментів.

Обробку результатів експериментальних досліджень проводили за стандартною методикою, при цьому алгебраїчний вигляд функціональної залежності (апроксимуючої функції) визначали за найбільшим значенням коефіцієнта множинної детермінації. Перевірку адекватності емпіричної моделі провели за F -критерієм Фішера.

При цьому було встановлено вигляд апроксимуючої функціональної залежності, яку записано у вигляді логарифмічної функції

$$b_e = b_0 + b_1 \ln x_1 + b_2 \ln x_2 + b_3 \ln x_3, \quad (2)$$

де b_0, b_1, b_2, b_3 – коефіцієнти відповідних значень x_i ;

x_1, x_2, x_3 – відповідні кодовані фактори.

Визначення значущості коефіцієнтів b_1, b_2, b_3 емпіричної моделі (рівняння регресії) провели за t -критерієм Стюдента [18], при цьому було встановлено, що всі коефіцієнти b_1, b_2, b_3 є значимими.

Числові значення коефіцієнтів b_1, b_2, b_3 у натуральних величинах наведено у табл. 2

Таблиця 2 – Натуральні значення коефіцієнтів b_1, b_2, b_3 рівняння регресії

Позначення	Натуральні значення коефіцієнтів рівняння регресії			
	b_0	b_1	b_2	b_3
$b_e = f_b(V_M; U_g; n_k)$	-8,74	0,27	1,21	0,79

Джерело: розроблено авторами

Отримане рівняння регресії, яке функціонально описує зміну параметра оптимізації, або ширину b_e утвореного валка гички має вигляд

$$b_e = -8,74 + 0,27 \ln(V_M) + 1,21 \ln(U_g) + 0,79 \ln(n_k). \quad (3)$$

Згідно з функціональною залежністю (3) побудовано поверхні відгуку та їх двомірний переріз, які характеризують зміну ширини b_e утвореного валка b_e залежно від зміни вхідних факторів у межах їх варіювання: $1,6 \leq V_M \leq 2,4$ м/с; $120 \leq U_g \leq 180$ ц/га; $350 \leq n_k \leq 850$ об/хв, які наведено у табл. 1.

Відповідна графічна інтерпретація функціональної зміни емпіричної математичної моделі $b_e = f_b(V_M; U_g; n_k)$, яка характеризує зміну параметра оптимізації

наведена на: рис. 4 – як функція $b_e = f_b(V_M; U_g)$; рис. 5 – як функція $b_e = f_b(V_M; n_k)$; рис. 6 – як функція $b_e = f_b(U_g; n_k)$.

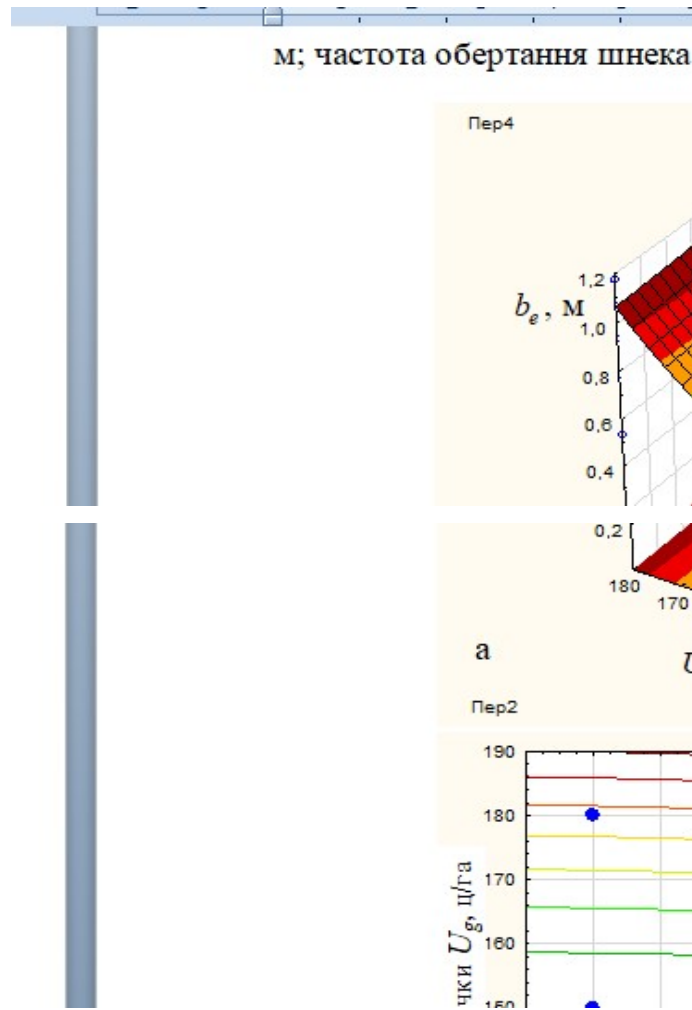
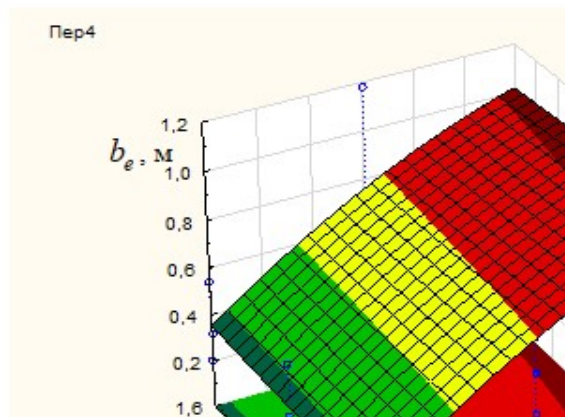


Рисунок 4 – Поверхня відгуку (а) та її двомірний переріз ширини b_e валка гички як функція $b_e = f_b(V_M; U_g)$

Джерело: розроблено авторами

$$= f_b(U_g; n_k).$$



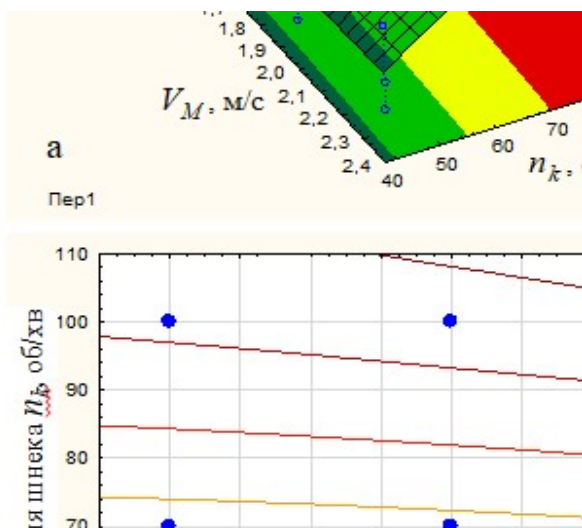


Рисунок 5 – Поверхня відгуку (а) та її двомірний переріз зміни ширини b_e валка гички як функціонал $b_e = f_b(V_M; n_k)$

Джерело: розроблено авторами

Згідно з проведеним аналізом графічних побудов (рис. 4-рис. 6) можна констатувати, що:

- за зміни робочої швидкості руху модуля у межах від 1,6 до 2,4 м/с, урожайності гички у межах від 120 до 180 ц/га та частоти обертання шнека у межах від 40 до 100 об/хв ширина b_e утвореного валка зрізаної роторним гичкорізом гички знаходиться в загальному діапазоні від 0,5 до 1,4 м;

- збільшення значень вхідних факторів V_M , U_g і n_k призводить до зростання параметра оптимізації b_e , а характер зміни b_e підкоряється прямопропорційній функціональній залежності;

- доміантними факторами, які регулюють характер значного діапазону зміни ширини b_e утвореного валка зрізаної гички роторним гичкорізом є урожайність гички U_g та частота обертання шнека n_k , при цьому:

- збільшення n_k за діапазону варіювання $350 \leq n_k \leq 850$ об/хв призводить до збільшення параметра оптимізації в середньому на 0,7 м (рис. 7а), а збільшення урожайності гички U_g за діапазону варіювання $120 \leq U_g \leq 180$ ц/ призводить до збільшення параметра оптимізації в середньому на 0,5 м (рис. 7б);

- зміна робочої швидкості руху V_M гичкозбирального модуля в діапазоні варіювання фактора $1,6 \leq V_M \leq 2,4$ м/с не вносить суттєвих корективів на показник b_e – параметр оптимізації b_e зростає тільки на 0,05...0,1 м (рис. 7а, б, в).

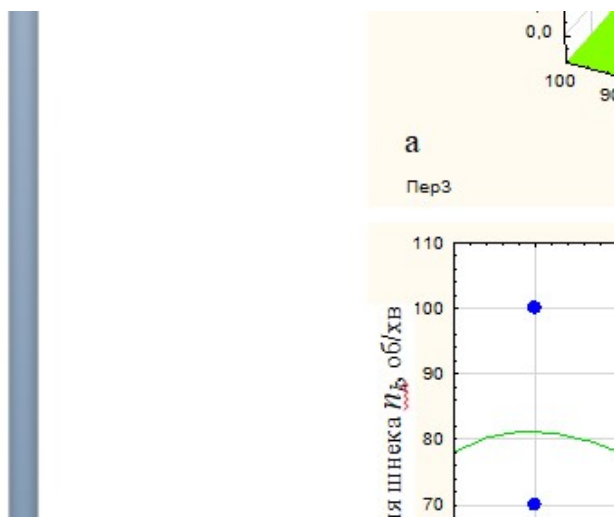


Рисунок 6 – Поверхня відгуку (а) та її двомірний переріз зміни ширини b_e валка гички як функціонал $b_e = f_b(U_g; n_k)$

Джерело: розроблено авторами

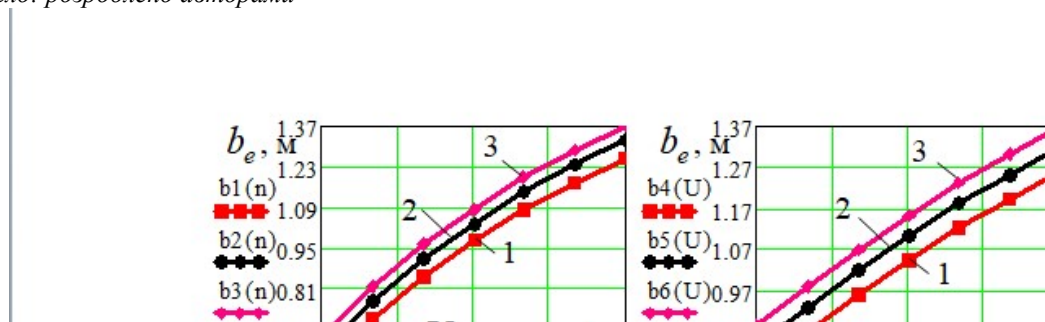


Рисунок 7 – Залежність зміни ширини b_e валка гички як функція:

а – $b = f_b(n_k)$, 1, 2, 3 – відповідно, $V_M = 1,6; 2,0; 2,4$ м/с; б – $b = f_b(U_g)$, 1, 2, 3 – відповідно, $V_M = 1,6; 2,0; 2,4$ м/с; в – $b = f_b(V_M)$, 1, 2, 3 – відповідно, $U_g = 120; 150; 180$ ц/га

Джерело: розроблено авторами

Отримані результати експериментальних досліджень ширини b_e утвореного валка зрізаної гички роторним гичкоріз дозволяють прогнозувати та регулювати параметри технологічного процесу збирання коренеплодів цикорію за двостадійною технологією, яка передбачає навантаження зібраних коренеплодів у транспортні засоби, які рухаються поряд з збиральною машиною та подальше відвезення коренеплодів до місця призначення, або на переробку.

У цьому аспекті важливим є показник транспортної колії (міжосьової відстані коліс) технологічного транспорту, який у цьому випадку повинен узгоджуватися з шириною b_e утвореного валка зрізаної гички, яка укладена на поверхню зібраного поля. Тобто, необхідно забезпечити необхідну технологічність роботи транспортних засобів (відсутність буксування рушіїв під час переміщення по зібраному полю за умови, що колеса не переміщуються по валку укладеної гички) за умови, що ширина b_e утвореного валка зрізаної гички та яка укладена на поверхню зібраного поля не повинна перевищувати транспортну колію, або міжосьову відстані B_m між колесами причепа та трактора транспортного агрегату.

Як правило, більшість транспортних засобів на відвезенні коренеплодів мають

встановлену ширину транспортної колії рівною $B_m = 1,8$ м.

Враховуючи отримані результати експериментальних досліджень можна стверджувати, що умова $B_m \leq b_e \leq 1,8$ м забезпечується в всьому діапазоні зміни $1,6 \leq V_M \leq 2,4$ м/с, $120 \leq U_g \leq 180$ ц/га, $350 \leq n_k \leq 850$ об/хв.

Отримані значення розбіжності аналітичних значень ширини b утвореного валка зрізаної роторним гичкорізом гички (залежність (1) та значень b_e , які отримано на емпіричному рівні згідно з (3) становить 5...10 % (рис. 8), що є наслідком того, що отримана аналітична модель (1) є адекватною, або задовільно характеризує функціональну зміну ширини b утвореного валка відносно функціональної зміни b_e згідно з рівнянням регресії (3).

Висновки. Отримані значення функціональної зміни ширини b утвореного валка зрізаної роторним гичкорізом гички, які одержано шляхом реалізації експериментальних досліджень визначають оптимальні умови технологічного процесу механізованого збирання коренеплодів цикорію в плані забезпечення технологічності роботи транспортних засобів, які рухаються поряд з коренезбиральним агрегатом.

Для забезпечення технологічності роботи транспортних засобів ширина b утвореного валка гички, яка укладена на поверхню зібраного поля не повинна бути більшою за 1,8 м, при цьому за результатами проведених експериментів b_e змінюється від 0,5 до 1,4 м.

Розбіжність експериментальних та теоретичних значень ширини утвореного валка b_e знаходиться у межах 5...10 %.

Список літератури

1. Технологічні аспекти процесів роботи гичкозбиральних модулів : монографія. / Барановський В. М. та ін. Тернопіль : Редакційно-видавничий відділ Тернопільського національного технічного університету імені Івага Пулюя, 2022. 294 с.
2. Boyko Volodymyr. Mathematical model of the process of contact interaction of the copier with the head of the chicory root crop. *Scientific Journal of the TNTU*. Tern.:TNTU. 2023. Vol. 111. No 3. С. 115–125.
3. Віктор Барановський, Галина Герасимчук, Наталя Дубчак, Євген Береженко, Володимир Бойко. Експериментальні дослідження агробіологічних характеристик коренеплодів. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження*. 2020. № 24. С 13–21.
4. Барановський В. М. Основи розробки адаптованих транспортно-технологічних систем коренезбиральних машин : монографія / В. М. Барановський та ін. Видавництво Тернопільського національного технічного університету. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2014. 351 с.
5. Гурченко О. П., Барановський В. М. Результати випробування модернізованої коренезбиральної машини МКК-6А. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 1995. Вип. 81. С. 57–60.
6. Барановський В. М. Транспортно-технологічні системи очисних робочих органів адаптованої коренезбиральної машини. *Сільськогосподарські машини*. 2013. С. 18–29.
7. Аналіз тенденцій розвитку робочих органів для сепарації вороху коренеплодів / В. Ю. Рамш, В. М. Барановський, М. Р. Паньків, Г. А. Герасимчук. *Наукові нотатки*. 2011. № 31. С. 298–305.
8. Смаль М. В., Герасимчук О. О., Барановський В. М. Математичні моделі процесу копіювання головок коренеплодів копіром пасивного дообрізчика залишків гички. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки*. 2012. Том 1. № 11. С. 206–212.
9. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : підручник; за ред. Д. Г. Войтюка / Д. Г. Войтюк, В. М. Барановський, В. М. Булгаков та ін. К.: Вища освіта, 2005. 464 с.
10. Барановський В. М. Результати теоретично-експериментальних досліджень секундної подачі вороху коренеплодів. *Механізація сільськогосподарського виробництва*. 2008. Том 1. С. 111–118.

11. Viktor Baranovsky, Maria Pankiv, Oleksiy Kukhar et al. Results of the experimental investigations of fodder beets harvesting technologies. *Scientific Journal of the Ternopil National Technical University*. 2022, No 2 (106). P. 16–26.
12. Volodymyr Boyko. The results of the study of the cutter of the remains of root crops haulm / Boyko Volodymyr, Viktor Baranovsky, Vitalii Pankiv, Volodymyr Onyshchenko, Sergey Marinenko. *Scientific Journal of the Ternopil National Technical University*. 2023, № 1 (109). P. 99–109.
13. Pankiv V.R., Tokarchuk O.A. Investigation of constructive geometrical and filling coefficients of combined grinding screw conveyor. *INMATEH–Agricultural engineering*. 2017. Vol. 51. No. 1/2017. P. 59–68.
14. Feasibility study of mixture transportation and stirring process in continuous-flow conveyors / R.B Hevko, B.O. Yazlyuk, V.R. Pankiv et al. *INMATEH–Agricultural engineering*. 2017. Vol. 51. No. 1/2017. P. 49–58.
15. Барановський В.М., Виговський А.Ю., Сторожук І.М., Паньків В.Р. Розрахунок параметрів робочих органів гичкозбиральних машин : монографія. К.: Компринт, 2015. 242 с.
16. Berezhenko E., Pankiv M., Jobbagy Jan, Berezhenko B. Experimental research of the module for gathering plant of chicory roots. *Scientific Journal of TNTU*. 2021. No. 1 (101). P. 56–67.
17. Baranovsky V., Potapenko M. Theoretical analysis of the technological feed of lifted root crops. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2017. Vol. 51. No. 1/2017. P. 29–38.
18. Baranovsky V., Dubchak N., Pankiv M. Experimental research of stripping the leaves from root crops. *Acta Technologica Agriculturae*. 2017. Vol. 20. No. 3. P. 69–73.

References

1. Baranovskyi, V.M., Berezhenko, Ye.B., Pankiv, M.R., Berezhenko, B.M. & Boiko, V.A. (2022). *Tekhnologichni aspekty protsesiv roboty hychkozbyralnykh moduliv [Technological aspects of the processes of the work of the ginseng harvesting modules]* Ternopil : Redaktsiino-vydavnychiy viddil Ternopils'koho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu imeni Ivaha Puliuia [in Ukrainian].
2. Boyko Volodymyr (2023). Mathematical model of the process of contact interaction of the copier with the head of the chicory root crop. *Scientific Journal of the TNTU, Vol. 111. No 3*. P. 115–125.
3. Viktor Baranovskyi, Halyna Herasymchuk, Natalia Dubchak, Yevhen Berezhenko, Volodymyr Boiko. (2020). Eksperymentalni doslidzhennia ahrobiologichnykh kharakterystyk koreneplodiv [Experimental studies of agrobiological characteristics of root crops]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu: ahroinzhenerni doslidzhennia – Bulletin of the Lviv National Agrarian University: agricultural engineering research, № 24*, 13–21. [in Ukrainian].
4. Baranovskyi, V.M., Pidhurskyi, M.I., Pankiv, M.R., Tesliuk, V.V. & Onyshchenko, V.B. (2014). Osnovy rozrobky adaptovanykh transportno-tekhnologichnykh system korenezbyralnykh mashyn []. Vydavnytstvo Ternopils'koho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Ternopil: TNTU im. I. Puliuia [in Ukrainian].
5. Hurchenko, O.P. & Baranovskyi, V.M. (1995). Rezultaty vyprobuvannia modernizovanoi korenezbyralnoi mashyny MKK-6A [Test results of the modernized MKK-6A root harvester]. *Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva – Mechanization and electrification of agriculture, Issue 81*, 57–60. [in Ukrainian].
6. Baranovskyi, V.M. (2013). Transportno-tekhnologichni systemy ochysnykh robochykh orhaniv adaptovanoi korenezbyralnoi mashyny. Silskohospodarski mashyny [Transport and technological systems of cleaning working bodies of the adapted root harvester. Agricultural machinery]. 18–29. [in Ukrainian].
7. Ramsh, V. u., Baranovskyi, V. ., Pankiv, M.R. & Herasymchuk, H.A. (2011). Analiz tendentsii rozvytku robochykh orhaniv dlia separatsii vorokhu koreneplodiv [Analysis of trends in the development of working organs for the separation of a pile of root crops]. *Naukovi notatky – Scientific notes, № 31*, 298–305. [in Ukrainian].
8. Smal, M.V., Herasymchuk, O.O. & Baranovskyi, V.M. (2012). Matematychni modeli protsesu kopiiuvannia holovok koreneplodiv kopirom pasyvnoho doobrizchyka zalyshkiv hychky [Mathematical models of the process of copying the heads of root crops with the copier of the passive trimmer of the remains of the ghee]. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu. Seriya: Tekhnichni nauky – Collection of scientific works of the Vinnytsia National Agrarian University. Series: Technical sciences, Vol 1. № 11*, 206–212. [in Ukrainian].
9. Voitiuk, D.H., Baranovskyi, V.M., Bulhakov, V.M. et al. (2005). *Silskohospodarski mashyny. Osnovy teorii ta rozrakhunku [Agricultural machinery. Basics of theory and calculation]*. D. H. Voitiuka (Eds.). Kyiv: Vyscha osvita [in Ukrainian].
10. Baranovskyi, V.M. (2008). Rezultaty teoretychno-eksperymentalnykh doslidzhen sekundnoi podachi

- vorokhu koreneplodiv [The results of theoretical and experimental studies of the second supply of a pile of root crops]. *Mekhanizatsiia silskohospodarskoho vyrobnytstva – Mechanization of agricultural production, Vol. 1*, 111–118. [in Ukrainian].
11. Viktor Baranovsky, Maria Pankiv, Oleksiy Kukhar et al. (2022). Results of the experimental investigations of fodder beets harvesting technologies. *Scientific Journal of the Ternopil National Technical University. No 2 (106)*. P. 16–26 [in English].
 12. Volodymyr Boyko, Baranovsky Viktor, Pankiv Vitalii, Onyshchenko Volodymyr, Marinenko Sergey (2023). The results of the study of the cutter of the remains of root crops haulm. *Scientific Journal of the Ternopil National Technical University, № 1 (109)*. P. 99–109[in English].
 13. Pankiv, V.R. & Tokarchuk, O.A. (2017). Investigation of constructive geometrical and filling coefficients of combined grinding screw conveyor. *INMATEH–Agricultural engineering. Vol. 51. No. 1/2017*. P. 59–68 [in English].
 14. Hevko R.B., Yazlyuk, B.O., Pankiv, V.R. et al. (2017). Feasibility study of mixture transportation and stirring process in continuous-flow conveyors. *INMATEH–Agricultural engineering. Vol. 51. No. 1/2017*. P. 49–58 [in English].
 15. Baranovskyi, V.M., Vyhovskyi, A.Iu., Storozhuk, I.M. & Pankiv, V.R. (2015). *Rozrakhunok parametriv robochykh orhaniv hychkozbyralnykh mashyn [Calculation of the parameters of the working bodies of the sorghum harvesting machines]*. Kyiv: Kompynt [in Ukrainian].
 16. Berezhenko, E., Pankiv, M., Jobbagy, Jan & Berezhenko, B. (2021). Experimental research of the module for gathering plant of chicory roots. *Scientific Journal of TNTU. No. 1 (101)*. P. 56–67 [in English].
 17. Baranovsky, V. & Potapenko, M. (2017). Theoretical analysis of the technological feed of lifted root crops. *INMATEH – Agricultural Engineering. Vol. 51. No. 1/2017*. P. 29–38 [in English].
 18. Baranovsky, V., Dubchak, N. & Pankiv, M. (2017). Experimental research of stripping the leaves from root crops. *Acta Technologica Agriculturae. Vol. 20. No. 3*. P. 69–73 [in English].

Mykola Pidhurskyi, Prof., DSc.

Ternopil I. Puluji national technical university, Ternopil, Ukraine

Mykola Boris, Assoc. Prof., Phd tech. sci.

Khmelnitskyi National University, Khmelnytskyi. Ukraine

Hanna Tsyon, Assoc. Prof., Phd tech. sci.

Ternopil I. Puluji national technical university, Ternopil, Ukraine

Experimental Studies of the Width of the Formed Swath of Cut Chicory Root Crops

The search for effective technical solutions and scientific directions for substantiating the rational parameters of the working bodies of hedge cutting devices, which ensure an increase in the production of the strategically important for the leading sectors of the economy of Ukraine (energy - biofuel, food - coffee, pharmaceutical - inulin) culture, or root crops of chicory is a relevant and significant direction research, both for science and practice.

The article provides the results of testing the adequacy of the developed analytical model, which functionally describes the process of unloading the cut stubble onto the surface of the harvested field by the transport element (screw conveyor) of the stubble cutting module of the root harvester depending on the parameters of the screw conveyor. Based on the processing of the experimental array of data, the regression equation of the change in the width of the formed swath of cut swath was obtained depending on the input parameters: the speed of the swath harvesting module, the swath yield and the rotation frequency of the screw conveyor.

It was found that within the range of variation of the input factors, the speed of movement of the module from 1.6 to 2.4 m/s, the yield of chicory root crops from 120 to 180 t/ha and the rotation frequency of the screw conveyor from 40 to 100 rpm, the width of the formed roll of chopped the width of the swath is in the range from 0.5 to 1.4 m. The difference between the experimental and theoretical values of the width of the formed swath is within 5...10%. The obtained results of scientific research are a further step in the improvement of the methodology for optimizing the rational parameters of the working bodies of root-harvesting machines.

root crops of chicory, process, cut scallions, remains of scallions, model, factors, parameters

Одержано (Received) 02.10.2023

Прорецензовано (Reviewed) 17.10.2023

Прийнято до друку (Approved) 30.10.2023