

УДК 658.78:004.896

А.П. Поліщук, студент гр. ПБ-11, асист. Волошко О.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОНОМНИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ СКЛАДСЬКОЇ ЛОГІСТИКИ

Анотація. У статті розглядається впровадження автономних мобільних роботів (АМР) як ключовий інструмент автоматизації складської логістики. Особливу увагу приділено ролі АМР у забезпеченні безперервності логістичних процесів, зменшенні залежності від людського ресурсу та підвищенні загальної продуктивності складів. Наведено переваги впровадження АМР, виклики і проблеми використання. У статті також висвітлено економічні та операційні переваги автоматизації за допомогою роботизованих рішень, а також окреслено виклики, які можуть виникнути під час їх впровадження. Представлено огляд перспектив розвитку автоматизованих логістичних систем із використанням АМР у контексті індустрії 4.0.

Ключові слова: автономні мобільні роботи (АМР), складська логістика, автоматизація, управління складом (WMS), робототехніка, індустрія 4.0, навігація роботів, оптимізація логістики, цифрова трансформація.

ВСТУП

У сучасних умовах стрімкого розвитку електронної комерції, глобалізації ринків та зростаючих очікувань клієнтів щодо швидкості доставки, логістичні компанії та підприємства змушені шукати нові шляхи підвищення ефективності своїх складських операцій. Традиційні методи управління складом, засновані переважно на ручній праці, втрачають свою актуальність через обмежену продуктивність, високу вартість обслуговування та залежність від людського фактора.

Одним із найбільш перспективних напрямів автоматизації логістичних процесів є впровадження автономних мобільних роботів (АМР). Ці пристрої здатні самостійно переміщуватися складськими приміщеннями, виконувати завдання з транспортування, сортування та обробки вантажів, адаптуючись до змін у робочому середовищі без потреби у зовнішньому керуванні. Інтеграція АМР із системами управління складом (WMS) відкриває можливості для гнучкого та інтелектуального управління логістичними потоками.

У цьому дослідженні проаналізовано основні технічні аспекти впровадження автономних роботизованих систем у складську логістику, переваги їх використання, а також виклики, з якими стикаються компанії при інтеграції таких технологій. Особлива увага приділена практичним прикладам застосування АМР та їхній ролі в побудові сучасної цифрової логістичної інфраструктури.

ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Автономні мобільні роботи (AMR — Autonomous Mobile Robots) представляють собою новий рівень автоматизації складської логістики, що принципово відрізняється від традиційних автоматизованих транспортних засобів (AGV — Automated Guided Vehicles). Головна особливість AMR полягає в здатності самостійно орієнтуватися у просторі без необхідності у фіксованій навігаційній інфраструктурі — таких як магнітні стрічки, індуктивні петлі чи QR-коди. AMR використовують передові технології штучного інтелекту, машинного навчання, сенсорного аналізу та SLAM (Simultaneous Localization and

Mapping) для побудови маршрутів, виявлення перешкод та адаптації до змін у навколишньому середовищі в режимі реального часу [1].

На відміну від AMR, AGV працюють по заздалегідь визначених траєкторіях, що може вимагати фізичного маркування маршруту. Однак AGV залишаються ефективними в умовах стабільного середовища з чітко визначеними завданнями — зокрема, для транспортування вантажів у великих складських і виробничих зонах [3].

Існує кілька основних типів автоматизованого вантажного транспорту, що застосовуються у складській логістиці: AGV на основі навантажувача або штабелера; буксирувальний AGV, AMR-платформи з гнучкою навігацією..

Кожен тип автономного або автоматизованого транспорту має свої переваги в залежності від умов експлуатації. Лінійка AGV/AMR рішень зазвичай включає декілька моделей, які можуть бути адаптовані до різних завдань — від внутрішньо складських перевезень до інтеграції з виробничими лініями.[4]

Використання автономних мобільних роботів (AMR) у складській логістиці забезпечує значні операційні, економічні та стратегічні переваги. У контексті постійного зростання вимог до швидкості, точності та гнучкості логістичних операцій AMR стають ефективним інструментом цифрової трансформації складів за рахунок: цілодобової безперебійної роботи; скорочення витрат на персонал; зменшення помилок і підвищення точності; підвищення рівня безпеки; гнучкості і адаптивності до змін; швидке масштабування; інтеграція в цифрову екосистему; зниження витрат на інфраструктуру; підтримка сталого розвитку [2].

Попри значну кількість переваг, впровадження AMR супроводжується низкою викликів, які слід враховувати при плануванні автоматизації складських процесів: висока вартість початкових інвестицій; інтеграційні складнощі; необхідність перепроєктування процесів; складність технічного обслуговування; обмеження в роботі в екстремальних умовах; безпека даних та кіберзагрози.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТА МАЙБУТНІ ТЕНДЕНЦІЇ AMR У СКЛАДСЬКІЙ ЛОГІСТИЦІ

Індустрія автономних мобільних роботів для логістики демонструє стрімке зростання, і це підтверджується численними прогнозами провідних аналітичних агентств. За даними дослідження компанії ResearchandMarkets, глобальний ринок AMR у логістиці оцінювався у понад 2,2 млрд доларів США у 2023 році, і очікується, що він перевищить 10 млрд доларів до 2030 року зі середньорічним темпом зростання понад 20%.

Цей динамічний розвиток обумовлений кількома факторами:

1. Зростання електронної комерції.

Експоненційне зростання e-commerce, особливо після пандемії COVID-19, спричинило вибухове збільшення кількості замовлень і високі очікування клієнтів щодо швидкої доставки. Автоматизація складів стала не просто перевагою, а необхідністю. AMR ідеально інтегруються в цю модель, забезпечуючи швидке та гнучке виконання великої кількості однотипних завдань.

2. Швидка адаптація до змін.

Традиційні автоматизовані рішення, такі як автоматизовані конвеєрні системи, потребують складного монтажу та фіксованої інфраструктури. AMR, на відміну, можуть бути розгорнуті за кілька днів, переналаштовані без зупинки роботи складу, що робить їх привабливими для середнього та малого бізнесу.

3. Розвиток штучного інтелекту

Покращення обчислювальних потужностей, розвиток машинного навчання та глибинного аналізу даних сприяють створенню більш «розумних» AMR, які не лише переміщуються, а й аналізують ситуацію, приймають рішення на основі змінних умов. Це відкриває нові сфери застосування — від автоматичної інвентаризації до автономної комплектації.

4. Інтеграція з іншими технологіями індустрії 4.0

AMR поступово стають частиною «розумного складу» (SmartWarehouse), в якому взаємодіють IoT-сенсори, RFID, хмарні обчислення, великі дані та цифрові двійники. Така взаємодія дозволяє не лише автоматизувати виконання завдань, але й передбачати потреби, оптимізувати потоки, виявляти вузькі місця в логістиці [5].

5. Зменшення вартості обладнання

З поширенням технологій вартість AMR зменшується. Наприклад, базова модель робота-носія вантажу у 2020 році коштувала приблизно 40–60 тисяч доларів, тоді як сьогодні — вже в межах 25–35 тисяч, залежно від функціоналу. Це відкриває ринок для більшої кількості компаній.

6. Розширення сфери застосування

У майбутньому AMR будуть використовуватися не лише на складах, а й у роздрібній торгівлі (для пересувного поповнення полиць), у лікарнях (доставка медикаментів), у готельному бізнесі (сервіс доставки речей) тощо. Таким чином, логістика стане лише одним із напрямів застосування, хоча й найприбутковішим.

ВИСНОВКИ

Впровадження автономних мобільних роботів у складську логістику є важливим кроком до забезпечення стабільної, ефективної та адаптивної логістичної інфраструктури в умовах сучасного ринку. Детальний аналіз показує, що AMR дозволяють не лише оптимізувати витрати та підвищити продуктивність, але й забезпечують стійкість до кризових факторів, як-от нестача персоналу, форс-мажорні обставини чи військові дії.

Особливо актуальним є застосування AMR в Україні в період війни та майбутнього відновлення, коли автоматизація стає фактично єдиним способом підтримки безперервності логістичних процесів. Застосування таких технологій сприяє цифровій трансформації логістичного сектору, дає змогу зменшити залежність від людського ресурсу та підвищує стійкість логістичних ланцюгів.

Очікується, що подальший розвиток ІІІ, зниження вартості обладнання, локалізація виробництва та інтеграція AMR в українську інфраструктуру сприятимуть масштабному поширенню цих рішень у складській та промисловій сферах.

Таким чином, автономні мобільні роботи є не лише технологічною

інновацією, а й стратегічним ресурсом для забезпечення майбутньої конкурентоспроможності логістики України на глобальному рівні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Навчальний посібник з дисципліни "Мобільні роботи" для студентів за фахом 131 – Прикладна механіка – спеціалізація – Мехатроніка та промислові роботи / Укладач: Михайлов Є. П. Одеса: ОНПУ. – 239 с.
- [2] Towards autonomous selective harvesting: a review of robot perception, robot design, motion planning and control. onlinelibrary. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/rob.22230>
- [3] Mecalux. Autonomous Mobile Robots. Intelligent vehicles that navigate the warehouse independently to automate and streamline the internal transport of goods. URL: https://easyfairsassets.com/sites/84/2024/09/2024-AMRs_EN.pdf
- [4] SSI-Schaefer. Technology with its finger on the pulse URL: <https://www.ssi-schaefer.com/resource/blob/1082090/4533e5e97e8777691a8d9197e5f5d7de/update-38-finland-english-dam-download-en-31995--data.pdf>
- [5] Roland SIEGWART. Illah R. NOURBAKHSH. Introduction to Autonomous Mobile Robots. A Bradford Book The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England, 336с., URL: https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_13268/objava_56689/fajlovi/Introduction%20to%20Autonomous%20Mobile%20Robots%20book.pdf