

В. А. Коржовський
І. С. Голубович
О. С. Голубович
О. В. Піонткевич

АВТОМАТИЗОВАНІ ЛІНІЇ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ГОРІХІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено дослідження автоматизованих ліній для переробки горіхів в умовах цифровізації агропромислового виробництва. Розкрито функціональну структуру виробничих комплексів, що охоплюють операції калібрування, луцення, сепарації та фасування. Висвітлено досвід використання оптичних сортувальників на базі машинного зору, систем керування на програмованих логічних контролерах та технологій промислового інтернету речей. Обґрунтовано техніко-економічні переваги автоматизованої переробки волоського горіха порівняно з ручною працею.

Ключові слова: автоматизована лінія, переробка горіхів, програмований логічний контролер, Industry 4.0.

Abstract

A study of automated lines for processing nuts in the context of digitalization of agro-industrial production was conducted. The functional structure of production complexes covering calibration, peeling, separation and packaging operations was revealed. The experience of using optical sorters based on machine vision, control systems based on programmable logic controllers and industrial Internet of Things technologies was highlighted. The technical and economic advantages of automated walnut processing compared to manual labor were substantiated.

Keywords: automated line, nut processing, programmable logic controller, Industry 4.0.

Вступ

Горіхопереробка в Україні переживає активне технологічне переоснащення. Брак робочої сили та зростання вартості ручної праці спонукають переробників інвестувати у високотехнологічне обладнання [1, 2, 3]. Волоський горіх є однією з найбільших товарних культур для вітчизняного агросектору: Україна входить до числа провідних світових експортерів ядра горіхів. Проте значна частка переробних підприємств досі використовує ручну або напівавтоматичну працю, що знижує конкурентоспроможність на міжнародних ринках.

Автоматизована лінія для переробки горіхів – це інтегрована виробнича система, що забезпечує повний технологічний цикл від надходження сировини до фасованого готового продукту [4, 5, 6]. До складу таких ліній входять (рисунок 1): калібратор цілих горіхів, горіхокол, сепаратор ядра від шкаралупи, оптичний сортувальник і пакувальний автомат [7, 8, 9]. Метою роботи є аналіз сучасного стану та перспектив розвитку автоматизованих ліній для переробки горіхів, а також оцінка ефективності їх ключових підсистем.

Результати дослідження

Сучасна автоматизована лінія переробки горіхів являє собою послідовність технологічних модулів, кожен з яких виконує чітко визначену операцію. Перший модуль – це калібратор, який розподіляє вхідну сировину за розмірними фракціями за допомогою барабаних або вібраційних сит. Це дозволяє налаштувати наступний модуль (горіхокол) на оптимальний зазор між робочими органами, відповідно, до розміру горіха. Дослідження пневматично-ударного комбінованого механізму луцення показали, що при тиску фіксації 0,6 МПа та куті повороту притискної голівки 100° досягається вихід цілих та половинних ядер понад 82%, а загальна продуктивність луцення становить 91,04% [10, 11].

Ключовим елементом сучасних переробних ліній є оптичний сортувальник (фотосепаратор). Він забезпечує розподіл ядра за кольором, видалення шкаралупних залишків та бракованих ядер із використанням лазерних або CCD-камер і пневматичних відсікачів [12]. Застосування машинного зору та алгоритмів глибокого навчання в системах контролю якості харчових продуктів дозволяє досягти точності класифікації до 95-98% [13]. Системи комп'ютерного зору здатні одночасно оцінювати

розмір, форму, колір та наявність дефектів, що є суттєво ефективнішим за суб'єктивний ручний контроль.

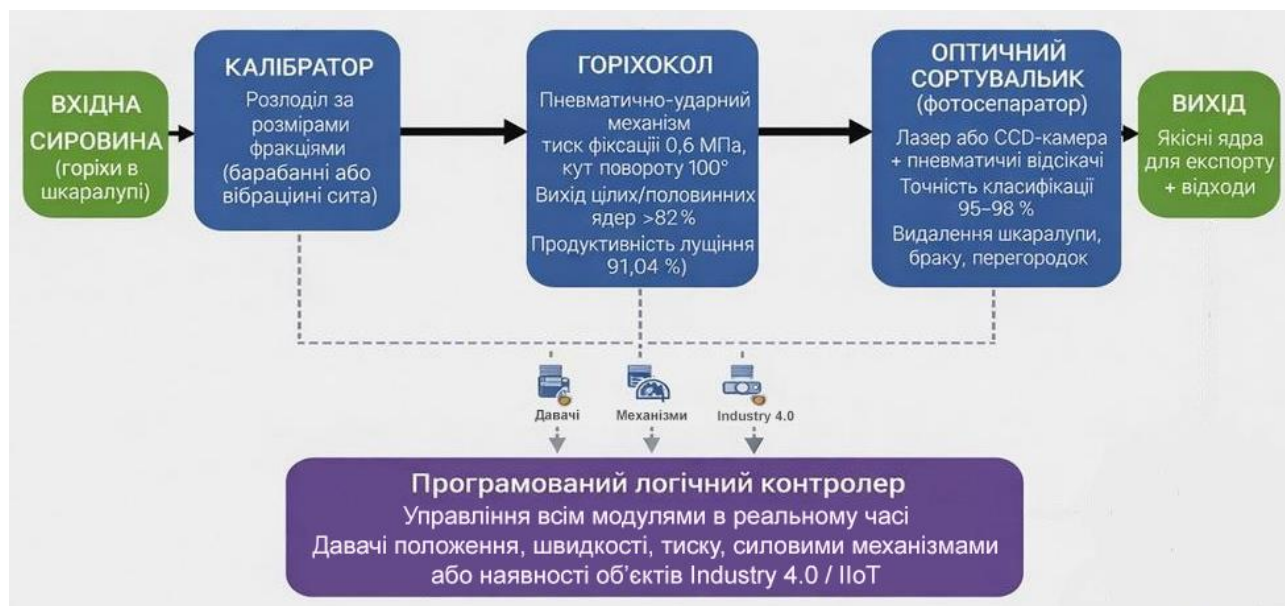


Рис. 1. Структурна схема автоматизованої лінії переробки горіхів

Управління всіма модулями лінії здійснюється через програмований логічний контролер [14]. У режимі реального часу програмований логічний контролер зчитує сигнали з датчиків (положення, швидкості, тиску, наявності об'єктів) та керує виконавчими механізмами відповідно до заданого алгоритму [15]. Застосування програмованого логічного контролера дозволяє мінімізувати людські помилки, забезпечити повторюваність технологічного процесу та реалізувати гнучке переналагодження автоматизованих ліній при зміні сорту чи розміру горіхів. Сучасні переробні підприємства оснащують автоматизовані лінії засобами промислового інтернету речей (IIoT) для дистанційного моніторингу, прогностичного технічного обслуговування та збору виробничих даних в рамках концепції Industry 4.0. Автоматизовані лінії дозволяють замінити операторів ручного перебирання та забезпечити стабільну якість ядра для виходу на вимогливі експортні ринки.

Висновок

Автоматизовані лінії для переробки горіхів є ключовою технологією підвищення конкурентоспроможності горіхопереробних підприємств. Інтеграція модулів калібрування, лушчення, оптичного сортування та пакування в єдину систему програмовану логічним контролером забезпечує продуктивність понад 200 кг/год та суттєво знижує частку ручної праці. Впровадження машинного зору та промислових інтернет речей відкриває перспективи для предиктивного обслуговування обладнання і подальшого підвищення якості готової продукції. Розроблені рішення рекомендовано для впровадження на підприємствах агропромислового комплексу в рамках програм цифрової трансформації виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дефіцит кадрів змушує горіховий бізнес в Україні автоматизуватися. SEEDS, 2026. URL: <https://www.seeds.org.ua/deficit-kadriv-zmushuye-gorixovij-biznes-v-ukraini-avtomatizuvatisya/> (Дата звернення 20.03.2026)
2. Технологічні лінії для переробки горіхів. TechHorticulture. URL: <https://techhorticulture.com/tehnologichni-lini-dlya-pererobky-horikhiv/> (Дата звернення 20.03.2026)
3. Горіхокол промисловий – що є лінія для переробки. ІНКУБ. URL: <https://incub.com.ua/orehokoly/promishlennie-linii-dlja-pererabotki-greckogo-oreha/> (Дата звернення 20.03.2026)
4. Hussain S. Z., Ammatullah B., Kanojia V. et al. Design and development of technology for walnut cracking. J Food Sci Technol, 2018. Vol. 55. P. 4973-4983. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3435-0>
5. Технологічні рішення для переробки горіхів від компанії «Орієнт Вей». URL: <https://orientway.com.ua/news/helpful-information/tehnologichni-rishennya-dlya-pererobki-gorihiv/> (Дата звернення 20.03.2026)

6. Xiao Z., Wang J., Han L., Guo S., Cui Q. Application of Machine Vision System in Food Detection. *Frontiers in Nutrition*, 2022. Vol. 9. 7 p. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.888245>
7. Han B., Su G., Zeng Y. et al. FDEM investigation on the crack propagation characteristics of walnut shell under multi-contact loadings. *Frontiers in Materials*, 2023. Vol. 10. 14 p. <https://doi.org/10.3389/fmats.2023.1293683>
8. Zhou R., Zahid A., Majeed Y. et al. Advancement in artificial intelligence for on-farm fruit sorting and transportation. *Frontiers in Plant Science*, 2023. Vol. 14. 11 p. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1082860>
9. Hassoun A., Jagtap S., Garcia-Garcia G. et al. Food quality 4.0: From traditional approaches to digitalized automated analysis. *Journal of Food Engineering*, 2023. Vol. 337. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111216>
10. Wang Z., Sun Q., Zhang B. Design and evaluation of pneumatic impact-twisting combined walnut shell-breaking mechanism. *Journal of Food Process Engineering*, 2022. Vol. 45. <https://doi.org/10.1111/jfpe.14553>
11. Hasnan N. Z. N., Yusoff Y. M., Lim S. A. H., Kamarudin K. Potential of industrial internet of things (IIoT) to improve inefficiencies in food manufacturing. *AIP Conf. Proc.* 2907, 2023. <https://doi.org/10.1063/5.0171393>
12. Lee I. H., Ma L. Integrating machine learning, optical sensors, and robotics for advanced food quality assessment and food processing. *Food Innovation and Advances*, 2025. Vol. 4(1). P. 65-72. <https://doi.org/10.48130/fia-0025-0007>
13. Olorunfemi B. O., Nwulu N. I., Adebo O. A., Kavadias K. A. Advancements in machine visions for fruit sorting and grading: A bibliometric analysis, systematic review, and future research directions. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2024. No. 16, 101154. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101154>
14. Лозінський Д. О., Піонткевич О. В., Сиротін О. А. Інноваційні підходи до підвищення енергоефективності електрогідравлічних систем. *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*. 2025. Вип. 2. С. 1–8. <https://doi.org/10.31649/2307-5376-2025-2-214-22124>
15. Huimin L. Design and Implementation of the Automatic Sorting System Based on PLC. 2023 IEEE 3rd International Conference on Power, Electronics and Computer Applications (ICPECA), 2023. PP. 113–117. <https://doi.org/10.1109/ICPECA56706.2023.10075963>

Korzhovskiy Volodymyr Anatoliiyovych – студент групи 2ПМ–246, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vova.korjovskiy@gmail.com

Golubovich Igor Serhiyovych – студент групи 2ПМ–246, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: igor20150007@gmail.com

Golubovich Oleksandr Serhiyovych – студент групи 2ПМ–246, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: oleksandrgolubovic70@gmail.com

Науковий керівник:

Piontkevych Oleh Volodymyrovych – к-т техн. наук, доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: piontkevych@vntu.edu.ua.

Korzhovskiy Volodymyr A. – student of the Department of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vova.korjovskiy@gmail.com

Holubovych Igor S. – student of the Department of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: igor20150007@gmail.com

Holubovych Oleksandr S. – student of the Department of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: oleksandrgolubovic70@gmail.com

Scientific supervisor:

Piontkevych Oleh V. – Candidate of Technical Sciences, Associate professor, Associate professor of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: piontkevych@vntu.edu.ua