

УДК 631.356.2

Дослідження робочих органів для викопування глибокосидячих столових коренеплодів

Рихлівський П. А., н.с., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН України

Анотація

Мета. Зменшення втрат коренеплодів і витрат енергії на збиранні врожаю глибокосидячих столових коренеплодів унаслідок розроблення нових викопуючих робочих органів.

Методи. Теоретичні дослідження виконані із застосуванням методів системного аналізу, математичного моделювання з використанням сучасних пакетів прикладних програм і евристичного методу інтегрального критерію відстані до мети.

Результати. Обґрунтовано параметри деблокатора ґрунту в процесі викопування глибокосидячих столових коренеплодів, отримано залежність енергоємності процесу від конструкційних параметрів і режимів роботи деблокатора.

Висновки

1. Розроблено деблокуючий робочий орган машин двоярусного типу для двофазного збирання коренеплодів, вирощених на ущільнених та легких ґрунтах, у пізній осінній період збирання, коли внаслідок заморозків гичка моркви втрачає свої фізико-механічні властивості й викопування бральними механізмами стає неможливим.

2. Установлено, що деблокуючий робочий орган забезпечує зниження на 27–30% витрат енергії на викопування глибокосидячих столових коренеплодів, вирощених на ґрунтах важкого механічного складу, порівнюючи з роботою підкопуючих робочих органів в умовах блокованого різання.

Ключові слова: глибокосидячі столові коренеплоди, енергоємність, деблокатор ґрунту, зуб фрези, двоярусний тип, двофазне збирання, деформація ґрунту.

UDC 631.356.2

Investigation of working bodies for digging up deep-seated root crops

Ryhlivskyy P. A., Researcher, NSC "IAEE"

Annotation

Purpose. Reducing the loss of root crops and energy costs for harvesting deep-sitting table root crops due to the development of new digging working bodies.

Methods. Theoretical investigations are performed using methods of system analysis, mathematical modeling with the use of modern software packages and the heuristic method of the integral criterion of distance to the goal.

Results. The parameters of the soil deblocker in the process of digging up deep-seated table root crops are substantiated, the dependence of the process energy intensity on the design parameters and the deblocker operation modes is obtained.

Conclusions

1. A deblocking working body of two-tier type machines was developed for two-phase harvesting of root crops grown on compacted and light soils during the late autumn harvesting period, when as a result of frost the tops of carrots lose their physical and mechanical properties and digging out by taking mechanisms becomes impossible.

2. It has been established that the deblocking working body provides a 27–30% reduction in energy costs for digging up deep-sitting table root crops grown on heavy mechanical soil, compared with the work of digging working bodies under conditions of blocked cutting.

Keywords: deep-water table root crops, energy intensity, soil, tooth mills, bunker type, two-phase harvesting, deformation of soil.

УДК 631.356.2

Исследование рабочих органов для выкапывания глубокосидящих столовых корнеплодов

Рыхливский П. А., н.с., Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН Украины

Аннотация

Цель. Уменьшение потерь корнеплодов и затрат энергии на уборке урожая глубокосидящих столовых корнеплодов вследствие разработки новых выкапывающих рабочих органов.

Методы. Теоретические исследования выполнены с применением методов системного анализа, математического моделирования с использованием современных пакетов прикладных программ и эвристического метода интегрального критерия расстояния до цели.

Результаты. Обоснованы параметры деблоатора почвы в процессе выкапывания глубокосидящих столовых корнеплодов, получена зависимость энергоёмкости процесса от конструктивных параметров и режимов работы деблоатора.

Выводы

1. Разработан деблокирующий рабочий орган машин двухъярусного типа для двухфазной уборки корнеплодов, выращенных на уплотнённых и лёгких почвах, в поздний осенний период уборки, когда в результате заморозков ботва моркови теряет свои физико-механические свойства и выкапывание бральными механизмами становится невозможным.

2. Установлено, что деблокирующий рабочий орган обеспечивает снижение на 27–30% затрат энергии на выкапывание глубокосидящих столовых корнеплодов, выращенных на почвах тяжёлого механического состава, по сравнению с работой подкапывающих рабочих органов в условиях заблокированного резания.

Ключевые слова: глубокосидящие столовые корнеплоды, энергоёмкость, деблоатор почвы, зуб фрезы, двухъярусный тип, двухфазный сбор, деформация почвы.

Постановка проблемы. Наявні технічні засоби для збирання глибокосидячих столових корнеплодів не забезпечують механізованого збирання їх на важких ґрунтах і в зонах ранніх осінніх заморозків. Основними причинами цього є незадовільна якість сепарування вороху корнеплодів і неможливість роботи машин брального типу через слабку гичку після ураження її заморозками.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розробленням робочих органів для викопування столових корнеплодів займалися такі вітчизняні вчені: Л. Погорілий, В. Хвостов, М. Діденко. Із всіх операцій для виробництва столових корнеплодів найбільш трудомісткою є збирання врожаю, що складає 60–65% від загальних затрат праці [1, 2]. Розробленню та проектуванню робочих органів для викопування глибокосидячих столових корнеплодів присвячено ряд публікацій [3–10].

Мета досліджень. Зменшення втрат корнеплодів і витрат енергії на збиранні врожаю глибокосидячих столових корнеплодів унаслідок розроблення нових викопуючих робочих органів.

Методи досліджень. Теоретичні дослідження виконані із застосуванням методів системного аналізу, математичного моделювання з використанням сучасних пакетів прикладних програм і евристичного методу інтегрального критерію відстані до мети.

Результати досліджень. У процесі досліджень графоаналітичним методом обґрунтовано кінематичні та геометричні параметри фрезерного робочого органа, який забезпечує різання ґрунту. Робочий орган для викопування глибокосидячих столових корнеплодів працює в такий спосіб: під час руху агрегату зубчасті ротори, напрямком вектора колової швидкості яких у нижній частині збігається з напрямком руху копача, одночасно з лемешем заглиблюються в ґрунт на глибину проростання корнеплодів. Зубчасті ротори робочими поверхнями зубів і лемеша концентрують елементарні сили їхньої взаємодії з ґрунтом у зоні корнеплодів, унаслідок чого відбувається відокремлення та розпушування ґрунту з виділенням ґрунтового вороху з корнеплодами. Відокремлення корнеплодів від ґрунту відбувається на сепаруючих робочих органах комбайна (рис. 1).

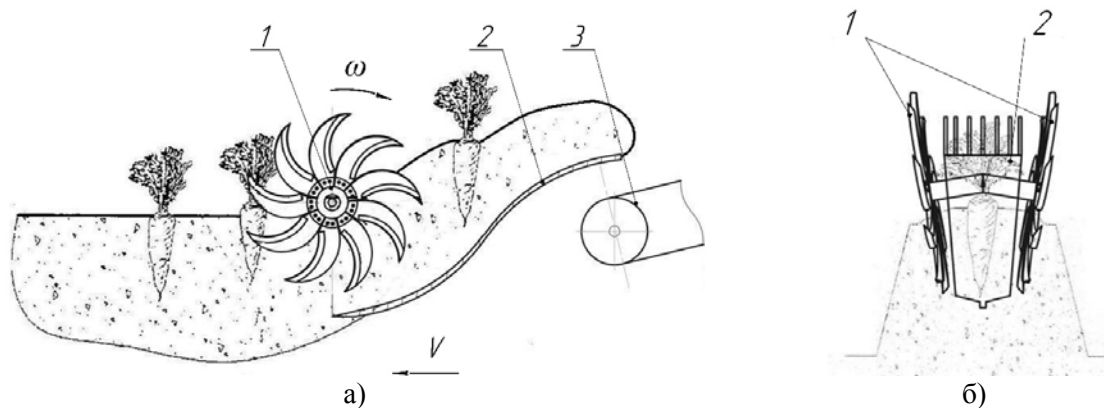


Рис. 1. Схема загального вигляду викопуючого робочого органа з супутнім фрезеруванням:

а) – вид збоку; б) – вид спереду;

1 – деблокуюча спарена фреза; 2 – підкопуючий леміш із ребром перегину; 3 – сепаруючий транспортер

Fig. 1. Scheme of the general form of digging working parts with concomitant milling:

a) – the side view; b) – the front view;

1 – unblocking coupled milling cutter; 2 – digging share with a rib overhang; 3 – separating conveyor

Розроблено нову технологію збирання глибокосидячих столових коренеплодів, що передбачає деблокування пласта ґрунту, подальше підкопування його з коренеплодами та сепарацію вороху. Реалізацію такої технології збирання столових коренеплодів забезпечило використання фрезерних робочих органів, які обабіч стрічки фрезерують канавки та відокремлюють скибу ґрунту з коренеплодами від основного масиву. Це сприяє зниженню енерговитрат на підкопування на 27–30%, покращує якість виконання робіт, зменшує втрати врожаю. Повнота викопування коренеплодів склала 100%. Пошкоджено коренеплодів машиною – 1,1%, що відповідає

агротехнічним вимогам та машинній технології збирання врожаю (до 10%).

Побудовано розрахункову модель взаємодії зуба фрези з пластом ґрунту за умови забезпечення деформацій розтягування. Для побудови розрахункової моделі використали основні положення геометрії та теоретичної механіки. Параметрами фрезерного робочого органа, які досліджувались, були довжина та ширина деформуюче-ріжучого зуба і радіус маточини самого органа. Поверхня загострення зуба виконувалася на основі торсу другого порядку. Задня поверхня зуба обґрунтовувалася графоаналітичним способом за умови виключення тертя задньої стінки з ґрунтом та утворення деформацій зминання (рис. 2).

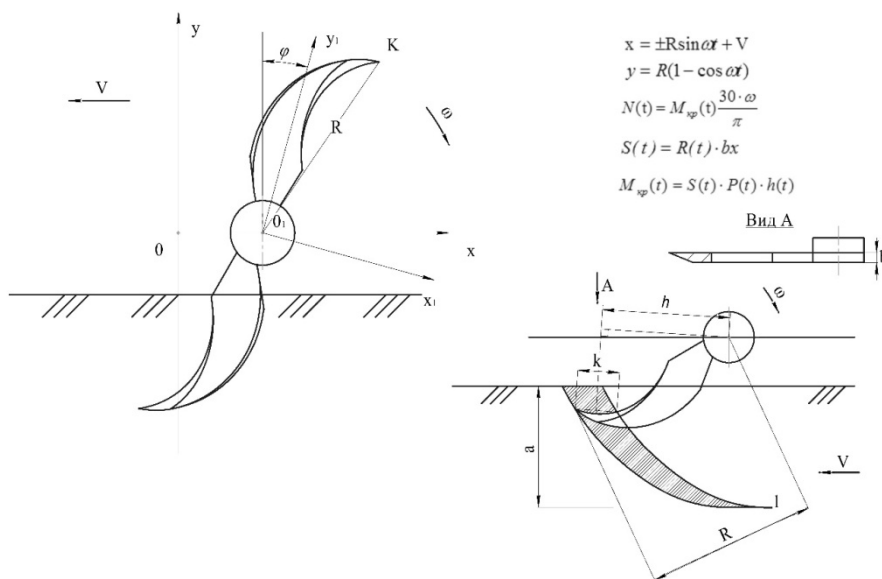


Рис. 2. Розрахункова модель взаємодії зуба фрези з пластом ґрунту
Fig. 2. Design model for the interaction of a tooth mill with a layer of soil

У результаті теоретичних досліджень отримано залежність потужності, необхідної для приводу робочого органа, від параметрів зуба. Обґрунтовано наступні значення параметрів зуба: товщина – 20 мм, радіус – 360 мм.

Робочу поверхню кожного зуба виконано у формі петлі трохойди та узгоджено з поступальною швидкістю, яка накладає обмеження на колову швидкість дискофрези (рис. 3).

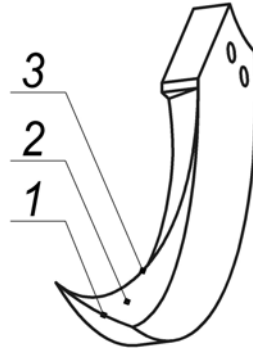


Рис. 3. Зуб фрезерного робочого органа, поверхня якого виконана у вигляді торсу з ребром звороту:

1 – загострення зуба в передній частині; 2 – робоча поверхня зуба; 3 – загострена крайка зуба

Fig. 3. The tooth of the milling working parts, the surface of which is made in the form of a torso with a reverse:

1 – exacerbation of the tooth in the front; 2 – working surface of a tooth; 3 – acute edge of the tooth

Форма робочої поверхні зуба визначена за формулами:

$$x = \left(\sqrt{2RA - A^2 - \frac{R}{\lambda} \varphi} \right) \cos \varphi + (R - A) \sin \varphi, \quad (1)$$

$$y = \left(\sqrt{2RA - A^2 - \frac{R}{\lambda} \psi} \right) \cos \psi + (R - A) \sin \psi, \quad (2)$$

де
$$A = H \pm \frac{B \cos \alpha}{2 \sin(\alpha + \arctg \frac{x'}{y'})}, \quad (3)$$

$$\alpha = \arcsin \frac{R - H}{R}; \quad (4)$$

R – радіус дискофрези, м;

$\lambda = \omega R / v$ – кінематичний параметр;

ω – кутова швидкість, 1/с;

v – поступальна (робоча) швидкість, м/с;

$\varphi = \omega t$ – кутове переміщення дискофрези;

H – глибина обробітку, м.

B – ширина зуба, м;

У залежності (3) знак «+» відноситься до зовнішньої кривої, що обгинає зуб дискофрези, а «-» – до внутрішньої.

Кут загострення при вершині зуба в профілі ($\delta = 60-70^\circ$) прийнятий за умови впровадження зуба з ковзанням, виходячи з умови оптимізації з використанням систем природного походження (дзьобів хижих птахів). Заточка зуба відповідає роботі за

принципом скісного клина, який моделює поверхню торса.

Число зубів Z для вибраних кінематичному параметрі λ та подачі S визначено за виразом

$$Z = \frac{2\pi R}{\lambda S_0}, \quad (5)$$

де S_0 – подача на один зуб, м.

Відношення колової швидкості колової дискофрези до її поступальної (робочої) швидкості дорівнює 1,4–1,5.

Напрямок руху робочого органа збігається з напрямком обертання зубів фрези в зоні різання і деформації, що відповідає супутньому фрезеруванню, яке характеризується найкращими умовами врізання зубів фрези в масив ґрунту і більшим кришенням його деформованої поверхні за меншої питомої енергомісткості (бо маємо деформації розриву, які спрямовані в бік найменшого опору вільної поверхні ґрунту).

У процесі експериментальних досліджень із використанням розробленої лабораторної установки встановлено залежність тягового зусилля та крутного моменту від параметрів фрезерного робочого органа та режимів його роботи.

Для вимірювання тягового опору на гаку трактора використовували пружне тіло

зі сталі, на яке було встановлено тензорезистори. Тензорезистори встановлювалися так, що після впливу на датчик навантаження 2 тензорезистора розтягувалися, а 2 – стискалися. У нашому випадку використовується тензодатчик до 1000 кг, чотирьохпровідний, з яких два провoda – живлення (9 В), а інші два – сигнальні (сигнал аналогового типу). Крутний момент вимірювали на ВВП трактора з використанням сталюого тіла, що працювало на скручування, на якому було встановлено датчики.

У результаті досліджень встановлено, що потужність на одну стрічку шириною 120 мм складає для супутнього фрезерування 1,3–1,8 кВт.

За результатами досліджень розроблено новий технічний засіб, який забезпечує зниження на 27–30% витрат енергії на викопування глибокосидячих столових коренеплодів, порівнюючи з роботою підкопуючих робочих органів в умовах блокованого різання.

Висновки

1. Розроблено деблокуючий робочий орган машин двоярусного типу для двофазного збирання коренеплодів, вирощених на ущільнених та легких ґрунтах, у пізній осінній період збирання, коли внаслідок заморозків гичка моркви втрачає свої фізико-механічні властивості й викопування бра-льними механізмами стає неможливим.

2. Встановлено, що деблокуючий робочий орган забезпечує зниження на 27–30% витрат енергії на викопування глибокосидячих столових коренеплодів, вирощених на ґрунтах важкого механічного складу, порівнюючи з роботою підкопуючих робочих органів в умовах блокованого різання.

Бібліографія

1. Савченко І. Ф. Механізація уборки столових коренеплодів. *Овощеводство*. 2009. № 8. С. 60–61.
2. Сидоренко В., Єфімова Н., Пасхал Ю., Кулікова Л. Аналіз випробувань морквозбирального комбайна SM-1000 Е. *Техніка і технологія АПК: науково виробничий журнал*. Дослідницьке, 2014. Вип. 13 (63). С. 30–34.
3. Павлоцький А. С., Савченко І. Ф. Використання ґрунтодеформуючої поверхні у проектуванні робочих органів. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 8. С. 51–53.
4. Вознюк В. А., Павлоцький А. С., Савченко І. Ф. Метод проектування і моделювання з

визначенням рівнянь робочих поверхонь ґрунто-обробних знарядь мінімальної енергодостатності. *Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвід. темат. наук. зб.* Глеваха, 2005. Вип. 89. С. 220–227.

5. Павлоцький А. С., Вознюк В. А., Савченко І. Ф. Робоча гіпотеза теорії ґрунтодеформуючої поверхні нового покоління. *Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвід. темат. наук. зб.* Глеваха, 2009. Вип. 93. С. 106–120.

6. Павлоцький А. С., Вознюк В. А., Савченко І. Ф., Кузьменко Л. І. Системний апарат теорії ґрунтодеформуючої поверхні. *Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвід. темат. наук. зб.* Глеваха, 2011. Вип. 95. С. 72–80.

7. Надолинний В. О., Павлоцький А. С., Вознюк В. А., Савченко І. Ф., Рихлівський П. А., Коновал О. О. Землеробська механіка сучасного рівня сільськогосподарської техніки (інженерний комп'ютерний дизайн кривих і поверхонь). *Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвід. темат. наук. зб.* Глеваха, 2014. Вип. 99. Т. 1. С. 432–445.

8. Павлоцький А. С., Вознюк В. А., Савченко І. Ф., Рихлівський П. А. Енергодостатні виконавчі органи землеробської механіки: моделювання і конструювання за допомогою комп'ютера. *Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодерж. зб.* Глеваха, 2015. Вип. 2 (101). С. 58–65.

9. Савченко І. Ф., Рихлівський П. А. Дослідження динаміки взаємодії деблокатора з пластом кореневмісного шару ґрунту в процесі викопування глибокосидячих столових коренеплодів. *Сучасні проблеми землеробської механіки: збірник наукових праць XVIII міжн. наук. конф. (16–18 жовтня 2017 р., м. Кам'янець-Подільський)*. Тернопіль: Крок, 2017. С. 184–188.

10. Рихлівський П. А. Механізація роздільного способу збирання глибокосидячої столової моркви. *Овочівництво і багтанництво: історичні аспекти, сучасний стан, проблеми і перспективи розвитку: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (у рамках II наукового форуму «Науковий тиждень у Крутах – 2017», 13–14 березня 2017 р., с. Крути, Чернігівська обл.) / ДС «Маяк» ІОБ НААН*. Ніжин: Видавець Лисенко М. М., 2017. Т. 1. С. 234–238.

Bibliohrafiia

1. Savchenko I. F. Mexanizacija uborki stolovyx korneplodov. *Ovoshhevodstvo*. 2009. № 8. С. 60–61.
2. Sidorenko V., Yefimova N., Paschal Yu., Kulikova L. Analiz vyprobuvan morkvozbyrального kombajna SM-1000 E. *Tekhnika i tekhnologija apk: naukovno virobnychuy zhurnal*. Doslidnycke, 2014. Vyp. 13 (63). S. 30–34.

3. Pavlockyj A. S., Savchenko I. F. Vykorystannya gruntodeformuyuchoyi poverhni u proektuvanni robochyh organiv. *Visnyk agrarnoji nauky*, 2000. № 8. S. 51–53.

4. Voznyuk V. A., Pavlockyj A. S., Savchenko I. F. Metod proektuvannja i modelyuvannja z vyznachennjam rivnjan robochyh poverhon gruntoobrobnyh znarjad minimalnoji energodostatnosti. *Mexanizacija ta elektrifikacija silskogo gospodarstva: mizhvid. temat. nauk. zb. Glevaha*, 2005. Vyp. 89. S. 220–227.

5. Pavlockyj A. S., Voznyuk V. A., Savchenko I. F. Robocha gipoteza teoriji gruntodeformujuchoji poverhni novogo pokolinnja. *Mexanizacija ta elektrifikacija silskogo gospodarstva: mizhvid. temat. nauk. zb. Glevaha*, 2009. Vyp. 93. S. 106–120.

6. Pavlockyj A. S., Voznyuk V. A., Savchenko I. F., Kuzmenko L. I. Systemnyj aparat teoriji gruntodeformuyuchoji poverhni. *Mexanizacija ta elektrifikacija silskogo gospodarstva: mizhvid. temat. nauk. zb. Glevaha*, 2011. Vyp. 95. S. 72–80.

7. Nadolynnyj V. O., Pavlockyj A. S., Voznyuk V. A., Savchenko I. F., Rykhlivskij P. A., Konoval O. O. Zemlerobska mehanika suchasnogo rivnja silskogospodarskoji tehniky (inzhenernyj komp'yuternyj dizajn kryvyh i poverhon). *Mexanizacija ta elektrifikacija silskogo gospodarstva: mizhvid. temat. nauk. zb. Glevaha*, 2014. Vyp. 99. T. 1. S. 432–445.

8. Pavlockyj A. S., Voznyuk V. A., Savchenko I. F., Rykhlivskij P. A. Energodostatni vykonavchi organy zemlerobskoji mehaniky: modelyuvannja i konstruivannja za dopomogoj komp'yutera. *Mexanizacija ta elektrifikacija silskogo gospodarstva: zag. derzh. zb. Glevaha*, 2015. Vyp. 2. (101). S. 58–65.

9. Savchenko I. F., Rykhlivskij P. A. Doslidzhennja dynamiky vzajemodiji deblokatora z plastom korenevnisnogo sharu gruntu v procesi vykopuvannja glybokosydyachyh stolovyh koreneplodiv. *Suchasni problemy zemlerobskoji mehaniky: zbirnyk naukovykh prac XVIII mizhn. nauk. konf. (16-18 zhovtnya 2017 r., m. Kam'yanec-podilskij)*. Ternopil: Krok, 2017. S. 184–188.

10. Rykhlivskij P. A. Mexanizacija rozdilnogo sposobu zbyrannja glybokosydyachoji stolovoji morkvy. *Ovochivnyctvo i bashtannyctvo: istorychni aspekty, suchasnij stan, problemy i perspektivy rozvytku: materialy III mizhnarodnoji naukovopraktichnoji konferenciji (u ramkax II naukovo forumu «Naukovyj tyzhden u krutah – 2017», 13–14 bereznya 2017 r., s. Kruty, Chernigivska obl.) / DS «Mayak» IOB NAAN. Nizhyn: Vydavec Lysenko M. M.*, 2017. T. 1. S. 234–238.

References

1. Savchenko I. F. Mechanization of harvesting table roots. *Vegetable-growing*. 2009. No. 8. Pp. 60–61.

2. Sidorenko V., Efimova N., Paskhal Y., Kulikova L. Analysis of tests of carrot-harvesting combine SM-1000 E. *Technology and technology of agrarian and industrial complex: scientific and production journal*. Doslidnycke, 2014. Issue 13 (63). Pp. 30–34.

3. Pavlotsky A. S., Savchenko I. F. The use of soil-forming surface in the design of working bodies. *Bulletin of Agrarian Science*. 2000. No. 8. Pp. 51–53.

4. Voznyuk V. A., Pavlotsky A. S., Savchenko I. F. The method of designing and modeling with the definition of equations of working surfaces of soil-working tools of minimum energy availability. *Mechanization and electrification of agriculture: intersection. thematic sciences save*. Glevakha, 2005. Issue 89. Pp. 220–227.

5. Pavlotsky A. S., Voznyuk V. A., Savchenko I. F. The working hypothesis of the theory of the soil-forming surface of a new generation. *Mechanization and electrification of agriculture: intersection. thematic sciences save*. Glevakha, 2009. Issue 93. Pp. 106–120.

6. Pavlotsky A. S., Voznyuk V. A., Savchenko I. F., Kuzmenko L. I. System device of the theory of soil-forming surface. *Mechanization and electrification of agriculture: intersection. thematic sciences save*. Glevakha, 2011. Issue 95. Pp. 72–80.

7. Nadolinniy V. O., Pavlotsky A. S., Voznyuk V. A., Savchenko I. F., Rykhlivskij P. A., Konoval A. O. Agricultural mechanics of the modern level of agricultural machinery (engineering computer design of curves and surfaces). *Mechanization and electrification of agriculture: intersection. thematic sciences save*. Glevakha, 2014. Issue 99. V. 1. Pp. 432–445.

8. Pavlotsky A. S., Voznyuk V. A., Savchenko I. F., Rykhlivskij P. A. Power-supplying executive bodies of agricultural mechanics: modeling and designing with the help of a computer. *Mechanization and electrification of agriculture: comp. state save*. Glevakha, 2015. Issue 2. (101). pp. 58–65.

9. Savchenko I. F., Rykhlivskij P. A. Investigation of the dynamics of deblokator interaction with the formation of root-bearing soil layer in the process of digestion of deeply sowed table root crops. *Modern problems of agricultural mechanics: a collection of scientific works of the XVIII mn. sciences conf. (October 16-18, 2017, Kamyansky-Podilsky city)*. Ternopil: Krok, 2017. Pp. 184–188.

10. Rykhlivskij P. A. Mechanization of a separate method for collecting deep-fried carrot dishes. *Vegetable and soybean: historical aspects, current state, problems and prospects of development: Materials of the 3rd International Scientific and Practical Conference (within the framework of the 2nd Scientific Forum "Scientific Week in Kruty - 2017", March 13-14, 2017, Kutly village, Chernihiv region.) / Mayak IVM NAAS. Nizhyn: Publisher Lysenko M. M.*, 2017. Vol. 1. Pp. 234–238.