

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ КОНВЕЄРНИХ ЛІНІЙ НА ВИРОБНИЦТВІ.

І.Г. Трембовецька

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, м. Харків, пр. Науки, 14

E-mail: iryana.trembovetska@nure.ua

Анотація: У статті розглядається роль і значення сучасних конвеєрних ліній у виробничих процесах різних галузей промисловості. Описуються основні типи конвеєрів, їх конструктивні особливості та принципи роботи. Зокрема, приділено увагу автоматизації та інтеграції конвеєрних ліній з іншими технологічними процесами, що дозволяє підвищити ефективність виробництва, зменшити витрати та покращити якість продукції. Аналізуються переваги та недоліки різних типів конвеєрів, а також новітні технології, що використовуються для їх удосконалення, зокрема сенсорні системи, роботизовані компоненти та штучний інтелект. Стаття також містить приклади успішних впроваджень конвеєрних ліній на підприємствах, що дозволяють оптимізувати виробничі процеси та зменшити час виробництва продукції.

Ключові слова: конвеєрні лінії, автоматизація виробництва, виробничі процеси, технології, сенсорні системи, роботизація.

ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF CONVEYOR LINES IN MANUFACTURING.

I.H. Trembovetska

Kharkiv national university of radioelectronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky Avenue, 14

E-mail: iryana.trembovetska@nure.ua

Abstract: The article discusses the role and significance of modern conveyor lines in the manufacturing processes of various industries. It describes the main types of conveyors, their structural features, and operating principles. In particular, attention is given to the automation and integration of conveyor lines with other technological processes, which helps to increase production efficiency, reduce costs, and improve product quality. The article analyzes the advantages and disadvantages of different types of conveyors, as well as the latest technologies used to enhance them, including sensor systems, robotic components, and artificial intelligence. The article also includes examples of successful implementations of conveyor lines in enterprises, which optimize production processes and reduce product manufacturing time.

Keywords: conveyor lines, production automation, manufacturing processes, technologies, sensor systems, robotics.

Сучасне виробництво важко уявити без автоматизованих конвеєрних ліній, які забезпечують ефективну організацію робочих процесів. Вони значно скорочують витрати часу, підвищують продуктивність та якість продукції. Ця стаття присвячена аналізу складу, особливостей та перспектив розвитку конвеєрних систем у промисловості. Конвеєрні лінії - це складні механізми, що складаються з кількох основних елементів: конвеєрний механізм - основний елемент, що забезпечує транспортування матеріалів або деталей, найчастіше використовується роликівий, ланцюговий або магнітний конвеєр; система приводу - привод складається з двигуна, редуктора та передавального механізму, забезпечує рух стрічки або ланцюга з необхідною швидкістю; елементи автоматизації - включають датчики, контролери та системи управління, дозволяють регулювати швидкість, стежити за станом обладнання, а

також інтегрувати конвеєр у загальну систему виробництва; каркас і опори - основою конструкції є металевий каркас, який забезпечує міцність та стабільність лінії. Основні типи конвеєрів для коробок і ящиків - роликові конвеєри (рольганги) і стрічкові конвеєри. Останні дають можливість також транспортувати поштучні вироби, оскільки все полотно конвеєра слугує водночас суцільною полицею для товару. На Рисунку 1 зображено приклад сучасного стрічкового конвеєра з автоматизованою системою управління.



Рисунок 1 – Стрічковий конвеєр з автоматизованою системою управління.

У сучасному світі велика кількість складів при обробці вантажів широко використовують різні автоматизовані системи зберігання, відбору і комплектації замовлень, а саме: технології відбору pick-by-light; автомати шахтного типу; конвеєрні лінії з вбудованими сортувальними системами; карусельні системи комплектації та ін.

Технологія Pick-by-Light (яку також іноді називають Pick-to-Light) розроблена для автоматизації процесу відбору продукції. Особливість технології полягає в тому, що вона може застосовуватися як для ідентифікації товару, його ваги і кількості, так і при оформленні оптових замовлень, обслуговуванні роздрібних покупців. При роботі за технологією Pick-by-Light на екран дисплея виводиться кількість одиниць товару, а місце його розташування позначається світловим сигналом. Комплектувальник здійснює відбір одиниць товару і підтверджує його натисненням на екран-індикатор. Крім екранів на дисплеї також розміщені кнопки, які дозволяють оператору скорегувати поставлене завдання. Технологія Pick-by-Light (Pick-to-Light) значно скорочує час обробки замовлень, що забезпечує високу продуктивність роботи складу. Чітко позначені завдання і зрозуміла система світлових сигналів зводять до нуля ймовірність помилки, дозволяючи добитися високої точності роботи. Технологія застосовується в зонах складу, де встановлені палетні, полицні або гравітаційні стелажи (рис.2).



Рисунок 2 – Технологія Pick-by-Light.

Автомати шахтного типу, незважаючи на достатню складність конструкції, дуже прості в роботі, добірка товару повністю автоматична. Відповідно до замовлення з необхідного каналу на конвеєр-карниз відвантажується необхідна кількість коробок. Залежно від моделі автомата, вантаж може просто падати на конвеєр або м'яко подаватися за допомогою гравітаційних штовхачів. Конвеєр доставляє відібраний товар в лоток або короб для конкретного замовлення. Перевагою автоматів шахтного типу є не тільки відсутність оператора-збирача, а й можливість одночасного відбору товарів з різних каналів, що дозволяє підняти швидкість відбору до 12000 одиниць на годину, при цьому забезпечуючи максимальну точність підбору.

Конвеєрні лінії ефективно застосовуються як сполучна ланка між різними зонами комплектації замовлень, значно знижуючи час набору замовлення. Використання конвеєрних ліній на складі пов'язано з тим, що значна частина складських робіт здійснюється за рахунок переміщення товарів з одного місця в інше. А будь-яке переміщення пов'язане з витратами часу. Крім того, збільшується ймовірність пошкодження вантажу при його неправильному транспортуванні.

Конвеєрні системи на складі дозволяють:

- скоротити переміщення товару до мінімуму;
- жорстко нормувати напрямок, обсяги і структуру вантажопотоку;
- зменшити трудовитрати;
- скоротити кількість помилок при транспортуванні;
- зробити процес обробки продукції безперервним робочим циклом.

Застосування для комплектації замовлень коробів зі штрих-кодами, в яких містяться відомості про замовлення, дозволяє автоматично переміщати їх по конвеєру тільки в ті зони складу, де відбувається відповідальне зберігання вантажу, включеного в замовлення.

У роботі складських комплексів застосовуються в основному стрічкові та роликові конвеєри, рольганги, а також різноманітні поворотні секції відповідної конструкції [2].

Рольганги бувають двох видів: зональні і постійно-приводні.

В зональних конвеєрах один ролик, оснащений електромотором, приводить у рух найближчі до себе пасивні (ведені) ролики за допомогою спеціальних ременів. Кожна зона програмується окремо, що дає можливість гнучкого регулювання швидкості на конкретній ділянці. При проходженні вантажу по такому рольгангу в кожен момент часу працюють тільки активні зони, де знаходиться тара.

Зональний конвеєр буде актуальним у випадках, коли немає постійного і регулярного товаропотоку. Така система дозволяє акумулювати і розподіляти вантажі за допомогою буферних зон. Оскільки ролики живлять малопотужні 24-вольтові мотори, а реальна робота відбувається тільки під дією датчиків руху, зональний конвеєр дозволяє істотно економити електроенергію, знижуючи тим самим експлуатаційні витрати (рис.3).



Рисунок 3 – Роликовий конвеєр.

Постійно-приводні конвеєри включають в себе один загальний вал, який за допомогою ременів синхронно обертає кожен ведений ролик. Вал приводиться в рух електродвигуном, що працює від електромережі напругою 380 вольт.

Також важливою складовою автоматизації на сучасних виробництвах є лінія з роботизованим обслуговуванням, яка включає роботи-маніпулятори. Така система забезпечує високий рівень точності, ефективності та зниження впливу людського фактору на процес виробництва.

Універсальні промислові роботи служать для вирішення завдань, пов'язаних з автоматизацією виробництва. Застосовуються в основному в машинобудуванні і металургії для зварювання, різання, обслуговування верстатів, фарбування, поліровки, наплавлення, механічної обробки, розподілу клею і наповнювачів, плазмового напилення, переміщення вантажів і палетування.

Маніпулятори на заводах використовуються вже з середини 20-го століття. Ці пристрої є автоматизованим механізмом, обладнаним спеціальним відмітним інструментом - так званою "рукою" маніпулятора. Ця "рука" і служить основним діючим органом в різних цілях. Якщо це робот для зварювання, рука-маніпулятор виконує зварювальні операції, якщо робот-укладальник, рука служить для укладання і упаковки продукції. Природно, принцип дії маніпулятора залежить від його програмування і оснащення.

Різноманітність роботів-маніпуляторів нестримно набирає оберти. На сьогодні існує 30 видів маніпуляторів. Компанії-виробники промислової робототехніки представляють свої винаходи, починаючи від універсальних маніпуляторів до формувальників готової продукції. На Рисунку 4 зображений промисловий робот-маніпулятор.



Рисунок 4 – Промисловий робот-маніпулятор.

Роботи-автомати третього покоління здатні самостійно генерувати програму своїх дій залежно від завдання й умов зовнішнього середовища. У них немає «шпаргалок», тобто розписаних технологічних дій при певних варіантах зовнішнього середовища. Вони володіють умінням самостійно оптимально вибудовувати алгоритм своєї роботи, а також оперативно реалізовувати його практично. Вартість електроніки такого промислового робота в десятки разів вища його механічної частини.

Новітній робот, здійснюючи захоплення деталі завдяки сенсорам, «знає», наскільки вдало він це зробив. Крім того, регулюється сама сила захоплення (завдяки зворотному зв'язку по зусиллю) у залежності від крихкості матеріалу деталі. Можливо, саме тому пристрій промислових роботів нового покоління називають інтелектуальним. «Мозком» такого приладу

є система його керування. Найбільш перспективним є регулювання, яке здійснюється відповідно до методів штучного інтелекту. Інтелект цим машинам задають пакети прикладних програм, програмовані логічні контролери, інструменти моделювання[3].

Так, компанія Юніверсал-Роботс родом з Данії, займається випуском роботів-маніпуляторів для автоматизації циклічних виробничих процесів. Продукція компанії представлена лінійкою з трьох полегшених промислових маніпуляційних пристроїв з розімкненим кінематичним ланцюгом.

Всі маніпулятори серії UR оснащені датчиками абсолютного положення високої точності, які спрощують інтеграцію з зовнішніми пристроями і обладнанням. Завдяки компактному виконанню, маніпулятори серії UR не займають багато місця і можуть встановлюватися в робочих секціях або на виробничих лініях, де не має місця для встановлення звичайних роботів[4].

Однією з переваг даної серії роботів-маніпуляторів є простота програмування. Спеціально розроблена і запатентована технологія програмування дозволяє операторам, які не володіють спеціальними навичками, швидко налаштувати роботів-маніпуляторів серії UR і управляти ними за допомогою інтуїтивної технології 3D-візуалізації. Програмування відбувається шляхом серії простих пересувань робочого органу маніпулятора в необхідні положення, або натисканням стрілок в спеціальній програмі на планшеті. Окрім цього, значною перевагою перед іншими роботами у роботів-маніпуляторів серії UR є їх швидкість налаштування. Оператору, що виконує первинний запуск обладнання, потрібно менше години для розпакування, монтажу і програмування першої простої операції. Маніпулятори серії UR здатні замінити операторів, що виконують рутинні завдання в небезпечних і забруднених умовах. В системі управління ведеться облік зовнішніх впливів, що даються на робот-маніпулятор в процесі роботи. Завдяки цьому, маніпуляційні системи серії UR можна експлуатувати без захисних огорожень, поруч з робочими місцями персоналу. Системи безпеки роботів схвалені і сертифіковані Союзом працівників технічного нагляду Німеччини. Варто зауважити, що привілеگیєю роботів-маніпуляторів даної моделі є будь-який тип розміщення, тобто конструкція не вимагає особливих умов для встановлення [12].

Існують також монументальні роботи, які створені спеціально для роботи з найбільш важкими вантажами. Використання такого вантажопідійомного обладнання дозволяє досягти легкості і надійності роботизованих систем, оскільки можна усунути від роботи до 4 звичайних роботів, замінивши їх сучасною роботизованою технікою. Такий робот піднімає до 1200 кг і переміщає вантаж на відстань до 3,7 м та має перевагу, так як працює без участі людини, що практично зводить до нуля небезпеку травматизму та вплив людського фактору.

Наприклад, в галузях харчової промисловості для роботи з укладанням палетів у морозильних камерах, створений робот, який здатен виконувати роботу при температурах до -30 ° C. Для роботи при мінусових температурах апарат не потребує захисних кожухів. Так само робот повністю укомплектований електронікою стійкою до морозу.

Отже, існуючі на сьогоднішній день різні види автоматизованих конвеєрних ліній мають ряд переваг, такі як мінімізація участі людини, гнучкість та адаптивність, висока швидкість та точність, зниження витрат часу, точність відстеження кожної деталі, простота інтеграції з іншими системами. Однак, разом з цим вони мають ряд недоліків, такі як: висока вартість впровадження – складність і дороговизна сенсорів для зважування, сортування і інтеграції автоматичних механізмів, не гнучка система – адаптація до змін в номенклатурі чи вимогах може бути проблематичною без значних витрат, обмеженість в різноманітті деталей – система може дати труднощі з подачею нестандартних деталей або тих, які важко обробляти за допомогою датчиків, технічне обслуговування та налаштування - потреба в кваліфікованому

персоналі для налаштування та обслуговування роботів, залежність від обладнання - поломка будь-якого компонента (механізму, датчика) може призвести до зупинки лінії.

Саме тому, розробка нової конвеєрної лінії, навіть при існуючих рішеннях, може бути обґрунтована кількома вагомими причинами:

1) Оптимізація витрат - існуючі конвеєри можуть мати високу вартість обслуговування, експлуатації або споживати багато ресурсів. Нова лінія може бути розроблена з використанням сучасних технологій, що дозволить зменшити витрати на енергію, ремонт та запасні частини.

2) Підвищення продуктивності - стара конвеєрна технологія може мати обмеження щодо швидкості, точності або обсягу виробництва. Нова лінія може забезпечити швидший цикл роботи, краще управління процесами та вищу якість продукції.

3) Гнучкість у виробництві - існуючі лінії можуть бути адаптовані лише для вузького спектра продуктів. Нова розробка може враховувати потребу у виробництві різноманітних продуктів на одному конвеєрі, що дає перевагу в умовах змінних ринкових вимог.

4) Скорочення впливу на довкілля - новітні технології дозволяють створювати екологічно чисті виробничі процеси, які відповідають сучасним стандартам сталого розвитку, зменшуючи рівень викидів, відходів чи споживання ресурсів.

5) Інтеграція з автоматизацією та цифровими технологіями - новий конвеєр може бути інтегрований із системами автоматизації, Інтернетом речей (IoT) та штучним інтелектом для підвищення ефективності управління та прогнозування роботи.

6) Зменшення залежності від постачальників та ліцензій - використання готових конвеєрних рішень може створювати залежність від сторонніх постачальників. Власна розробка дає змогу контролювати всі аспекти виробництва, зокрема ліцензування і технологічні вдосконалення.

7) Унікальні вимоги до виробництва - стандартні рішення не завжди враховують специфіку конкретного бізнесу. Нова конвеєрна лінія може бути спроектована з урахуванням унікальних потреб виробництва, що підвищує її ефективність.

8) Зменшення простоїв - власний дизайн конвеєра дозволяє врахувати ризики, пов'язані з поломокми чи необхідністю заміни окремих елементів, зменшуючи час на ремонт та простої.

9) Ринкова конкурентоспроможність - інноваційна конвеєрна лінія може забезпечити технологічну перевагу над конкурентами, підвищуючи конкурентоспроможність продукції.

Розробка власного конвеєра – це інвестиція, яка дозволяє адаптувати виробництво до сучасних умов, зменшити витрати та підвищити ефективність у довгостроковій перспективі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Невлюдов І. Ш., і ін. (2019) Трансфер технологій у сучасній науці, освіті та виробництві в умовах четвертої промислової революції «ІНДУСТРІЯ 4.0» / Невлюдов І. Ш., Чала О. О., Олександров Ю. М. // Сучасний рух науки: тези доп. VIII міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 3-4 жовтня 2019 р. – Дніпро, 2, 604-608.

2. Складська логістика : навчальний посібник / В. Є. Марчук, М. Ю. Григорак, О. М. Гармаш, О. В. Овдiєнко. Київ: ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. 256 с

3. Лобанов Л. М. Применение современных информационных технологий для решения задач автоматизации технологических процессов / Л. М. Лобанов, Е. М. Шаповалов, В. А. Коляда. // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2014. – №4. – С. 52–56.

4. Yevsieiev, V. ., & Gurin, D. . (2023). COMPARATIVE ANALYSIS OF THE BASIC METHODS USED IN INDUSTRY 4.0 AND INDUSTRY 5.0. Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ», (September 29, 2023; Bologna, Italy), 113–115. <https://doi.org/10.36074/logos-29.09.2023.31>

5. Yevsieiev V. Ecosystem Model of the Concept of Industry 5.0 / V. Yevsieiev // Digital innovation & sustainable development 2024 : Proceedings of I-st International Conference, November 15, 2024. - Kharkiv, 2024. - P. 12-13.

6. Moiseev, M., Maksymova, S., Yevsieiev, V., & Alkhalaileh, A. (2024). Program Algorithm for Monitoring System Development. *Journal of universal science research*, 2(7), 33-43.

7. Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Yevsieiev, V., Amer, A., Demska, N., Luhach, A. K., & Lyashenko, V. (2022). Electronic User Authentication Key for Access to HMI/SCADA via Unsecured Internet Networks. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 5866922. <https://doi.org/10.1155/2022/5866922>.

8. Lyashenko, V., Abu-Jassar, A.T., Yevsieiev, V., Maksymova, S. Automated Monitoring and Visualization System in Production, *Int. Res. J. Multidiscip. Technovation*, 5(6) 2023 09-18. <https://doi.org/10.54392/irjmt2362>

9. Amer Abu-Jassar, Vladyslav Yevsieiev, & Svitlana Maksymova. (2024). The Optical Flow Method and Graham's Algorithm Implementation Features for Searching for the Object Contour in the Mobile Robot's Workspace. *Journal of Universal Science Research*, 2(3), 64–75.

10. Vladyslav Yevsieiev, Samariddin, S. M., Nikolay Starodubtsev, & Amer Abu-Jassar. (2024). ACTIVE CONTOURS METHOD IMPLEMENTATION FOR OBJECTS SELECTION IN THE MOBILE ROBOT'S WORKSPACE. *Journal of Universal Science Research*, 2(2), 135–145.

11. Svitlana Maksymova, Vladyslav Yevsieiev, & Ahmad Alkhalaileh. (2024). The Monitoring System Architecture Development. *Journal of Universal Science Research*, 2(1), 69–79.

12. Andrii Bondariiev, Svitlana Maksymova, & Vladyslav Yevsieiev. (2023). Automated Monitoring System Development for Equipment Modernization. *Journal of Universal Science Research*, 1(11), 6–16. Retrieved from <https://universalpublishings.com/index.php/jusr/article/view/2484>

13. Yevsieiev, V. Comparative Analysis of the Characteristics of Mobile Robots and Collaboration Robots Within INDUSTRY 5.0. / V. Yevsieiev, D. Gurin // In the VI International Scientific and Theoretical Conference, September 8, 2023. Chicago, USA. P.92-94

14. Yevsieiev, V., & et al. (2024). Object Recognition and Tracking Method in the Mobile Robot's Workspace in Real Time. *Technical science research in Uzbekistan*, 2(2), 115- 124.

15. Gurin, D., & et al. (2024). Effect of Frame Processing Frequency on Object Identification Using MobileNetV2 Neural Network for a Mobile Robot. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(8), 36-44.

16. Yevsieiev, V., & et al. (2024). Building a traffic route taking into account obstacles based on the A-star algorithm using the python language. *Technical Science Research In Uzbekistan*, 2(3), 103-112

17. Gurin, D., & et al. (2024). MobileNetv2 Neural Network Model for Human Recognition and Identification in the Working Area of a Collaborative Robot. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(8), 5-12.

18. Yevsieiev, V., & Uskov, S. (2024). *Development of the Layout Concept of a Small-Dimensioned Mobile Robot With Increased Accessibility* (Doctoral dissertation, International Scientific Unity).

19. Yevsieiev, V., & Gurin, D. (2024). *New Concepts of Human Interactions and Collaborative Robot-Manipulators in the Concepts of Industry 5.0* (Doctoral dissertation, Collection of scientific papers «SCIENTIA»).

Науковий керівник: Гурін Дмитро Валерійович, старший викладач кафедри КІТАР, Харківський національний університет радіоелектроніки