

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПОДАЧІ КОМПОНЕНТІВ ВОРОХУ КОРЕНЕПЛОДІВ ЦИКОРІЮ ДО ОЧИСНИКА

Євгеній Олійник, к. т. н., Валерій Войтюк, д. т. н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

вул. Героїв Оборони, 15, Київ, Україна,

e-mail: evgeniy1991oleynik@ukr.net

<https://doi.org/10.31734/agroengineering2018.01.053>

Постановка проблеми. Виробництво продукції переробки цикорію корента провідною галуззю агропромислового комплексу України. Коренеплоди цикорію використовують у фармацевтичній, кавовій, спиртовій та кондитерській галузях. Продукція двох переробних заводів України, які завантажені на 15...25 % виробничої потужності, експортується у Францію, Бельгію, Угорщину, РФ, Республіку Білорусь, США та інші країни [21].

Цінність коренеплодів цикорію визначається вмістом у них різновидів цукринів – інуліну, фруктози, глюкозиду інтибіну, різних видів корисних для організму та рідкісних у натуральних продуктах кислот, вітамінів, а також мікроелементів із включеннями заліза, міді, цинку, хрому. Крім того, гичка коренеплодів є одним із джерел повернення поживних речовин після її розкидання на зібране поле та загортання в ґрунт, а коренеплоди – це екологічно чисті продуктивні відновлювані джерела енергії для виробництва біоетанолу.

Під час збирання коренеплодів цикорію (урожайність 250 ц/га і більше) знижується їх повнота збирання, втрати коренеплодів на поверхні ґрунту сягають 15...30 %. У разі збільшення вологості ґрунту до 22...28 % якість роботи коренезбиральних машин погіршується у 2...6 разів, а на сухих твердих ґрунтах (абсолютна вологість 6...12 %) спостерігається значне, до 20...40 %, забруднення вороху коренеплодів грудками землі [5; 13; 23].

Основними причинами зниження виробництва коренеплодів цикорію є недосконалість техніки для збирання та невідповідність показників якості роботи встановленим вимогам [19]. Від застосованих компоновальних схем очисних систем і параметрів їх робочих органів залежать якість очищення коренеплодів від домішок, їх пошкодження та втрати.

Підвищення ефективності збирання коренеплодів цикорію і, як наслідок, підвищення

якості продукції їх переробки вимагають принципово нових підходів до розробки та впровадження прогресивних технологій збирання [2].

Шляхами підвищення показників якості виконання технологічного процесу збирання коренеплодів цикорію, які являють собою комплексну науково-технічну задачу, є пошук нових конструктивних схем комбінованих робочих органів і створених на їх базі вдосконалених очисників вороху коренеплодів цикорію та компоновальних схем коренезбиральних машин загалом. Одним із резервів підвищення якості очищення коренеплодів цикорію є інтенсифікація технологічного процесу відокремлення компонентів домішок від коренеплодів за допомогою застосування вдосконалених очисних систем з комбінованим робочим органом, які реалізують додатковий динамічний ефект одночасної взаємодії очисних елементів із компонентами домішок і коренеплодами [3; 16].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Питання методології та методики розроблення нової техніки з використанням аналітичного було традиційною ічного моделювання технологічних процесів збирання коренеплодів розглянуто у наукових працях [1; 4; 6; 7; 9–12; 18].

Аналіз відомих праць показав, що в повному обсязі результатами й методами аналітичного розрахунку подачі компонентів викопаного вороху коренеплодів до очисника скористатися неможливо. У працях викладено тільки загальні положення, які описують технологічні процеси викопування без урахування агробіологічних умов розташування коренеплодів у ґрунтово-коренеплідному середовищі, можливої мінливості зміни урожайності гички та коренеплодів тощо.

Тому, незважаючи на значний обсяг методів і принципів розробки аналітичних моделей, є певні обмеження щодо їх застосування для обґрунтування та оптимізації основних параметрів робочих органів очисників вороху коренеплодів, що й зумовило необхідність проведення даних досліджень.

Постановка завдання. Технологічний процес роботи вдосконаленого очисника вороху (рис. 1) регламентується та значною мірою залежить від технологічної подачі складових компонентів викопаного вороху до робочих органів очисника.

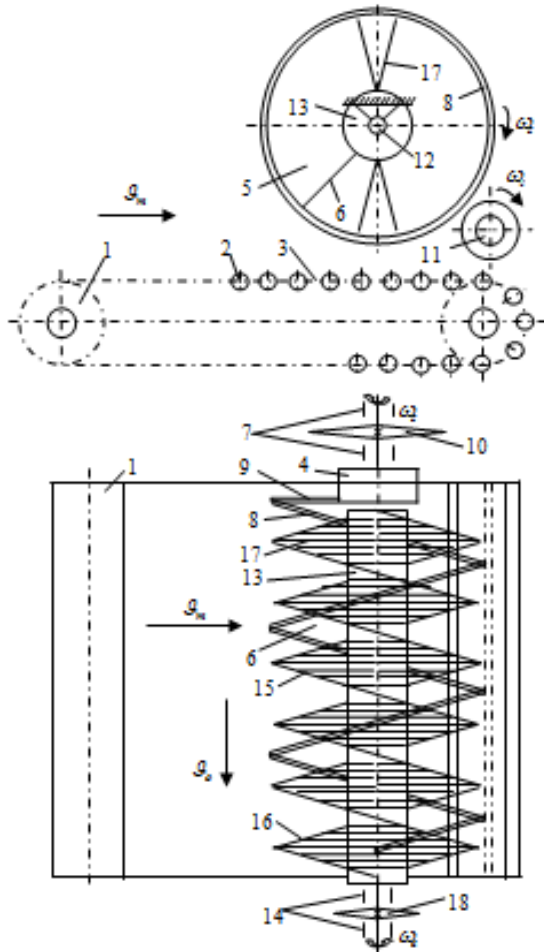


Рис. 1. Конструктивна схема очисника вороху:
 1 – подавальний транспортер; 2 – пруток; 3 – робоча гілка; 4 – гвинт; 5 – пустотілий гвинтовий циліндр; 6 – виток; 7, 14 – опори; 8 – труба; 9 – фланець; 10, 18 – зірочки; 11 – відкидний валець; 12 – приводний вал; 13 – барабан; 15, 16 – гвинтові лінії; 17 – очисні елементи

Fig. 1. Constructive scheme of the heater cleaner:
 1 – feed conveyor; 2 – rod; 3 – working branch; 4 – screw; 5 – hollow screw cylinder; 6 – turn; 7, 14 – support; 8 – pipe; 9 – a flange; 10, 18 – an asterisk; 11 – folding roller; 12 – drive shaft; 13 – drum; 15, 16 – screw line; 17 – cleaning elements

Складовими компонентами технологічної подачі викопаного вороху є технологічна подача до робочих органів очисної системи викопаних коренеплодів і домішок. Домішки вороху можуть

бути ґрунтового та рослинного походження, а також перебувати у вільному та «зв'язаному» станах відносно чистих коренеплодів (рис. 2).

При цьому технологічна подача складових компонентів викопаного вороху до робочих органів очисної системи залежатиме від багатьох факторів як конструктивного, так і технологічного характеру:

- технологічна подача коренеплодів цикорію залежить від урожайності коренеплодів, швидкості руху та рядності коренезбиральної машини, втрат коренеплодів під час викопування та їх переміщення до робочих органів очисної системи;

- технологічна подача вільних ґрунтових домішок залежить від конструкції та глибини ходу викопувальних робочих органів і швидкості руху машини, фізико-механічних властивостей і характеристик ґрунтового навколоплідного середовища, коефіцієнтів просіювання вільних ґрунтових домішок під час викопування та їх переміщення до робочих органів очисної системи;

- технологічна подача налиплого ґрунту на поверхні тіла викопаних коренеплодів залежить від розмірних параметрів і глибини залягання коренеплодів у ґрунтовому навколоплідному середовищі, конструкції та параметрів викопувальних робочих органів, фізико-механічних властивостей і характеристик середовища;

- технологічна подача рослинних компонентів залежить від урожайності гички коренеплодів цикорію, кількості бур'янів на один погонний метр поля, їх агробіологічних характеристик і властивостей, швидкості руху модуля для збирання гички, його ширини захвату, або кількості рядків коренеплодів, з яких одночасно зрізується гичка, показників якості зрізування та підбирання зрізаної гички робочими органами [9; 14; 22; 25].

Тому для обґрунтування параметрів робочих органів очисної системи на стадії її конструктивної розробки та проектування доцільно проаналізувати та визначити на теоретичному рівні можливі межі зміни технологічної подачі складових компонентів вороху до робочих органів очисника з метою отримання аналітичних функціональних закономірностей їх зміни від параметрів насаджень коренеплодів і робочих органів коренезбиральної машини.

Метою роботи є підвищення ефективності відокремлення домішок від коренеплодів цикорію завдяки вдосконаленню конструкції та вибору раціональних параметрів очисника з комбінованим робочим органом.

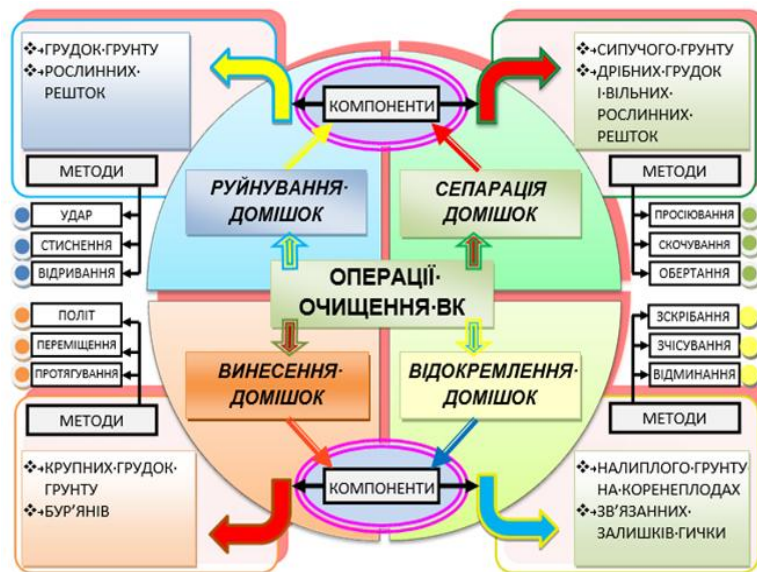


Рис. 2. Схема операцій очищення вороху коренеплодів
Fig. 2. Scheme of operations for cleaning the rocks of root crops

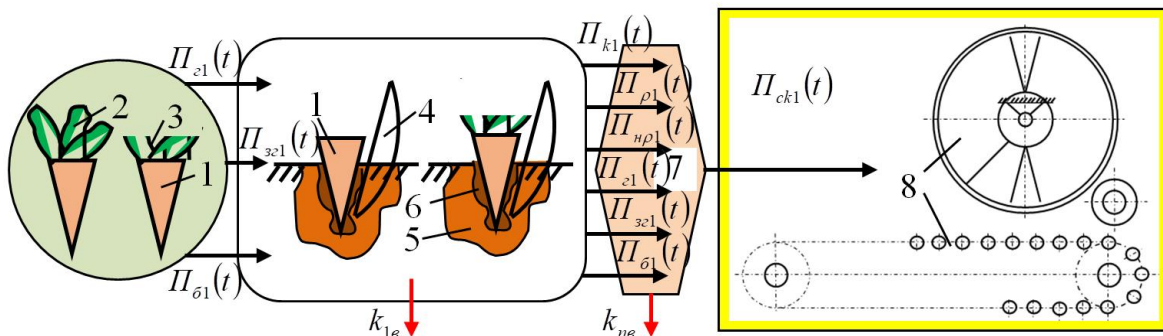


Рис. 3. Схема технологічної подачі складових компонентів вороху до робочих органів очисника:
 1 – коренеплід; 2 – гичка; 3 – залишки гички; 4 – копач; 5 – навколоплідне ґрунтове середовище; 6 – налиплий ґрунт; 7 – з’єднувальна ланка коренезбиральної машини; 8 – очисник вороху
Fig. 3. Scheme of technological delivery of constituent components of a heap to the working bodies of the cleaner:
 1 – root; 2 – hitch; 3 – the remnants of the hook; 4 – a digger; 5 – amniotic soil environment; 6 – clay soil; 7 – the connecting link of the root-cutting machine; 8 – heap cleaner

Виклад основного матеріалу. Теоретичний аналіз технологічної подачі складових компонентів вороху до робочих органів очисника проведемо в такому порядку.

Відомо [17; 24], що теоретична технологічна подача складових компонентів вороху з одного рядка коренеплодів 1 (рис. 3) за проміжок часу t руху коренезбиральної машини, яку позначимо через $\Pi_{ck1}(t)$, складається зі сумарної подачі чистих коренеплодів $\Pi_{k1}(t)$ і домішок $\Pi_{\sigma 1}(t)$, які складаються з вільного ґрунту $\Pi_{r1}(t)$, налиплого ґрунту на поверхні тіла викопаних коренеплодів

$\Pi_{nr1}(t)$, втрат зрізаної вільної гички $\Pi_{\sigma 1}(t)$ та бур’янів $\Pi_{\sigma 1}(t)$, залишків гички на головках коренеплодів $\Pi_{\sigma 2}(t)$, які знаходяться в рядку або в одному суміжному міжрядді:

$$\Pi_{ck1}(t) = \Pi_{k1}(t) + \Pi_{r1}(t) + \Pi_{nr1}(t) + \Pi_{\sigma 1}(t) + \Pi_{\sigma 2}(t) + \Pi_{\sigma 3}(t) \quad (1)$$

Якщо збирання коренеплодів цикорію 1 (рис. 4) відбувається одночасно з N рядків, тоді подача $\sum_{i=1}^N \Pi_{cki}(t)$ (де $i = 1, 2, \dots, N$) складових компонентів вороху до робочих органів очисної

системи за проміжок часу t руху коренезбиральної машини згідно з (1) визначається так:

$$\sum_{i=1}^N \Pi_{cki}(t) = \sum_{i=1}^N \Pi_{ki}(t) + \sum_{i=1}^N \Pi_{ri}(t) + \sum_{i=1}^N \Pi_{nri}(t) + \sum_{i=1}^n \Pi_{zi}(t) + \sum_{i=1}^N \Pi_{\bar{o}i}(t) + \sum_{i=1}^N \Pi_{\bar{z}zi}(t) \quad (2)$$

де $\sum_{i=1}^N \Pi_{ki}(t)$ – сумарна подача чистих коренеплодів з N рядків за час t , кг; $\sum_{i=1}^N \Pi_{ri}(t)$ – сумарна подача вільного ґрунту з N рядків за час t , кг; $\sum_{i=1}^N \Pi_{nri}(t)$ – сумарна подача налиплого ґрунту на поверхні викопаних коренеплодів з N рядків за час t , кг; $\sum_{i=1}^n \Pi_{zi}(t)$ – сумарна подача втрат зрізаної вільної гички з N рядків за час t , кг; $\sum_{i=1}^N \Pi_{\bar{o}i}(t)$ – сумарна подача втрат зрізаних бур'янів з N міжрядь за час t , кг; $\sum_{i=1}^N \Pi_{\bar{z}zi}(t)$ – сумарна подача залишків гички з N рядків за час t , кг; $\Pi_{r1}(t), \Pi_{r2}(t), \dots, \Pi_{rN}(t)$ – подача вільного ґрунту з 1, 2, ..., N -го рядка за час t , кг; $\Pi_{nr1}(t), \Pi_{nr2}(t), \dots, \Pi_{nrN}(t)$ – подача налиплого ґрунту з 1, 2, ..., N -го рядка за час t , кг; $\Pi_{z1}(t), \Pi_{z2}(t), \dots, \Pi_{zN}(t)$ – подача втрат гички з 1, 2, ..., N -го рядка за час t , кг; $\Pi_{\bar{o}1}(t), \Pi_{\bar{o}2}(t), \dots, \Pi_{\bar{o}N}(t)$ – подача втрат бур'янів з 1, 2, ..., N -го рядка за час t , кг; $\Pi_{\bar{z}z1}(t), \Pi_{\bar{z}z2}(t), \dots, \Pi_{\bar{z}zN}(t)$ – подача залишків гички з 1, 2, ..., N -го рядка за час t , кг.

При цьому складові залежності (2), які визначають сумарну подачу $\sum_{i=1}^N \Pi_{cki}(t)$ складових компонентів вороху до робочих органів очисної системи з N рядків за проміжок часу t , визначають за формулою

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N \Pi_{ki}(t) = \Pi_{k1}(t) + \Pi_{k2}(t) + \dots + \Pi_{kN}(t); \\ \sum_{i=1}^N \Pi_{ri}(t) = \Pi_{r1}(t) + \Pi_{r2}(t) + \dots + \Pi_{rN}(t); \\ \sum_{i=1}^N \Pi_{nri}(t) = \Pi_{nr1}(t) + \Pi_{nr2}(t) + \dots + \Pi_{nrN}(t); \\ \sum_{i=1}^n \Pi_{zi}(t) = \Pi_{z1}(t) + \Pi_{z2}(t) + \dots + \Pi_{zN}(t); \\ \sum_{i=1}^N \Pi_{\bar{o}i}(t) = \Pi_{\bar{o}1}(t) + \Pi_{\bar{o}2}(t) + \dots + \Pi_{\bar{o}N}(t); \\ \sum_{i=1}^N \Pi_{\bar{z}zi}(t) = \Pi_{\bar{z}z1}(t) + \Pi_{\bar{z}z2}(t) + \dots + \Pi_{\bar{z}zN}(t) \end{cases} \quad (3)$$

де $\Pi_{k1}(t), \Pi_{k2}(t), \dots, \Pi_{kN}(t)$ – подача чистих коренеплодів з 1, 2, ..., N -го рядка за час t , кг; $\Pi_{r1}(t), \Pi_{r2}(t), \dots, \Pi_{rN}(t)$ – подача вільного ґрунту з 1, 2, ..., N -го рядка за час t , кг; $\Pi_{nr1}(t), \Pi_{nr2}(t), \dots, \Pi_{nrN}(t)$ – подача налиплого ґрунту з 1, 2, ..., N -го рядка за час t , кг; $\Pi_{z1}(t), \Pi_{z2}(t), \Pi_{zN}(t)$ – подача втрат гички з 1, 2, ..., N -го рядка за час t , кг; $\Pi_{\bar{o}1}(t), \Pi_{\bar{o}2}(t), \Pi_{\bar{o}N}(t)$ – подача втрат бур'янів з 1, 2, ..., N -го рядка за час t , кг; $\Pi_{\bar{z}z1}(t), \Pi_{\bar{z}z2}(t), \Pi_{\bar{z}zN}(t)$ – подача залишків гички з 1, 2, ..., N -го рядка за час t , кг.

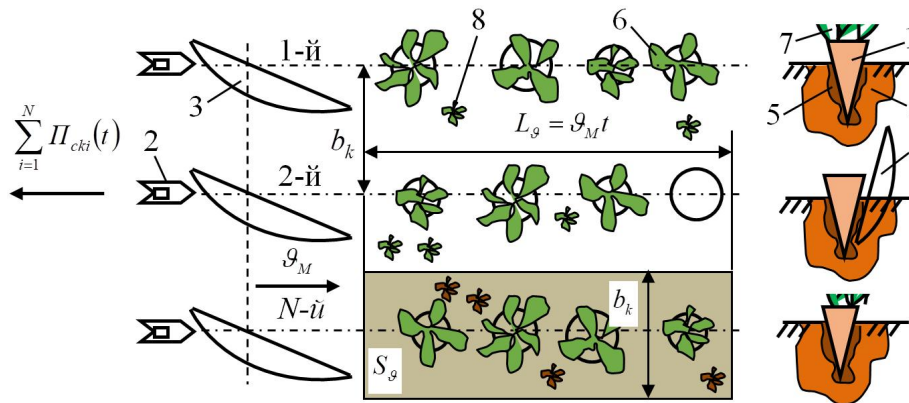


Рис. 4. Схема до розрахунку технологічної подачі складових компонентів вороху до робочих органів очисної системи:

1 – коренеплід; 2 – розпушувач; 3 – сферичний диск; 4 – навколоплідне ґрунтове середовище; 5 – налиплий ґрунт; 6 – гичка коренеплодів; 7 – залишки гички; 8 – бур'яни

Fig. 4. Scheme to calculate the technological supply of constituent components of the heap to the working organs of the purification system:

1 – root; 2 – spreader; 3 – spherical disk; 4 – amniotic soil environment; 5 – soaked soil; 6 – a stick of roots; 7 – the remains of the hinge; 8 – weeds

Для подальшого розрахунку та аналізу подачі складових компонентів вороху до робочих органів очисної системи приймаємо припущення, що коренеплоди цикорію викопуються копачем, який складається з одностороннього сферичного диска 3 (див. рис. 4) та розпушувача 2. Згідно з результатами досліджень [23], поєднання диска та розпушувача забезпечує ефективне викопування коренеплодів порівняно з іншими відомими типами копачів.

Подача $\Pi_{ki}(t)$ чистих коренеплодів I (див. рис. 1) з кожного окремого 1, 2, ..., N -го рядка за проміжок часу t за швидкості руху корене-збиральної машини J_M дорівнює різниці подачі коренеплодів $\Pi_{uk}(t)$, які залягають у навколоплідному ґрунтовому середовищі до їх викопування, та сумарних втрат $\sum \Pi_{\sigma k}(t)$ коренеплодів або їх частин, які виникають у процесі їх викопування робочими органами 2, 3 копача та переміщення до робочих органів очисної системи:

$$\left\{ \begin{aligned} \Pi_{k1}(t) &= \Pi_{uk1}(t) - \sum \Pi_{\sigma k1}(t) = \\ &= \Pi_{uk1}(t) - [\Pi_{\sigma k1}(t) + \Pi_{nk}(t_n)]; \\ \Pi_{k2}(t) &= \Pi_{uk2}(t) - \sum \Pi_{\sigma k2}(t) = \\ &= \Pi_{uk2}(t) - [\Pi_{\sigma k2}(t) + \Pi_{nk}(t_n)]; \\ &\dots\dots\dots; \\ \Pi_{kN}(t) &= \Pi_{ukN}(t) - \sum \Pi_{\sigma kN}(t) = \\ &= \Pi_{ukN}(t) - [\Pi_{\sigma kN}(t) + \Pi_{nk}(t_n)] \end{aligned} \right. \quad (4)$$

де $\Pi_{uk1}(t)$, $\Pi_{uk2}(t)$, ..., $\Pi_{ukN}(t)$ – подача коренеплодів, які залягають у навколоплідному ґрунтовому середовищі до їх викопування з 1, 2, ..., N -го рядка за час t , кг; $\Pi_{\sigma k1}(t)$, $\Pi_{\sigma k2}(t)$, ..., $\Pi_{\sigma kN}(t)$ – втрати коренеплодів, які виникають під час їх викопування з навколоплідного ґрунтового середовища з 1, 2, ..., N -го рядка за час t , кг; $\Pi_{nk}(t_n)$ – втрати коренеплодів, які виникають у процесі переміщення викопаних коренеплодів по робочих органах до робочих органів очисника за час переміщення t_n , кг.

Подача коренеплодів $\Pi_{uki}(t)$, які залягають у навколоплідному ґрунтовому середовищі до їх викопування з кожного окремого i -го рядка, складається з подачі суми мас $\sum_{j=1}^n m_{kj}$ кожного викопаного копачем коренеплоду I (див. рис. 3) за проміжок часу t за швидкості руху корене-збиральної машини J_M , або кожного коренеплоду

I , які розташовуються на довжині рядка $L_j = J_M t$, тобто

$$\left\{ \begin{aligned} \Pi_{uk1}(t) &= \sum_{j=1}^n m_{kj1}(t) = m_{k11}z_{11}(t) + \\ &+ m_{k21}z_{21}(t) + \dots + m_{kn1}z_{n1}(t); \\ \Pi_{uk2}(t) &= \sum_{j=1}^n m_{kj2}(t) = m_{k12}z_{12}(t) + \\ &+ m_{k22}z_{22}(t) + \dots + m_{kn2}z_{n2}(t); \\ &\dots\dots\dots; \\ \Pi_{ukN}(t) &= \sum_{j=1}^n m_{kjN}(t) = m_{k1N}z_{1N}(t) + \\ &+ m_{k2N}z_{2N}(t) + \dots + m_{knN}z_{nN}(t) \end{aligned} \right. \quad (5)$$

де $j = 1, 2, \dots, n$ – кількість масових фракцій коренеплоду цикорію; $\sum_{j=1}^n m_{kj1}(t)$, $\sum_{j=1}^n m_{kj2}(t)$, ...,

$\sum_{j=1}^n m_{kjN}(t)$ – подача суми мас кожного викопаного копачем коренеплоду з 1, 2, ..., N -го рядка за час t , кг;

$$\sum_{j=1}^n m_{kjN}(t) = m_{k1N}z_{1N}(t) + m_{k2N}z_{2N}(t) + \dots + m_{knN}z_{nN}(t),$$

де m_{11k} , m_{12k} , ..., m_{1nk} ; m_{21k} , m_{22k} , ..., m_{2nk} ; m_{N1k} , m_{N2k} , ..., m_{Nnk} – маса 1, 2, ..., n -ої масової фракції коренеплоду цикорію, які викопуються з 1, 2, ..., N -го рядка, кг.

Для спрощення задачі та більш зручного практичного використання залежностей (5) під час проведення розрахунку та аналізу подачі коренеплодів $\Pi_{uk}(t)$, які залягають у навколоплідному ґрунтовому середовищі до їх викопування, виразимо суму мас $\sum_{j=1}^n m_{kj}$ кожного викопаного копачем коренеплоду I (див. рис. 2), які розташовуються на довжині рядка $L_j = J_M t$, через урожайність коренеплодів U_{ki} кожного окремого 1, 2, ..., N -го рядка. При цьому:

$$\left\{ \begin{aligned} \sum_{j=1}^n m_{kj1}(t) &= 10^{-2} S_j U_{k1} = \\ &= 10^{-2} U_{k1} L_j b_k = 10^{-2} U_{k1} J_M t b_k; \\ \sum_{j=1}^n m_{kj2}(t) &= 10^{-2} S_j U_{k2} = \\ &= 10^{-2} U_{k2} L_j b_k = 10^{-2} U_{k2} J_M t b_k; \\ &\dots\dots\dots; \\ \sum_{j=1}^n m_{kjN}(t) &= 10^{-2} S_j U_{kN} = \\ &= 10^{-2} U_{kN} L_j b_k = 10^{-2} U_{kN} J_M t b_k \end{aligned} \right. \quad (6)$$

де $U_{k1}, U_{k2}, \dots, U_{kN}$ – урожайність коренеплодів кожного окремого 1, 2, ..., N -го рядка, ц/га; S_J – площа ділянки поля, м²; L_J – довжина рядка, м; b_k – ширина міжряддя, м.

Для визначення подачі $\Pi_{ik}(t)$ чистих коренеплодів з кожного окремого 1, 2, ..., N -го рядка за проміжок часу t за швидкості руху коренезбиральної машини J_M виконаємо заміну масового значення втрат коренеплодів $\Pi_{kk1}(t)$, $\Pi_{kk2}(t)$, ..., $\Pi_{kkN}(t)$ шляхом введення поправкового коефіцієнта втрат k_{ei} коренеплодів з кожного окремого i -го рядка (де $i = 1, 2, \dots, N$) за проміжок часу t . Цей коефіцієнт k_{ei} характеризує відсоткове зменшення відповідної подачі коренеплодів відносно подачі $\Pi_{ki}(t)$ під час процесу викопування, при цьому $\Delta\Pi_{kki}(t) = \Pi_{ki}(t) \cdot k_{ei}$, або

$$\Pi_{ki}^*(t) = \Pi_{ki}(t) - \Pi_{ki}(t)k_{ei} = \Pi_{ki}(t)(1 - k_{ei}), \quad (7)$$

де $\Delta\Pi_{kki}(t)$ – значення втрат коренеплодів під час викопування, кг.

Тоді рівняння (6) з врахуванням (5), (7) матиме такий вигляд:

$$\begin{cases} \Pi_{uk1}^*(t) = 10^{-2} U_{k1} J_M t b_k (1 - k_{e1}); \\ \Pi_{uk2}^*(t) = 10^{-2} U_{k2} J_M t b_k (1 - k_{e2}); \\ \dots\dots\dots; \\ \Pi_{ukN}^*(t) = 10^{-2} U_{kN} J_M t b_k (1 - k_{eN}) \end{cases}, \quad (8)$$

де $k_{e1}, k_{e2}, \dots, k_{eN}$ – поправковий коефіцієнт втрат коренеплодів з кожного окремого 1, 2, ..., N -го рядка.

Аналогічно для $\Pi_{kk1}(t)$, $\Pi_{kk2}(t)$, ..., $\Pi_{kkN}(t)$ виконаємо заміну масового значення втрат коренеплодів $\Pi_{nk}(t_n)$, які виникають у процесі переміщення викопаних коренеплодів по робочих органах коренезбиральної машини до робочих органів очисної системи за час переміщення t_n , шляхом введення поправкового коефіцієнта втрат k_{ne} . Цей коефіцієнт k_{ne} характеризує відсоткове значення зменшення відповідної подачі коренеплодів відносно подачі $\Pi_{ki}(t)$ під час переміщення викопаних коренеплодів до робочих органів очисної системи [8].

Тоді аналогічно запису (7) поправкового коефіцієнта k_{ei} можна записати, що

$$\Delta\Pi_{kni}(t) = \Pi_{ki}^*(t)k_{ne},$$

або

$$\Pi_{ki}^*(t) = \Pi_{ki}^*(t) - \Pi_{ki}^*(t)k_{ne} = \Pi_{ki}(t)(1 - k_{ne}), \quad (9)$$

де $\Delta\Pi_{kni}(t)$ – значення втрат коренеплодів під час їх переміщення до робочих органів очисної системи, кг.

Тоді рівняння (9) можна записати таким чином:

$$\begin{cases} \Pi_{uk1}^*(t) = 10^{-2} U_{k1} k_{e1} k_{ne} J_M t b_k; \\ \Pi_{uk2}^*(t) = 10^{-2} U_{k2} k_{e2} k_{ne} J_M t b_k; \\ \dots\dots\dots; \\ \Pi_{ukN}^*(t) = 10^{-2} U_{kN} k_{eN} k_{ne} J_M t b_k \end{cases}, \quad (10)$$

Таким чином, згідно з першим рівнянням (3) і рівняннями (4), (10), сумарна подача $\sum_{i=1}^N \Pi_{ki}(t)$ чистих коренеплодів з N рядків за проміжок часу t до робочих органів очисної системи буде визначатися за формулою

$$\sum_{i=1}^N \Pi_{ki}^*(t) = 10^{-2} \left[\begin{array}{l} U_{k1}(1 - k_{e1}) + \\ + U_{k2}(1 - k_{e2}) + \dots + \\ + U_{kN}(1 - k_{eN}) \end{array} \right] \times J_M t b_k (1 - k_{ne}) \quad (11)$$

Якщо у правій частині рівняння (11) проміжок часу t прийняти рівним 1 секунді ($t = 1$ с), отримаємо секундну подачу Π_k викопаних чистих коренеплодів з N рядків, які переміщуються до робочих органів очисної системи, або

$$\Pi_k = 10^{-2} \left[\begin{array}{l} U_{k1}(1 - k_{e1}) + U_{k2}(1 - k_{e2}) + \dots + \\ + U_{kN}(1 - k_{eN}) \end{array} \right] \times J_M b_k (1 - k_{ne}) \quad (12)$$

На першому етапі аналізу секундної подачі Π_k викопаних чистих коренеплодів з N рядків до робочих органів очисної системи розглянемо розв'язок спрощеної задачі, приймаючи такі припущення та спрощення:

– урожайність коренеплодів U_{ki} кожного окремого i -го рядка однакова та дорівнює середньому значенню $U_{k.c}$;

– коефіцієнт втрат коренеплодів k_{ei} кожного окремого i -го рядка під час його викопування однаковий та дорівнює середньому значенню $k_{c.e}$.

Тоді згідно з (12) секундна подача Π_k викопаних чистих коренеплодів з N рядків до робочих органів очисної системи визначається за формулою

$$\Pi_k = 10^{-2} U_{k.c} N J_M b_k (1 - k_{c.e})(1 - k_{ne}). \quad (13)$$

Згідно з агротехнічними вимогами [9; 13] до механізованого процесу збирання коренеплодів цикорію, швидкість руху коренезбиральної машини J_M під час виконання технологічного процесу збирання коренеплодів цикорію повинна бути не меншою ніж 1,2...1,6 м/с, а втрати коренеплодів – не більшими ніж 2,5 %. Тоді максимальне значення добутку з виразу (13) $(1-k_{c.v})(1-k_{n.v})$ або значення добутку коефіцієнтів втрат коренеплодів буде становити $[(1-k_{c.v})(1-k_{n.v})] \leq [(1-0,025) = 0,975]$.

Урожайність коренеплодів цикорію залежно від сорту та агротехніки його вирощування становить 150...350 ц/га [15]. Виразимо втрати коренеплодів, які виникають під час їх викопування та подальшого переміщення до робочих органів очисної системи, через введення загального поправкового коефіцієнта втрат коренеплодів k_{ek} . Тоді добуток виразу $(1-k_{c.v})(1-k_{n.v})$ можна переписати у вигляді $(1-k_{c.v})(1-k_{n.v}) = (1-k_{ek})$.

Таким чином, відповідно до (13), секундна подача Π_k викопаних чистих коренеплодів з N рядків до робочих органів очисної системи визначається за формулою

$$\Pi_k = 10^{-2} U_{k.c} N J_M b_k (1 - k_{ek}). \quad (14)$$

За початкових умов $b_k = 0,45$ м, $N = 6$ шт. і згідно з формулою (14) побудовано залежність зміни секундної подачі Π_k чистих коренеплодів до робочих органів очисної системи (рис. 5).

Домінуючим фактором, зміна якого значно впливає на зміну Π_k (див. рис. 5), є середня урожайність $U_{k.c}$ коренеплодів цикорію – зі збільшенням $U_{k.c}$ від 150 до 350 ц/га секундна подача чистих коренеплодів до робочих органів збільшується в середньому у 2,3...2,5 раза.

Зі збільшенням швидкості руху коренезбиральної машини J_M від 1,2 м/с до 1,6 м/с секундна подача Π_k чистих коренеплодів до робочих органів очисної системи збільшується в середньому на 4,5...5,5 кг/с (рис. 6).

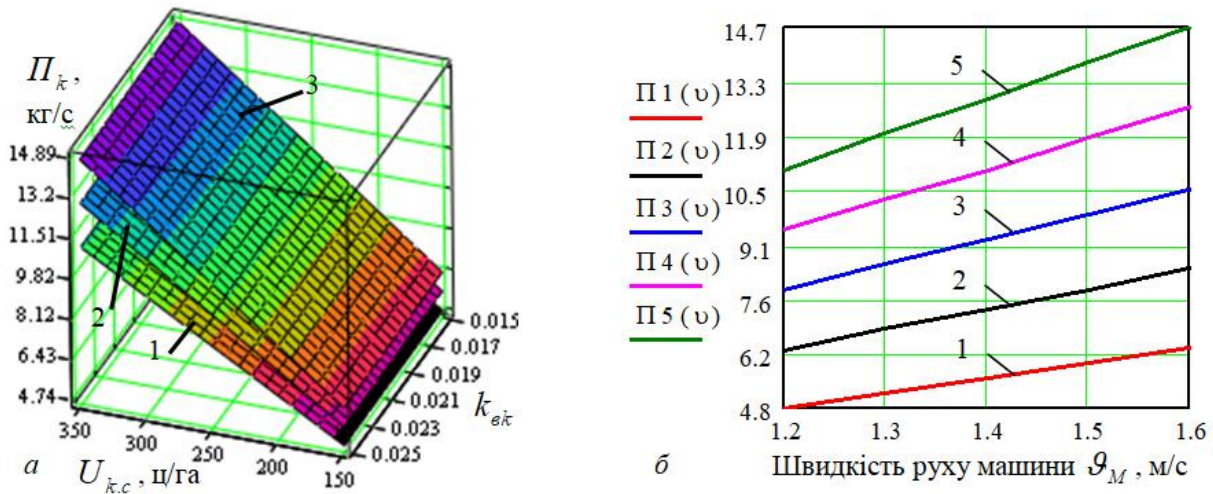


Рис. 5. Залежність зміни секундної подачі чистих коренеплодів як функція:

$a - \Pi_k = f_{II}(U_{k.c}; k_{ek})$, де 1 – $J_M = 1,2$ м/с, 2 – $J_M = 1,4$ м/с, 3 – $J_M = 1,6$ м/с;

$b - \Pi_k = f_{II}(J_M)$, де 1 – $U_{ki} = 15$ т/га, 2 – $U_{ki} = 20$ т/га, 3 – $U_{ki} = 25$ т/га, 4 – $U_{ki} = 30$ т/га,

5 – $U_{ki} = 35$ т/га

Fig. 5. Dependence of the change of the second serving of pure root crops as a function:

$a - \Pi_k = f_{II}(U_{k.c}; k_{ek})$, where 1 – $J_M = 1,2$ m/s, 2 – $J_M = 1,4$ m/s, 3 – $J_M = 1,6$ m/s;

$b - \Pi_k = f_{II}(J_M)$, where 1 – $U_{ki} = 15$ t/ha, 2 – $U_{ki} = 20$ t/ha, 3 – $U_{ki} = 25$ t/ha,

4 – $U_{ki} = 30$ t/ha, 5 – $U_{ki} = 35$ t/ha

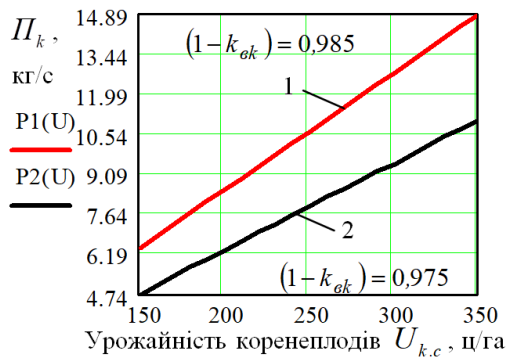


Рис. 6. Залежність зміни секундної подачі чистих коренеплодів як функція $\Pi_k = f_{\Pi}(U_{k.c})$:

$$1 - J_M = 1,6 \text{ м/с}; 2 - J_M = 1,2 \text{ м/с}$$

Fig. 6. Dependence of the change of the second serving of pure root crops as a function $\Pi_k = f_{\Pi}(U_{k.c})$:

$$1 - J_M = 1,6 \text{ m/s}; 2 - J_M = 1,2 \text{ m/s}$$

На основі графічних побудов (див. рис. 5–7) встановлено, що залежно від зміни коефіцієнта втрат коренеплодів k_{ek} у межах від 0,015 до 0,025 секундна подача чистих коренеплодів Π_k змінюється незначно: зменшення Π_k складає в середньому від 0,05 до 0,15 кг/с.

Але в реальних агротехнологічних умовах збирання коренеплодів цикорію урожайність коренеплодів на різних ділянках поля або навіть у суміжних рядках в період фізіологічної стиглості має значні коливання, що суттєво впливає на зміну

секундної подачі Π_k чистих коренеплодів до робочих органів очисної системи вороху коренеплодів [15; 20].

Для цього приймаємо такі припущення:

- урожайність U_{ki} коренеплодів цикорію кожного окремого i -го рядка (де $i = 1, 2, \dots, N$) рядка неоднакова, тобто урожайність має певні коливання в бік збільшення або зменшення від середнього значення $U_{ki.c}$ кожного окремого i -го рядка;

- мінливість зміни значення урожайності коренеплодів $U_{ki.c}$ позначимо $(\pm \Delta U_{ki})$, де вираз $(+\Delta U_{ki})$ означає збільшення середньої урожайності $U_{ki.c}$ кожного окремого i -го рядка коренеплодів цикорію, а вираз $(-\Delta U_{ki})$ – зменшення середньої урожайності $U_{ki.c}$.

Тоді з врахуванням рівняння (11) та втрат коренеплодів під час їх викопування й переміщення до робочих органів очисної системи за проміжок часу t можна записати, що теоретична сумарна подача $\sum_{i=1}^N \Pi_{ki}^{\pm}(t)$ чистих коренеплодів до робочих органів очисної системи гвинтового конвеєра з N рядків визначається за формулою

$$\sum_{i=1}^N \Pi_{ki}^{\pm}(t) = 10^{-2} \left[\begin{aligned} &(U_{k1} \pm \Delta U_{k1})(1 - k_{e1}) + \\ &+(U_{k2} \pm \Delta U_{k2})(1 - k_{e2}) + \\ &+ \dots + (U_{kN} \pm \Delta U_{kN})(1 - k_{eN}) \end{aligned} \right] \times J_M t b_k (1 - k_{ne}) \quad (15)$$

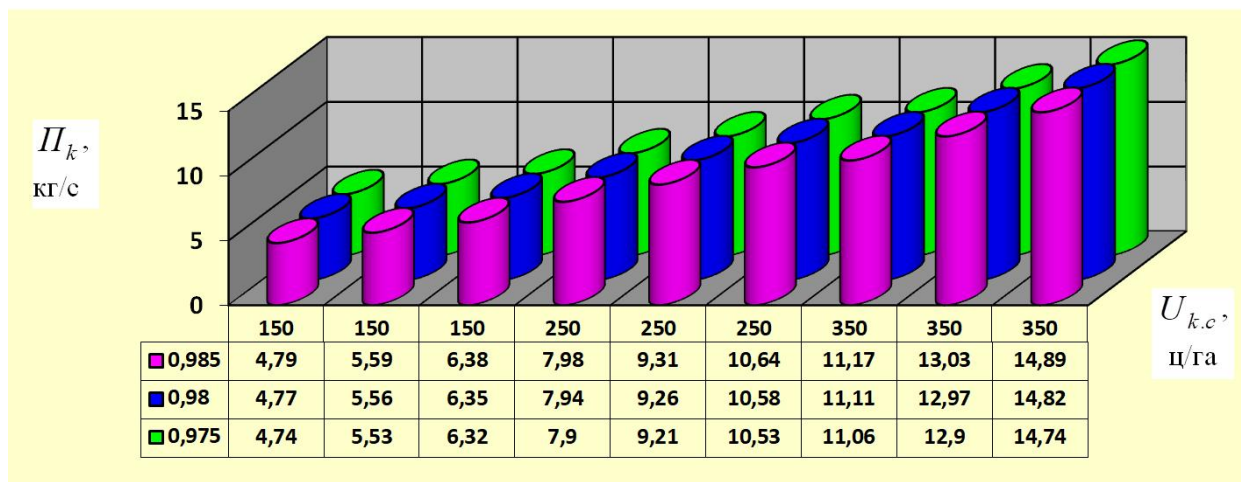


Рис. 7. Діаграма зміни секундної подачі Π_k чистих коренеплодів

Fig. 7. Chart of change of second supply Π_k of clean root vegetables

Для зручності практичного застосування отриманої залежності (15) формалізуємо технологічний процес збирання коренеплодів. Приймаємо припущення, що:

- середня урожайність U_{ki} коренеплодів цикорію 1-го, 2-го, ..., N -го рядка однакова й дорівнює U_k ;
- інтервал зміни урожайності різних рядків рівнозначний і дорівнює $\pm\Delta U_k$;
- коефіцієнт втрат коренеплодів k_{is} кожного окремого рядка під час його викопування однаковий та дорівнює середньому значенню $k_{c.в}$;
- добуток виразу $(1-k_{c.в})(1-k_{не})$ дорівнює $(1-k_{c.в})(1-k_{не}) = (1-k_{ек})$.

Тоді реальна сумарна теоретична подача $\sum_{i=1}^N \Pi_{ki}^{\pm*}(t)$ чистих коренеплодів цикорію з 1-го, 2-го, ..., N -го рядка за проміжок часу t до робочих органів очисної системи з врахуванням (15) становитиме

$$\sum_{i=1}^N \Pi_{ki}^{\pm*}(t) = 10^{-2} (U_k \pm \Delta U_k) J_M t b_k N (1 - k_{ек}). \quad (16)$$

Згідно з (14) реальна сумарна теоретична секундна подача Π_k^{\pm} чистих коренеплодів цикорію визначається за формулою

$$\Pi_k^{\pm} = 10^{-2} (U_k \pm \Delta U_k) N J_M b_k (1 - k_{ек}). \quad (17)$$

Наведені графічні залежності $\Pi_k^{\pm} = f_{II}(U_k; \pm\Delta U_k)$ (рис. 8), які побудовано згідно з отриманою формулою (17), характеризують максимально та мінімально можливі межі зміни теоретичних значень секундної подачі Π_k^{\pm} чистих коренеплодів до робочих органів очисної системи за прийнятих значень відповідно: максимальної швидкості руху коренезбиральної машини $J_M = 1,6$ м/с і мінімального коефіцієнта втрат коренеплодів $k_{ек} = 0,15$; мінімальної швидкості руху машини $J_M = 1,2$ м/с і максимального коефіцієнта $k_{ек} = 0,025$ втрат коренеплодів.

Відповідно за зміни урожайності U_k коренеплодів цикорію від 150 до 350 ц/га та інтервалу зміни урожайності ($\pm\Delta U_k$) коренеплодів встановлено (див. рис. 8 – 10), що:

- за швидкості руху $J_M = 1,6$ м/с, коефіцієнта $k_{ек} = 0,015$ втрат коренеплодів і діапазону зміни інтервалу при збільшенні урожайності ($+\Delta U_k$) коренеплодів максимальне теоретичне значення секундної подачі Π_k^+ чистих коренеплодів до робочих органів очисника знаходиться в межах від 7,9 до 16,1 кг/с, а за $J_M = 1,2$ м/с – у межах від 5,1 до 11,1 кг/с;

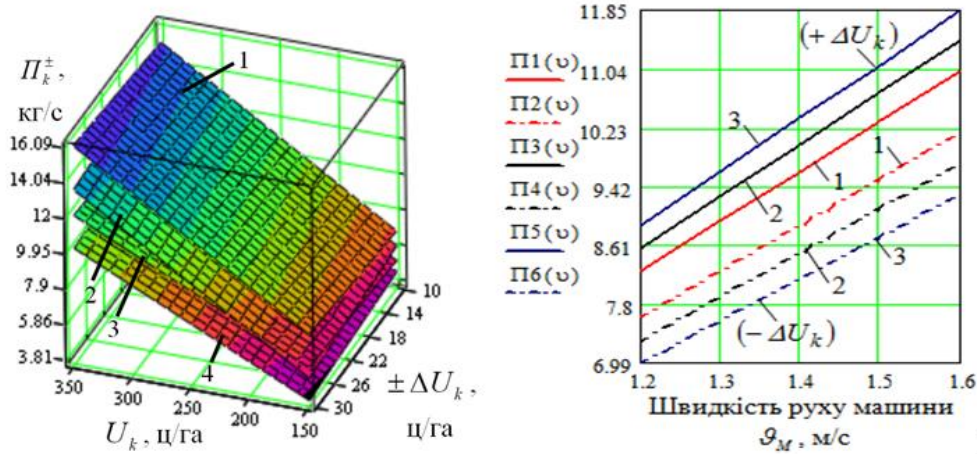


Рис. 8. Залежність зміни Π_k^{\pm} як функція:

- a – $\Pi_k^{\pm} = f_{II}(U_k; \pm\Delta U_k)$: 1, 3 – $\Pi_k^{\pm} = f_{II}(U_k; +\Delta U_k)$, $k_{ек} = 0,015$;
- 2, 4 – $\Pi_k^{\pm} = f_{II}(U_k; -\Delta U_k)$, $k_{ек} = 0,025$; 1, 2 – $J_M = 1,6$ м/с; 3, 4 – $J_M = 1,2$ м/с;
- б – $\Pi_k^{\pm} = f_{II}(J_M)$; 1, 2, 3 – $\pm 1, 2, 3$ т/га

Fig. 8. Dependence of the change Π_k^{\pm} as a function:

- a – $\Pi_k^{\pm} = f_{II}(U_k; \pm\Delta U_k)$: 1, 3 – $\Pi_k^{\pm} = f_{II}(U_k; +\Delta U_k)$, $k_{ек} = 0,015$;
- 2, 4 – $\Pi_k^{\pm} = f_{II}(U_k; -\Delta U_k)$, $k_{ек} = 0,025$; 1, 2 – $J_M = 1,6$ m/s; 3, 4 – $J_M = 1,2$ m/s;
- б – $\Pi_k^{\pm} = f_{II}(J_M)$; 1, 2, 3 – $\pm 1, 2, 3$ t/ha

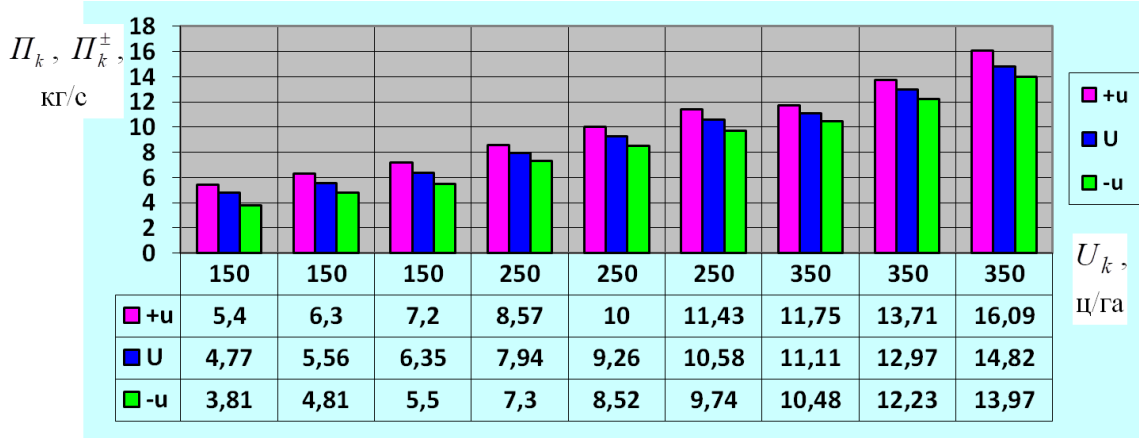


Рис. 9. Діаграма зміни секундної подачі P_k і P_k^\pm чистих коренеплодів до робочих органів очисника

Fig. 9. Chart of change of second supply P_k and P_k^\pm of pure root crops to the purifier

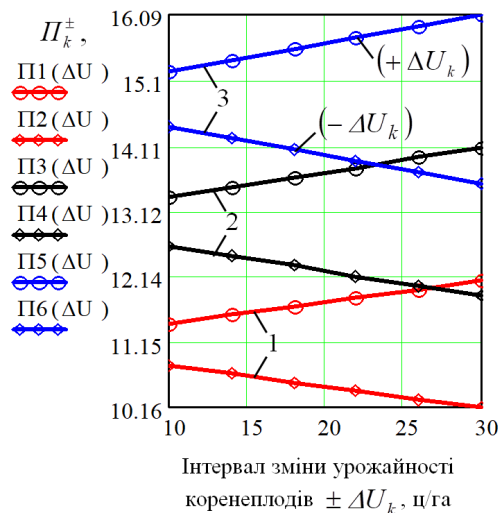


Рис. 10. Залежність зміни секундної подачі P_k^\pm

чистих коренеплодів як функція $P_k^\pm = f_{II}(\pm\Delta U_k)$,

$$U_k = 35 \text{ т/га: } 1, 2, 3 - J_M = 1,2; 1,4; 1,6 \text{ м/с}$$

Fig. 10. Dependence of the change of the second serving P_k^\pm of pure root crops as a function $P_k^\pm = f_{II}(\pm\Delta U_k)$,

$P_k^\pm = f_{II}(\pm\Delta U_k)$,

$$U_k = 35 \text{ т/га: } 1, 2, 3 - J_M = 1,2; 1,4; 1,6 \text{ м/с}$$

– за швидкості руху $J_M = 1,6 \text{ м/с}$, коефіцієнта $k_{ek} = 0,025$ втрат коренеплодів і діапазону зміни інтервалу при зменшенні урожайності $(-\Delta U_k)$ коренеплодів мінімальне теоретичне значення секундної подачі P_k^- чистих коренеплодів до робочих органів очисника знаходиться в межах від 5,1 до 13,5 кг/с, а за $J_M = 1,2 \text{ м/с}$ – у межах від 3,8 до 10,2 кг/с.

Висновки.

Встановлені аналітично межі зміни секундної подачі P_k^\pm чистих коренеплодів до робочих органів очисної системи є початковими вихідними умовами для подальшого теоретичного обґрунтування конструктивно-кінематичних параметрів робочих органів очисної системи, наприклад на основі аналізу необхідної розрахункової продуктивності роботи очисної системи тощо.

Встановлено, що за урожайності $U_k = 350 \text{ ц/га}$ коренеплодів цикорію та діапазону зміни інтервалу урожайності $\pm\Delta U_k = 10...30 \text{ ц/га}$ та середнього значення коефіцієнта $k_{ek} = 0,02$ втрат коренеплодів секундна подача P_k^\pm чистих коренеплодів до робочих органів очисної системи знаходиться в таких межах: за швидкості руху $J_M = 1,2 \text{ м/с}$ – від 10,2 до 12,1 кг/с; за швидкості руху $J_M = 1,4 \text{ м/с}$ – від 12,9 до 14,1 кг/с; за швидкості руху $J_M = 1,6 \text{ м/с}$ – від 13,5 до 16,1 кг/с.

Середнє значення приросту (збільшення) або спадання (зменшення) секундної подачі P_k^\pm чистих коренеплодів до робочих органів очисної системи за врожайності $U_k = 150...350 \text{ ц/га}$ коренеплодів і діапазону зміни інтервалу врожайності $\pm\Delta U_k = 10...30 \text{ ц/га}$ та мінімального значення коефіцієнта $k_{ek} = 0,15$ втрат коренеплодів дорівнює відповідно: 1,3 кг/с – за швидкості руху коренезбиральної машини $J = 1,2 \text{ м/с}$; 1,5 кг/с – за $J = 1,4 \text{ м/с}$; 1,8 кг/с – за $J = 1,6 \text{ м/с}$.

Бібліографічний список

1. Аванесов Ю. Б., Бессарабов В. И., Русанов И. И. Свеклоуборочные машины. Москва, 1979. 351 с.
2. Адамчук В. В., Булгаков В. М., Іванишин В. В. Про розробку і створення в Україні сільськогосподарських машин сучасного рівня. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки*. 2012. Вип. 11, т. 2 (66). С. 8–14.
3. Барановський В. М., Паньків М. Р. Конструктивно-технологічні принципи адаптованого застосування коренезбиральних машин. *Збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції «Динаміка, міцність і надійність сільськогосподарських машин»*. Тернопіль: ТДТУ, 2004. С. 192–198.
4. Барановський В. М. Конструктивно-технологічні принципи застосування адаптивного викопувального робочого органу коренезбиральної машини. *Науковий вісник Національного аграрного університету*. 2004. Вип. 73, ч. 1. С. 249–255.
5. Барановський В. М. Основні етапи та сучасні тенденції розвитку коренезбиральних машин. *Вісник Тернопільського державного технічного університету*. 2006. Т. 11, № 2. С. 67–75.
6. Барановський В. М. Результати теоретично-експериментальних досліджень секундної подачі вороху коренеплодів. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. Технічні науки*. Вип. 75: *Механізація сільськогосподарського виробництва*. 2008. Вип. 75, т. 1. С. 111–120.
7. Барановський В. М., Дубчак Н. А., Онищенко В. Б., Паньків М. Р. Математичні моделі маси налиплилого ґрунту на коренеплодах кормових буряків. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження*. 2008. № 12 (2). С. 314–326.
8. Барановський В. М., Паньків М. Р., Теслюк В. В., Онищенко В. Б. Результати експериментальних досліджень коефіцієнта проходження коренеплодів. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження*. 2017. № 21. С. 58–69.
9. Булгаков В. М., Черновол М. И., Сви́рень Н. А. Теория свеклоуборочных машин: монография. Кировоград: КОД, 2009. 256 с.
10. Герасимчук Г. А., Барановський В. М. Критерії оцінки технологічної ефективності процесу викопування коренеплодів. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження*. 2009. № 14. С. 163–168.
11. Гуков Я. С., Барановський В. М. Моделювання маси налиплилого ґрунту на поверхні просторового тіла. *Сільськогосподарські машини*. 2007. Вип. 16. С. 52–62.
12. Дубровин В., Голуб Г., Теслюк В., Барановський В. Идентификация процесса разработки адаптированной корнеуборочной машины. *Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2013. Vol. 15, № 3. P. 243–255.
13. Погорельый Л. В., Татьяна М. В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз. Киев: Феникс, 2004. 232 с.
14. Рамш В. Ю., Барановський В. М. Оптимізаційні математичні моделі процесу викопування вороху коренеплодів пасивним сферичним диском. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження*. 2008. № 12(2). С. 337–349.
15. Скальський А. Ю., Потапенко Н. В., Барановський В. Н. Агробиологические и физико-механические характеристики цикория корневого. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. Минск: РУП Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2016. Вип. 50, т. 1. С. 158–162.
16. Сучасні тенденції розвитку конструкції сільськогосподарських машин / під ред. В. І. Кравчука, М. І. Грицишина, С. М. Ковалю. Київ: Аграрна наука, 2004. 353 с.
17. Baranovsky V. M., Herasymchuk N. A., Herasymchuk O. O., Pastushenko A. S. Analytical research results of the combined root digger. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2018. Vol. 54, No. 1. P. 63–72.
18. Baranovsky V. M., Pankiv M. R., Teslyuk V. V. Investigation of the structural model of adapted machine for harvesting root crops. *Innovative solutions in modern science*. Dubai: Center for international cooperation TK Meganom, LLC, 2016. No. 8 (8). P. 70–80.
19. Baranovsky V. M., Skalsky O. Ju. The analysis of constructive-technological aspects the function of root crops diggers. *Scientific journal. Innovative solutions in modern science*. 2016. No. 1(1). P. 146–154.
20. Baranovsky V., Dubchak N., Pankiv M. Experimental research of stripping the leaves from root crops. *Acta Technologica Agriculturae* 3. Nitra: Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2017. Vol. 20, is. 3 (Sep. 2017). P. 69–73.
21. Baranovsky V. M., Potapenko M. V. Theoretical analysis of the technological feed of lifter root crops. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2017. Vol. 51, No. 1. P. 29–38.
22. Baranovsky V. M., Berezhenko E. B. Technology of harvesting of root crops. *Наукові нотатки*. 2017. № 60. С. 50–55.
23. Baranovsky V., Skalskyi O. Drinking of chicory root crops by a combined digger. *Вісник Тернопільського національного технічного університету*. 2018. № 2 (90). С. 115–123.
24. Baranovsky V. M., Skalsky O. Yu., Pankiv M. R., Pastushenko A. S. Chicory root crops combined harvester. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2017. Vol. 53, No. 3. P. 41–50.
25. Storozhuk I. M., Pankiv V. R. Research results of harvesting haulm remnants of root crops. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2016. Vol. 46, No. 2. P. 101–108.

Олійник Є., Войтюк В.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПОДАЧІ КОМПОНЕНТІВ ВОРОХУ КОРЕНЕПЛОДІВ ЦИКОРІЮ ДО ОЧИСНИКА

Цінність коренеплодів цикорію визначається вмістом у них різновидів корисних для організму та рідкісних у натуральних продуктах кислот, вітамінів. Гичка коренеплодів є одним із джерел повернення поживних речовин після її розкидання на зібране поле та загорання в ґрунт, а коренеплоди – це екологічно чисті продуктивні відновлювані джерела енергії для виробництва біоетанолу.

Технологічний процес роботи вдосконаленого очисника вороху коренеплодів цикорію передусім регламентується та значною мірою залежить від технологічної подачі складових компонентів викопаного вороху до робочих органів очисника. Складовими компонентами технологічної подачі викопаного вороху є технологічна подача до робочих органів очисника викопаних коренеплодів і домішок. Домішки вороху можуть бути ґрунтового та рослинного походження, які також можуть перебувати у вільному та «зв'язаному» станах відносно чистих коренеплодів.

Для обґрунтування параметрів робочих органів очисника на стадії його конструктивної розробки та проектування проаналізовано та визначено можливі межі зміни технологічної подачі складових компонентів вороху до робочих органів очисника. На основі аналізу процесів збирання гички та викопування коренеплодів отримано аналітичні функціональні закономірності, які характеризують зміну загальної подачі компонентів викопаного вороху та секундну подачу чистих коренеплодів до очисника залежно від параметрів насаджень коренеплодів і умов роботи коренезбиральної машини.

Встановлені аналітично межі зміни секундної подачі чистих коренеплодів до робочих органів очисної системи забезпечують розвиток методології розроблення та вдосконалення очисних систем коренезбиральних машин і є початковими вихідними умовами для подальшого теоретичного обґрунтування конструктивно-кінематичних параметрів робочих органів очисника, наприклад, на основі аналізу його необхідної розрахункової продуктивності тощо.

Ключові слова: копач, викопування, домішки, вільний ґрунт, гичка, урожайність, інтервал зміни врожайності.

Oliyuk Ye., Voytyuk V.

ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL SUPPLY OF POWDER COMPONENTS CORRESPONDERS OF CYCORIA TO THE OWNER

The production of chicory root products was the traditional and leading branch of the agro-industrial complex of Ukraine. Root chicory is used in the pharmaceutical, coffee, alcohol and confectionery industries. The production of two refineries in Ukraine, loaded at 15 ... 25% of production capacity, is exported to France, Belgium, Hungary, the Russian Federation, the Republic of Belarus, the USA and other countries. The main reasons for reducing the production of chicory root crops are the inadequacy of techniques for harvesting and non-compliance of quality performance indicators with established requirements. One of the reserves for improving the quality of cleaning chicory root crops is the intensification of the technological process of separating the components of impurities from the root crops through the use of advanced treatment systems with a combined working organ, which implement an additional dynamic effect of simultaneous interaction of the cleansing elements with the components of impurities and root crops. The aim of the work is to increase the efficiency of separation of impurities from root chicory by improving the design and the choice of rational parameters of a cleaner with a combined working organ. The limits of the technological supply of the constituent components of the seed of root crops (pure root crops, soil and plant admixtures) to the working organs of the cleaner with the combined working body have been analyzed and determined. On the basis of the analysis of the processes for harvesting the hips and digging the chicory root crops, theoretical functional dependences were described that describe the change in the total supply of the components of the dug husk and the second supply of pure root crops to the purifier depending on the parameters of the root crops and the conditions of the machine for harvesting the root crops.

The established limits of the change of the second supply of pure root crops to the working organs of the purification system are a further step in the development of a methodology for improving the working organs of the treatment systems of root caverns. The received data of the input of the components of the heap is the initial conditions for further theoretical substantiation of the structural and kinematic parameters of the working bodies of the cleaner, for example, on the basis of analysis of its required calculated productivity of work, etc.

Key words: digger, digging, impurities, free soil, husk, yield, interval of crop variation.

Стаття надійшла 30.11.2018