

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ СКЛАДСЬКОГО ОБЛІКУ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Анотація. Зростання значення складської логістики в умовах глобалізації та цифрової трансформації економіки вимагає підвищення ефективності управління запасами. Традиційні методи обліку не здатні забезпечити необхідну точність і швидкість аналізу великих обсягів даних, що призводить до втрат і зниження конкурентоспроможності. Використання ШІ відкриває нові можливості для автоматизації процесів, оптимізації ресурсів і прогнозування попиту в реальному часі. У статті розглянуто метод інтернет-речі (IoT) та системи управління складами (WMS). Правильна система інвентаризації буде залежати від індивідуальних потреб і можливостей. Для успішного впровадження ШІ в логістику необхідний комплексний підхід, що включає розробку чіткої стратегії впровадження ШІ, враховуючи мету, ресурси та потенційні ризики.

Ключові слова: штучний інтелект, логістика, управління, запаси, складський облік, інтернет-речі, розподіл.

Вступ. У сучасному світі проблеми логістики, як і багатьох інших технічних галузей, намагаються вирішити за допомогою штучного інтелекту. Для успішного вирішення завдань оптимізації складського обліку необхідно застосовувати сучасні технології, а також оцінити рівень впровадження штучного інтелекту в логістичні системи.

При аналізі існуючих робіт за цією темою, як вітчизняних вчених так і закордонних колег, спостерігається деяка суперечливість суджень [1-12]. Серед найбільш актуальних робіт можна виділити наступних авторів: Е. Барді, А. М. Гаджинський, О. В. Горбенко, Д. Дж. Бауерсокс, Д. Дж. Клосс, Дж. Л. Кавінато, Дж. Д. Паф, Дж. Шاپіро, М. Крістофер, Р. Б. Івуть, А. Г. Кальченко, Є. В. Крикавський, М. К. Купер, Д. М. Ламберт, С. А. Нарушевич, М. А. Окландер, Г. А. Плахута, Ю. В. Пономарьова, В. І. Сергеев, І. В. Федькович, Ю. В. Кравчиката та ін.

Робота складу являє собою складний комплекс взаємопов'язаних процесів, кожен з яких вимагає ретельного контролю для забезпечення ефективної роботи системи в цілому. Ці процеси включають організацію складського простору та його оптимізацію, урахування товарів та регулярну інвентаризацію, обробку замовлень та доставку продукції з відповідною документацією.

Існує три основні категорії складських операцій:

1. Забезпечення запасів. Поставка товарів на склад включає в себе прийом продукції від постачальників, перевірку її кількості та якості та введення даних в облікову систему. Головна мета полягає в тому, щоб знайти оптимальну кількість товарів на складі без надлишку або недоліку.

2. Складський облік. Утримання оптимальної кількості товарів на складі з їх розміщенням у різних місцях, регулярний контроль за ними, проведення інвентаризації та урахування залишків для забезпечення обліку продукції.

3. Робота з розподілом. Підготовка та контроль виконання замовлень, відвантаження товарів клієнтам або доставка на інші склади, організація логістики доставки та управління оборотом упаковки.

Кожен із цих процесів вимагає значних зусиль і фінансових ресурсів. Традиційні методи урахування на складі часто не справляються з розвиненим об'ємом даних і потребою в оновленій інформації [11].

Загалом сучасні дослідження визначають потенційні переваги та виклики впровадження інноваційних технологій в управління логістикою підприємств.

Серед переваг можна відзначити: підвищення ефективності, мінімізація витрат, оптимізація маршрутів, покращення якості обслуговування, зменшення часу доставки, точне управління запасами, автоматизація процесів, управління в реальному часі, орієнтир на екологічні принципи.

В той самий час сучасні склади стикаються з низкою проблем. Серед яких: неточності в інвентаризації; неефективне використання простору; затримки в обробці замовлень; складність у відборі товарів у реальному часі; високі операційні витрати [6].

Огляд існуючих рішень. Однак наряду з можливостями інтеграції ШІ в логістичну галузь також виникають проблеми. Вона підіймає питання про безпеку даних, етичні стандарти і нормативні аспекти використання штучного інтелекту. Також важливо врахувати потенційний соціальний та економічний вплив ШІ на логістику, особливо в контексті змін на ринку праці та взаємодії з людськими ресурсами.

Одним з важливих питань є вибір і оптимізація алгоритмів. Вибір правильного алгоритму машинного навчання або методу глибокого навчання може вплинути на ефективність і точність системи.

Підходи, які використовуються для прогнозування попиту, маршрутизації транспорту або управління запасами, повинні бути ретельно вивчені та оптимізовані для конкретних логістичних завдань.

Ще одним важливим аспектом є інтеграція ШІ з існуючими логістичними системами. Це може включати: розробку API, створення інтерфейсів для взаємодії між різними системами та адаптацію існуючих даних форматах, які можуть зрозуміти ШІ.

Питання масштабування є ще однією областю, що викликає труднощі. По мірі зростання обсягу даних і завдань, які необхідно обробляти, може виникнути необхідність в оптимізації архітектури системи, використанні розподілених обчислень і опрацюванні великих обсягів даних в режимі реального часу.

Один з методів, який набирає популярність в Україні, це інтернет-речі (IoT) [1]. Він представляє собою революційну концепцію в світі сучасних технологій, особливо в контексті складського обліку. Це мережа взаємозв'язаних пристроїв, здатних автономно збирати, передавати та обробляти дані, відкриваючи широкі можливості для оптимізації складських процесів, підвищення точності обліку та значного зниження операційних витрат [3].

У сфері складського обліку використовується цілий ряд IoT-пристроїв, кожен з яких відіграє свою унікальну роль у підвищенні ефективності роботи. Одним із ключових елементів є RFID-мітки та лічильники. Ця технологія дозволяє автоматично ідентифікувати об'єкти за допомогою радіосигналів, що особливо корисно для швидкої та точної інвентаризації, а також для відстеження переміщення товарів у реальному часі. RFID-мітки, прикріплені до товарів [9], піддонів або контейнерів, значно знижують ймовірність помилок при комплектації замовлень і спрощують процес управління запасами.

В останні роки набула популярності системи управління складами (WMS). WMS-система (Warehouse Management System, система управління складом) – це система автоматизації складу з адресним зберіганням, яка дозволяє оперативно, в режимі реального часу управляти складом; отримувати інформацію про стан складу в будь-яких розрізах; оптимізувати використання всіх матеріальних, фінансових, трудових ресурсів складу за допомогою планування, аналізу завантаженості складського простору та доступності товарів.

В основі даних системи лежать технології:

- автоматична ідентифікація з використанням радіохвиль (RFID) для розрахунку кодів RF-міток або станцій сканування штрих-кодів;
- адресного (коміркового) зберігання з розподілом місця зберігання товарів на складі з урахуванням усіх вимог умов зберігання;
- віддаленого управління персоналом за допомогою Терміналів Збору Даних (ТЗД);
- мобільних комп'ютерів, працюючих з Wi-Fi та технологією радіочастотної ідентифікації (RFID)

Переваги використання WMS. Системи WMS створені спеціально для того, щоб максимально оптимізувати функції оперативного управління складом з адресним зберіганням і підвищити саму ефективність бізнесу в усьому. Підвищення ефективності виконання складських операцій є одним із шляхів зниження витрат компанії, що дає певні конкурентні переваги в сучасному конкурентному бізнес-середовищі. Система WMS дозволяє вирішувати весь комплекс завдань в рамках 3-х головних операцій на складі: прийняття, розміщення, відправки.

В рамках процесу прийому система WMS дозволяє: оперативно забезпечувати службу прийому інформації про очікувані надходження; керувати власним процесом прийому з відстеженням кількості, якості та подальшого переміщення товару після прийому (транзитним клієнтом або на визначеному, зазначеному в системі місці);

сформувати опис і пакет документів по кожному новому товару на складі; оперативно відправляти дані про нові товари в корпоративну інформаційну систему компанії.

Логістика розміщення в системі здійснюється автоматично з мінімальною участю персоналу за заданими критеріями побудови комірок зберігання та правил зберігання запасів. Це дозволяє знизити ризик дефекту та втрати, збільшити швидкість розміщення товару та максимально оптимізувати складський простір.

Система WMS забезпечує більшу точність роботи складу в процесі відвантаження: відбір і комплектації замовлення з формуванням оптимального порядку з мінімальним числом переміщень виходячи з відповідності; звільнення комірок і оптимізації зберігання відповідно до вимог, що пред'являються бізнесом до товару, що зберігається, специфіки компанії і самих товарів (наприклад, відвантаження перших товарів, що поступили на склад раніше всього - принцип FIFO); всебічна перевірка відбору за критеріями, заданими в системі (вага, якість, кількість та ін.); автоматичні комплектації палет відповідно до заданих вимог конкретного замовлення.

Сучасні системи WMS підтримують також і операції «оберненої логістики», тобто повернення відвантажених раніше товарів. Використання системи управління адресним складом дає компанії безсумнівні переваги в областях: реалізації стратегії та мети компанії; забезпечення більш точної та чіткої взаємодії в ланцюзі постачань; формування найбільш повної бази даних по складським операціям, необхідної для прийняття правових управлінських рішень; оптимізація трудових ресурсів організації та їх мотивації на результат; від 10 до 20% збільшується пропускна здатність складу; середній час стандартних операцій (прийом, відвантаження, переміщення) скорочується в 3 рази; на 40% знижується резерв складського запасу; скорочується на чверть кількість необхідного персоналу; паперовий документообіг скорочується до мінімуму [7].

Двома найвідомішими методами управління запасами є VMI (Vendor-Managed Inventory), або «запаси, керовані постачальником», і JIT(Just-in-Time) , або «точно вчасно». Обидва допомагають виробникам зменшити витрати та підвищити операційну ефективність.

Логістика наразі знаходиться на тому етапі розвитку, коли існують різні альтернативні шляхи управління запасами. Підприємство-покупець замість того, щоб оформлювати замовлення постачальнику на поставку, може обмінюватися з ним інформацією про запит або продаж продукції, а також наявні в покупця запаси. Іншими словами, постачальник бере на себе відповідальність за поповнення запасів споживача. Дана система отримала назву «управління запасами постачальника» або технологію VMI (Vendor Managed Inventory).

VMI – це спосіб оптимізації діяльності в ланцюзі поставок, в рамках якого постачальник отримує доступ до даних про запаси клієнта і зобов'язаний підтримувати їх на заздалегідь оголошеному рівні [4].

Саме VMI-підхід дозволяє скоротити логістичні витрати на зберігання та обслуговування запасів за рахунок взаємодії покупця та постачальника. Використання цієї системи вигідно як споживачам, так і постачальникам, оскільки споживачі можуть зни-

зити рівень запасів, постачальник отримує можливість більш точного планування графіка виробництва та розподілу через обмін інформацією зі споживачем [8].

Практична реалізація технології VMI на підприємстві може бути запроваджена на практиці наступним шляхом [5]: розміщення товарів на території компанії-замовника без сплати до тієї пори, коли цей товар не використаний або не проданий; постійна присутність представника постачальника на території замовника; регулярні поставки до заздалегідь встановленого рівня покупця; самостійний аналіз і прийняття рішень про замовлення поставок товарів постачальником.

Переваги для споживача: покращений аналіз ринку (поняття купівельних переваг); збільшення продажу; зниження рівня товарно-матеріальних цінностей; зниження рівня запасів.

Переваги для постачальника: скорочення часу і затрат на управління поповненням запасів; збільшення продажу за рахунок зменшення великої кількості запасів.

ЛІТ – це збалансована система, яка забезпечує плавний і швидкий потік матеріалів крізь систему. Основна ідея полягає в тому, щоб зробити процес найкоротшим, використовуючи ресурси оптимальним способом. Ступінь досягнення цієї мети залежить від того, наскільки досягнуті додаткові (допоміжні) цілі, такі як: виключення збоїв та порушень процесу виробництва; розробка гнучкої системи; скорочення часу підготовки до процесу та загалом всіх виробничих термінів; зведення до мінімуму матеріальних запасів; виключення зайвих витрат.

Час підготовки і виробничі терміни подовжують процес, нічого не додаючи при цьому до вартості виробів. Крім того, тривалість цих термінів негативно впливає на гнучкість системи. Отже, їх скорочення дуже важливе і є однією з цілей постійного удосконалення [10].

Логістична концепція ЛІТ характеризується наступними параметрами: мінімальними (нульовими) гарантійними/страховими запасами матеріальних ресурсів (МР), напівфабрикатів (НП) та готової продукції (ГП); короткими виробничими (логістичними) циклами; невеликими об'ємами виробництва ГП і поповнення запасів; взаємовідносинами (по закупівлям МР) з невеликою кількістю надійних постачальників і перевізників; ефективною інформаційною підтримкою; високою якістю ГП та логістичного сервісу.

Система ЛІТ – це система, яка використовується переважно в серійному виробництві.

Впровадження концепції ЛІТ має як позитивні, так і негативні сторони.

Ключова перевага ЛІТ систем – знижений рівень запасів і як результат - скорочення складських приміщень, висока якість, гнучкість, скорочення термінів виробництва, висока продуктивність, підвищення продуктивності та ефективності використання обладнання, своєчасна доставка, зниження об'ємів браку та переробок, а також зменшені вимоги до складських приміщень.

До недоліків системи ЛІТ відносяться:

- низький рівень запасів робить будь-які зриви у роботі логістичної системи критичними;

- для введення системи можуть знадобитися великі зміни, яких складно досягнути на практиці [12].

Зрештою, правильна система інвентаризації залежатиме від індивідуальних потреб і можливостей [2].

Висновки. Для успішного впровадження ІІІ в логістику необхідний комплексний підхід, що включає розробку чіткої стратегії впровадження ІІІ, враховуючи мету, ресурси та потенційні ризики. Постійне навчання та вдосконалення алгоритмів ІІІ, відповідно до конкретних логістичних завдань, безпеки даних та захисту конфіденційної інформації, а також розробку етичних принципів ІІІ, що гарантують справедливість, прозорість та контроль. У зв'язку з цим подальше дослідження, удосконалення та актуалізація стратегій впровадження автоматизованих технологій для ефективного розвитку інтеграції ІІІ у логістичні процеси та досягнення поставленої мети є актуальними.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про схвалення Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні : розпорядження Кабінету міністрів України від 02.12.2020 №1556 р.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80#Text> (дата звернення: 20.03.2025).
2. Саєнко Д. О., Колісник Т. П. Основні напрями за стосування технологій штучного інтелекту у кібербезпеці. Протидія кіберзлочинності та торгівлі людьми: збірн. матер. міжнар. наук. прак. конф. (м. Вінниця, 31 трав. 2023 р.). Вінниця, 2023. С. 158—160.
URL: <https://dspace.univd.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a4964b25-1ca1-453a-b29b-96cfaf14d664/content> (дата звернення: 20.03.2025).
3. Перспективи застосування штучного інтелекту в логістиці. URL: <https://logist.fm/news/perspektivi-zastosuvannya-shtuchnogo-intelektu-v-logistici> (дата звернення: 19.03.2025).
4. Штучний інтелект у логістиці та вантажних перевезеннях. [Електронний ресурс]. – https://logist.today/dnevnik_logista-uk/2019-12-22/iskusstvennyj-intellekt-v-logistike-i-gruzovyh-perevozkah-2/ (дата звернення: 19.03.2025)
5. Резнік Н. П., Руденко С. В., Пилипчук К. М. Основні характеристики поняття логістики і системи управління ланцюгами постачань. Innovation and Sustainability. 2022. №3. С. 95-102.
6. Автоматизація та роботизація складу і логістичних підприємств . [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sunone.com.ua/articles-uk/avtomatizaciya-ta-robotizaciya-skladu-i-logistichnih-pidpriemstv/>
7. Штучний інтелект у логістиці та вантажних перевезеннях. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://logist.today/uk/dnevnik_logista/2019-12-22/iskusstvennyj-intellekt-v-logistike-i-gruzovyhperevozkah/
8. What Is The Difference Between VMI and Just In Time? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bcepi.com/fasteners-101/vendor-managed-inventory-or-just-in-time> *Transport. Challenging an Unconscious Bias in Logistics.*

<https://fueltransport.com/challenging-unconscious-bias/>

9. Позняк, О., Мельник, К. (2020). Логістичні аспекти штучного інтелекту в управлінні товарами стратегічного призначення. Науковий погляд: економіка та управління, 3(69), 153–158. <https://doi.org/10.32836/2521-666X/2020-69-25>
10. Музиченко, Т., Скорба, О., & Шевчук, А. (2023). Штучний інтелект як засіб оптимізації бізнес процесів в електронній комерції. Академічні візії, (25). <https://doi.org/10.5281/zenodo.10081884>
11. Кальченко А. Г. Логістика: Підручник. К. : КНЕУ, 2004. 284 с.
12. Кислий В. М., Біловодська О. А., Олефіренко О. М., Смоляник О. М. Логістика: Теорія та практика: Навч. посіб. К.: Центр учбової літератури, 2010. 360 с.

REFERENCES

1. On approval of the Concept of the Development of Artificial Intelligence in Ukraine: Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 02.12.2020 №1556 r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80#Text>
2. Sayenko D. O., Kolisnyk T. P. Main directions for the application of artificial intelligence technologies in cybersecurity. Counteraction to cybercrime and human trafficking: collected materials of the international scientific practical conference (m. Vinnytsya, 31 trav. 2023 r.). Vinnytsya, 2023. S. 158—160. URL: <https://dspace.univd.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a4964b25-1ca1-453a-b29b-96cfaf14d664/content>.
3. Prospects for the application of artificial intelligence in logistics. URL: <https://logist.fm/news/perspektivi-zastosuvannya-shtuchnogo-intelektu-v-logistici>.
4. Artificial intelligence in logistics and freight transportation. [Electronic resource]. – https://logist.today/dnevnik_logista-uk/2019-12-22/iskusstvennyj-intellekt-v-logistike-i-gruzovyh-perevozkah-2/ (data zvernennya: 19.03.2025)
5. Reznik N. P., Rudenko S. V., Pylypchuk K. M. The main characteristics of the concept of logistics and supply chain management systems. Innovation and Sustainability. 2022. №3. S. 95-102.
6. Automation and robotization of warehouses and logistics enterprises. [Electronic resource]. – Rezhym dostupu: <https://sunone.com.ua/articles-uk/avtomatizaciya-ta-robotizaciya-skladu-i-logistichnih-pidpriemstv/>
7. Artificial intelligence in logistics and freight transportation. [Electronic resource]. – Rezhym dostupu: https://logist.today/uk/dnevnik_logista/2019-12-22/iskusstvennyj-intellekt-v-logistike-i-gruzovyhperevozkah/
8. What Is The Difference Between VMI and Just In Time? [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu: <https://www.bcepi.com/fasteners-101/vendor-managed-inventory-or-just-in-time>uel Transport. Challenging an Unconscious Bias in Logistics. <https://fueltransport.com/challenging-unconscious-bias/>
9. Poznyak, O., Mel'nyk, K. (2020). Logistic aspects of artificial intelligence in the management of strategic goods. Scientific view: economics and management, 3(69), 153–158. <https://doi.org/10.32836/2521-666X/2020-69-25>

10. Muzychenko, T., Skorba, O., Shevchuk, A. (2023). Artificial intelligence as a means of optimizing business processes in electronic commerce. *Akademichni vizyiyi*, (25). <https://doi.org/10.5281/zenodo.10081884>
11. Kal'chenko A.H. *Lohistyka: Textbook*. K. : KNEU, 2004. 284 s
12. Kyslyy V.M., Bilovods'ka O.A., Olefirenko O.M., Smolyanyk O.M. *Logistics: Theory and Practice: Textbook*. K.: Tsentr uchbovoyi literatury, 2010. 360

Received 09.04.2025.

Accepted 11.04.2025.

Overview of existing warehouse accounting technologies using artificial intelligence

The modern pace of industrial development requires new approaches to solving logistics problems. To achieve the necessary effect of automation, rationally use artificial intelligence. IoT technologies and warehouse management systems (WMS). As well as just-in-time inventory management methods and VMI (Vendor-Managed Inventory), or “supplier-managed inventory”, allow to partially solve these issues. Each of the considered methods has its own advantages and disadvantages. Therefore, the optimal choice depends on the specific task. For the successful implementation of artificial intelligence in logistics, a comprehensive approach is required, which includes the development of a clear strategy for the implementation of artificial intelligence, taking into account the goal, resources and potential risks. Continuous training and improvement of artificial intelligence algorithms, in accordance with specific logistics tasks, data security and protection of confidential information, as well as the development of ethical principles of artificial intelligence that guarantee fairness, transparency and control. In this regard, further research, improvement and updating of strategies for the implementation of automated technologies for the effective development of artificial intelligence integration logistics processes and achievement of the set goal are relevant.

Журба Анна Олексіївна - доцент кафедри Інформаційних технологій і систем ННІ «Дніпропетровський металургійний інститут» УДУНТ.

Модзалевський Єгор Олександрович – аспірант спеціальності 122 Комп’ютерні науки, Український державний університет науки та технологій. Навчально-науковий інститут «Дніпропетровський металургійний інститут».

Zhurba Anna - assistant professor, Department of information technology and systems, Educational and Scientific Institute "Dnipropetrovsk Metallurgical Institute", Ukrainian state university of science and technologies.

Modzalevskiy Yehor - postgraduate student, specialty 122 Computer Science, Ukrainian State University of Science and Technology. Educational and Scientific Institute "Dnipropetrovsk Metallurgical Institute".