

Рихлівський П. А.

К.Т.Н., С.Н.С

Савченко І. Ф.

К.Т.Н., С.Н.С

*Інститут механіки та
автоматики
агропромислового
виробництва Національної
академії аграрних наук
України*

Rykhlivskiy P.Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher**Savchenko I.**Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher

*Institute of Mechanics and
Automation of Agro-Industrial
Production, National Academy
of Agrarian Sciences of
Ukraine*

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ
ГОЛОВОК КОРЕНЕПЛОДІВ СТОЛОВОЇ
МОРКВИ НА ПНІ КОМБІНОВАНИМ
АГРЕГАТОМ © 2026 by Рихлівський П. А.,
Савченко І. Ф. is licensed under CC BY 4.0

УДК 630*23:631.17**DOI: 10.37128/2306-8744-2026-3-12**

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ГОЛОВОК КОРЕНЕПЛОДІВ СТОЛОВОЇ МОРКВИ НА ПНІ КОМБІНОВАНИМ АГРЕГАТОМ

У статті наведено результати теоретичних та експериментальних досліджень технологічного процесу очищення головок коренеплодів столової моркви безпосередньо на пні перед їх викопуванням. Проаналізовано особливості роздільного способу збирання столових коренеплодів та встановлено, що недостатнє видалення залишків гички з головок моркви призводить до збільшення втрат урожаю, погіршення товарної якості продукції, ускладнення роботи викопувальних органів та підвищення ризику механічного пошкодження коренеплодів. Для підвищення ефективності технологічного процесу розглянуто конструкцію комбінованого агрегату ОГК-1,4, який за один прохід забезпечує зрізування гички, подрібнення та транспортування рослинної маси за межі робочої зони, а також двоступеневе очищення головок коренеплодів. Особливістю агрегату є використання двох послідовно встановлених доочищувальних валів із гумовими бичами різної жорсткості: твердими для попереднього видалення основної маси залишків гички та м'якими для остаточного очищення без пошкодження поверхні коренеплодів. Розроблено математичну модель взаємодії гумового бича з головою коренеплоду, яка враховує частоту обертання доочищувального вала, геометричні параметри робочого органа, масу бича та висоту виступання головки над поверхнею ґрунту. Експериментальні дослідження проведено на сортах Оленка та Шантане. Встановлено, що зі збільшенням частоти обертання валів якість очищення підвищується, однак одночасно зростає ймовірність механічного пошкодження коренеплодів. Для сорту Оленка раціональною є частота близько 400 об/хв, а для сорту Шантане – 450-500 об/хв, що забезпечує якість очищення до 99,5 % за рівня пошкодження не більше 1,2 %. Отримані результати можуть бути використані для удосконалення машин і обґрунтування режимів доочищувальних пристроїв.

Ключові слова: столова морква, очищення головок, гичка, комбінований агрегат, роздільне збирання, гумові бичі, технологічний процес.

Постановка проблеми. Однією з найважливіших операцій технологічного процесу вирощування столової моркви є механізоване збирання врожаю, від якості виконання якого значною мірою залежать товарні показники продукції, втрати врожаю та економічна ефективність виробництва. Сучасні технології збирання передбачають використання як однофазного, так і роздільного способів, причому останній залишається найбільш поширеним при

вирощуванні столових коренеплодів для тривалого зберігання. Роздільне збирання включає послідовне зрізування гички, очищення головок коренеплодів, викопування, підбирання та транспортування продукції.

Практика використання існуючих машин показує, що після скошування гички на головках коренеплодів часто залишаються черешки листків різної довжини, які негативно впливають на подальший процес викопування. Наявність



рослинних залишків збільшує навантаження на робочі органи викопувальних машин, сприяє накопиченню рослинної маси на транспортуючих елементах, підвищує ймовірність механічного пошкодження коренеплодів та погіршує їх товарний вигляд. Крім того, залишки гички погіршують умови післязбиральної доробки та можуть негативно впливати на тривалість зберігання продукції.

Для усунення зазначених недоліків використовують машини, які виконують доочищення головок коренеплодів безпосередньо на пні. Однак більшість існуючих конструкцій не забезпечує одночасного досягнення двох взаємопов'язаних вимог: повного видалення залишків гички та мінімального механічного впливу на головку коренеплоду. Зі збільшенням інтенсивності очищення підвищується ризик пошкодження коренеплодів, тоді як зменшення механічної дії призводить до погіршення якості очищення. Таким чином, виникає суперечність між ефективністю очищення та збереженням товарної якості продукції.

Одним із перспективних шляхів розв'язання цієї проблеми є застосування комбінованих агрегатів, які поєднують операції зрізування гички, видалення рослинної маси та двоступеневого очищення головок коренеплодів гумовими бичами різної жорсткості. Проте процес взаємодії еластичних робочих органів із головками коренеплодів має складний динамічний характер і залежить від значної кількості конструктивних, кінематичних та технологічних параметрів, серед яких основними є частота обертання доочищувальних валів, швидкість руху агрегату, жорсткість гумових бичів, їх геометричні параметри та висота розташування головок коренеплодів над поверхнею ґрунту.

Незважаючи на наявність окремих конструктивних розробок у цьому напрямі, питання теоретичного обґрунтування процесу очищення головок коренеплодів столової моркви безпосередньо на пні залишаються недостатньо дослідженими. Відсутні математичні моделі, які б дозволяли оцінити вплив основних технологічних параметрів на якість очищення та визначити їх раціональні значення. Це стримує подальше удосконалення конструкцій доочищувачів і знижує ефективність механізованого збирання столової моркви.

У зв'язку з цим актуальним є проведення теоретичних і експериментальних досліджень процесу очищення головок коренеплодів столової моркви на пні, розроблення математичної моделі взаємодії гумових бичів із коренеплодами та встановлення закономірностей впливу конструктивно-технологічних параметрів агрегату на якість очищення.

Аналіз останніх досліджень. У світовій практиці для лісосадильних робіт як базова машина найчастіше застосовується екскаватор [3, 5]. Стріла

базової машини повинна бути досить міцною для створення мікропідвищень, а робочий просвіт і ширина колії машини – відповідати необхідним вимогам для виконання робіт. Лісосадильний пристрій встановлюється на рукояті маніпулятора базової машини. З його допомогою виконуються як обробіток ґрунту, так і садіння сіяньців. Нині на ринку представлені лісосадильні пристрої таких виробників: M-Planter та Risutec (Фінляндія), а також Bracke Forest Ab (Швеція) [5, 6, 8]. Компанія M-Planter випускає такі пристрої не лише з однією, а й із двома садильними головками, а підвищення продуктивності перезарядження садильних головок сіянцями забезпечується завдяки застосуванню карусельних накопичувальних пристроїв [2]. Сіянци перевозяться у стелажах, які встановлені на рамі базової машини, в обсязі, що необхідний для забезпечення роботи протягом однієї зміни або одного робочого дня. Порівняльні техніко-економічні дослідження показують, що продуктивність і собівартість роботи лісосадильних пристроїв типу Bracke та M-Planter суттєво залежать від характеристик ділянки та інтенсивності підготовки ґрунту, проте обидва типи пристроїв дозволяють суттєво скоротити витрати порівняно з ручним садінням [6, 8].

Окремий напрям досліджень присвячений застосуванню екскаваторів як базових машин безпосередньо для лісозаготівлі. Показано, що використання екскаваторної техніки, обладнаної відповідними захватно-зрізувальними пристроями, дозволяє підвищити ефективність заготівлі енергетичної та балансової деревини порівняно зі спеціалізованими лісозаготівельними машинами [7], а також забезпечує виконання лісотехнічної меліорації трелювальних волоків у складних гірських умовах [1]. Ці результати підтверджують технічну придатність серійних колісних екскаваторів для виконання широкого кола лісосічних операцій, що є одним із базових припущень цього дослідження.

Порівняння ходових систем лісових машин також було предметом наукових досліджень. Встановлено, що гусеничні машини мають переваги за прохідністю та питомим тиском на ґрунт, тоді як колісні забезпечують вищу мобільність і меншу вартість технічного обслуговування [13]. Результати досліджень маневреності колісних лісових машин у складних геотехнічних умовах [11, 14] та напрямів удосконалення гусеничних лісових машин [12] свідчать про відсутність однозначної переваги одного типу ходової частини над іншими, що обґрунтовує доцільність вибору колісного шасі для мультифункціональної машини саме для умов рівнинних і горбистих лісових масивів України.

Важливим аспектом експлуатації важкої лісозаготівельної техніки є її вплив на лісові ґрунти. Встановлено, що багаторазові проходи важких машин спричиняють ущільнення ґрунту та

порушення його структури, що негативно впливає на подальший ріст насаджень [10]. Це підкреслює необхідність обґрунтованого вибору маси базової машини та схем руху технологічними коридорами. Водночас дослідження продуктивності модернізованих сільськогосподарських тракторів на трелюванні деревини [9] демонструють, що адаптація універсальної базової техніки під лісгосподарські потреби є поширеною світовою практикою, аналогічною запропонованому в цій роботі підходу з використанням колісного екскаватора.

Наведений огляд зарубіжного досвіду свідчить про стійку тенденцію до концентрації функцій різних технологічних машин на одній базовій одиниці, що особливо актуально в умовах вибіркового лісокористування та неперервного лісівництва [4]. Водночас в Україні подібні системи комплексної механізації залишаються маловивченими та практично не апробованими, що зумовлює необхідність системного дослідження технічних і організаційних передумов їх впровадження у вітчизняну лісгосподарську практику.

Мета дослідження. Теоретичне та експериментальне дослідження процесу очищення головок коренеплодів столової моркви на пні комбінованим агрегатом ОГК-1,4, побудова математичної моделі процесу взаємодії гумових бичів із головками коренеплодів та визначення раціональних конструктивно-технологічних параметрів і режимів роботи доочищувального пристрою.

Результати досліджень та їх обговорення. Для реалізації роздільної технології збирання столової моркви у відділі механіко-технологічних проблем овочівництва Інституту

механіки та автоматики агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України було розроблено експериментальний зразок комбінованого агрегата ОГК-1,4, (рис. 1) призначений для одночасного виконання кількох технологічних операцій за один прохід машини [9–11].

Основними операціями, які виконує агрегат, є:

- зрізування гички;
- подрібнення рослинної маси;
- транспортування зрізаної гички за межі

робочої зони;

- попереднє очищення головок коренеплодів;

- остаточне очищення головок коренеплодів.



Рис. 1. Комбінований агрегат ОГК-1,4 під час роботи

Конструкція агрегату (рис. 2) включає раму, різальний ротор, шнековий транспортер, два доочищувальні вали, передні та задні копіювальні колеса, карданно-ланцюговий привід і гідравлічну систему регулювання положення робочих органів.

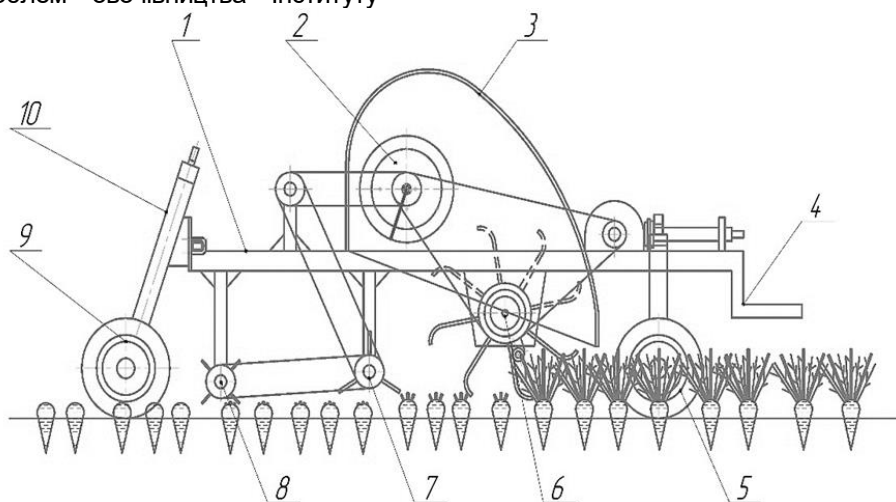


Рис. 2. Принципова схема комбінованого агрегату ОГК-1,4: 1- рама машини, 2 – конвеєр шнековий, 3 – кожух, 4 –причіпний пристрій, 5 передні опорні колеса, 6 – різальний ротор, 7 – передній доочищувач гички, 8 – другий доочищувач гички, 9 – задні опорні колеса, 10 гідроциліндр

Особливістю конструкції є використання двох послідовно встановлених доочищувальних валів із гумовими бичами різної жорсткості.

Передній вал обладнаний бичами з твердої гуми і виконує попереднє очищення головок коренеплодів від основної маси залишків гички.

Другий вал оснащений м'якими гумовими бичами, які забезпечують остаточне очищення головок без пошкодження поверхні коренеплодів.

Для підтримання постійної висоти розташування робочих органів агрегат обладнаний передніми та задніми копіювальними колесами, що забезпечують стабільність технологічного процесу навіть за нерівностей поверхні поля.

Привід усіх робочих органів здійснюється від вала відбору потужності трактора через карданно-ланцюгову передачу та редуктор. Частота обертання різального ротора, шнекового транспортера та доочищувальних валів узгоджена між собою кінематичною схемою, що забезпечує безперервність технологічного процесу.

Під час руху агрегату різальний ротор, що обертається з високою кутовою швидкістю, зрізує гичку столової моркви на висоті 30–50 мм від поверхні ґрунту. Одночасно відцентровими силами зрізана маса захоплюється робочими елементами ротора та спрямовується до шнекового транспортера.

Шнековий транспортер переміщує подрібнену рослинну масу за межі робочої зони агрегату на вже зібрану частину поля, запобігаючи її повторному потраплянню під робочі органи машини.

Після видалення основної маси гички головки коренеплодів проходять послідовно під двома доочищувальними валами.

На першому етапі тверді гумові бичи здійснюють інтенсивне механічне відокремлення залишків черешків і великих фрагментів гички.

На другому етапі м'які гумові бичи завершують очищення головок коренеплодів, видаляючи дрібні рослинні залишки без пошкодження тканин моркви.

Відокремлені залишки гички повторно потрапляють у зону роботи різального ротора, після чого транспортуються шнеком за межі робочої смуги.

Таким чином, після проходження агрегату головки коренеплодів залишаються практично повністю очищеними, що створює сприятливі умови для подальшого викопування коренеплодів викопувальними машинами та зменшує механічні пошкодження під час збирання.

Процес очищення головок коренеплодів столової моркви від залишків гички є складним механічним процесом, що супроводжується багаторазовою взаємодією еластичних гумових бичів із поверхнею головки коренеплоду. Якість очищення визначається достатністю механічного впливу для відокремлення залишків гички за умови недопущення механічних пошкоджень тканин коренеплоду.

Під час роботи комбінованого агрегату після зрізання гички різальним ротором на головках моркви залишаються черешки листків довжиною 5–

30 мм. Подальше їх видалення здійснюється двома послідовно розташованими бичовими валами.

У процесі роботи кожний гумовий бич здійснює ударно-пружний контакт із головою коренеплоду (рис. 3).

Для теоретичного опису процесу очищення головок коренеплодів столової моркви від залишків гички розглянемо взаємодію гумового бича доочищувального вала з головою коренеплоду (рис. 3).

При побудові математичної моделі прийнято такі припущення:

гумовий бич розглядається як однорідний пружний стрижень;
головка коренеплоду в момент взаємодії нерухома;

контакт між бичем і головою коренеплоду відбувається протягом малого проміжку часу;

очищення здійснюється внаслідок ударно-пружної взаємодії.

Основними параметрами процесу є:

n – частота обертання вала, хв⁻¹;

R – радіус розташування бича, м;

l – довжина бича, м;

m – маса бича, кг;

h – висота виступання головки коренеплоду над поверхню ґрунту, м.

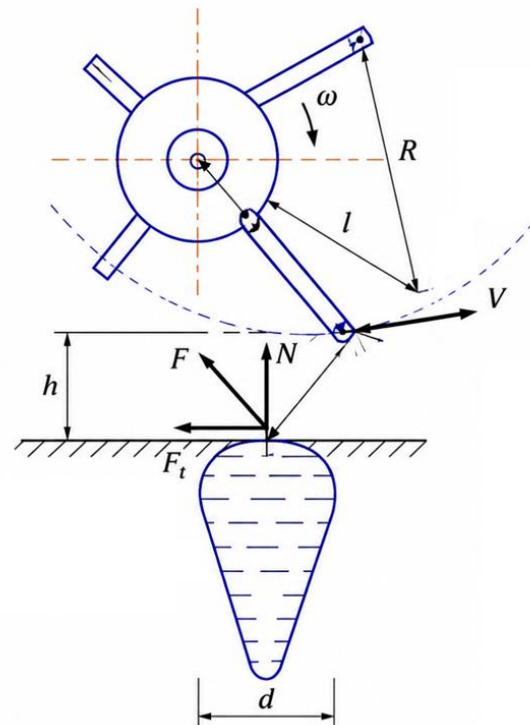


Рис. 3. Розрахункова схема взаємодії гумового бича з головою коренеплоду.

Кутова швидкість доочищувального вала визначається залежністю

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (1)$$

Лінійна швидкість точки контакту гумового бича становить

$$V = \omega R \quad (2)$$

Перед взаємодією з головою коренеплоду гумовий бич має запас кінетичної енергії

$$E_k = \frac{mV^2}{2} \quad (3)$$

Після підстановки рівняння (2) отримаємо

$$E_k = \frac{m\omega^2 R^2}{2} \quad (4)$$

Оскільки головки коренеплодів виступають над поверхнею ґрунту на різну висоту, ефективний радіус взаємодії дорівнює

$$R_e = R - h \quad (5)$$

Тоді кінетична енергія бича безпосередньо в момент контакту становить

$$E_k = \frac{m\omega^2(R - h)^2}{2} \quad (6)$$

Рівняння (6) показує, що висота розташування головки істотно впливає на запас кінетичної енергії, який реалізується під час очищення.

Імпульс удару визначається виразом

$$J = mV \quad (7)$$

Відповідно до теореми про зміну імпульсу

$$F\Delta t = mV \quad (8)$$

де F – середня сила удару;
 Δt – тривалість контакту.
Тоді

$$F = \frac{mV}{\Delta t} \quad (9)$$

або після підстановки (2)

$$= \frac{mV(R - h)}{\Delta t} \quad (10)$$

Під час контакту гумовий бич деформується.

Згідно із законом Гука

$$F = kx \quad (11)$$

де k – коефіцієнт жорсткості бича;
 x – величина його деформації.

Запас потенціальної енергії деформації дорівнює

$$E_p = \frac{kx^2}{2} \quad (12)$$

Для повного відокремлення залишків гички кінетична енергія удару повинна бути не меншою від сумарної енергії пружної деформації та енергії відриву залишків гички

$$E_k \geq E_p + E_c \quad (13)$$

де E_c – критична енергія відриву залишків гички.

Після підстановки рівнянь (6) та (12) отримаємо

$$\frac{m\omega^2(R - h)^2}{2} \geq \frac{kx^2}{2} + E_c \quad (14)$$

Нерівність (14) є умовою здійснення процесу очищення головок коренеплодів.

Оскільки контакт гумового бича із залишками гички має випадковий характер, процес очищення доцільно описати через імовірність

$$P = 1 - \exp[-\alpha(E_k - E_c)] \quad (15)$$

α – коефіцієнт інтенсивності очищення.

Якість очищення визначається виразом

$$K = 100P \quad (16)$$

Після підстановки рівняння (15)

$$K = 100(1 - e^{-\alpha(E_k - E_c)}) \quad (16)$$

З урахуванням рівняння (6)

$$K = 100 \left[1 - \exp \left(-\alpha \left(\frac{m\omega^2(R - h)^2}{2} - E_c \right) \right) \right] \quad (17)$$

Таким чином, у результаті теоретичних досліджень отримано основне рівняння процесу очищення головок коренеплодів столової моркви від залишків гички, яке встановлює взаємозв'язок між якістю очищення та основними конструктивно-технологічними параметрами доочищувального пристрою. Аналіз рівняння (18) свідчить, що якість очищення визначається частотою обертання вала, радіусом розташування гумових бичів, їх масою, висотою виступання головок коренеплодів над поверхнею ґрунту та енергетичними характеристиками процесу відриву залишків гички.

Саме рівняння (18) є теоретичною основою для проведення експериментальних досліджень, побудови регресійних моделей та визначення раціональних параметрів роботи комбінованого агрегату ОГК-1,4.

Експериментальні дослідження процесу очищення головок коренеплодів столової моркви від залишків гички проводилися в польових умовах із використанням комбінованого агрегату ОГК-1,4, розробленого в ІМА АПВ НААН.

Дослідження виконувалися на посівах столової моркви сорту Оленка та Шантане. Перед початком дослідів визначали середній діаметр коренеплодів, висоту виступання головок над поверхнею ґрунту, густоту стояння рослин та вологість ґрунту.

Робочі режими агрегату змінювали шляхом регулювання частоти обертання доочищувальних валів, швидкості руху агрегату та висоти розташування гумових бичів над поверхнею ґрунту.

Якість очищення оцінювали за відсотком головок коренеплодів, повністю очищених від залишків гички, а також за кількістю механічно пошкоджених коренеплодів.

Для кожного режиму роботи проводили не менше трьох повторностей. Отримані результати статистично обробляли з використанням методів регресійного аналізу. Адекватність математичних моделей перевіряли за коефіцієнтом детермінації R^2 та критерієм Фішера.

Експериментальні дослідження проводилися на полях фермерських господарств Київщини ФГ «Зоря степу», ФГ «Світанок» та у ФОП Муслімова. Дослідження очистки голівок столової моркви на пні експериментальним зразком очисника ОГК-1,4 проводилось з номінальною

швидкістю $V=1,0$ м/с. За результатами експериментальних досліджень отримано залежності (рис. 4–6).

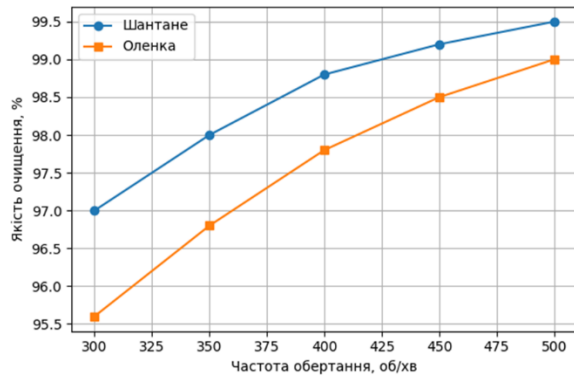


Рис. 4. Якість очищення гички столової моркви в залежності від частоти обертання доочисників

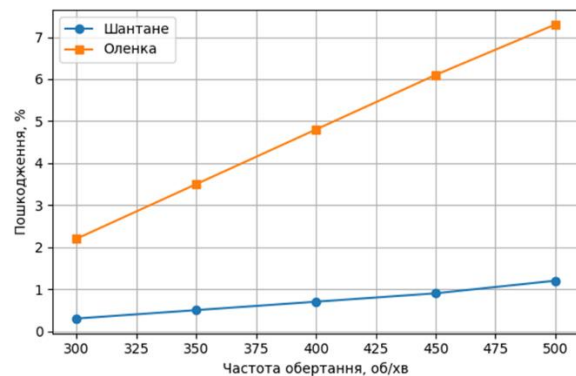
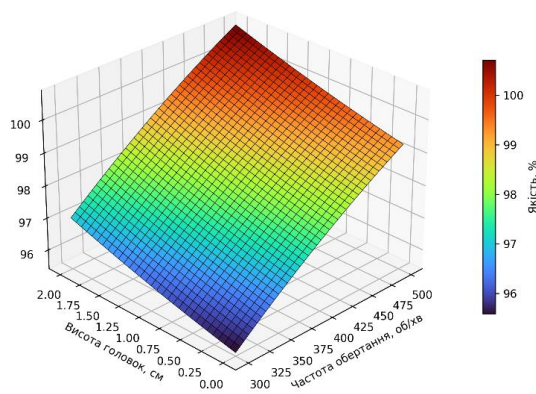
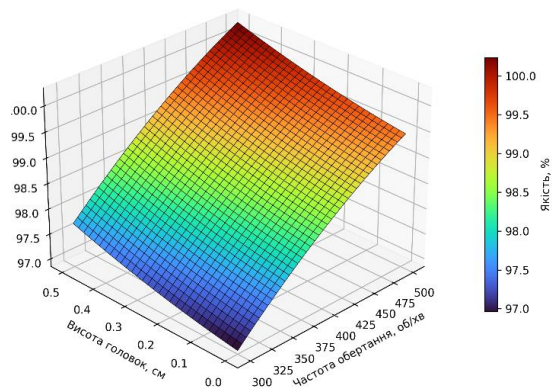


Рис. 5. Відсоток пошкоджених коренеплодів столової моркви в залежності від частоти обертання доочисників.



а



б

Рис. 6. Якість очищення головок столової моркви в залежності від висоти виступання головок та частоти обертання доочисників: а – столова морква сорту Оленка, б – столова морква сорту Шантане

Аналіз отриманих залежностей свідчить, що для столової моркви сорту Оленка, головки коренеплодів якої можуть виступати над поверхнею ґрунту до 2 см, зі збільшенням частоти обертання доочищувальних валів підвищується якість очищення, однак одночасно зростає ймовірність механічних пошкоджень та вибивання коренеплодів із ґрунту. З урахуванням співвідношення між якістю очищення і допустимим рівнем пошкоджень раціональною є частота обертання доочищувальних валів близько 400 об/хв, за якої забезпечується висока якість очищення при мінімізації втрат і пошкоджень коренеплодів.

Для сорту Шантане, головки коренеплодів якого виступають над поверхнею ґрунту не більше 0,5 см, умови взаємодії гумових бичів із коренеплодами є більш сприятливими. Завдяки меншій висоті виступання головок зменшується інтенсивність ударної взаємодії, що дозволяє застосовувати підвищені частоти обертання доочищувальних валів (450–500 об/хв) без суттєвого збільшення механічних пошкоджень. При цьому

забезпечується якість очищення на рівні 97–99,5 % за пошкодження коренеплодів, що не перевищують 1,2 %.

Отже, результати теоретичних досліджень та побудовані залежності підтверджують, що оптимальні режими роботи доочищувального пристрою визначаються не лише частотою обертання робочих органів, а й морфологічними особливостями сорту, насамперед висотою виступання головок коренеплодів над поверхнею ґрунту. Це свідчить про доцільність диференційованого вибору режимів роботи агрегату залежно від біологічних особливостей вирощуваного сорту столової моркви.

Висновки. 1. Проведено аналіз існуючих способів очищення головок коренеплодів столової моркви та встановлено, що найбільш перспективним напрямом підвищення ефективності роздільного збирання є застосування двоступеневого доочищення гумовими бичами різної жорсткості.

2. Розроблено математичну модель процесу взаємодії гумового бича з головою



коренеплоду, яка враховує частоту обертання доочищувального вала, геометричні параметри робочого органа, масу бича та висоту виступання головок коренеплодів над поверхнею ґрунту. Отримане рівняння є теоретичною основою для визначення раціональних режимів роботи агрегату.

3. За результатами експериментальних досліджень встановлено, що зі збільшенням частоти обертання доочищувальних валів підвищується якість очищення головок коренеплодів, однак одночасно зростає ймовірність їх механічного пошкодження.

4. Встановлено, що раціональні режими роботи доочищувальних валів залежать від морфологічних особливостей сорту столової моркви, насамперед від висоти виступання головок коренеплодів над поверхнею ґрунту. Для сортів столової моркви, як Оленка, у якого головки виступають до 2 см, раціональною є частота обертання доочищувальних валів близько 400 об/хв, що забезпечує високу якість очищення за мінімального рівня механічних пошкоджень. Для сортів столової моркви, у яких головки коренеплодів виступають не більше ніж на 0,5 см, доцільним є застосування підвищених частот обертання валів (450–500 об/хв), за яких досягається якість очищення до 99,5 % при рівні пошкодження коренеплодів не більше 1,2 %.

5. Отримані теоретичні та експериментальні результати можуть бути використані під час проектування нових машин для роздільного збирання столової моркви, а також для обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів доочищувальних пристроїв.

Список використаних джерел

1. Булгаков В. М., Головач І. В. Механізація збирання коренеплодів. Київ : Аграрна наука, 2005. 240 с.
2. Булгаков В. М., Головач І. В. Машини для збирання коренеплодів. Київ : НАУ, 2011. 192 с.
3. Hevko, R., Brukhanskyi, R., Flonts, I., Synii, S., Klendii, O. (2018). Advances in Methods of Cleaning Root Crops. Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II, 2018, Vol. 11(60), No. 1, pp. 123–132.
4. Budzanivskyi, M. (2024). Development of Experimental Setup, Program and Methods Experimental Research of Carrot Heads Cleaning from Root Haulm Residues. Mechanization in Agriculture & Conserving of the Resources, 2024, Vol. 68(3), pp. 71–74
5. Булгаков В. М., Будзанівський М. І., Савченко І. Ф., Рихлівський П. А., Теоретичні дослідження взаємодії очисної лопаті з головою коренеплоду моркви при її очищенні від залишків гички на корені / Механіка та автоматика АПВ: загальнодерж. зб. / ІМА АПВ НААН. Глеваха, 2024. Вип. 4(118). С. 111 – 124. DOI: <https://doi.org/10.37204/2786-7765-2024-1-13>

6. Budzanivskyi, M. (2023). Experimental Studies of the Quality of Root Crop Heads Residue Cleaning Using a New Cleaner. Machinery & Energetics, 2023, Vol. 14, No. 3, pp. 21–33. <https://doi.org/10.31548/machinery/3.2023.21>

7. Volodymyr Bulgakov, Myroslav Budzanivskyi, Ivan Holovach, Yevhen Ihnatiev, Ivan Chibichik (2023). Experimental study of operation quality of a root head cleaner with rubber blades. Mechanization in agriculture & conservation of resources: International scientific journal, YEAR LXIX, issue 2, 40–43. Sofia, Bulgaria.

8. Matsuev O. (2025). Improvement of a Device for Cleaning Carrots from Soil Impurities and Plant Residues. Mechanization in Agriculture & Conservation of the Resources, 2025, Vol. 69(3), pp. 64–66.

9. Савченко І., Кусайко В., Рихлівський П., Гузік І. Двофазне збирання моркви. Журнал двомісячник «Плантатор». Київ, 2017. №5(35). С. 129-130.

10. Розвиток технологій і техніки для виробництва продукції овочівництва / Адамчук В. В. та ін. Монографія. ІМА АПВ НААН. Ніжин: Видавець Лисенко М. М., 2023. 192 с. <https://imaap.org.ua/info/attach.php?id=822>

11. Техніко – технологічне забезпечення органічного вирощування продукції рослинництва / Адамчук В. В. та ін. (Рекомендації). Київ: ННЦ «ІАЕ» 2023. 128 с.

<https://imaap.org.ua/info/attach.php?id=836>.

References

1. Bulgakov, V. M., Golovach, I. V. (2005). Mechanization of root crop harvesting. Kyiv: Agrarian Science. 240 p.
2. Bulgakov, V. M., Golovach, I. V. (2011). Machines for harvesting root crops. Kyiv: NAU. 192 p.
3. Hevko, R., Brukhanskyi, R., Flonts, I., Synii, S., Klendii, O. (2018). Advances in Methods of Cleaning Root Crops. Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II, 2018, Vol. 11(60), No. 1, pp. 123–132.
4. Budzanivskyi, M. (2024). Development of Experimental Setup, Program and Methods Experimental Research of Carrot Heads Cleaning from Root Haulm Residues. Mechanization in Agriculture & Conserving of the Resources, 2024, Vol. 68(3), pp. 71–74
5. Bulgakov, V. M., Budzanivskyi, M. O., Savchenko, I. F., Rykhivskyi, P. A. (2024). Theoretical studies of the interaction of a cleaning blade with a carrot root head during its cleaning from the remains of the tip on the root / Mechanics and automation of root crops: state collection / IMA Root Crop Heads of the National Academy of Sciences of Ukraine. Glevakha, 2024. Issue 4(118). P. 111 – 124. DOI: <https://doi.org/10.37204/2786-7765-2024-1-13>
6. Budzanivskyi, M. (2023). Experimental Studies of the Quality of Root Crop Heads Residue Cleaning Using a New Cleaner. Machinery & Energetics,

2023, Vol. 14, No. 3, pp. 21–33.
<https://doi.org/10.31548/machinery/3.2023.21>

7. Volodymyr Bulgakov, Myroslav Budzanivskyi, Ivan Holovach, Yevhen Ihnatiev, Ivan Chibichik (2023). Experimental study of operation quality of a root head cleaner with rubber blades. Mechanization in agriculture & conservation of resources: International scientific journal, YEAR LXIX, issue 2, 40–43. Sofia, Bulgaria.

8. Matsuev O. (2025). Improvement of a Device for Cleaning Carrots from Soil Impurities and Plant Residues. Mechanization in Agriculture & Conservation of the Resources, 2025, Vol. 69(3), pp. 64–66.

9. Savchenko, I., Kusayko, V., Rykhivskyi, P., Guzik, I. (2017). Two-phase harvesting of carrots. Bimonthly magazine "Plantator". Kyiv, 2017. No. 5(35). P. 129-130.

10. Adamchuk, V. V., Savchenko, I. F., Tarasenko, V. V., Borys, A. M., Hrytsyshyn, M. I., Lysanyuk, V. G., ... Rykhivskyi, P. A. (2023). Development of technologies and equipment for the production of vegetable products / Monograph / IMA APV NAAS. Nizhyn: Publisher Lysenko M. M., 2023. 192 p. <https://imaap.org.ua/info/attach.php?id=822>

11. Adamchuk, V. V., Hrytsyshyn, M. I., Savchenko, I. F., Vozhyk, Yu. G., Pohoriliy, S. P., Ratushny, V. V., ... Vitruh, P. I. (2023). Technical and technological support for organic cultivation of crop products / (Recommendations). Kyiv: NNC "IAE" 2023. 128 p. <https://imaap.org.ua/info/attach.php?id=836>.

RESEARCH INTO THE PROCESS OF CLEANING THE HEADS OF ROOTS OF CARROT ON A STUMP WITH A COMBINED UNIT

The article presents the results of theoretical and experimental studies of the technological process of cleaning the heads of table carrot roots directly in the soil

before digging. The specific features of the two-stage harvesting method for table root crops were analyzed, and it was established that insufficient removal of haulm residues from carrot heads leads to increased crop losses, deterioration of marketable product quality, more difficult operation of digging units, and a higher risk of mechanical damage to the roots. To improve the efficiency of the technological process, the design of the combined OGK-1.4 unit was considered. In a single pass, the unit performs cutting of the haulm, crushing and transporting the plant mass outside the working zone, as well as two-stage cleaning of root heads. A distinctive feature of the unit is the use of two consecutively installed cleaning shafts equipped with rubber whips of different stiffness: rigid whips for preliminary removal of the main mass of haulm residues and soft whips for final cleaning without damaging the root surface. A mathematical model of the interaction between a rubber whip and the root head was developed, taking into account the rotational speed of the cleaning shaft, geometric parameters of the working body, whip mass, and the height of the root head above the soil surface. Experimental studies were carried out on the Olenka and Shantane carrot varieties. It was established that increasing the rotational speed of the cleaning shafts improves cleaning quality but simultaneously increases the probability of mechanical damage to the roots. For the Olenka variety, a rational rotational speed is about 400 rpm, whereas for the Shantane variety it is 450-500 rpm, providing cleaning quality of up to 99.5% with root damage not exceeding 1.2%. The obtained results can be used to improve harvesting machines and substantiate the operating modes of root-head cleaning devices.

Keywords: table carrots, head cleaning, hoe, combined unit, separate harvesting, rubber whips, technological process.

Відомості про авторів

Рихлівський Петро Антонович – к.т.н., старший науковий співробітник, Інституту механіки та автоматизації агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України (вул. Вокзальна, 11/1, с-ще Глеваха, Фастівський район, Київська область, 08631; e-mail: petro05081987@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0001-6567-192X>

Савченко Ігор Феодосійович – к.т.н., старший науковий співробітник, завідувач відділу, відділ механіко-технологічних проблем овочівництва Інституту механіки та автоматизації агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України (вул. Вокзальна, 11/1, с-ще Глеваха, Фастівський район, Київська область, 08631; e-mail: igorsavchenko2020@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-0349-2886>

Rykhivskyi Petro – Ph.D., Senior Researcher, Institute of Mechanics and Automation of Agro-Industrial Production, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (11/1 Vokzalna St., Hlevakha Village, Fastiv District, Kyiv Region, 08631; e-mail: petro05081987@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0001-6567-192X>

Savchenko Igor – Ph.D., Senior Researcher, Head of Department, Department of Mechanical and Technological Problems of Vegetable Growing, Institute of Mechanics and Automation of Agro-Industrial Production, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (11/1 Vokzalna St., Hlevakha Village, Fastiv District, Kyiv Region, 08631; e-mail: igorsavchenko2020@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-0349-2886>

Стаття надійшла 07.08.2026

Стаття прийнята 24.08.2026

Опубліковано 12.10.2026