

УДК 631.358.44/45

Грушецький С.М.¹

канд. техн. наук, доцент

E-mail : g.sergiy.1969@gmail.com**Рудь А.В.¹**

канд. техн. наук, професор

E-mail : anatoliyrudj@gmail.com**Медведєв Є.П.²**

Старший викладач

E-mail : medvedev.ep@gmail.com**Семенішина І.В.¹**

канд. фіз.-мат. наук, доцент

E-mail : isemenisina@gmail.com¹Подільський державний аграрно-технічний університет
Камянець-Подільський, Україна² Східноукраїнський національний університет імені В. Даля
Сєвєродонецьк, Україна

МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ КОРЕНЕБУЛЬБОЗБИРАЛЬНИХ МАШИН

Анотація

Для успішного виходу України на західні ринки необхідно забезпечити конкурентоспроможність власної продукції, яка досягається при комплексній механізації технологічних процесів, зниженні витрат праці, збільшенні врожайності та якості одержуваної продукції. Відповідно, метою дослідження було проведення порівняльного аналізу технологій і машин для збирання картоплі, розробка моделі вдосконалення технологічних процесів й окреслення перспективних напрямів удосконалення коренебульбозбиральних машин.

Дослідження проводилися шляхом технологічно-конструкційного аналізу технологій і машин для збирання картоплі. У процесі досліджень використовувались методи порівняння та математичного моделювання технологічних процесів. Інформаційною базою досліджень слугували праці українських та зарубіжних науковців з технологій і машин для збирання картоплі.

На основі проведеного порівняльного аналізу технологій і машин для збирання картоплі виявлено основні чинники, що впливають на агротехнічні показники збиральної техніки, розроблено модель технологічних процесів – копача, копача-навантажувача і комбайна (збиральних машин). Дана модель включає як некеровані, так і керовані фактори, що впливають на вибір тієї чи іншої технології збирання картоплі – копачем, копачем-навантажувачем, або комбайном, при цьому перші чинники, в основному, пов'язані з умовами росту даної культури та її біологічними властивостями, а другі – з організаційними і технічними заходами, як-то: якість отриманої продукції, тривалість зберігання картоплі, термін зберігання, забезпеченість господарства трудовими ресурсами, забезпеченість господарства вільними транспортними засобами в термін збирання, наявність у господарстві картоплєхловища, наявність у господарстві обладнання для очистки та сортування картоплі і вдосконалення підколюючих, грудкоруйнуючих, бадилевідокремлюючих, поздовжньої гірки з відбійним валіком та інших конструктивних та кінематичних параметрів робочих органів машин.

Ключові слова: модель технологічних процесів; картопля; картоплєзбиральна техніка; технологія; технологічний процес; вирощування картоплі; збирання картоплі; способи збирання.

Вступ. Урядом України обрано стратегічний курс на розвиток в аграрно-індустріальному напрямі. Україна має унікальний природний потенціал, що дозволяє стати лідером з виробництва сільськогосподарської продукції в Європі. Проте, для успішного виходу на західні ринки необхідно забезпечити перш за все конкурентоспроможність власної продукції, яка досягається при комплексній механізації технологічних процесів, зниженні витрат праці, збільшенні врожайності та якості одержуваної продукції [1]. Вирощування картоплі в країні здійснюється за технологіями минулого століття, і якщо раніше вирощування картоплі було механізованим, то на сьогодні в більшості господарств вона вирощується вручну. З проведенням реформ на селі картоплярство розсіялося по малих селянських, фермерських та садово-городніх ділянках, де розміщено близько 95% цієї культури.

Машини для вирощування картоплі в Україну завозились і ввозяться, в основному, з Білорусі та Німеччини [2, 3, 4, 5]. Загальновідомо, що техніка на 70-80% морально застаріла, перебуває не в найкращому стані і потребує суттєвого оновлення. Картоплярі часто беруть за приклад сусідню Білорусь, де технологічний цикл повністю забезпечений державою та працюють відповідні заводи.

Технопарк картоплярства України, в свою чергу, актуалізує проблем удосконалення існуючих та винайдення нових перспективних технологій і робочих органів картоплезбиральної техніки, обґрунтування оптимальних режимів їх роботи і, в кінцевому рахунку, забезпечення цієї галузі рослинництва сучасною, високопродуктивною і надійною збиральною технікою.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблемі вирощування та збирання картоплі присвячено чимало друкованих праць. Проблемами картопляної галузі займалися і займаються такі вчені, як Грушецький С.М., Гуцол Т.Д., Булгаков В.М., Смолінський С.В. та ін.

Явищем та моделювання процесу сепарації картопляного вороху займався у своїх працях Фірман Ю.П. [14, 15].

Питаннями розробки та обґрунтування параметрів ротаційного картоплекопача займався Бончик В.С. [16].

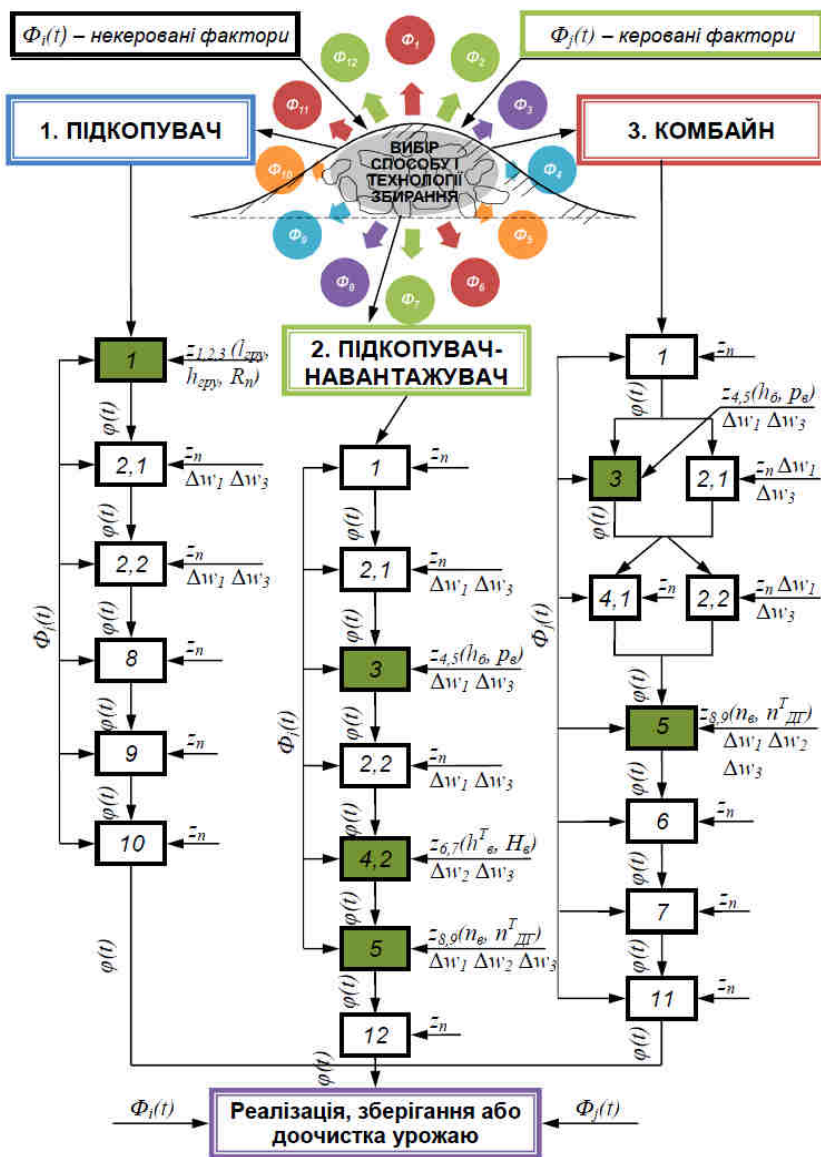
Останніми дослідженнями слід вважати науковий пошук і обґрунтування конструкції і параметрів спірального сепаратора картопляного вороху та обґрунтування параметрів поздовжніх транспортерів-сепараторів коренезбиральних машин присвячено дослідження Булгакова В.М. Смолінського С.В., Фльонц І.В. та ін. [17, 18].

Стратегічні питання з вирощування картоплі в Україні з використанням найсучасніших технологій і техніки, які б мали конкурентоспроможні якісні показники, дослідники у своїх працях, на жаль, оминають аналіз сучасного стану картоплярства в Україні є завжди актуальною проблемою.

Мета. Метою публікації є модель вдосконалення технологічних процесів та намічені перспективні напрями коренебульбозбиральних машин.

Методологія дослідження. Дослідження проводилися шляхом технологічно-конструкційного аналізу технологій і машин для збирання картоплі. У процесі досліджень використовувались загальні методи дослідження, порівняння, моделювання технологічних процесів, порівняльний аналіз).

Результати. На основі проведеного аналізу технологій і машин для збирання картоплі нами виявлено основні чинники, що впливають на агротехнічні показники збиральної техніки, і складена модель технологічних процесів – копача, копача-навантажувача і комбайна (рис. 1). Об'єктом впливу під час збирання картоплі в технологічному ланцюжку комбайна є картопляний ворох, до складу якого – $\varphi(t)$ входять: бульби, ґрунт і рослинні рештки (рис. 1).



■ – перспективні напрями вдосконалення технологічних процесів збиральних машин

Рис. 1. Модель технологічних процесів коренебульбозбиральних машин [6]:

*фактори: Φ_1 – врожайність картоплі, т/га; Φ_2 – вологість ґрунту, %; Φ_3 – вид і склад ґрунту; Φ_4 – якість отриманої продукції (картопля продовольча, технічна, насіннева); Φ_5 – тривалість (можливість) зберігання картоплі, днів; Φ_6 – площа посадки картоплі, га; Φ_7 – природно-кліматичні умови; Φ_8 – термін збирання, днів; Φ_9 – забезпеченість господарства трудовими ресурсами, люд.; Φ_{10} – забезпеченість господарства вільними транспортними засобами в термін збирання; Φ_{11} – наявність у господарстві картоплекшовища; Φ_{12} – наявність у господарстві обладнання для очистки і сортування картоплі; $z_n (l_{zpp}, h_{zpp}, R, h_{\sigma}, p_{\sigma}, h_{\sigma}^T, H_{\sigma}, n_{\sigma}, n_{\sigma}^T)$ – кінематичні та конструктивні параметри робочих органів (рис. 2); $\Phi_i(t)$ – некеровані фактори; $\Phi_j(t)$ – керовані фактори; $\varphi(t)$ – склад бульбоносного вороху; Δw_1 – підвищення повноти відділення ґрунтових домішок, %; Δw_2 – підвищення повноти відділення рослинних домішок, %; Δw_3 – зменшення кількості пошкоджень бульб, %.

Відсоткове співвідношення даних компонентів змінюється в часі, при реалізації технологічного процесу в результаті взаємодії вороху з робочими органами картоплезбиральних машин. На вибір тієї чи іншої технології збирання, на момент її проведення, впливають: 1) некеровані фактори – $\Phi_i(t)$, 2) керовані фактори – $\Phi_j(t)$ і z_n – кінематичні та конструктивні параметри робочих органів (рис. 1).

Некеровані фактори пов'язані з умовами росту і розвитку картоплі та її біологічними властивостями, в тому числі природно-кліматичними умовами, врожайністю культури, вологістю ґрунту, видом і складом ґрунту та ін. Керовані фактори $\Phi_j(t)$, пов'язані з організаційними і технічними заходами.

Організаційні заходи залежать, в тому числі, від строків збирання, тривалості (можливості) зберігання картоплі, необхідної якості одержуваної продукції (продовольча, фуражна та інша картопля), наявності в господарстві трудових ресурсів і основних виробничих фондів (транспортні засоби, картоплексовища, обладнання для очищення і сортування картоплі та ін.).

Технологічні процеси картоплезбиральних машин: 1 – підкоп бульбоносного пласта; 2 – первинна сепарація ґрунтових домішок (2.1 – основний транспортер, 2.2 – додатковий транспортер); 3 – руйнування грудок ґрунту; 4 – бадилевідокремлювання (4.1 – рідкопрутковий транспортер, 4.2 – бадилевідокремлювач пальчасто-гребінчастого типу); 5 – вторинна сепарація дрібних ґрунтових і рослинних домішок (сепаруюча гірка з бульбоскидаючим відбійним валиком); 6 – транспортування вороху на другий ярус комбайна (ковшовий транспортер); 7 – ручне доочищення бульб і відділення домішок (перебірковий стіл на комбайні); 8 – вивантаження бульб на збиране поле; 9 – ручне збирання бульб в тару; 10 – завантаження тари з бульбами в транспортний засіб; 11 – завантаження бульб в бункер комбайна; 12 – завантаження бульб в кузов транспортного засобу.

Конструктивні та кінематичні параметри робочих органів є керованими технічними факторами (заходами) – z_n , вплив на які можливий тільки під час проектування картоплезбиральної техніки.

Основними перспективними напрямками вдосконалення технологічних процесів є: у копачів – підкопування бульбоносного пласта; у копачів-навантажувачів – руйнування ґрунтових грудок, бадилевидалення і сепарація рослинних і ґрунтових домішок; у комбайнів – руйнування ґрунтових грудок і сепарація домішок.

Для підвищення продуктивності та агротехнічних показників збиральних машин нами пропонується вдосконалити їх технологічні процеси (рис. 1) шляхом встановлення на картоплезбиральних машинах пасивних вертикальних дисків з ґрунтозачепами і отворами (поз. 1); на копачі-навантажувачі – активного грудкоподрібнювача (поз. 3), бадилевідокремлювач пальчасто-гребінчастого типу (поз. 4.2) та сепаруючої гірки з бульбоскидаючим пристроєм (поз. 5); на комбайні – активного грудкоподрібнювача (поз. 3) і сепаруючої гірки з бульбоскидаючим пристроєм (поз. 5).

Нові робочі органи, в тій чи іншій мірі, впливають на агротехнічні показники картоплезбиральних машин. На основі аналізу наукових досліджень нами проведено ранжування основних факторів (параметрів робочих органів) керованих технічними заходами, і визначені перспективні напрями для їх оптимізації (рис. 2), в тому числі під час виконання наступних технологічних процесів:

1) підкопування бульбоносного шару – довжина і висота трикутних ґрунтозачепів пасивного круглого диска ($l_{зпу}$, $h_{зпу}$), що впливають на загальний тяговий опір (R_n) вдосконаленого підкопувача робочого органу;

2) руйнування ґрунтових грудок – товщина покривки вдосконаленого балона грудкоподрібнювача (h_0) і тиск повітря в камері вдосконаленого балона

грудкоподрібнювача (p_6);

3) сепарація рослинних домішок – робочий зазор між відривним валиком вдосконаленого пальчасто-гребінчастого бадилевідокремлювача і сепаруючим транспортером (h_6) і висота виступу відривного валика (H_6);

4) вторинна сепарація домішок – частота обертання вдосконаленого відбійного валика (n_6) поздовжньої гірки і робочий зазор між її пальчастим полотном і дисками відбійного валика ($h_{дГ}$).

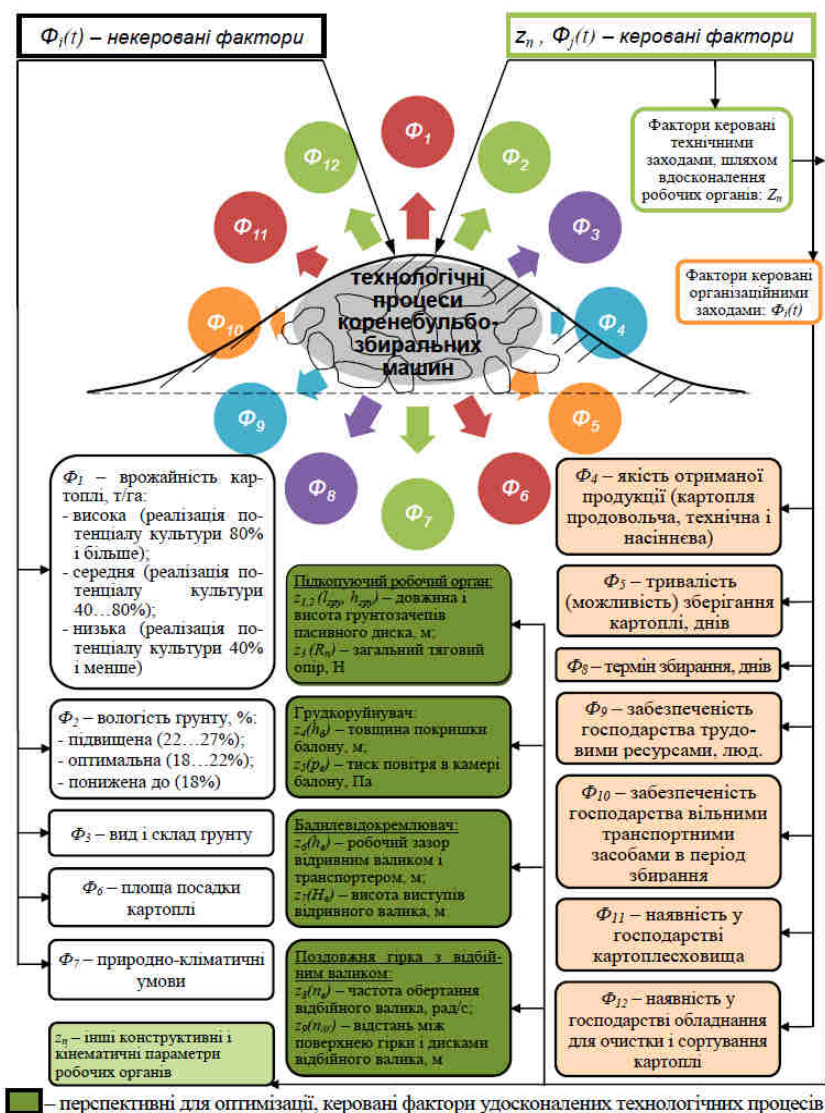


Рис. 2. Основні фактори, що впливають на технологічні процеси коренебульбозбираючих машин

Механіко-математичне моделювання вищевказаних технологічних процесів виконано з метою визначення раціональних конструктивних і кінематичних параметрів

відповідних робочих органів, що дозволить домогтися збільшення продуктивності збиральних машин за рахунок підвищення повноти відділення ґрунтових домішок – Δw_1 , рослинних домішок – Δw_2 , а також зменшення кількості пошкоджень бульб картоплі – Δw_3 (рис. 1).

Порядок проведення теоретичних досліджень відповідає послідовності надходження картопляного вороху на робочі органи збиральних машин (підкопуючі, грудкоподрібнюючі, бадилевидальючі та органи вторинної сепарації).

Висновки. І перспективи. На основі проведеного порівняльного аналізу технологій і машин для збирання картоплі виявлено основні чинники, що впливають на агротехнічні показники збиральної техніки, розроблено модель технологічних процесів – копача, копача-навантажувача і комбайна (збиральних машин). Дана модель включає як некеровані, так і керовані фактори, що впливають на вибір тієї чи іншої технології збирання картоплі – копачем, копачем-навантажувачем, або комбайном, при цьому перші чинники, в основному, пов'язані з умовами росту даної культури та її біологічними властивостями, а другі – з організаційними і технічними заходами, як-то: якість отриманої продукції, тривалість зберігання картоплі, термін зберігання, забезпеченість господарства трудовими ресурсами, забезпеченість господарства вільними транспортними засобами в термін збирання, наявність у господарстві картоплекховища, наявність у господарстві обладнання для очистки та сортування картоплі і вдосконалення підкопуючих, грудкоурійнуючих, бадилевідокремлюючих, поздовжньої гірки з відбійним валиком та інших конструктивних та кінематичних параметрів робочих органів машин.

Список використаних джерел

1. Грушецький С.М. Аналіз сучасних технологій вирощування і збирання картоплі. *Збірник наук. праць ІДДАТУ*. 2016. Вип. 24, ч. 2. Технічні науки. С. 55-64.
2. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва. Т. 1 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін.; за ред. А.В. Рудя. Київ : Агроосвіта, 2012. 584 с.
3. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва Т. 2 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін.; за ред. А.В. Рудя. – Київ : Агроосвіта, 2012. 434 с.
4. Бендера І.М., Рудь А.В., Козій Я.В. та ін. Проектування сільськогосподарських машин. 2-ге видання доп. і перероб. / За редакцією І.М. Бендери, А.В. Рудя, Я.В. Козія. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2011. 640 с.
5. Ріпка І.І., Семен Я.В., Крупич О.М., Бендера І.М., Рудь А.В. Основи механізації сільськогосподарського виробництва. Львів : ЛНАУ, 2013. 224 с.
6. Грушецький С.Н. Модель технологических процессов картофелеуборочных машин. *Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : материалы Международной научно-практической конференции* (Минск, 24-25 октября 2019 года) : в 2 ч. / редкол.: И. Н. Шилов [и др.]. Минск : БГАТУ, 2019. Ч. 1. С. 125-127.
7. Грушецький С.М., Збаравська Л.Ю., Семенишена І.В. Аналіз конструктивно-технологічних схем підкопуючих робочих органів коренебульбозбиральних машин. *Сучасні проблеми землеробської механіки: збірник наукових праць XVIII міжн. наук. конф.* (16-18 жовтня 2017 р., м. Кам'янець-Подільський). Тернопіль : Крок, 2017. С. 63-65.
8. Грушецький С.М., Збаравська Л.Ю., Семенишена І.В., Скоробогатов Д.В. Новий підкопуючий робочий орган для коренебульбозбиральних машин. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2017. Вип. 27. С. 133-140.
9. Грушецький С.М., Підлісний В.В. Аналіз конструкцій та результати досліджень сепараторів картопляного вороху. *Сучасний рух науки: тези доп. VI міжнародної науково-практичної інтернет-конференції журналу «WayScience»*, 4-5 квітня 2019 р. Дніпро, 2019. С. 274-282.
10. Грушецький С.М., Слободян С.Б. Систематизація основних проблем механізованого збирання картоплі. *Аграрна наука та освіта в умовах євроінтеграції: збірник наукових праць міжнар. наук.-практ. конф. Ч.2.* (20-21 березня 2019 р., м. Кам'янець-Подільський). Тернопіль : Крок, 2019. С. 19-21.

11. Грушецький С.М. Огляд досліджень та аналіз конструктивно-технологічних схем грудкоруйнуючих робочих органів. *Сучасний рух науки: тези доп. V міжнародної науково-практичної інтернет-конференції журналу «WayScience»*, 7-8 лютого 2019 р. Дніпро, 2019. С. 149-154.
12. Грушецький С.М. Аналіз конструкцій коренебульбозбиральних комбайнів і перспектива їх вдосконалення. *WayScience*. 2019. № 1 (3). С. 73-99.
13. Hrushetsky S.M., Yaropud V.M., Duganets V.I., Duganets V.I., Pryshliak, V.L. Kurylo V.M. Research of constructive and regulatory parameters of the assembly working organs for the potato's harvesting machines. *INMATEH-Agricultural Engineering*. 2019. Vol. 59, № 3. P. 101-110. DOI: 10.35633/INMATEH-59-11.
14. Фирман Ю.П., Грушецкий С.Н. Кинематический анализ работы динамического ленточного сепаратора. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2015. Vol. 17. № 1. P. 11-16.
15. Hutsol Taras, Firman Jurii, Komarnitsky Sergiy. Modelling of the separation process of the potato stack. *Agricultural Engineering : czasopismo. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej*. 2017. Vol. 21, № 4. P. 27-35.
16. Бончик В.С., Федирко П.П. Результаты экспериментальных исследований геометрических параметров картофельной грядки при работе картофелеуборочных машин. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2015. Vol. 17. № 5. P. 3-6.
17. Bulgakov V., Nikolaenko S., Adamchuk V., Z. and Olt J. Theory of impact interaction between potato bodies and rebounding conveyor. *Agronomy Research*. 2018. 16(1). P. 52-63. DOI: 10.15159/AR.18.037. <https://doi.org/10.15159/AR.18.037>
18. Pascuzzi S., Bulgakov V., Santoro F., Sotirios A., Anifantis, Olt J., Nikolaenko S. Theoretical study on sieving of potato heap elements in spiral separator. *Agronomy Research*. 2019. 17(1), P. 33-48. DOI: 10.15159/AR.19.073. <https://doi.org/10.15159/AR.19.073>.

*Дата надходження статті до редакції: 05.09.2019
1 рецензування 10.10.2019 Прийняття в друк: 25.11.2019*

Hrushetskyi S.M.¹

*Ph.D., (Engineering), Associate Professor
E-mail : g.sergiy.1969@gmail.com*

Rud A.V.¹

*Ph.D., (Engineering), Associate Professor
E-mail : anatoliyrujd@gmail.com*

Medvediev Ie.P.²

*Senior Lecturer
E-mail : medvedev.ep@gmail.com*

Semenyshyna I.V.¹

*Ph.D. (Physics and Mathematics), Associate Professor
E-mail : isemenisina@gmail.com*

¹*State Agrarian and Engineering University in Podilya
Kamianets-Podilskiy, Ukraine*

²*Volodymyr Dahl East Ukrainian National University
Severodonetsk, Ukraine*

THE TECHNOLOGICAL PROCESS PATTERN OF POTATO ROOT HARVESTER

Abstract

To represent our national goods at the Western market it is necessary to ensure, first of all, the competitiveness of local products through complex mechanization of technological processes, labour costs reduction, increasing yields and quality of received products. The aim of the research is to provide the comparative analysis of technology and machines for potato harvesting, to determine the main factors that influence the agricultural technical indicators of harvesting equipment, to develop technological process patterns and to examine the strategies for improving the potato root-and-harvest machines.

The research was carried out on the basis of technological and constructional analysis of technology and machines for potato harvesting. The methods of comparison and mathematical modelling of technological processes were used in the study. The research studies of Ukrainian and foreign scientists on technology and machines for potato harvesting were used as information base of our paper.

A comparative analysis of technology and machines for potato harvesting made it possible to determine the main factors that influence the agricultural performance of harvesting machinery and to develop the technological process for a digger, a double-loader digger and a harvester (harvesting machines). A theoretical model of the technological processes of harvesting machines includes both uncontrolled and controlled factors that influence the choice of a potato harvesting technology of a digger, a double-loader digger and a harvester. Nevertheless, the first factors are connected, primarily, with the conditions of potato growth and its biological properties, and the second factors deal with the organizational and technical measures, including the improvement of the working bodies of machines (cutting, dirt digging through, top separation, longitudinal hump with cut roller and other constructive and kinematic parameters), quality of received products, length and terms of potato storage, available farming human resources, free vehicle in the period of harvesting, farm potato storage, farm equipment for potato cleaning and sorting.

Keywords: a model of technological processes; potatoes; potato-harvesting technique; technology; technological process; potato growing; methods of assembling.

References

1. Hrushetskyi, S.M. (2016). Analiz suchasnykh tekhnolohii vyroshchuvannya i zbyrannya kartopli. *Zbirnyk nauk. prats PDATU*, 24, p. 2. *Tekhnichni nauky*, 55-64. [in Ukrainian]
2. Rud, A.V. (Ed.), Bendera, I.M., Voitiuk, D.H. et al. (2012). *Mekhanizatsiia, elektryfikatsiia ta avtomatyzatsiia silskohospodarskoho vyrobnytstva*, t. 1 [Mechanization, electrification and automation of agricultural production, part 1]. Kyiv : Ahroosvita. ISBN 978-966-2007-67-1 Retrieved from <https://www.twirpx.com/file/1791304/> [in Ukrainian].
3. Rud, A.V. (Ed.), Bendera, I.M., Voitiuk, D.H. et al (2012). *Mekhanizatsiia, elektryfikatsiia ta avtomatyzatsiia silskohospodarskoho vyrobnytstva* T. 2 [Mechanization, electrification and automation of agricultural production, part 2]. Kyiv : Ahroosvita. ISBN 978-966-2007-68-8. Retrieved from <https://www.twirpx.com/file/1791316/> [in Ukrainian].
4. Bendera, I.M., Rud, A.V., Kozii, Ya.V. et al (2011). *Proektuvannya silskohospodarskykh mashyn. 2-he vydannia dop. i pererob.* [Design of agricultural machinery, 2nd ed.]. Kamianets-Podilskyi : FOP Sysyn O.V. ISBN 611-539-016-8 [in Ukrainian].
5. Ripka, I.I., Semen, Ya.V., Krupych, O.M., Bendera, I.M., & Rud, A.V. (2013). *Osnovy mekhanizatsii silskohospodarskoho vyrobnytstva* [Fundamentals of mechanization of agricultural production]. Lviv : LNAU. Retrieved from http://www.lnau.edu.ua/lnau/attachments/056_%D0%9F%D0%9E%D0%A1%D0%86%D0%91%D0%9D%D0%98%D0%9A%20%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BD.pdf. [in Ukrainian].
6. Hrushetskyi, S.M. (2019, October). *Model' tehnologicheskikh processov kartofeleuborochnykh mashin.* *Tekhnicheskoe i kadrovoe obespechenie innovacionnykh tehnologij v sel'skom hozjajstve : materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (Minsk, 24-25 oktjabrja 2019 goda) : v 2 ch. / redkol.: I. N. Shilo [i dr.]* [Process model of potato harvesting machines. Paper presented at the meeting of Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk]. Minsk : BSATU, Ch. 1., p. 125-127. [in Russian].
7. Hrushetskyi, S.M., Zbaravska, L.Iu., & Semenyshena, I.V. (2017, October). Analiz konstruktyvno-tehnolohichnykh skhem pidkopuiuchykh robochykh orhaniv korenebulbozbyralnykh mashyn. *Suchasni problemy zemlerobskoi mekhaniky: zbirnyk naukovykh prats XVIII mizhn. nauk. konf., PDATU, Kamianets-Podilskyi* (pp. 63-65) [Analysis of structural and technological schemes of digging up the working bodies of root-picking machines. Paper presented at the meeting of State Agrarian and Engineering University in Podilya, Kamianets-Podilskyi, Ukraine]. Ternopil : Krok, [in Ukrainian]

8. Hrushetskyi, S.M., Zbaravska, L.Iu., Semenyshena, I.V., & Skorobohatov, D.V. (2017). Novyi pidkopuiuchyiy robochyi orhan dlia korenebulbozbyralnykh mashyny [New digging working body for root potato harvester]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*, 27, 133-140. [in Ukrainian]
9. Hrushetskyi, S.M., & Pidlisnyi, V.V. (2019, April). Analiz konstrukttsii ta rezultaty doslidzhen separatoriv kartoplianooho vorokhu. Suchasnyi rukh nauky: tezy dop. VI mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii zhurnalu «WayScience», 4-5 kvitnia 2019 r. [Analysis of structures and research results of potato heap separators. *Paper presented at the meeting of WayScience*, Dnipro, Ukraine]. [in Ukrainian]
10. Hrushetskyi, S.M., & Slobodian, S.B. (2019, March). Systematyzatsiia osnovnykh problem mekhanizovanoho zbyrannia kartopli. Ahrarna nauka ta osvita v umovakh yevrointehratsii: zbirnyk naukovykh prats mizhnar. nauk.-prakt. konf. Ch.2. (20-21 bereznia 2019 r., Kamianets-Podilskyi) [Systematization of the main problems of mechanized harvesting potatoes. *Paper presented at the meeting of State Agrarian and Engineering University in Podilya*, Kamianets-Podilskyi, Ukraine (pp. 19-21)]. Ternopil : Krok [in Ukrainian].
11. Hrushetskyi, S.M. (2019, February). Ohliad doslidzhen ta analiz konstruktivno-tekhnologichnykh skhem hrudkoruiniuchykh robochykh orhaniv. Suchasnyi rukh nauky: tezy dop. V mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii zhurnalu «WayScience», 7-8 liutoho 2019 r. [A review of research and analysis of the constructive-technological schemes of breast-producing working organs. *Paper presented at the meeting of WayScience*, Dnipro (pp. 149-154)]. Dnipro.
12. Hrushetskyi, S.M. (2019). Analiz konstrukttsii korenebulbozbyralnykh kombainiv i perspektyva yikh vdoskonalennia [Design analysis of the potato harvester combines and the prospects of its improvement]. *WayScience*, 1 (3), 73-99.
13. Hrushetskyi, S.M., Yaropud, V.M., Duganets, V.I., Duganets, V.I., Pryshliak, V.L., & Kurylo, V.M. (2019). Research of constructive and regulatory parameters of the assembly working organs for the potatoes harvesting machines. *INMATEH-Agricultural Engineering*, 59(3), 101-110. DOI: 10.35633/INMATEH-59-11.
14. Firman, Ju.P., Hrushetskyi, S.N. (2015). Kinematcheskij analiz raboty dinamicheskogo lentochnogo separatora. [Kinematic analysis of a dynamic belt separator]. *Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*, 17(1), 11-16.
15. Hutsol, T., Firman, Ju., Komarnitsky, S. (2017). Modelling of the separation process of the potato stack. *Agricultural Engineering : czasopismo. Polskie Towarzystwo Inzynierii Rolniczej*, 21(4), 27-35.
16. Bonchik, V.S., Fedirko, P.P. (2015). Rezul'taty jeksperimental'nyh issledovaniy geometricheskikh parametrov kartofel'noj grjadki pri rabote kartofeleuborochnykh mashin. [The results of experimental studies of the geometric parameters of the potato beds during the work of potato harvesters]. *Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*, 17(5), 3-6.
17. Bulgakov, V., Nikolaenko, S., Adamchuk, V., & Olt, J. (2018). Theory of impact interaction between potato bodies and rebounding conveyor. *Agronomy Research*, 16(1), 52-63. DOI: 10.15159/AR.18.037.
18. Pascuzzi, S., Bulgakov, V., Santoro, F., Sotirios, A., Anifantis, Olt, J., & Nikolaenko, S. (2019). Theoretical study on sieving of potato heap elements in spiral separator. *Agronomy Research*, 17(1), 33-48. DOI: 10.15159/AR.19.073.

Received: 09/05/2019

1st Revision: 10/10/2019 Accepted: 11/25/2019