

УДК 631.356.02

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ НОВОГО ГИЧКОЗБИРАЛЬНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ

Булгаков Володимир Михайлович д.т.н., професор, академік НААН
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Борис Андрій Миколайович к.т.н., ст.н.с.

Національний науковий центр "ІМЕСГ" НААН України

Яропуд Віталій Миколайович асистент

Кірієнко Оксана Олександрівна студентка

Вінницький національний аграрний університет

Bulgakov V.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Boris A.

National Science Center "IMESH" NAAS of Ukraine

Yaropud V.

Kiriyenko O.

Vinnitsia National Agrarian University

Анотація: розроблена конструкція нового робочого органу для збирання гички цукрових буряків, лабораторна установка і методика дослідження процесу відокремлення гички цукрових буряків від головок коренеплодів. Визначено залежності показників якості збирання від поступальної швидкості руху, висоти виступання головок коренеплодів і відхилення коренеплодів від умовної осьової лінії рядка. В результаті експериментальних досліджень визначені раціональні значення основних конструктивно-технологічних параметрів нового гичкозбирального робочого органу.

Ключові слова: цукровий буряк, головка коренеплоду, гичка, гичкозбиральний орган, лабораторна установка, експериментальне дослідження.

Постановка проблеми

При збиранні цукрових буряків вміст гички в кінцевому воросі коренеплодів несприятливо впливає на вихід цукру, тому якісне видалення бадилля є актуальним завданням.

Результати незалежних досліджень роботи гичкозбиральних модулів і машин, наведені в роботах [2-4, 14] показали, що агротехнічні вимоги при використанні традиційних технологій збирання гички виконуються в обмеженому діапазоні поступальних швидкостей. Це створює технологічну несумісність по робочим швидкостям між операціями відокремлення гички і викопування коренеплодів. Відокремлення гички відбувається при швидкостях до 1,5 м/с, а викопування коренеплодів - до 2,5 м / с.

Питання експериментальних досліджень технологічного процесу і робочих органів для відокремлення гички відображені в роботах Л.В. Погорілого, В.М. Булгакова, М.В. Тетянка, В.Я. Мартиненко, М.М. Зуєва, М.М. Хелемендика, С.А. Топоровського, О.П. Гурченко, М.М. Бориса, А.А. Сіплівця, та ін.. Але дані дослідження орієнтовані на традиційні технології та гичкозбиральні апарати.

Слід зазначити широке використання в сучасних гичкозбиральних модулях технології безкопінного зрізу і копінного дообрізання головок коренеплодів, що дозволяє зменшити діапазон копінного зрізання та інерційні навантаження на головки коренеплодів, підвищує точність їх копіювання. Експериментально досліджувався вплив даних технологій на відходи маси і залишки гички, встановлено основні закономірності. Слід зазначити, що агрофізичні характеристики цукрових буряків залежать від багатьох чинників і значно варіюють. В даний час накопичилася значна кількість експериментальних досліджень агрофізичних характеристик посівів цукрових буряків, відходів цукрової маси і залишків гички в залежності від різних способів зрізання [2, 3].

У зв'язку з цим виникає потреба в удосконаленні традиційних технологій і розробці нових робочих органів, що дозволить якісно виконувати процес збирання гички на швидкостях понад 2 м/с.

Методика експериментального дослідження

Запропоновано новий комбінований процес відокремлення гички з головок коренеплодів цукрових буряків та робочий орган для його здійснення [1, 2, 7, 10-13]. Даний процес включає в себе безкопінний зріз низько-розташованих коренеплодів, копінний зріз середньо-розташованих коренеплодів і безкопінний зріз високо-розташованих над рівнем поверхні ґрунту коренеплодів цукрових буряків. Для здійснення такого технологічного процесу також був розроблений новий копінного-роторний гичкозбиральний апарат. Основні його параметри обґрунтовані нами теоретично [6, 8]. Так, кут α нахилу осі ротора до горизонту був знайдений з умови отримання максимального тиску робочого елемента на головку коренеплоду, для забезпечення стабільності контакту, на підставі такого виразу:

$$\alpha = \frac{\pi}{2} - \varphi_0 - \beta, \quad (1)$$

де φ_0 - початковий кут відхилення робочого елемента від площини обертання; β - кут нахилу робочого елемента до горизонту (визначений з геометричних параметрів коренеплоду - половина кута конусності якого становить 60°).

Радіус r_0 осі підвісу робочих елементів копінно-роторного відокремлювача був визначений на підставі такої залежності:

$$r_0 \geq \frac{V_r}{\omega} + h_z - b_0, \quad (2)$$

де h_z - максимальна висота комбінованого зрізу; b_0 - висота розташування осі підвісу робочого органу; V_r - швидкість різання активними ножами ріжучих апаратів копінного типу ($V_r = 12$ м/с).

Діаметр ротора $D=600$ мм копінно-роторного робочого органу (визначений на підставі забезпечення достатньої лінійної швидкості різання (не менше 12 м/с) (рис. 1, а).

Силові параметри нового копінно-роторного відокремлювача гички були визначені аналітично і описуються основною залежністю, яка відображає їх взаємозв'язок з силою нормального тиску на коренеплід, яка забезпечує високі якісні показники збирання гички. Дана аналітична залежність має такий вигляд:

$$N = \frac{J\ddot{\varphi} + M_R - \frac{J\ddot{\varphi}_2 + M_{R2} \sqrt{\sin^2 \varphi_2 \cos^2 \alpha + \cos^2 \varphi_2} m_{21}}{\sqrt{\left[(r_0 + l_{pp} \cos \varphi_2) \cos \alpha - \frac{b}{2} \sin \alpha \right]^2 + \left[(r_0 + l_{pp} \cos \varphi_2) \sin \alpha - \frac{b}{2} \cos \alpha \right]^2}}}{\sqrt{\left[\rho \sin(\alpha_0 + \omega t) \right]^2 + \left[-\operatorname{tg} \varphi_0 \left(\sqrt{\delta^2 + (d-h)^2 - \left(\frac{b}{2} \right)^2} - r_0 \right) - Vt \right]^2}}, \quad (3)$$

де δ - відхилення осі ротора від умовної осьової лінії рядка; b - конструктивна ширина робочого елемента; M_R та M_{R2} - моменти відцентрових сил інерції попереднього і наступного робочих елементів відносно їх осей підвісу; m_{21} - плече нормальної реакції дії наступного робочого елемента на попередній відносно його осі підвісу; φ_2 - кут відхилення наступного робочого елемента від площини обертання; α - кут повороту вала ротора; ρ - відстань від осі ротора до вершини головки коренеплоду; d - відстань від осі ротора до основи ґрунту; r_0 - радіус осі підвісу робочого елемента; l_{pp} - довжина копіювальної частини робочого елемента. Значення основних з них такі: довжина робочого елемента $l = 0,155$ м, радіус осі підвісу робочого елемента $r_0 = 0,2$ м.

Технологічний процес комбінованого зрізу і комбінований робочий орган для відокремлення гички застосовуються вперше. Особливостями даного гичкозбирального апарату є:

- відхилення робочих елементів від площини обертання ротора;
- мала маса робочих елементів;
- використання відцентрових сил інерції для забезпечення контакту робочих елементів з головками коренеплодів і відновлення ними вихідного положення до наступної взаємодії.

Мета дослідження

За результатами експериментальних досліджень встановити вплив конструктивно-технологічних параметрів нового гичкорізального робочого органу для збирання гички на показники якості його роботи.

Таким чином, в лабораторних умовах необхідно обґрунтувати основні конструктивно-технологічні параметри та раціональні діапазони зміни режимів роботи, а також і підтвердити теоретичні положення, отримані в попередніх дослідженнях. Визначалися раціональні значення таких параметрів, як початковий вертикальний зазор a , швидкість поступального руху машини V , і відхилення від умовної осьової лінії рядка δ .

Для перевірки попередніх теоретичних положень і обґрунтування параметрів була виготовлена лабораторна установка, що імітує роботу розробленого робочого органу для видалення гички коренеплодів. Лабораторна установка для дослідження гичкозбиральних робочих органів складається: з основної рами 1 (рис. 1, а), електродвигуна 3, клинопасової передачі 4, ланцюгово-планчатого варіатора 5, поворотного пристрою 6, конічного редуктора 7 і закріпленого на його валу робочого органу 8; рами "рухомого поля" 9 (рис. 1, б), механізму приводу рамки "рухомого поля" 10, рамки рухомого поля 11, коренеплоду 12, стійок 13. Механізм приводу рамки "рухомого поля" складається з електродвигуна, барабана для намотування тросу, який з'єднаний з рамкою 11.

Для лабораторних досліджень використовувалися натуральні коренеплоди з гичкою. Коренеплід із гичкою викопувався, очищався від залишків ґрунту і обрізався хвостик до

діаметру 10 мм. На бічній поверхні коренеплоду позначалася його висота виступання над рівнем ґрунту шляхом нанесення певної кількості лунок діаметром 3...4 мм і глибиною 5...10 мм. Одна лунка відповідала висоті виступання 10 мм.

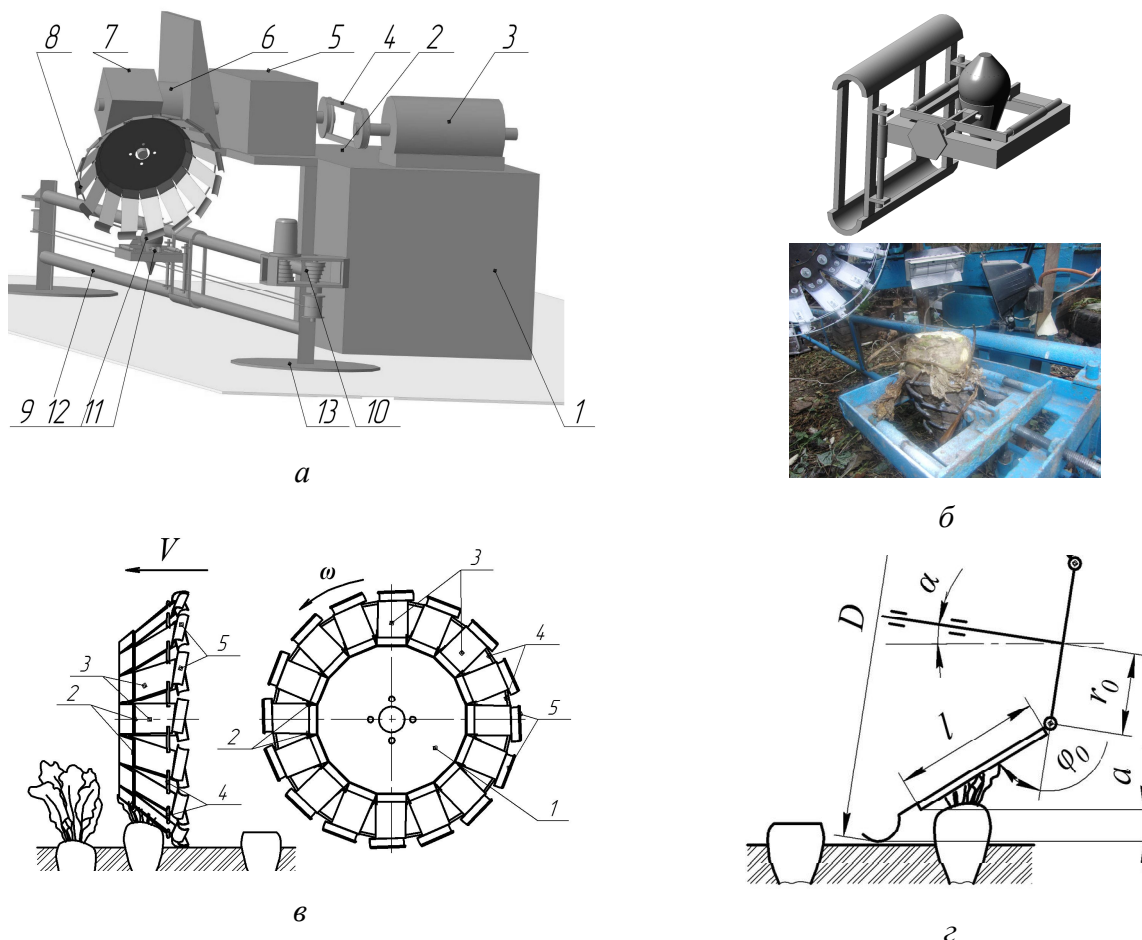


Рис. 1. Схема лабораторної установки для дослідження процесу збирання гички (а, б) і робочого органа (в, з). 1 - диск, 2 - шарніри, 3 - прямолінійна частина робочого елемента, 4 - упори для наведення робочого елемента на задану висоту зрізання

Маса коренеплоду із гичкою зважувалася за допомогою електронних ваг фірми SOEHNLE ULTRA 2.0 з точністю до 0,1 м.

Проведення досліджень за допомогою лабораторної установки здійснювалося таким чином. Коренеплід вибирався по необхідній висоті виступання над рівнем ґрунту, закріплювався затискачами на відповідній висоті в рухомий рамці, яка перебувала у вихідному положенні на рамі 12 (рис. 3.1). Встановлювалися відхилення коренеплоду від осової лінії рядка, величина вертикального зазору, частота обертання і поступальна швидкість руху коренеплоду. Зрізана частина головки коренеплоду вловлювалася спеціальними пастками і в подальшому проводилося зважування. Залишки гички на голівках коренеплодів віддалялися за допомогою тупої сторони ножа і зважувалися.

Результати дослідження

Результати експериментів не суперечать раніше проведеним дослідженням, що є

необхідною умовою для проведення обробки та аналізу результатів досліджень. Втрати цукристої маси і залишки гички на коренеплодах підтвердили результати теоретичного моделювання, опублікованого в роботі [7].

Достатньою умовою для проведення аналізу експериментальних даних є однорідність дисперсій на проведені досліди, що визначає відтворюваність результатів досліджень. Перевірка відповідності цій умові здійснена з використанням критерію Кохрена і за методикою [9, 14]. Розрахункові значення вищезазначених критеріїв були менше допустимих. Обробка експериментальних даних проводилася з використанням регресійного аналізу. Виходячи з характеру отриманих раніше теоретичних залежностей показників якості процесу відокремлення гички, була обрана апроксимуюча квадратична залежність від керованих факторів.

За результатами лабораторних досліджень отримані регресійні залежності (рис. 2) показників якості процесу від поступальної швидкості V , висоти виступання головок коренеплодів h , відхилення робочого органу від умовної осі рядка δ .

Розглядаючи поверхню реакції та її двомірний переріз, ми побачимо, що основні показники якості змінюються таким чином: відхилення площини зрізу від горизонтальності від 3 до 8%, залишки гички на головках коренеплодів від 5 до 25%, втрати цукристої маси від 1,5 до 3,5%. Домінуючим фактором, який має найбільш істотний вплив на розташування площини зрізу (H , G , B) є висота виступання коренеплодів h (відхилення площини зрізу від горизонталі становить від 2 до 9°, залишки гички на коренеплодах від 0 до 25% і втрати цукристості маси від 1 до 4%). На товщину зрізу головок коренеплодів H_z впливає поступальна швидкість руху машини (при її зміні від 1,6 до 1,3 товщина зрізу змінювалася на 10 мм). Це пояснюється різницею в тривалості та інтенсивності взаємодії головок коренеплодів різних груп висот виступання з робочими елементами відокремлювача гички. Це підтверджується виявленням відхиленням фактичних висот зрізу головок коренеплодів від конструктивного зазору ріжучої частини a (10...40 мм). Так для низьких коренеплодів висота зрізу менше вертикального зазору ріжучої частини, а великих - значно перевищує вертикальний зазор. За короткий час взаємодії з копірною частиною робочий орган не встигає знімати шар гички на голівках низьких коренеплодів і тому зрізується менший шар головки. При взаємодії високих коренеплодів з великою кількістю елементів копірної частини знімається весь шар гички і верхня частина голівки. Очевидно, що даний ефект необхідно враховувати при виборі раціональних параметрів копірного та комбінованого зрізів.

Мінімальні відхилення площини зрізу при поступальній швидкості робочого органу близько 2 м/с мають місце в діапазоні $\delta = 50...60$ мм. Допустимі відхилення площини зрізу (не більше 10°) будуть при значенні $\delta < 30$ мм, що регламентується агротехнічними вимогами до збирання коренеплодів. Очевидно, що подальше збільшення відхилення робочого органу від осі рядка може привести до збільшення залишків гички на низьких голівках коренеплодів (рис. 2, б). Втрати цукристої маси при $\delta = 20...50$ мм збільшуються, а це свідчить про збільшення тиску робочих елементів на головку коренеплоду, і як наслідок, більш інтенсивне видалення гички і частин головки коренеплоду з цукристою масою. При зрізі гички за межами даного діапазону втрати цукристої маси зменшуються. Отже, з урахуванням вище викладеного, раціональним діапазоном зміщення осі ротора від умовної осі рядка можна вважати $\delta = 30...50$ мм.

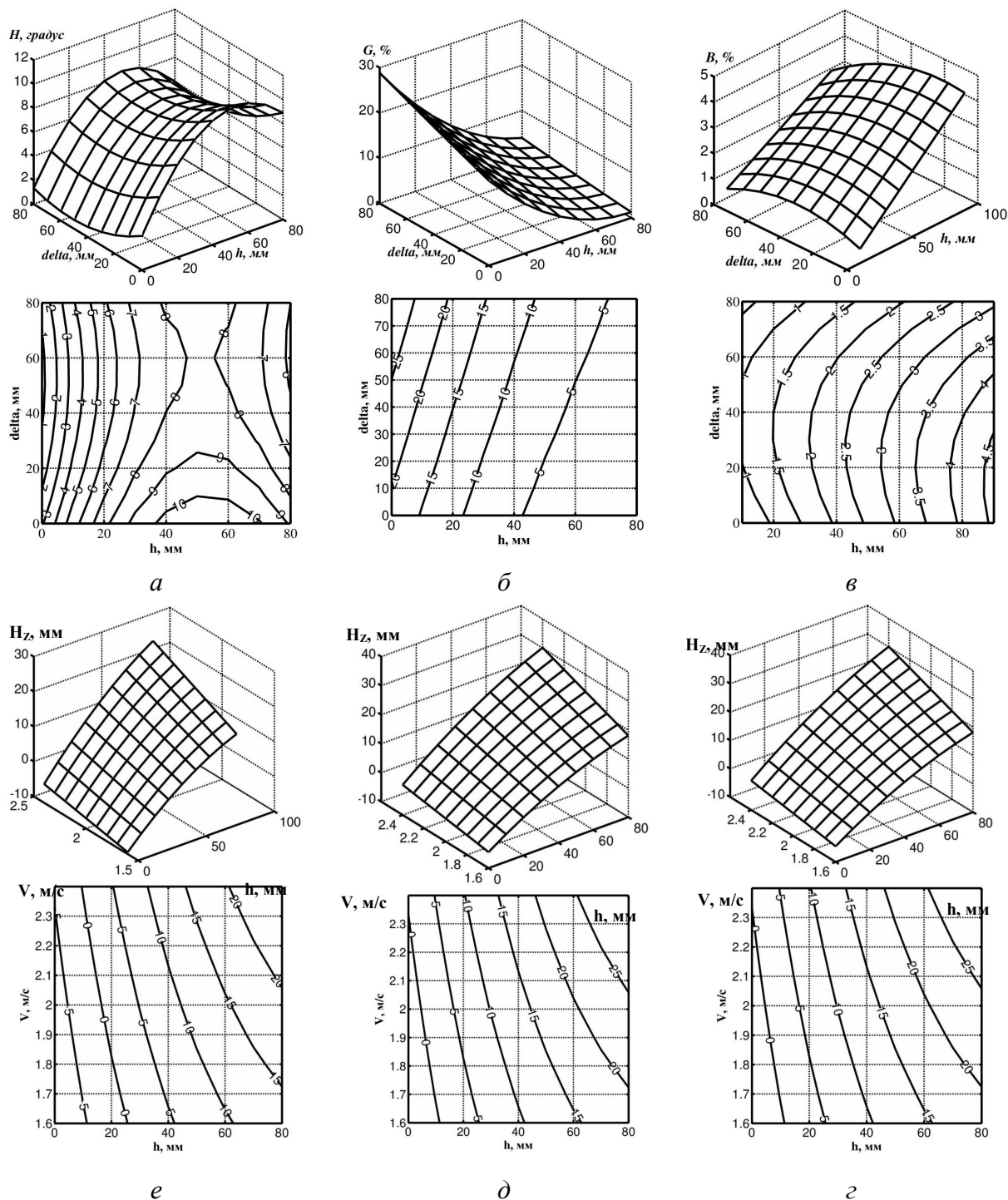


Рис. 2. Залежності показників якості процесу відокремлення гички:

а, б, в - відповідно відхилення площини зрізу від горизонтальності H , залишки гички на коренеплодах G і втрати цукристої маси B від параметрів δ і h при $a = 25$ мм; г, д, е - відповідно висота зрізу головок коренеплодів H_z від параметрів V і h при $a = 10, 25, 40$ мм і $\delta = 40$ мм

У лабораторних умовах нами отримано залежності впливу параметрів процесу відокремлення гички на його показники якості. Дані залежності дозволяють провести

дослідження процесу відокремлення гички для всіх груп висот виступання коренеплодів без урахування характеру їх розподілу.

Що стосується вертикального зазору ріжучої частини робочого елементу a , який не сильно впливає на товщину зрізу головок коренеплодів H_z (так при його зміні від 10 до 40 мм, товщина зрізу змінюється тільки на 5 мм). Таке протиріччя (конструктивно закладено 40, а на практиці маємо максимум 25 мм) пояснюється вищеописаним сильним впливом факторів швидкості руху машини і висоти виступання головок коренеплодів.

Висновки

У лабораторних умовах проведені експериментальні дослідження впливу конструктивно-технологічних параметрів апарату для збирання гички на втрати цукристої маси, залишки гички і відхилення площини зрізу від горизонтального положення.

Проведено експериментальну перевірку раніше теоретично обґрунтованих параметрів при яких робочий орган працює стабільно і якісно:

- зміщення осі ротора від умовної осьової лінії рядка $\delta = 30...50$ мм.
- швидкість поступального руху машини від 1,5 до 2,2 м/с.

Обґрунтування значення параметра вертикального зазору a , вимагає додаткових польових досліджень для оцінки впливу нерівностей ґрунту на товщину зрізу головок коренеплодів.

Список літератури

1. Патент на винахід 98916, Україна, МПК А 01D 23/02. Очисник головок коренеплодів від залишків гички / В.М. Булгаков, А.М. Борис. – № u201113784; Заявл. 23.11.2011; Опубл. 25.06.2012, Бюл. № 12.
2. Погорель Л.В., Татьяна Н.В. Свеклоуборочные машины: История, конструкция, прогноз. – К.: Феникс, 2004. – 232 с.
3. Булгаков В.М. Теория корнеуборочных машин. – К.: Издательский центр НАУ, 2005. – 245 с.
4. Зуев Н.М. Бескопирный срез головок корнеплодов / Зуев Н.М., Топоровский С.А. // Сахарная свекла. – 1988. – № 6. – С. 42 – 45.
5. Роик М.В. Научно-методические рекомендации к уборке сахарной свеклы / Роик М.В., Зуев М.М., Курило В.Л., Гументик М.Я. – К.: Аграрная наука, 2002. – 40 с.
6. Булгаков В.М., Методика и средства лабораторных исследований процесса уборки ботвы экспериментальными рабочими органами / Булгаков В.М., Борис А.М. / Вестник Харьковского национального технического университета сельского хозяйства им. П. Василенка, 2011, выпуск 107, том. 1. – С. 175-188.
7. Борис А.М. Моделирование технологического процесса удаления ботвы комбинированным способом / Борис А.М. // Вестник аграрной науки: – Киев, 2011. – Вып. 7. – С. 66-68.
8. Борис А.М. Обоснование рационального диапазона копирного среза ботвы сахарной свеклы / Борис А.М. / Сборник научных трудов Луцкого национально-технического университета № 21(1). – Луцк, 2011. – С. 26-30.
9. Василенко П.М. Основы научных исследований (Механизация сельскохозяйственного производства) / П.М. Василенко, Л.В. Погорель. – К.: Вища школа, 1984. – 266 с.
10. Комплексная механизация производства сахарной свеклы / [А.А. Василенко, П.Т. Бабий, П.В. Савич и др.]. – К., 1962. – 243 с.
11. ВИСХОМ. Физико-механические свойства растений, почв и удобрений: методы исследования, приборы, характеристики. – М.: Колос, 1970. – 417 с.
12. Механико-технологические свойства сельскохозяйственных материалов: практикум / [Царенко О.М., Яцун С.С. и др.]; за ред. С.С. Яцуна. – К.: Аграрное образование, 2000. – 93 с.
13. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. – М.: Наука, 1971. – 283 с.
14. Различные технологии уборки сахарной свеклы [Электронный ресурс] // Сельскохозяйственная техника. – 2009. – № 4. – Режим доступа к журналу: <http://russia.profi.com>. – заголовок с экрана.

References

1. Patent na Vynakhid 98916 , Ukrayina , MPK A 01D 23/02 . Ochysnyk holovok korneplodiv vid zalyshkiv hychky / V.M. Bulhakov , A.M. Borys . - № u201113784 ; Zayavl . 23.11.2011 ; Opubl.25.06.2012 , Byul. № 12 .
2. Pogorelyy L.V. , Tat'yanka N.V. Sveklouborochnyy mashyny: Istoriya , konstruktsiya , prognoz . - M.: Feniks , 2004 . - 232 s .
3. Bulgakov V.M. Teoriya korneuborochnykh mashin. - M.: Izdatel'skiy tsentr NAU , 2005 . - 245 s .
4. Zuyev N.M. Beskopirnyy srez golovok korneplodov / Zuyev N.M. , Toporovskiy S.A. // Sakhar'naya svekla . - 1988 . - № 6 . - S. 42 - 45 .
5. Roik M.V. Nauchno -metodicheskiye rekomendatsii k uborke sakhar'noy svekly / Roik M.V. , Zuyev M.N. , Kurilo V.L. , Gumentik M.YA. - K. : Agrarnaya nauka , 2002 . - 40 s .
6. Bulgakov V.M. Metodika i sredstva laboratornykh issledovaniy protsessu uborki botvy eksperimental'nyimi rabochimi organami / Bulgakov V.M. , Boris A.M. / Vestnik Khar'kovskogo natsional'nogo tekhnicheskogo universiteta sel'skogo khozyaystva im. P. Vasilenko , 2011 , vypusk 107 , tom . 1 . - S. 175-188 .
7. Boris A.M. Modelirovaniye tekhnologicheskogo protsessu udaleniya botvy kombinirovannymi sposobom / Boris A.M. // Vestnik agrarnoye nauki: - Kiyev , 2011 . - Vyp . 7 . - S. 66-68 .
8. Boris A.M. Obosnovaniye ratsional'nogo diapazona kopir'nogo sreza botvy sakhar'noy svekly / Boris A.M. / Sbornik nauchnykh trudov Luts'kogo natsional'no -tekhnicheskogo universiteta № 21 (1) . - Lutsk , 2011 . - S. 26-30 .
9. Vasilenko P.M. Osnovy nauchnykh issledovaniy (Mekhanizatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva) / P.M. Vasilenko , L.V. Pogorelyy . - M.: Vysshaya shkola , 1984 . - 266 s .
10. Kompleksnaya mekhanizatsiya proizvodstva sakhar'noy svekly / [A.A. Vasilenko , P.T. Babiy , P.V. Savich i dr.] . - K. , 1962 . - 243 s .
11. VISKHOM . Fiziko -mekhanicheskiye svoystva rasteniy , pochv i udobreniy : metody issledovaniya , pribory , kharakteristiki . - M. : Kolos , 1970 . - 417 s .
12. Mekhaniko - tekhnologicheskiye svoystva sel'skokhozyaystvennykh materialov : praktikum / [Tsarenko O.M. , Yatsun S.S. i dr.] ; pod red . S.S. Yatsuna . - K. : Agrarnoye obrazovaniye , 2000 . - 93 s .
13. Adler YU.P. Planirovaniye eksperimenta pri poiske optimal'nykh usloviy / Adler YU.P. , Markova Ye.V. , Granovskiy YU.V. - M.: Nauka , 1971 . - 283 s .
14. Razlichnyye tekhnologii uborki sakhar'noy svekly [Elektronnyy resurs] // Sel'skokhozyaystvennaya tekhnika. - 2009 . - № 4 . - Rezhim dostupa k zhurnal : <http://russia.profi.com> . - Zagolovok s ekrana .

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО БОТВОУБОРОЧНЫМ РАБОЧЕГО ОРГАНА

Аннотация : разработана конструкция нового рабочего органа для уборки ботвы сахарной свеклы , лабораторная установка и методика исследования процесса отделения ботвы сахарной свеклы от головок корнеплодов. Определены зависимости показателей качества сборки от поступательной скорости движения , высоты выступления головок корнеплодов и отклонения корнеплодов от условной осевой линии строки . В результате экспериментальных исследований определены рациональные значения основных конструктивно - технологических параметров нового ботвоуборочным рабочего органа.

Ключевые слова : сахарная свекла , головка корнеплода , ботва , ботвоуборочным орган , лабораторная установка , экспериментальное исследование .

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A NEW HYCHKOZBYRALNOHO WORKING BODIES

Summary: a new design of the working organ harvesting sugar beet tops , laboratory setup and technique to study the process of separating sugar beet tops of heads roots. The dependence of quality indicators collection of translational velocity, height of head protrusion of roots and root crops deviation from conventional axial line prompt. As a result of experimental studies by rational values of key structural and technological parameters of new hychkozbyralnoho working body .

Keywords: sugar beet , a root crop head , tops , body hychkozbyralnyy , laboratory setting , an experimental study.