

ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ І ОПТИМІЗАЦІЯ КОНВЕЄРНИХ СИСТЕМ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

У даній роботі досліджено методи вдосконалення та оптимізації конвеєрних систем. Ці системи є ключовим компонентом сучасного харчового виробництва, де санітарні вимоги та здатність адаптуватися до різних технологічних операцій мають першочергове значення. Основна мета роботи – представити перспективні шляхи модернізації та інноваційні рішення для конвеєрних систем у харчовій промисловості. Ґрунтуючись на аналізі існуючої літератури та власних дослідженнях, було виявлено значні позитивні сторони конвеєрів щодо покращення виробничих показників та забезпечення безпеки праці. Також було визначено недоліки, зокрема ризики контамінації та потреба у регулярному технічному обслуговуванні.

Головним підсумком є потреба у безперервному процесі покращення та удосконалення конвеєрних систем, з метою автоматизації та збільшенні енергоефективності. Також для впровадження інтелектуального керування, оптимізації трудомісткого устаткування та для подальшого зростання продуктивності й зниження потреби у ручній праці. Практична цінність дослідження полягає у можливості реалізації запропонованих змін в наявних та перспективних конвеєрних системах на підприємствах харчової промисловості.

Ключові слова: Автоматизація, Автоматизовані конвеєрні системи, Конвеєри, Технологічний процес, Вдосконалення конвеєрних систем.

Конвеєрні системи – це автоматизовані чи напівавтоматичні рішення, що застосовуються для транспортування сировини, продукції або компонентів між різними пунктами в рамках виробничого циклу. Ці системи ефективно переміщують товари в межах виробничих ліній, оптимізуючи робочі процеси та покращуючи продуктивність. Ключова функція конвеєрів – не лише переміщення, а й підтримка безперервного виробництва та раціональне використання ресурсів. Автоматизуючи транспортування матеріалів, конвеєрні системи забезпечують більш синхронізований виробничий процес. Звідси зменшуючи переривання та час простою, що сприяє збільшенню обсягів виробництва та можливій економії коштів.

Основний принцип роботи конвеєрних систем полягає у підтримці безперервного виробництва. Обладнання розташовується у чіткій логічній послідовності. Це необхідно для ефективного транспортування сировини та матеріалів через усі стадії виробничого циклу. Ефективність усієї виробничої лінії значною мірою визначається безперербійним переміщенням матеріалів між етапами обробки. Саме конвеєри виступають ключовою ланкою у забезпеченні цього процесу, становлячи собою базовий компонент сучасних виробничих процесів [1].

Підприємства, які використовують конвеєрні лінії для вдосконалення процесів, є основою сучасного ефективного виробництва. Їх ключова мета полягає в поєднанні безперервного переміщення товарів, завдяки конвеєрним системам, з ретельно визначеними та оптимізованими технологічними діями. Головне завдання такого методу – досягнення найвищої продуктивності, скорочення витрат часу та ресурсів до мінімуму, а також забезпечення стандартизації якості кінцевого продукту. Фундаментом оптимізованого конвеєрного виробництва є детальна розробка технологічного процесу. Конвеєрна система гарантує безперербійне та ритмічне пересування матеріалів між етапами, усуваючи непотрібні переміщення та час очікування. Швидкість конвеєра та тривалість кожної операції точно узгоджуються, забезпечуючи максимальну пропускну здатність лінії.

Конвеєрні системи, що використовуються у харчовій галузі, ставлять на перший план вимоги гігієни та чистоти, що спонукає до застосування особливих та легких у догляді матеріалів (наприклад, нержавіюча сталь або харчовий пластик). Різноманітність виробничих процесів зумовлює потребу в адаптації конвеєрів для переміщення різних видів продукції – сипких, рідких, густих і штучних, а також для їхнього інтегрування з іншим технологічним обладнанням для обробки, контролю якості, фасування, пакування та інших операцій.

Врахування особливостей їжі – важливий нюанс. Він включає в себе липкість, ламкість, вміст вологи й температурні умови, що впливають на вибір матеріалів стрічок та конструкцію конвеєрів. Безпечність

продуктів харчування є першочерговою метою, тому конвеєрні системи мають відповідати нормам, знижуючи загрози забруднення [2].

Зважаючи на критичну роль конвеєрних систем у вдосконаленні виробничих операцій, особливо у харчовій сфері, де вони гарантують безперервне переміщення різних матеріалів, на рис. 1 зображено типову структуру всього технологічного процесу харчового виробництва. Ця структура умовно розділена на функціональні області, де перша відповідає за прийом та попередню обробку сировини, а друга – за контроль, розфасовку та упаковку кінцевого продукту (рис. 1).



Рис. 1. Схема технологічного процесу харчового виробництва

Використання конвеєрних систем у харчовій промисловості кардинально збільшує ефективність. Це відбувається за рахунок автоматизації переміщення сировини та виробленої продукції. Як результат, спостерігається зростання обсягів випуску, пропускної спроможності та відбувається оптимізація всього виробничого процесу. Введення конвеєрів суттєво покращує безпеку праці. Зменшується потреба у ручному підніманні і перенесенні важких предметів. Відтак, знижується вірогідність травмування працівників.

Використання конвеєрних систем зумовлює суттєве зменшення витрат на заробітну плату, оскільки для переміщення матеріалів потрібно менше робітників. Автоматизовані системи здатні працювати безперервно, що гарантує тривалу економію фінансових ресурсів. Спеціально сконструйовані конвеєри для харчової промисловості, виготовлені з легко миючих матеріалів, відчутно покращують санітарію. Це сприяє мінімізації ймовірності забруднення їжі, а також відповідає встановленим санітарним нормам.

Однією з головних переваг конвеєрних систем є їхня універсальність. Вони здатні переміщати великий асортимент харчових продуктів. Їх легко пристосовувати до специфічних вимог виробництва, враховуючи зміни висоти та траєкторії руху. Модульна конструкція дозволяє адаптувати обладнання до змінних потреб різних галузей харчової промисловості [3].

Попри значущі переваги, застосування конвеєрних систем у харчовій галузі супроводжується певними недоліками та потенційними складнощами. Зокрема, слід акцентувати увагу на ризиках забруднення. Залишки їжі можуть викликати перехресне забруднення, а відкритість конвеєрів наражає продукти на пил та інші забруднення з атмосфери. До того ж, скупчення пилу від порошкоподібних речовин може створити загрозу вибухів, а поверхні конвеєрів загалом можуть бути місцем поширення мікробів, якщо не дотримуватися необхідних правил гігієни.

Найбільш актуально це у конвеєрних системах, де важкодоступні місця сприяють накопиченню забруднень. Інтенсивне очищення стрічок може викликати відчутні простой та збільшення витрат, особливо, якщо системи не враховують простоту санітарної обробки. Механічні складові конвеєрних установок підлягають зношенню, що вимагає періодичних перевірок та заміни стрічок, роликів і ланцюгів.

А такі негаразди, як пошкодження стрічки, заклинювання та неадекватне натягнення, потребують безупинної технічної підтримки. Зокрема змащування рухомих деталей, аби гарантувати надійне функціонування, звести до мінімуму простой та запобігти загрозам для безпечності продуктів. Первинні витрати на конвеєрні системи, особливо на автоматизовані, можуть бути значущими, що є суттєвим аспектом для малих підприємств [4].

У харчовій промисловості найчастіше застосовують декілька ключових видів конвеєрних систем. До них входять: стрічкові, у тому числі модульні конвеєри, ковшові елеватори, пневматичні транспортери, роликові, ланцюгові і спіральні конвеєри. Кожен з цих типів має свою унікальну конструкцію та механізми, призначені для обробки певних видів продуктів харчування, або для забезпечення конкретних вимог до транспортування на різних етапах виробництва.

Розмаїття різновидів конвеєрів дає змогу виробникам харчової продукції обирати засоби транспортування матеріалів, орієнтуючись на специфіку своїх потреб. Різні чинники, зокрема фізичний стан харчового виробу (твердий, рідкий, порошкоподібний), його тендітність, чутливість до температурних змін, мають вплив на визначення оптимальної конвеєрної системи.

Стрічкові транспортери набули широкого застосування для переміщення різних харчових виробів, зокрема сипких. Вони є частиною технологічних процесів з упакованими виробами у пекарнях та кондитерських. У м'ясокомбінатах та птицефабриках їх задіюють на різних стадіях, починаючи від обробки сирих заготовок, закінчуючи переміщенням готової, запакованої продукції. Пневматичні транспортери оптимальні для роботи з легкими, сухими та сипучими речовинами, як-от зерно, борошно або цукор, використовуючи тиск повітря.

Вони здатні переміщувати вантажі на далекі відстані й обходити перешкоди, функціонуючи як у горизонтальній, так і у вертикальній площинах, а також під довільним кутом. Роликові конвеєри відмінно підходять для транспортування тари, коробок та піддонів з фасованими харчовими продуктами. Їх широко застосовують на складах, у логістичних центрах та в пакувальних відділеннях [5].

Згадані системи транспортування продукції відіграють роль зв'язків між різними стадіями виробничого циклу, гарантуючи безперервне переміщення продукції до ключових функціональних компонентів. Якщо візьмемо до уваги пакувальну частину виробництва, то стрічкові конвеєри здебільшого застосовують для акуратного та безперервного транспортування товарів до пакувальних машин та від них. Роликові конвеєри часто використовують на фінальній стадії лінії для переміщення запечатаних коробок та пакувань. Ефективне поєднання конвеєрних систем з пакувальним обладнанням є першочерговим для досягнення високої продуктивності та зменшення періодів простою на автоматизованих виробничих лініях [6].

У сучасному, швидкоплинному світі, конвеєрні системи переживають бурхливий розвиток, безперервно оновлюючись та вдосконалюючись. З кожним роком вони демонструють передові технології та розширюють свій функціонал. Щоб краще зрозуміти, візьмемо за приклад цех харчового виробництва:

У відділах приймання та відбраковування ключову роль відіграє автоматизація контролю якості. Це реалізується через камери машинного зору з використанням ШІ для виявлення дефектів. Також за рахунок автоматизованих транспортних систем з інтелектуальним управлінням для переміщення сировини та відведення бракованої продукції, а також системи ідентифікації на основі сканерів штрих-кодів або RFID-міток.

У машині початкової обробки визначальне значення має автоматичне налаштування робочих параметрів завдяки датчикам та контролерам, а також застосування робототехнічних маніпуляторів для подачі та видалення заготовок. Для машини основного оброблення притаманне повне автоматичне керування на основі PLC, системи зворотного зв'язку для моніторингу й автоматичного коригування параметрів. А також рецептурне управління для налаштування устаткування відповідно до характеристик виробу. У системі контролю та сортування ключову роль відіграють високоточні вимірювальні системи, інтелектуальні алгоритми сортування, побудовані на принципах ШІ, та автоматизовані сортувальні комплекси [7].

У фасувальній лінії ключовими компонентами виступають автоматизовані дозувальні пристрої, роботизовані системи подачі, інтегровані з системами вагової перевірки та маркування. Пакувальна машина включає автоматичні пристрої формування коробок, роботизовані системи укладання продукції та автоматичні пристрої заклеювання коробок. На етапі палетування і обмотки палет застосовуються автоматизовані палетайзери та палетопакувальники. Вони повністю інтегруються з системою обліку і відстеження палет. Моніторинг усього виробничого процесу здійснюється за допомогою SCADA-системи для централізованої візуалізації та управління, а також збору та аналізу інформації [8]. На рис. 2 представлено модифіковану та автоматизовану схему технологічного процесу.

Окрім ключових модернізацій виробництва, що включають автоматизацію всіх робочих ланок, можливе впровадження більш привабливого та сучасного рішення – кастомізація виробництва й пакування з урахуванням потреб конкретного клієнта або партії товару. Ця ідея передбачає: впровадження системи відстеження конкретної партії сировини з моменту надходження, враховуючи специфічні вимоги замовника; гнучке налаштування параметрів обробки на обладнанні первинної та основної обробки, відповідно до замовлення; інтелектуальні системи контролю якості з можливістю сортування продукції за нестандартними характеристиками; адаптивну систему фасування з оперативною зміною об'єму дозування; та особливо гнучкий етап – пакування з автоматизованою зміною розмірів упаковки, використанням різноманітних пакувальних матеріалів та можливістю нанесення персоналізованого друку на етикетках.

На фінальній стадії палетування та палетопаккування планується задіяти інтелектуальні системи, які формують палети, керуючись індивідуальними запитами замовника. Враховується кількість коробок, спосіб їх розташування та необхідність спеціального маркування [9].

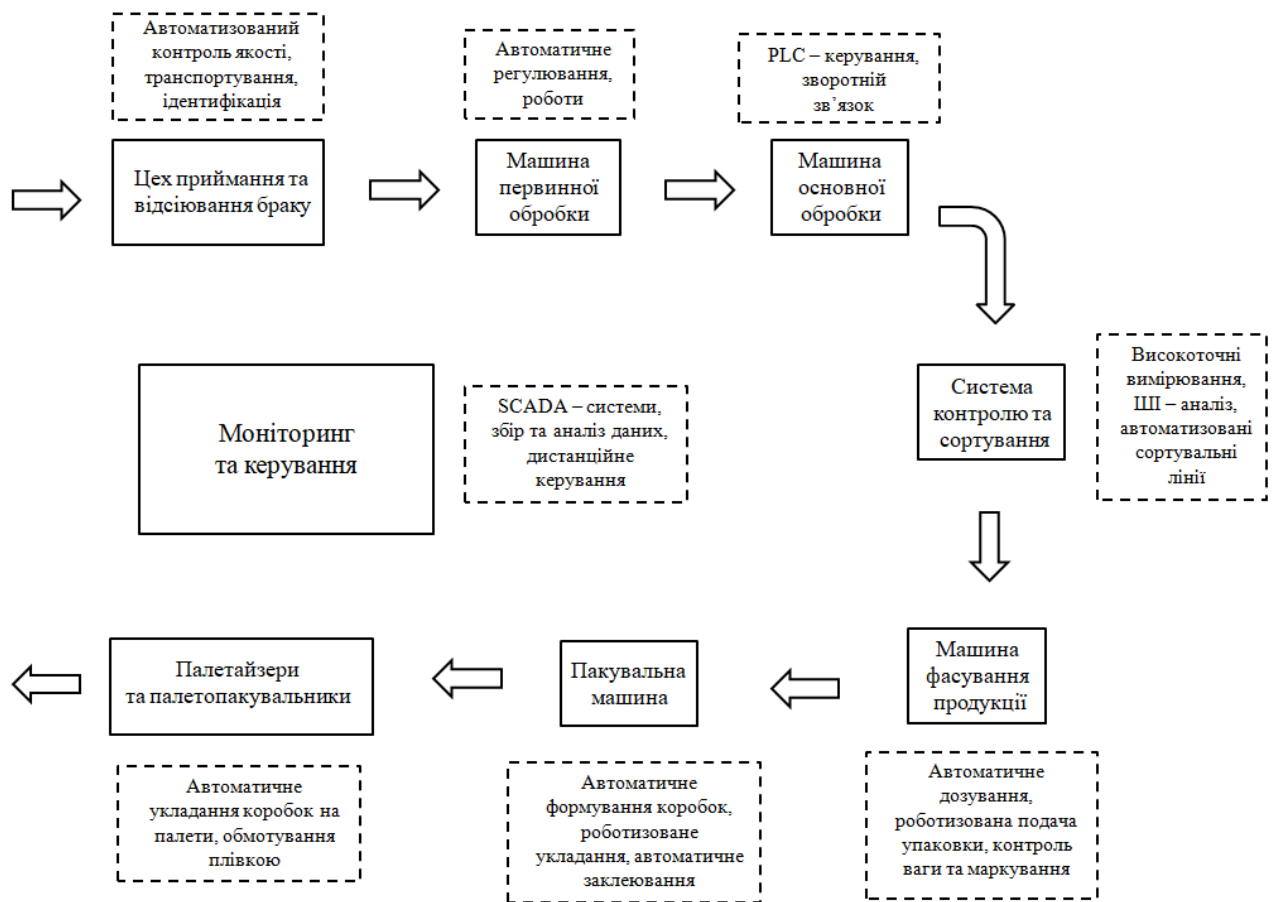


Рис. 2. Модифікована схема технологічного процесу харчового виробництва

Перетворення існуючого трудомісткого пакувального устаткування на сучасну автоматизовану систему – це процес, що складається з кількох етапів, який потребує інтеграції передових технологій та модернізації ключових функціональних компонентів. Перший крок у цій трансформації – автоматизація базових етапів пакування. Це включає в себе встановлення автоматизованих пристроїв для формування упаковок з вихідних матеріалів, інтеграцію систем автоматичного дозування та подачі продукту, а також впровадження автоматизованих модулів для пакування товарів та герметизації пакування. З метою забезпечення безперебійного руху матеріалів та продукції на виробничій лінії, критично важливим є впровадження конвеєрної системи. Вона буде відповідати за автоматизоване транспортування пакувальних одиниць між різними фазами виробничого процесу.

Ключовим компонентом автоматизованої пакувальної лінії є програмований логічний контролер (ПЛК), який відповідає за управління всіма ключовими операціями конвеєрної ділянки та інтегрованого пакувального обладнання. ПЛК збирає інформацію від різних датчиків, розміщених на різних стадіях лінії. Це включає в себе датчики розгортання картонних заготовок, датчики присутності продукту на лінії, датчики завантаження товару в коробки, а також датчики остаточного закриття коробок тощо. Відштовхуючись від отриманих даних, ПЛК керує роботою приводів конвеєрів, регулюючи їх роботу, а також синхронізує функціонування пакувальних механізмів. Таким чином досягається плавний та ефективний виробничий процес [10].

Для гарантування безпеки та контролю якості критично важливо також впровадити автоматизовані системи перевірки. Наприклад, використовувати камери машинного зору для контролю упаковки та маркування на відповідність стандартам.

Підсумовуючи, конвеєрні виробництва є одним із важливіших елементів в багатьох сферах, особливо у харчовій промисловості, де їхнє впровадження потребує особливої уваги до санітарних норм та пристосування до різноманітних технологічних операцій. Оцінка наявних механізмів і систем виявляє помітні переваги конвеєрів у збільшенні виробничих показників та безпеки праці. Однак існують також недоліки, що пов'язані з загрозами контамінації та необхідністю технічного обслуговування. Удосконалення та оптимізація конвеєрних систем – це безперервний процес, націлений на автоматизацію, збільшення енергоефективності та інтелектуальне управління. Особливої уваги потребує оптимізація трудомісткого обладнання в складі конвеєрних ліній для подальшого збільшення продуктивності та зменшення залежності від ручної роботи.

References

1. Basic Principles of operation of automated conveyors. Retrieved from: <https://www.exotec.com/insights/guide-to-conveyor-systems/>
2. Use of conveyors in the food industry. Retrieved from: <https://www.spiroflow.com/the-complete-guide-to-sanitary-conveyors-in-food-processing/>
3. Advantages of automated conveyors. Retrieved from: <https://www.redlinesystems.com/the-advantages-of-conveyors-in-the-food-processing-industry/>
4. Disadvantages of automated conveyors. Retrieved from:
5. <https://texasbelting.com/blogs/news/the-pros-and-cons-of-automated-conveyors-in-food-processing>
6. Types of conveyors used in the food industry. Retrieved from:
7. <https://www.redlinesystems.com/the-most-common-types-of-conveyors-used-in-the-food-industry/>
8. Modification of automated conveyors. Retrieved from:
9. <https://www.packleaderusa.com/blog/maximizing-packaging-line-efficiency-with-the-right-conveyor-systems>
<https://www.packleaderusa.com/blog/maximizing-packaging-line-efficiency-with-the-right-conveyor-systems>
10. Modified conveyors and their use of PLC. Retrieved from:
11. <https://compliancemate.com/blog/how-food-automation-is-increasing-productivity-in-foodservice-industry/>
12. The role of automation in the technological process. Retrieved from: <https://www.deskera.com/blog/the-role-of-automation-in-food-manufacturing-processes/>
13. Improvement of conveyor systems in the food industry. Retrieved from: <https://www.mwes.com/food-industry-automation-benefits/>
14. Groover, M. P. (2020). Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing (5th ed.). Pearson Education.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.27

Mykola Sidelev
Dmytro Koloda

WAYS TO IMPROVE AND OPTIMIZE CONVEYOR SYSTEMS IN THE FOOD INDUSTRY

In this paper, methods for improving and optimizing conveyor systems are studied. These systems are a key component of modern food production, where sanitary requirements and the ability to adapt to various technological operations are of paramount importance. The main goal of the work is to present promising ways of modernization and innovative solutions for conveyor systems in the food industry. Based on the analysis of the existing literature and our own research, significant positive aspects of conveyors for improving production indicators and ensuring labor safety were identified. Disadvantages were also identified, in particular the risks of contamination and the need for regular maintenance.

The main result is the need for a continuous process of improving and improving conveyor systems in order to automate and increase energy efficiency. Also for the introduction of intelligent management, optimization of labor-intensive equipment and for further productivity growth and reducing the need for manual labor. The practical value of the study lies in the possibility of implementing the proposed changes in existing and promising conveyor systems in the food industry.

Key words: Automation, Automated conveyor systems, Conveyors, Technological process, Improvement of conveyor systems.

Відомості про автора / Information about the Author

Микола Сіделєв, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: nikolay.sidelev@chmnu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4968-1607>.

Mykola Sidelev, Ph.D, Docent, Associate Professor of the faculty of automatics and the computer integrated technologies of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: nikolay.sidelev@chmnu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4968-1607>.

Дмитро Колода, студент 4 курсу спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: freddygo2004@gmail.com

Dmytro Koloda, 4th year student of the specialty "Automation and Computer-Integrated Technologies" of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: freddygo2004@gmail.com

© М. Сидєлев, Д. Колода
20.05.2025.

Стаття отримана редакцією