



Механізація, електрифікація

УДК 613.3

© 2022

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДВОВАЛОВОГО ОЧИСНИКА ГОЛОВОК КОРЕНЕПЛОДІВ

В.М. Булгаков¹, В.В. Адамчук², І.В. Головач³,
В.Т. Надикто⁴, Є.І. Ігнат'єв⁵

^{1,2}доктори технічних наук, професори, академіки НААН

^{3,4}доктори технічних наук, професори, члени-кореспонденти НААН
⁵кандидат технічних наук

^{1,3}Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна

²Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН
вул. Вокзальна, 11, смт Глеваха Фастівського р-ну Київської обл.,
08631, Україна

^{4,5}Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного
просп. Б. Хмельницького, 18, м. Мелітополь Запорізької обл., 72312, Україна
e-mail: ¹bulgakov@meta.ua, ²vadamchuk@gmail.com, ³holovach.iv@gmail.com,
⁴volodymyr.nadykto@tsatu.edu.ua, ⁵yevhen.ihnatiyev@tsatu.edu.ua
ORCID: ¹0000-0003-3445-3721, ²0000-0003-0358-7946, ³0000-0003-1387-4789,
⁴0000-0002-1770-8297, ⁵0000-0003-0315-1595

Надійшла 21.06.2022

Мета. Підвищити якість доочищення головок коренеплодів гички цукрового буряку способом визначення раціональних параметрів двовалового очисника за результатами проведення його експериментальних досліджень. **Методи.** Використано методи проведення сучасних експериментальних досліджень, зокрема багатофакторного експерименту зі статистичним обробленням результатів вимірювання за допомогою ПК, сучасного лабораторно-польового обладнання, а також методи польових випробувань сільськогосподарських машин. **Результати.** Проведено польові експериментальні дослідження причіпленого позаду до просапного колісного агрегуючого трактора очисника головок коренеплодів цукрового буряку нової конструкції. Цей очисник дає змогу остаточно очищати головки коренеплодів буряку цукрового на корені, з яких попередньо вже був зрізаний основний масив гички, але залишилися рештки. Також розроблено нову лабораторно-польову експериментальну установку, яка дає змогу в польових умовах моделювати роботу одиничного очисника головок коренеплодів. Одержано графічні залежності залишків гички на головках коренеплодів від конструктивних і кінематичних параметрів очисника. Це дало змогу встановити

раціональні конструктивні й технологічні параметри двовалового очисника для його використання у виробничих умовах. Висновки. Істотного підвищення якості доочищення головок коренеплодів цукрового буряку на корені від залишків після зрізування основного масиву гички можна досягти вдосконаленням конструкції доочисника. Такою конструкцією є двоваловий очисник з горизонтальними валами, оснащений гнучкими очисними лопатями, які шарнірно встановлені в обіймах, розташованих із відповідними кроками по довжинах цих валів. Для отримання найкращих показників якості роботи двовалового очисника при видаленні залишків гички зі сферичних поверхонь головок коренеплодів буряку цукрового визначено його кінематичні й конструктивні параметри.

Ключові слова: буряк цукровий, гичка, залишки, очисник, багатofакторний експеримент, методика, статистичні розрахунки, раціональні параметри.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202207-06>

Буряківництво є важливою галуззю сільськогосподарства в багатьох європейських країнах. У технології виробництва цукрового й кормового буряку найбільш трудомістким і дорогим технологічним процесом є збирання, на яке припадає близько 60% енергетичних витрат. До того ж збирання визначає і якість одержуваного продукту, його збережуваність із часом, а також втрати вирощеної біологічної маси. На збережуваність коренеплодів буряку впливає наявність залишків гички, оскільки гичка порівняно з коренеплодами псується швидше й може спровокувати гниття врожаю. З іншого боку, гичку можна використовувати як корм худобі, для виробництва біогазу та ін. Одержання чистих коренеплодів і мінімальні втрати гички є важливим завданням технологічного процесу збирання. Тому завдання якісного відділення залишків гички від коренеплодів має велику актуальність.

Проблемі очищення головок коренеплодів від залишків гички присвячено багато досліджень [1–9].

Вихідні вимоги до очисників головок коренеплодів цукрового буряку: гичка на коренеплодах цукрового буряку має бути зрізана без доочищення гичкозбиральною машиною; зріз головки має бути прямим, гладким, без відколів; площа зрізу — проходити не нижче рівня закладення зелених черешків і не вище 20 мм від верхівки головок коренеплодів. Обрізана маса коренеплодів з гичкою не має перевищувати 5%;

загальні втрати зеленої маси гички, зокрема вільної, на високо обрізаних і необрізаних коренеплодах у купі й загублених на поверхні ґрунту, не мають перевищувати 10% від її врожайності; кількість ушкоджених коренеплодів — не бути більшою 20%, зокрема сильно ушкоджених — до 5%.

З початку масового впровадження механізації збирання буряку пройшло багато років. За цей час створено вже кілька поколінь машин для його збирання [3, 8, 9], однак завдання вдосконалювання машин для реалізації цього технологічного процесу, як і раніше, мають велику наукову актуальність та практичну потребу.

Поставлені науково-практичні завдання очищення головок коренеплодів на корені можна розв'язати розробкою й застосуванням машинно-тракторних агрегатів з модульним принципом будови, що дає важливі переваги під час їхнього використання у виробничих умовах [1].

Визначальний внесок у теорію й практику цього питання свого часу зробили науковці: Л.В. Погорілий, О.П. Гурченко, Н.В. Татянюк та інші вчені [2–6, 8, 9].

Водночас у проведених ними теоретичних дослідженнях, отриманих залежностей і практичних результатів недостатньо для обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів і режимів роботи такого машинно-тракторного агрегату.

Мета досліджень — підвищити якість доочищення головок коренеплодів гички

буряку цукрового способом визначення раціональних параметрів двовалового очисника за результатами проведення його експериментальних досліджень.

Методи досліджень. Використано методи проведення сучасних експериментальних досліджень, зокрема багатофакторного експерименту зі статистичним обробленням результатів вимірювання за допомогою ПК, сучасного лабораторно-польового обладнання, а також методи польових випробувань сільськогосподарських машин.

Результати досліджень та їх обговорення. Під час проведення експериментальних досліджень використано загальноприйняті й розроблені часткові методики [1, 5, 7].

Оцінка умов проведення експериментальних досліджень включала визначення ґрунтово-кліматичних умов і характеристик посадки коренеплодів, обґрунтування режимів роботи машини й визначення якісних показників роботи [5, 10].

Умови проведення польових експериментальних досліджень наведено в таблиці.

Проведення експериментальних досліджень нової конструкції очисника з визначення якісних показників його роботи було здійснено на розробленій і виготовленій польовій експериментальній установці, що дає змогу в польових умовах повністю моделювати роботу двовалового очисника.

Наведено конструктивно-технологічну схему експериментальної установки з установленим новим двоваловим очисником головок коренеплодів буряку цукрового від залишків гички (рис. 1). На рис. 2 показано загальний вигляд експериментальної установки із встановленим очисником головок коренеплодів від залишків гички під час проведення польових експериментальних досліджень.

Розроблена експериментальна установка (див. рис. 1, а) складається з основної рами 1, що начіплюється позаду на колісний агрегатуючий трактор класу 1,4 за допомогою начіпного пристрою 4. До основної рами 1 кріпиться поворотна рамка 2, встановлена за допомогою поперечної балки 3. Поворотна рамка 2 потрібна для начіплювання на неї різних очисних блоків робочих органів, зокрема з горизонтальними

приводними валами. Основна рама 1 опирається на два копірувальних колеса 5, які мають гвинтові механізми її опускання або піднімання щодо рівня поверхні ґрунту. Обертальні рухи очисним робочим органам передаються за допомогою двох редукторів 6 і 7 через карданний вал 8 від вала відбору потужності агрегатуючого трактора, а також ланцюгову передачу 9. На поворотній рамці 2 очисні робочі органи встановлено за допомогою карданних передач 10, що дає змогу встановлювати і фіксувати їх положення під різними кутами α один до одного. Еластичні очисні робочі органи 11 закріплені на привідних валах 12 за допомогою обойм 13. На поперечній балці 3 є два механізми 14 зміни положення поворотної рамки 2 під різними кутами у повздовжньо-вертикальній площині.

Отже, нами запропоновано нову конструктивну систему очищення головок коренеплодів цукрових буряків на корені від залишків гички у вигляді двох привідних горизонтальних валів 12, які мають закріплені на певних відстанях вздовж їхніх довжин обойми 13, на них встановлені поворотні за допомогою шарнірів гнучкі очисні лопаті 11. Усього в кожній обоймі розміщено по 4 очисні лопаті 11. При цьому лопаті 11 одного приводного вала 12 розташовані між лопатями 11 іншого приводного вала 12. Приводні вали 12 із шарнірно встановленими гнучкими очисними лопатями 11 мають один до одного зустрічний обертальний рух.

Технологічний процес очищення головок коренеплодів від залишків гички на корені двоваловим очисником здійснюється в такий спосіб. Очисник, агрегований з колісним трактором, встановлюється по осі рядка коренеплодів буряку цукрового, з яких уже зрізаний основний масив гички (суцільний зріз на більшій висоті). Однак на головках коренеплодів залишилися короткі зелені і міцні, а також сухі і полеглі рештки, які в основному міцно тримаються на головках коренеплодів і розташовуються в міжряддях посівів або в рядку між сусідніми коренеплодами. Рухаючись поступально по рядку, приводні очисні вали 12 охоплюють рядок коренеплодів з двох його боків, а їхні еластичні лопаті 11 наносять удари по головках, ефективно збиваючи (зминаючи й зчісуючи)

Умови проведення польових експериментальних досліджень двохвального очисника

Показник	За даними технічних умов	За даними польових досліджень
Характеристика бур'яку цукрового:		
Відхилення коренеплодів від осьової лінії рядка, %:		
0 мм	–	7,2
±10 мм	–	15,8
±20 мм	–	20,9
±30 мм	–	30,9
±40 мм і більше	–	25,2
Розміщення головок коренеплодів щодо рівня поверхні ґрунту, %:		
від 0 мм до +20 мм включно	–	36,4
більше +20 мм до +40 мм включно	–	22,7
» +40 мм до +60 мм »	–	19,3
» +60 мм до +80 мм »	–	11,4
» +80 мм	–	10,2
Ширина основних міжрядь:		
середня, см	–	44,5
середня, квадратичне відхилення, см	±0,3	1,0
Розміщення рослин:		
середня відстань між коренеплодами, см	–	26,8
Густота насаджень рослин, тис. шт.·га ⁻¹	–	82,9
Біологічна врожайність коренеплодів, т·га ⁻¹	70,0	53,4
Біологічна врожайність гички, т·га ⁻¹	20,00	13,3
Стан гички на коренеплодах за формою розміщення листків, %:		
розетка	–	21,1
напіврозетка	–	50,8
конус	–	28,1
Тип ґрунту і назва за механічним складом	–	Чорнозем малогумусний
Рельєф	До 7°	Рівний
Вологість ґрунту в шарі, %		
0–10 см	20,0 – 23,0	14,5
10–20 см	–	12,1
20–30 см	–	12,6
Твердість ґрунту в шарі, МПа: 0–10 см		
10–20 см	–	2,8
	–	2,0
Засміченість поля:		
бур'янів висотою до 100 см, шт.·м ⁻²	Не більше 5,0	4,0
Попередник і попередній обробіток ґрунту	–	Пшениця озима, рихлення міжрядь

залишки гички з усієї поверхні головок коренеплодів.

Для дослідження впливу режимів роботи очисника на якість очищення головок коренеплодів від залишків гички проведено

польовий багатofакторний експеримент [10]. Під час експериментальних досліджень вхідними параметрами були: V — швидкість поступального руху двовалового очисника, м·с⁻¹; ω — кутова швидкість обертального

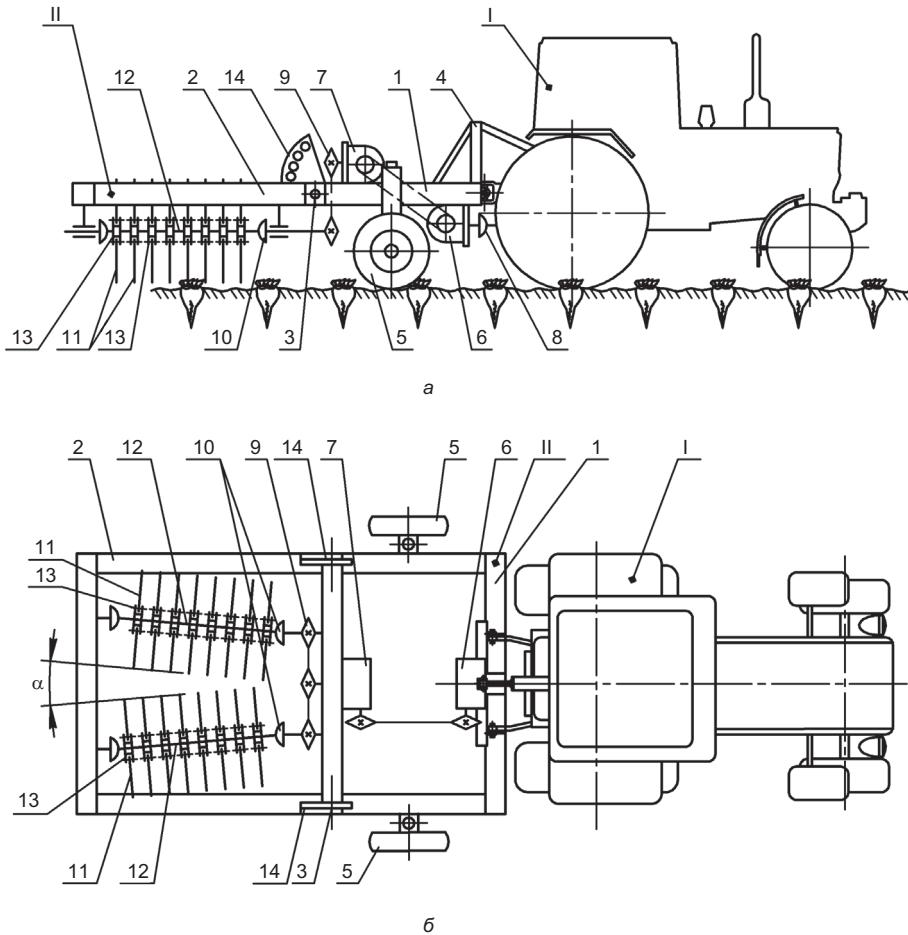


Рис. 1. Конструктивно-технологічна схема експериментальної установки: а — вигляд збоку; б — вигляд зверху

руху приводних очисних валів, $\text{рад}\cdot\text{с}^{-1}$; h — висота встановлення лопатей очисника над поверхнею ґрунту, см.

Вихідним параметром, тобто якісним показником роботи двовального очисника головок коренеплодів, була маса залишків гички на 1 м^2 площі дослідної ділянки бурякового поля, на якому вже здійснено суцільний зріз маси гички й виконано прохід і доочищення головок коренеплодів від залишків гички. Під час експериментальних досліджень поступальну швидкість руху двовального очисника регулювали перемиканням коробки передач колісного агрегатуючого трактора. При агрегатуванні двовального очисника з колісними тракто-

рами класу 1,4 нижня межа швидкості поступального руху становила $0,8 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, верхня межа — $2,0$, середнє значення — $1,4 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Регулювання кутової швидкості обертання приводних валів очисника здійснювалося зміною передавального числа приводу. Мінімальне значення кутової швидкості обертального руху валів очисника становило $34,8 \text{ рад}\cdot\text{с}^{-1}$, максимальне — 78 , середнє значення — $54 \text{ рад}\cdot\text{с}^{-1}$. Висоту встановлення очисної лопаті над рівнем поверхні ґрунту регулювали зміною положення копіювальних коліс двовального очисника. Мінімальне значення висоти встановлення лопатей вважали за 0 (коли кінці лопатей перебували точно на рівні поверхні



Рис. 2. Загальний вигляд експериментальної установки із двоваловим очисником головок коренеплодів від залишків гички

ґрунту без зазорів), середнє значення висоти встановлення — 0,02 м (2 см), а максимальнє значення висоти встановлення лопатей над поверхнею ґрунту — 0,04 м (4 см).

Польові експериментальні дослідження проводили в 5-разовій повторності за відповідних значень висоти встановлення лопатей щодо рівня поверхні ґрунту, різних робочих швидкостях руху очисника й різних режимів обертання валів очисника відповідно до стандартної план-матриці.

Якість очищення головок коренеплодів від залишків гички за кожної повторності досліді визначали способом ручного видалення залишків гички з головок коренеплоду на дослідній ділянці й зважування їх на електронних вагах.

У результаті проведення повного 3-факторного експерименту [11] були отримані та оброблені методами статистичного, регресійного й кореляційного аналізів дослідні дані.

Обробку отриманих експериментальних даних проведено на ПК відповідно до наявної програми статистичних розрахунків.

Отримано функціональні залежності кількості залишків гички (Y) від поступальної швидкості руху очисника (X_1), кутової швидкості обертального руху приводних валів очисника (X_2) і висоти, на яку встановлені лопаті очисника щодо рівня поверхні ґрунту (X_3). Ці функціональні залежності можна описати такими рівняннями регресії:

- у вигляді степенєвої залежності:

$$Y = 33857 X_1^{0,0138} \cdot X_2^{-1,8651} \cdot X_3^{0,0177}, \quad (1)$$

за коефіцієнта множинної детермінації $D=0,453$, коефіцієнт множинної кореляції $R=0,673$;

- у вигляді логарифмічної залежності:

$$Y = 284,31 - 11,152 \ln X_1 - 62,41 \ln X_2 + 0,82 \ln X_3, \quad (2)$$

за коефіцієнта множинної детермінації $D=0,463$, коефіцієнт множинної кореляції $R=0,681$;

- у вигляді поліноміальної залежності 2-го ступеня:

$$Y = 209,38 - 6,34 X_1 - 6,66 X_2 + 61,16 X_3 + 0,99 X_1^2 + 0,05 X_2^2 - 1,13 X_3^2 + 0,28 X_1 X_2 - 28,98 X_1 X_3 - 0,7 X_2 X_3 + 0,34 X_1 X_2 X_3 \quad (3)$$

за коефіцієнта множинної детермінації $D=0,707$, коефіцієнт множинної кореляції $R=0,841$.

Аналіз наведених аналітичних залежностей (1)–(3) свідчить, що найкращій апроксимації дослідних даних впливу поступальної швидкості руху очисника, кутової швидкості обертального руху його приводних валів й висоти встановлення лопатей над поверхнею ґрунту на якість видалення залишків гички відповідає поліноміальна залежність 2-го ступеня. Найбільш значущим чинником при цьому є кутова швидкість ω обертального руху приводних валів X_2 .

За результатами проведених на ПК числових розрахунків побудовано графіки, наведені у вигляді поверхонь відгуків залежності маси залишків гички на сферичних поверхнях головок коренеплодів від кутової швидкості ω обертального руху приводних валів очисника і висоти h встановлення еластичних очисних лопатей над поверхнею ґрунту за поступальної швидкості V руху двохвального очисника, яка становила: $0,8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, $1,4$, $2,0 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ (рис. 3, а, б, в).

Графічні залежності свідчать, що зі збільшенням кутової швидкості ω обертального руху приводних очисних валів і зменшенням висоти h встановлення еластичних очисних лопатей над поверхнею ґрунту кількість залишків гички на головках коренеплодів буряку цукрового зменшується. Однак при значеннях поступальної швидкості V руху очисника $1,4$ і $2,0 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ ці залежності є складнішими.

Також ці графічні залежності свідчать, що в діапазоні швидкостей V поступального

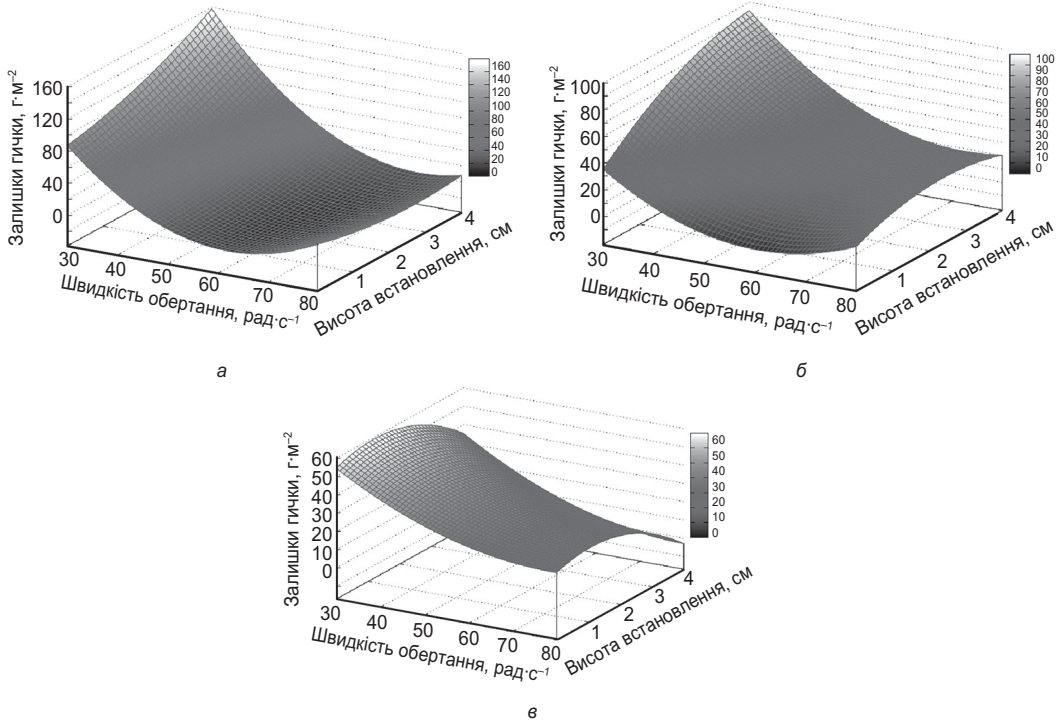


Рис. 3. Поверхня відгуку залежності залишків гички від кутової швидкості ω обертального руху приводних валів очисника і висоти h встановлення еластичних очисних лопатей над поверхнею ґрунту за поступальної швидкості V руху двовального очисника: а — $0,8 \text{ м·с}^{-1}$; б — $1,4$; в — $2,0 \text{ м·с}^{-1}$

руху очисника $0,8\text{--}1,4 \text{ м·с}^{-1}$, за кутових швидкостей ω обертального руху приводних очисних валів 54 та 78 рад·с^{-1} спочатку повільно зростає маса залишків гички на головках коренеплодів буряку цукрового, а потім зменшується в діапазоні швидкостей $1,4\text{--}2,0 \text{ м·с}^{-1}$. За кутової швидкості ω обертального руху приводних очисних валів $34,8 \text{ рад·с}^{-1}$ характер впливу швидкості V поступального руху двовального очисника на якісні показники його роботи є дуже мінливим. Так, за «нульової» висоти встановлення лопатей $h=0$ над поверхнею ґрунту зі збільшенням швидкості V поступального руху двовального очисника в межах $0,8\text{--}1,4 \text{ м·с}^{-1}$ маса залишків гички зменшується. Однак у діапазоні швидкостей $1,4\text{--}2,0 \text{ м·с}^{-1}$ цей показник відповідно зростає. За висоти встановлення кінців очисних лопатей 2 см тенденції є аналогічними висоті встановлення $h=0$ і кутовій швидкості ω обертального руху приводних

очисних валів 54 і 78 рад·с^{-1} . Однак за висоти встановлення лопатей 4 см зі збільшенням швидкості V поступального руху очисника маса залишків гички на головках коренеплодів буряку цукрового інтенсивно зменшується.

Підвищення якості виконання технологічного процесу доочищення головок коренеплодів буряку цукрового від залишків гички на корені з горизонтальними приводними валами можна досягнути збільшенням кутової швидкості ω приводних валів двовального очисника та зменшенням висоти h встановлення еластичних очисних лопатей над поверхнею ґрунту на невеликих швидкостях V поступального руху очисника.

За результатами польових експериментальних досліджень двовального очисника головок коренеплодів від залишків гички встановлено раціональні режими його роботи: швидкість V поступального руху очисника — не має перевищувати $1,2 \text{ м·с}^{-1}$; кутова

швидкість ω обертального руху приводних очисних валів — 65–78 рад·с⁻¹; висота h

встановлення лопатей очисника над поверхнею ґрунту — не більше 2 см.

Висновки

Істотного підвищення якості доочищення головок коренеплодів буряку цукрового на корені від залишків після зрізування основного масиву гички можна досягти завдяки вдосконаленню конструкції доочищення. Такою конструкцією може бути двохвальний очисник з горизонтальними валами, оснащений гнучкими очисними лопатями, які шарнірно встановлені в об'їмах, розташованих з відповідними кроками по довжинах цих валів.

Отримані функціональні й графічні залежності дали змогу встановити, що

найбільш раціональними значеннями показників якості роботи двовалового очисника під час видалення залишків гички зі сферичних поверхонь головок коренеплодів буряку цукрового є такі його кінематичні й конструктивні параметри: V — швидкість поступального руху двовалового очисника — 0,8–1,2 м·с⁻¹; ω — кутова швидкість обертання його приводних очисних валів — 65–78 рад·с⁻¹; h — висота встановлення гнучких очищувальних лопатей над поверхнею ґрунту — не більше 2 см.

Bulgakov V.¹, Adamchuk V.², Holovach I.³, Nadykto V.⁴, Ihnatiev Ye.⁵

^{1,3}National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, 03041, Ukraine, ²Institute of Mechanics and Automation of Agricultural Production of NAAS, 11 Vokzalna Str., vil. Hlevakha, Fastiv district, Kyiv oblast, Ukraine, 08631, ^{4,5}Dmytro Motorny Tavriya State Agrotechnological University, 18 Khmelnytskyi Ave., Melitopol, Zaporizhzhia oblast, 72312, Ukraine; ¹vbulgakov@meta.ua, ²vvadamchuk@gmail.com, ³holovach.iv@gmail.com, ⁴volodymyr.nadykto@tsatu.edu.ua, ⁵yevhen.ihnatiev@tsatu.edu.ua; ORCID: ¹0000-0003-3445-3721, ²0000-0003-0358-7946, ³0000-0003-1387-4789, ⁴0000-0002-1770-8297, ⁵0000-0003-0315-1595

Experimental studies of the two-shaft cleaner of the heads of root crops

Goal. To improve the quality of cleaning the heads of root crops of sugar beet by the method of determining the rational parameters of the two-shaft cleaner based on the results of its experimental research. **Methods.** Methods of conducting modern experimental research were used, in particular, a multifactorial experiment with statistical processing of measurement results using a PC, and modern laboratory-field equipment, as well as methods of field tests of agricultural machines. **Results.** Field experimental studies of a sugar beet root cleaner of a new design attached to the rear of a row-wheel

aggregating tractor were carried out. This cleaner made it possible to finally clean the heads of sugar beet root crops on the root, from which the main mass of haulm was cut. A new laboratory-field experimental setup was also developed, which allowed simulating the operation of a single head cleaner of root crops in field conditions. Graphical dependences of the haulm remains on the heads of root crops on the structural and kinematic parameters of the cleaner were obtained. This made it possible to establish rational design and technological parameters of the two-shaft cleaner for its use in production conditions. **Conclusions.** A significant increase in the quality of cleaning sugar beet root heads on the root from residues after cutting the main mass of haulm can be achieved by improving the design of the cleaning device. Such a design is a two-shaft cleaner with horizontal shafts, equipped with flexible cleaning blades, which are hingedly installed in brackets located with appropriate steps along the lengths of these shafts. To obtain the best indicators of the quality of the work of the two-shaft cleaner when removing the remains of the haulm from the spherical surfaces of the heads of sugar beet root crops, its kinematic and structural parameters were determined.

Key words: sugar beet, haulm, residues, purifier, multifactorial experiment, methodology, statistical calculations, rational parameters.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202207-06>

Бібліографія

1. Bulgakov V., Adamchuk V., Ivanovs S., Ihnatiev Y. Theoretical investigation of aggregation

of top removal machine frontally mounted on wheeled tractor. *Engineering for rural development.*

Jelgava, 2017. V. 16. P. 273–280.

2. *Погорельий Л.В., Татьянко М.В., Брей В.В.* и др. Свеклоуборочные машины: (конструирование и расчет); под общ. ред. Л.В. Погорелого. Киев: Техника, 1983. 168 с.

3. *Погорілий Л.В., Євтенко В.Г.* Мобільна сільськогосподарська енергетика: історія, тенденції розвитку, прогноз. Київ: Фенікс, 2005. 184 с.

4. *Патент України № 115404, A01D23/02.* Очисник головок коренеплодів. В.М. Булгаков, В.В. Адамчук, В.М. Кюрчев, В.Т. Надикто, Є.І. Ігнат'єв. Опубл. 25.10.2017. Бюл. № 11.

5. *Bulgakov V.M., Adamchuk V.V., Nozdrovicky L.* et al. Properties of the sugar beet tops during the harvest. Proceeding of 6th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2016. 7–9 September 2016. Prague, Czech Republic. P. 102–108.

6. *Антышев Н.М., Шевцов В.Г.* Современные направления развития научных основ создания сельскохозяйственных мобильных энерге-

тических средств. *Сельскохозяйственные машины и технологии.* 2009. № 2. С. 24–31.

7. *Bulgakov V., Ivanovs S., Holovach I., Ihnatiev Ye.* Mathematical model of interaction between share working body and beet root during vibrational digging. 20th International Scientific Conference «Engineering for rural development», Proceedings. V. 20. May 26–28, 2021. Jelgava. P. 665–672.

8. *Босой Е.С.* Теория, конструирование и расчет сельскохозяйственных машин. Москва: Машиностроение, 1978. 567 с.

9. *Погорельий Л.В.* Оценка технологических показателей работы ботвосрезающих аппаратов. *Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства.* 1963. № 5. С. 49–50.

10. *Надикто В.Т.* Основи наукових досліджень. Херсон, 2017. 268 с.

11. *Дослехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.