

УДК 658.78:004.9
JEL: D24; D81; M11; M15; O33
DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2026-4-628-639>

WMS ЯК ДРАЙВЕР ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ СКЛАДСЬКОЇ ЛОГІСТИКИ

©2026 ЗІМІНА А. І., КАВУН О. О.

УДК 658.78:004.9
JEL: D24; D81; M11; M15; O33

Зіміна А. І., Кавун О. О. WMS як драйвер цифрової трансформації складської логістики

У статті наведено комплексний аналіз сучасних систем управління складом (WMS) як ключового інструмента цифрової трансформації складської логістики. Розглянуто архітектуру WMS, її модульну структуру та можливості щодо оптимізації основних складських процесів. Детально проаналізовано інтеграцію WMS з ERP-системами, IoT-пристроями, робототехнікою, дронами, а також застосування штучного інтелекту та прогнозової аналітики. Наведено статистику світового ринку WMS, ідентифіковано провідних постачальників та ключові тенденції розвитку галузі. Ринок демонструє позитивну динаміку розвитку, зумовлену потребою у пришвидшенні обробки замовлень в омніканальній роздрібній торгівлі, активізацією цифрової трансформації логістики, зростаючою увагою до оптимізації складських процесів внаслідок ускладнення глобальних ланцюгів постачання. Дослідження показали, що майже 93% складів у світі використовували певну форму програмного забезпечення WMS. П'ять провідних постачальників займають 44% ринку WMS. Проведено сегментацію світового ринку систем управління складами за такими ознаками: рівень розгортання WMS, характер пропозиції, функції, види послуг, тип програмного забезпечення. Визначено економічні аспекти впровадження WMS, включно з витратами, вигодами та терміном окупності, а також описано ризики, пов'язані з технічними, організаційними та кадровими факторами. Узагальнено етапи впровадження WMS та окреслено можливі труднощі, що виникають у процесі цифрової трансформації складських операцій, серед яких високі початкові інвестиції та витрати на впровадження, необхідність доступу до програмного забезпечення, налаштування та інтеграції з наявними системами, загроза безпеці та секвестрації даних, потреба у глибокій трансформації корпоративної культури та бізнес-процесів. У висновках підкреслено, що впровадження WMS забезпечує суттєве підвищення операційної ефективності та точності складських процесів, а майбутнє таких систем пов'язане з переходом до автономних, високотехнологічних логістичних екосистем. Перспективами подальших досліджень у даному напрямі є розгляд переходу до повністю автономних систем управління складом із мінімальною участю персоналу, використання інтелектуальних WMS, що самонавчаються, а також процесу інтеграції WMS у єдину цифрову платформу ланцюга постачання.

Ключові слова: складська логістика; система управління складом; WMS; автоматизація; управління запасами; цифрова трансформація; ефективність; логістичні процеси.

Табл.: 3. Бібл.: 17.

Зіміна Анна Іванівна – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри менеджменту, Державний університет «Київський авіаційний інститут» (просп. Любомира Гузара, 1, Київ, 03058, Україна)

E-mail: hanna.zimina@npp.kai.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4911-0054>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1249246>

Кавун Ольга Олександрівна – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри логістики та торговельного бізнесу, Державний торговельно-економічний університет (вул. Кіото, 19, Київ, 02156, Україна)

E-mail: o.kavun@knu.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4282-5663>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/HOC-6526-2023>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59285226300>

UDC 658.78:004.9
JEL: D24; D81; M11; M15; O33

Zimina A. I., Kavun O. O. WMS as a Driver of Digital Transformation in Warehouse Logistics

The article provides a comprehensive analysis of modern warehouse management systems (WMS) as a key tool for the digital transformation of warehouse logistics. It looks at WMS architecture, its modular structure, and capabilities for optimizing core warehouse processes. The integration of WMS with ERP systems, IoT devices, robotics, drones, as well as the use of artificial intelligence and predictive analytics, is analyzed in detail. The article also provides statistics on the global WMS market, identifies leading providers, and highlights key industry development trends. The market shows positive growth driven by the need to speed up order processing in omnichannel retail, the activation of digital logistics transformation, and growing focus on optimizing warehouse processes due to the complexity of global supply chains. Studies have shown that almost 93% of warehouses worldwide used some form of WMS software. The top five suppliers account for 44% of the WMS market. The global warehouse management system market has been segmented by deployment level, type of offering, functions, service types, and software type. The economic aspects of implementing WMS have been identified, including costs, benefits, and payback period, as well as the risks related to technical, organizational, and personnel factors. The stages of WMS implementation have been summarized, and possible challenges in the process of digital transformation of warehouse operations have been outlined, including high initial investments and implementation costs, the need for access to software, configuration and integration with existing systems, security and data sequestration risks, and the need for deep transformation of corporate culture and business processes. The conclusions highlight that implementing WMS significantly increases operational efficiency and the accuracy of warehouse processes, and the future of such systems is linked to transitioning to autonomous, high-tech logistics ecosystems. Future research directions in this area shall include exploring the shift to fully autonomous warehouse management systems with minimal staff involvement, using intelligent self-learning WMS, as well as the process of integrating WMS into a unified digital supply chain platform.

Keywords: warehouse logistics; warehouse management system; WMS; automation; inventory management; digital transformation; efficiency; logistics processes.

Tabl.: 3. Bibl.: 17.

Zimina Anna I. – PhD (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management, State University "Kyiv Aviation Institute" (1 Liubomyra Husara Ave., Kyiv, 03058, Ukraine)

E-mail: hanna.zimina@npp.kai.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4911-0054>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1249246>

Kavun Olha O. – PhD (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Logistics and Trade Business, State University of Trade and Economics (19 Kioto Str., Kyiv, 02156, Ukraine)

E-mail: o.kavun@knute.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4282-5663>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/HOC-6526-2023>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59285226300>

Сучасний стан розвитку економічних відносин характеризується високим рівнем взаємозалежності між бізнес-партнерами, мінливістю та турбулентністю умов зовнішнього середовища. Провідною тенденцією залишається глобалізація, яка сприяє активному розвитку міжнародної торгівлі, руху капіталу і технологій, водночас посилюється регіоналізація через діяльність інтеграційних об'єднань. Важливу роль відіграє цифровізація економіки, що зумовлює трансформацію бізнес-моделей, розвиток електронної комерції та автоматизацію виробничих і логістичних процесів. Значний вплив на світові економічні процеси мають транснаціональні корпорації, які формують глобальні ланцюги доданої вартості та визначають напрями економічного розвитку.

Водночас сучасні економічні взаємовідносини супроводжуються низкою викликів, зокрема геополітичною нестабільністю, торговельними конфліктами, нерівномірністю розвитку країн і порушенням глобальних ланцюгів постачання. Зростає значення концепції сталого розвитку, що передбачає орієнтацію на екологічну безпеку, енергоефективність та відповідальне використання ресурсів. У цих умовах країни та підприємства змушені адаптуватися до нових реалій, поєднуючи інтеграцію у світову економіку з підвищенням власної економічної стійкості та конкурентоспроможності.

Особливим каталізатором змін став стрімкий розвиток електронної комерції (e-commerce). Перехід споживачів до онлайн-покупок спричинив зміну моделі замовлень: замість великих партій товару склади тепер змушені обробляти тисячі дрібних, одиничних замовлень з коротким життєвим циклом. Це призводить до експоненціального зростання навантаження на складський персонал та операційні процеси.

Стрімка цифрова трансформація ланцюгів постачання радикально змінює вимоги до органі-

зації складської логістики: від точності обліку й швидкості виконання операцій до інтегрованості інформаційних потоків та прозорості управлінських рішень. У цьому контексті системи управління складом (*Warehouse Management Systems – WMS*) виступають «інтелектуальним ядром» сучасного складу, що координує рух товарів, техніки та персоналу в режимі реального часу, забезпечуючи оптимальне використання простору, часу та людського капіталу.

Автоматизація складської логістики є критичною необхідністю для виживання на ринку в сучасних умовах, яка дозволяє масштабувати бізнес без пропорційного збільшення штату, мінімізувати вплив людського фактора та забезпечити прозорість процесу управління товарними запасами в режимі реального часу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні наукові дослідження свідчать, що автоматизація складської логістики на основі впровадження WMS є одним із ключових напрямів підвищення ефективності управління ланцюгами постачання, що забезпечує інтеграцію інформаційних потоків, контроль запасів у реальному часі та оптимізацію операційних процесів.

Криворучко О. М., Кривенко Л. Ф. у своїй праці [1] досліджують основні напрями вдосконалення логістичних операцій підприємств, аналізують сучасні підходи до перебудови бізнес-процесів з метою підвищення їх ефективності, скорочення витрат і підвищення якості логістичних операцій. З метою забезпечення узгодженості та безперервності логістичних потоків запропоновано впровадження інформаційних технологій та автоматизованих систем управління, що забезпечить підвищення гнучкості підприємства, покращить контроль за ресурсами та динамічний розвиток підприємств сфери логістичного обслуговування.

У статті [2] науковці Канцедаль Н., Лега О., Морозов Є. розглядають сучасні підходи до цифровізації логістичних процесів із використанням інноваційних технологій, зокрема WMS-систем, ERP, IoT тощо. Проаналізовано вплив цифрових рішень на підвищення ефективності складської та транспортної логістики, оптимізацію операцій, скорочення витрат і зменшення кількості помилок. Ключовий акцент зосереджено на інтеграції інформаційних систем у єдине логістичне середовище, що дозволяє забезпечити прозорість, швидкість і точність управлінських рішень.

Лісіца В. В., Михайленко О. М., Ротенберг О. В. [3] досліджують сучасні тенденції розвитку логістики та ланцюгів постачання в умовах цифрової трансформації, окреслюють ключові характеристики цифрового ланцюга поставок та ризики впровадження цифрових рішень, а також визначають основні напрямки подальшої трансформації SCM на основі таких технологій, як штучний інтелект, аналітика великих даних, блокчейн і віртуальна інтеграція з платформами постачальників.

У статті Крюковської С., Жарської І. [4] розглядаються ключові питання впровадження сучасних технологій автоматизації, зокрема системи управління складом WMS та їх вплив на підвищення ефективності логістичних процесів. Водночас у роботі висвітлюються перешкоди для автоматизації, недостатня інфраструктура, брак кваліфікованих працівників, застаріле обладнання та висока початкова вартість впровадження, що стримує широке застосування цифрових рішень на складах. Запропоновано напрями подолання цих викликів, зокрема інвестиції в навчання персоналу та модернізацію інфраструктури, що сприятиме підвищенню якості обслуговування та адаптивності ланцюгів постачання.

У статті Зрибневої І. П. [5] досліджуються ключові тенденції розвитку сучасної логістики в умовах поглиблення цифровізації, розглядається вплив таких інновацій, як штучний інтелект, Інтернет речей (IoT), Big Data, блокчейн та автоматизовані системи управління на трансформацію логістичних операцій. Проаналізовано ключові фактори впливу та умови впровадження високотехнологічних рішень, зокрема роботизовані системи Goods-to-person (G2P) та технології для «Last mile» доставки, які забезпечують ефективне з'єднання між програмами та транспортними засобами, підвищуючи продуктивність і зменшуючи витрати. Акцентована увага на процесі інтеграції цифрових технологій у ланцюги постачання та формуванні концепції «розумної логістики» (Smart Logistics). У роботі також аналізується практичний вплив впровадження новітніх підходів на ефективність діяльності підприємств.

Зокрема, обґрунтовано, що використання сучасних технологій дозволяє оптимізувати маршрути перевезень, покращити управління запасами, підвищити точність прогнозування попиту, знизити операційні витрати, а також підвищити продуктивність, конкурентоспроможність підприємств і стійкість ланцюгів постачання.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на інтерес науковців до дослідження автоматизації складської логістики на основі WMS, в умовах цифровізації питання набуває ще більшої актуальності. Зокрема, детального розгляду потребує вплив цифрових технологій (зокрема, таких як штучний інтелект, інтернет речей, робототехніка, блокчейн) на здійснення операцій бізнес-процесів складу. Також вважаємо, що недостатньо уваги приділяється об'єктивній оцінці як можливостей, які надають системи управління складом суб'єктам господарювання, так і чинників, які чинять перешкоди на шляху їх впровадження, питанням мінімізації ризиків під час організації даного процесу та принципам управління змінами й підготовки персоналу до сприйняття нововведень.

Метою статті є комплексне дослідження сучасних підходів до автоматизації складської логістики на основі систем управління складом (WMS) із застосуванням цифрових технологій та оцінка їхнього впливу на ефективність організації логістичних процесів, аналіз тенденцій розвитку технологій та ринку WMS, а також визначення передумов і обмежень впровадження цих систем в умовах цифрової трансформації та зростаючої складності глобальних ланцюгів постачання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- ✦ проаналізувати функціональну архітектуру сучасних систем управління складом (WMS) і визначити ключові елементи їх модульної побудови;
- ✦ проаналізувати тенденції розвитку світового ринку WMS, його масштаби, структуру, провідних постачальників та ключові драйвери зростання.
- ✦ розглянути сучасні технологічні тренди у сфері WMS;
- ✦ дослідити економічну доцільність впровадження WMS, визначити основні бар'єри та ризики цього процесу.

Опис методики (структури, послідовності) проведення дослідження. Методика ґрунтується на комплексному, поетапному підході до вивчення трансформації складської логістики в умовах цифровізації та впровадження WMS. Узагальнено сучасні теоретичні підходи до автоматизації складської

логістики. Систематизовано інформацію про стан розвитку світового ринку WMS. Визначено напрямки інтеграції систем управління складом з цифровими технологіями, основні статті витрат, джерела економічної вигоди, перешкоди та ризики, а також етапи впровадження системи управління складом.

Методологічною базою дослідження стали загальнонаукові методи, такі як аналіз, теоретичне узагальнення й абстрагування під час огляду останніх досліджень та при обґрунтуванні напрямів впливу цифровізації на трансформацію складської логістики, метод порівняння при визначенні функціональних можливостей різних типів WMS. Метод синтезу було застосовано для інтеграції результатів власних досліджень з напрацюваннями науковців і формулювання висновків. За допомогою методу структурно-логічного узагальнення систематизовано характеристики модульної архітектури WMS, описано технологічні тренди (AI, IoT, AMR, блокчейн). Дослідження базується на відкритих статистичних даних аналітичних агентств і галузевих оглядів, розміщених в мережі Інтернет.

Викладення основного матеріалу й отриманих наукових результатів. Ключовим елементом вдосконалення організації складських процесів є WMS (*Warehouse Management System*) – спеціалізована інформаційна система, призначена для автоматизації управління всіма технологічними процесами складського комплексу.

На відміну від стандартних облікових систем, таких як базові модулі ERP, WMS оперує не лише кількісними показниками залишків товарних запасів, але її використання також спрямоване на:

- ★ оптимізацію топології складу (стелажі, комірки, зони);
- ★ управління складськими операціями приймання, розміщення, відбір, пакування, відвантаження;
- ★ директивне управління персоналом, коли система сама ставить завдання працівнику через термінал збору даних.

WMS виступає «інтелектуальним ядром» складу, яке в режимі реального часу координує рух товарів, техніки та співробітників, забезпечуючи максимальну щільність зберігання товарних запасів та швидкість комплектації замовлень.

Сучасна технологічна архітектура WMS – це не просто база даних, а складний програмно-апаратний комплекс, побудований за багаторівневим принципом. Структура WMS має бути достатньо гнучкою, щоб адаптуватися до мінливих бізнес-процесів, і водночас стабільною, щоб витримувати високі навантаження під час пікових періодів, наприклад сезонних розпродажів.

WMS будується на основі модульної архітектури, що дозволяє підприємству впроваджувати необхідний функціонал поетапно (табл. 1).

Ефективність WMS прямо залежить від її здатності інтегрувати з іншими системами, такими як корпоративні системи ERP і CRM. Це відбувається на двох рівнях: інформаційному та фізичному. Хоча WMS не є фінансовою системою, вона отримує від ERP-системи, наприклад SAP, Microsoft Dynamics або BAS, очікувані прибуткові накладні та замовлення на відвантаження. Після виконання операції WMS повертає в ERP дані про фактично прийняту або відвантажену кількість то-

Таблиця 1

Модульна архітектура WMS

№ з/п	Основні модулі	Зміст
1	Ядро системи (Database & Logic Layer)	Центральний елемент, де зберігаються дані про топологію складу (координати кожної комірки), характеристики товарів та алгоритми прийняття рішень (наприклад, стратегії відбору)
2	Модуль управління топологією	Відповідає за створення віртуальної моделі складу. Він враховує фізичні розміри стелажів, допустиме навантаження на полиці та температурні зони
3	Модуль управління завданнями (Task Manager)	«Диспетчер», який в реальному часі розподіляє завдання між працівниками. Він аналізує місцеперебування кожного співробітника та пріоритетність замовлень, мінімізуючи пробіги техніки
4	Аналітичний модуль	Дозволяє будувати звіти, відстежувати продуктивність праці (KPI) та проводити ABC/XYZ-аналіз товарних залишків безпосередньо в системі

Джерело: власна розробка авторів.

варів. Ця синхронізація зазвичай відбувається через API або проміжні файли обміну – XML, JSON, при цьому забезпечуючи єдність даних у всій компанії.

Впровадження WMS кардинально змінює парадигму роботи складу, перетворюючи його з місця хаотичного зберігання товарних запасів на чітко структурований логістичний вузол. Основна функціональність системи зосереджена на оптимізації трьох ресурсів: простору, часу та людського капіталу.

WMS також перетворюється на «мозок» складу, що контролює роботу кожного активу в режимі онлайн (*Task Management*), і включає директивне управління, оптимізацію маршрутів, контроль продуктивності та управління технікою.

В опції контролю продуктивності система фіксує час початку та завершення кожної операції. Керівництво може бачити реальну продуктивність кожного працівника: кількість рядків у замовленні за годину, час на обробку однієї палети, що створює базу для справедливої системи мотивації.

Управління технікою (*Forklift Management*) при наявності навантажувачів відбувається автоматично, при цьому WMS направляє найближчий вільний навантажувач до місця роботи, що мінімізує пересування техніки без вантажу.

Людський фактор (*Human Factor*) традиційно є головним джерелом неефективності. WMS мінімізує його вплив через «цифрові підказки».

Вплив на швидкість обробки (*Throughput*) забезпечується за рахунок впровадження WMS, що скорочує час на «пошук» товару до нуля. Співробітник не витрачає час на логіку прийняття рішень – він просто виконує команди системи. За статистикою, час на виконання однієї операції відбору скорочується на 25–40%.

Також відбувається мінімізація помилок та рахунок точності відбору (*Picking Accuracy*). В умовах «паперового» складу рівень помилок може сягати 2–5%. WMS забезпечує точність 99,9%, оскільки блокує спробу сканування «не той» артикул або «не ту» комірку. Це суттєво знижує витрати на обробку повернень і рекламаций.

З метою оптимізації складських площ WMS дозволяє змінити підхід до використання простору за такими параметрами:

- ★ **коефіцієнт використання об'єму (*Cubic Utilization*):** система автоматично пропонує розмішувати товари згідно з їхніми габаритами, що дозволяє заповнювати стелажі максимально щільно;
- ★ **динамічне зонування:** впровадження WMS дозволяє відмовитися від жорсткого закріплення зон за типами товарів, що дає змогу

гнучко змінювати топологію складу відповідно до сезонних коливань асортименту;

- ★ **скорочення «мертвих зон»:** система вказує на порожні місця, які раніше могли бути невраховані, та оптимізує розміщення товарів так, щоб основні проходи були максимально короткими для персоналу.

За даними дослідження, у 2024 р. майже 93% складів у світі використовували певну форму програмного забезпечення WMS, що відображає майже повсюдне його впровадження [6].

Розмір світового ринку WMS досяг 3,88 млрд доларів у 2025 році [6]. За прогнозами, обсяг ринку збільшиться до 7,69 млрд доларів у 2030 році, а до 2035 року досягне 11,08 млрд доларів [6].

Позитивну динаміку можна пояснити потребою в прискоренні процесу виконання замовлень споживачів в омніканальній роздрібній торгівлі, зростанням цифрової трансформації логістики, посиленням акценту на оптимізацію управління складами, впровадженням управління запасами на основі Big Data, а також підвищенням складності глобального ланцюга поставок.

Основними компаніями, що працюють на світовому ринку систем управління складами, є IBM Corporation, Oracle Corporation, SAP SE, Infor Inc., Manhattan Associates Inc., Blue Yonder Group Inc., Epicor Software Corporation, Tecsys Inc., Softeon Inc., Datex Corporation, Made4net LLC, PSI Logistics GmbH, Mantis S.A., Generix Group, Microlistics Pty Ltd., Cadre Technologies Inc., Ivanti Wavelink, Reply S.p.A., Mecalux S.A., Zebra Technologies Corporation, Körber Supply Chain Software (незалежний бренд WMS), 3PL Central LLC [6].

При цьому п'ять провідних постачальників займають 44% ринку, тоді як 33% компаній інвестують у складські рішення на основі штучного інтелекту та Інтернету речей [8].

Сегментацію світового ринку систем управління складами можна провести за такими ознаками [6; 8]:

1) за рівнем розгортання WMS:

- ★ **Хмарні WMS (*Software as a Service (SaaS)*),** коли WMS-система розміщується на серверах провайдера, а доступ до неї здійснюється через браузер або спеціальний додаток. Перевагами є швидкий старт, оплата за передплатою, автоматичні оновлення та високий рівень стійкості до відмов. Недоліками є постійна залежність від інтернету, менші можливості для глибокої «кастомізації» під специфічні потреби великих складів.

Понад 47% усіх функціонуючих WMS у 2024 році були хмарними. Ці системи зменшують почат-

кові інвестиції в інфраструктуру на 35% і пропонують централізований контроль над кількома складами. Хмарні платформи WMS також скорочують час простою на 31% та покращують цикли оновлення системи більш ніж на 22%. У роздрібній торгівлі та електронній комерції 68% компаній віддали перевагу хмарним WMS завдяки безперешкодній інтеграції з цифровими вітринами та сторонніми логістичними партнерами [7].

Ці системи сумісні з іншими системами управління ланцюгами постачання, такими як бізнес-аналітика, системи управління транспортом, управління слотінгом та управління складськими приміщеннями дозволяють клієнтам масштабувати або зменшувати рівень операцій залежно від сезонного попиту. Крім того, до хмарних рішень для управління складами можна отримати доступ в режимі реального часу з будь-якого місця через веб-портالي та смартфони [8].

- ✦ **Локальні (On-premise) інсталяції:** система встановлюється на власних серверах підприємства. Перевагами її є повний контроль над даними, висока швидкість роботи в локальній мережі, відсутність залежності від якості інтернет-зв'язку. Недоліками – високі капітальні витрати на обладнання та ліцензії, необхідність у власному штаті системних адміністраторів.

Локальні WMS складали 53% від усіх встановлених WMS у 2024 році. Ці системи забезпечують повний контроль над конфіденційними даними та є популярними серед компаній, що працюють з регульованими запасами [7];

2) за характером пропозиції: програмне забезпечення, послуги;

3) за функцією: система управління робочою силою, аналітика та оптимізація, виставлення рахунків та управління складом, системна інтеграція та обслуговування;

4) за видами послуг: консалтингові послуги, послуги впровадження та інтеграції, послуги підтримки та технічного обслуговування, навчальні послуги.

На сегмент послуг у 2025 р. припадала найбільша частка доходу ринку – 80,7%. При цьому найбільшу частку доходу компаніям у 2025 р. принесли послуги системної інтеграції та обслуговування. Зростаюча складність багаторівневих ланцюгів постачання, які охоплюють кількох партнерів, географічних регіонів та моделей виконання замовлень, необхідність забезпечення функціональної інтеграції WMS з ERP, TMS, LMS, робототехнікою, керуванням конвеєрами та API постачальників, обумовлюють таку тенденцію [8];

5) за типом програмного забезпечення в системах управління складом:

- ✦ **апаратні пристрої** (сканери штрих-кодів, RFID-коендатори, портативні зовнішні станції, детектори та автоматизовані системи складування та рекультивації тощо), які оптимізують відстеження робочих місць, підвищують функціональну ефективність і підтримують збір даних у режимі реального часу для бездоганного управління ланцюгом робочих місць [8].
- ✦ **програмні системи** (платформи для відстеження робочих місць, управління замовленнями та оптимізації робочих процесів), які інтегруються з інструментами Інтернету речей, штучного інтелекту та ERP, забезпечуючи чутливість у режимі реального часу, підвищуючи делікатність і забезпечуючи ефективне управління ланцюгом робочих місць та складом [8].

Сучасному розвитку ринку WMS притаманний період прискорених інновацій, зумовлених технологіями штучного інтелекту (ШІ), Інтернету речей, робототехніки та блокчейну.

Одним із головних нововведень є платформи WMS, інтегровані зі штучним інтелектом, здатні обробляти понад 100 000 одиниць товару з прийняттям рішень у режимі реального часу за допомогою алгоритмів глибокого навчання. Ці платформи зменшують дисбаланс запасів на 36% і покращують планування вхідної логістики на 18% [7].

Штучний інтелект в системах управління складом має прояв у застосуванні алгоритмів машинного навчання, обробки природної мови та прогнозної аналітики для автоматизації прийняття рішень та оптимізації складських операцій.

Інтеграція Інтернету речей також зросла на 27%, що дозволило отримувати оновлення в режимі реального часу для комплектувальників та вантажників за допомогою смарт-окулярів та смарт-браслетів [7].

Еволюція штучного інтелекту та Інтернету речей у рішеннях WMS призвела до 18% збільшення можливостей прогнозної аналітики, покращуючи прийняття рішень у режимі реального часу та відстеження активів [7].

Ще одним досягненням є інтеграція технології дронів у платформи WMS. У 2024 році понад 450 складів по всьому світу почали використовувати синхронізацію дронами та WMS для аудиту інвентаризації з повітря, скоротивши час підрахунку запасів на 80% [7].

Модульна конструкція WMS є зростаючою тенденцією, яка дозволяє користувачам активувати функції за потреби, знижуючи витрати в середньому на 22%. WMS з голосовим керуванням і багатомовна підтримка покращили доступність, особливо в регіонах, що розвиваються, з багатоетнічною робочою силою. Крім того, мобільні платформи WMS, адаптовані для міцних портативних пристроїв, набули популярності на відкритих і портових складах [7].

Станом на 2024 рік понад 27% світових складів класифікуються як «розумні». Зростання використання 5G-підключення у складських середовищах збільшило використання мобільних WMS на 22% у всьому світі [7].

У 2026 році комп'ютерний зір на основі штучного інтелекту замінить багато процесів ручного контролю. Високошвидкісні камери на базі машин-

ного навчання тепер можуть перевіряти штрих-коди, вимірювати розміри, виявляти пошкодження та перевіряти точність етикеток, і все це за значно менший час, ніж це робить людина [7].

Роботизована автоматизація процесів (RPA) на платформах WMS призвела до зменшення кількості помилок, виконаних вручну, на 32% та скорочення витрат на оплату праці на 19% [7].

Вплив цифрових технологій на операції основних бізнес-процесів складу представлено в табл. 2.

Суттєвим стримуючим фактором для зростання ринку систем управління складами є високі початкові інвестиції та витрати на впровадження. Впровадження WMS часто вимагає значного капіталу для доступу до програмного забезпечення, налаштування та інтеграції з наявними системами [8].

Як показали результати дослідження, у 2023 році майже 26% запланованих проєктів автома-

Таблиця 2

Вплив цифрових технологій на операції бізнес-процесів складу

Бізнес-процеси складу	Вплив цифрових технологій (штучний інтелект, Інтернет речей, робототехніка, блокчейн) на здійснення операцій
1	2
Приймання товарів (Inbound)	Застосування комп'ютерного зору для автоматизованої верифікації фізичного стану пакувальних одиниць, а також машинного зчитування етикеток, штрихових та QR-кодів [9; 10]. Використання вагових платформ, сканувальних систем і RFID-гратів для безконтактної, високоточної ідентифікації палет і коробів у режимі реального часу [11]. Застосування датчиків удару, нахилу та температури для реєстрації умов транспортування з автоматичним формуванням сповіщень у разі відхилення від нормативних параметрів [10]. Використання систем RTLS для відстеження місця проведення розвантажувальних операцій і моніторингу черги транспортних засобів [12]. Використання док-левелерів та конвеєрних ліній для забезпечення безперервного потоку палет у зону приймання [10]. Створення незмінного реєстру подій приймання з прив'язкою до серійних номерів і RFID-ідентифікаторів для забезпечення повної простежуваності [13]. Використання смарт-контрактів для автоматизованого узгодження розбіжностей та активації платіжних тригерів після підтвердження приймання [14].
Розміщення на зберігання (Put-away)	Оптимізація адресного розміщення товарно-матеріальних ресурсів з урахуванням класифікацій ABC/XYZ, частоти відбору та раціоналізації внутрішньоскладських маршрутів для підвищення ефективності просторової організації складу [15]. Застосування смарт-стелажів, оснащених датчиками заповнення та точковими навігаційними маячками (beacons), для забезпечення достовірної верифікації адрес зберігання та підтримання актуального стану складських зон [12]. Забезпечення безперервної локалізації товарних одиниць та оптимізації маршрутів їх переміщення за допомогою RFID-ідентифікації та систем RTLS [12]. Використання електронних (e-paper) етикеток комірок, здатних до автоматизованого оновлення адресної інформації, що мінімізує ймовірність людських помилок і прискорює перепланування зон зберігання [13; 14]. Інтеграція автономних мобільних роботів (AMR) із динамічними картами складської інфраструктури для транспортування палет і тарних одиниць, що забезпечує гнучку адаптацію до змін у конфігурації складу [13; 14]. Автоматизоване ведення та перевірка адресної історії розміщення матеріальних активів для потреб внутрішнього та зовнішнього аудиту, що підвищує рівень простежуваності логістичних операцій [13; 14].

1	2
Зберігання та поповнення (Storage & Replenishment)	Прогнозування попиту, визначення оптимальних порогових значень поповнення, оптимізація циклів відновлення запасів на основі математичних моделей [10]. Використання датчиків температури, вологості та концентрації CO₂ для безперервного моніторингу мікрокліматичних параметрів і генерації сповіщень у разі відхилень [10]. Використання сенсорів рівня заповнення та зайнятості комірок для отримання достовірної інформації про фактичний стан залишків у режимі реального часу [10]. Роботи-інвентаризатори, оснащені камерами або RFID-модулями, для автономного виконання нічних інвентаризаційних процесів [9]. Використання автономних мобільних роботів (AMR) для безперервного поповнення зон комплектування відповідно до завдань WMS [15]. Токенізація партій і серій продукції для підвищення точності звірення інформації між логістичними партнерами [16].
Відбір замовлень (Picking)	Застосування систем комп'ютерного зору та AR-інтерфейсів для візуальної верифікації місцезнаходження та кількості товарних позицій з наданням оперативних підказок у режимі реального часу [9]. Динамічне формування хвиль комплектування та кластеризація замовлень з метою мінімізації тривалості циклів відбору [9]. Використання Pick-to-Light/Put-to-Light технологій, а також voice-picking систем у поєднанні з BLE-бейджами та RTLS-рішеннями для високоточного позиціювання оператора [10]. Інтеграція смарт-ваг у візки та застосування RFID-рукавичок для автоматизованого підтвердження кількості відібраних одиниць [10]. Застосування концепції goods-to-person із використанням автономних мобільних роботів (AMR), що транспортують стелажі безпосередньо до оператора [15]. Роботизовані депалетайзери для автоматизованого розбирання мікс-палет і підготовки товару до подальших операцій [10]. Використання смарт-контрактів для реалізації механізмів динамічного ціноутворення послуг комплектації у сфері 3PL-провайдингу [14]. Забезпечення прозорості виконання SLA шляхом фіксації часових позначок і криптографічно захищених підписів пристроїв [13].
Пакування та консолідація (Packing)	Автоматизована верифікація відповідності фактичного складу пакувальної одиниці супровідним документам із використанням систем комп'ютерного зору [9]. Прогнозування імовірності пошкоджень під час транспортування та визначення оптимального виду й кількості амортизувального наповнювача [15]. Застосування «розумних» вагових та сканувальних модулів для автоматичного формування параметрів відправлення (маса, габарити, ідентифікатори) [10]. Інтеграція етикетувальних принтерів із WMS/TMS-системами та використання датчиків натягу стреп-стрічки для контролю якості обв'язування пакувальних одиниць [10]. Використання колаборативних роботів для виконання операцій дрібного комплектування та формування малих пакувальних наборів [10]. Роботизовані сортувальні системи для консолідації відправлень за маршрутом або перевізником [10]. Реєстрація параметрів відправлення (маса, габарити, фотофіксація) в незмінному розподіленому реєстрі для забезпечення прозорості та достовірності даних [17]. Застосування смарт-контрактів у взаємодії з перевізниками, включно з автоматичною генерацією етикеток і регламентацією страхових умов [14].
Відвантаження (Outbound)	Оптимізація просторового розміщення вантажних одиниць у кузові транспортного засобу на основі алгоритмів 3D bin packing, а також визначення раціональної черговості завантаження відповідно до маршрутних обмежень [15]. Використання контрольних ґратів з RFID-модулями та системами сканування, а також вагових і габаритних рамок для автоматизованої верифікації вантажних параметрів [11]. Застосування GPS-трекерів, температурних сенсорів та електронних пломб для моніторингу місцезнаходження й умов транспортування вантажних одиниць і транспортних засобів [10]. Використання конвеєрних ліній і телескопічних транспортерів для прискорення процесів завантаження великотоннажних транспортних засобів [10]. Застосування роботизованих візків для автоматизованої подачі палет до вантажної рампи та оптимізації внутрішньоскладської логістики [10].

1	2
	Використання автоматизованих брам із вбудованими системами безпеки та сканування для контролю доступу та перевірки вантажних одиниць [10]. Використання електронних товарно-транспортних накладних е-CMR з цифровими підписами [17]. Формування спільного, незмінного реєстру подій транспортування, доступного для всіх учасників логістичного ланцюга з метою забезпечення прозорості та простежуваності [13]

Джерело: складено авторами за [9–17].

тизації складів було відкладено або затримано [8] внаслідок виникнення проблем з інвестиційними ресурсами. Тому впровадження WMS-системи як капіталомістка інвестиція має бути економічно обґрунтованою. Для оцінки успішності проекту та ефективності використання ресурсів складського комплексу застосовується система ключових показників KPI, що дозволяють перевести логістичні процеси у фінансові показники (табл. 3).

Розрахунок показника окупності інвестицій *Return on Investment (ROI)* при впровадженні WMS-системи дозволяє визначити, наскільки швидко витрати на програмне забезпечення, апаратне обладнання та навчання персоналу перетворюються на чистий прибуток.

Налаштування WMS відповідно до особливостей ланцюга постачання, таких як холодовий ланцюг, небезпечні матеріали або харчові продукти та напої, вимагає значних витрат. У середньому розробка та впровадження індивідуальних рішень WMS займає 4–8 місяців, а витрати коливаються від 250000 до 1,2 мільйона доларів на об'єкт. Це ускладнює впровадження для середніх підприємств, які становлять 48% світових складів. Обслуговування індивідуальних систем також додає 15–18% до річних витрат на ІТ. Крім того, заходи кібербезпеки, необхідні для хмарних WMS,

збільшили витрати на 24% за останні два роки, що стримує їх упровадження серед невеликих логістичних операторів та виробників [7].

Багато наявних складів працюють із застарілою інфраструктурою, що створює перешкоди для впровадження сучасних WMS. Близько 41% операторів складів назвали проблеми інтеграції з наявними системами ERP основним обмеженням у 2024 році. Крім того, у 34% світових логістичних компаній навчання персоналу новим інтерфейсам WMS зайняло понад 6 місяців [7].

Окремо слід виділити проблеми безпеки та секвестрації даних. Оскільки WMS все більше залежить від хмарних платформ та інтеграції Інтернету речей, конфіденційні бізнес-дані та дані клієнтів перебувають під загрозою порушень та кібератак. Організації повинні інвестувати в надійні заходи кібербезпеки, що може збільшити функціональні витрати [7].

Впровадження WMS – це не лише зміна програмного забезпечення, це глибока трансформація корпоративної культури та бізнес-процесів. Досвід багатьох підприємств свідчить, що технічна досконалість системи не гарантує успіху, якщо не враховані людські та організаційні фактори.

Ризики при впровадженні WMS-системи пов'язані насамперед із технічними складнощами

Таблиця 3

Статті витрат і джерела економічної вигоди від упровадження WMS

Основні статті витрат	Джерела економічної вигоди (формування ROI)
1. Придбання ліцензій або оплата передплати (SaaS)	Скорочення витрат на оплату праці: оптимізація маршрутів та скорочення часу на операції дозволяє обробляти той самий обсяг замовлень меншою кількістю персоналу або в коротші терміни без залучення понаднормових
2. Витрати на технічне впровадження, інтеграцію з ERP і налаштування обладнання	Зменшення обсягів списань: мінімізація помилок (пересортиця, брак, закінчення термінів придатності) безпосередньо впливає на зменшення прямих фінансових втрат
3. Навчання персоналу та зміна внутрішніх бізнес-процесів	Збільшення щільності зберігання: ефективніше використання висоти складу та адресної системи дозволяє відмовитися від оренди додаткових площ

Джерело: власна розробка авторів.

та опором персоналу, а також із етапністю переходу від аудиту до запуску. До технічних викликів відносять якість даних, інтеграційні конфлікти та інфраструктурну готовність.

Найпоширеніша технічна проблема – помилки «на вході» (*Garbage In, Garbage Out*). Якщо в ERP-системі некоректні габаритні-вагові характеристики товарів або неточно внесені залишки, WMS не зможе ефективно керувати розміщенням. Помилки під час налаштування обміну даними між WMS-системою та обліковою системою ERP можуть призвести до блокування відвантажень. Крім того, недостатнє покриття Wi-Fi мережею на великому складі призводить до розривів зв'язку, що паралізує роботу персоналу.

Персонал часто сприймає WMS як систему тотального контролю. Працівники, які звикли до «свободи» в управлінні складом, можуть саботувати систему через страх перед прозорістю (система фіксує кожну хвилину простою та кожну помилку). Основними напрямками подолання опору може стати залучення лідерів думок серед складу до процесу тестування системи, а також роз'яснювальна робота – фокусування на тому, як система усуває рутинну роботу, а не лише контролює.

Щоб мінімізувати ризики, впровадження повинно проходити через чіткі етапи, що виключають «шокову терапію» для бізнесу. Попередній аналіз поточних операцій перед впровадженням WMS має виявити, які процеси потрібно спростити, оскільки автоматизувати хаос – найкоротший шлях до провалу проекту. Основними етапами мають стати:

- ✦ *розробка технічного завдання (ТЗ)*, що передбачає деталізацію алгоритмів роботи, а саме – стратегії розміщення, відбору, обробки повернень;
- ✦ *налаштування та інтеграція* – розгортання середовища та налагодження обміну даними;
- ✦ *спрес-тестування (UAT – User Acceptance Testing)* – моделювання пікових навантажень у тестовому середовищі;
- ✦ *навчання персоналу* через проведення тренінгів для різних рівнів користувачів;
- ✦ *запуск (Go-Live)* – перехід на роботу в новій системі, що рекомендується «пілотними» зонами або запуск у вихідні дні.

Кожен із цих етапів має бути підкріплений протоколом перевірки. Наприклад, запуск у «бойовий» режим без проведеної повної інвентаризації (актуалізації залишків) гарантовано призведе до зупинки складу в перші ж години після запуску.

ВИСНОВКИ

Автоматизація складської логістики через впровадження WMS сьогодні є не просто технологічним оновленням, а необхідною умовою виживання бізнесу в умовах глобалізації та домінування електронної комерції. Як було продемонстровано в ході роботи, перехід від «паперового» обліку до цифрового управління дозволяє кардинально змінити операційну модель складу: від реактивного (виправлення помилок) до проактивного (запобігання їм) управління.

Впровадження WMS забезпечує приріст точності обліку до 99,9% і скорочує час виконання складських операцій на 25–40%.

Склад, керований WMS, стає гнучким активом бізнесу, що дозволяє динамічно масштабувати потужності без розширення фізичних площ.

Головним ризиком впровадження є не технічні проблеми, а опір персоналу та неготовність до змін у бізнес-процесах, що вимагає виваженого підходу до менеджменту змін.

Майбутнє WMS нерозривно пов'язане з інтеграцією інноваційних технологій, які ще більше мінімізують людську присутність у процесах. До них належать штучний інтелект, Інтернет речей, робототехніка, Big Data та предиктивна аналітика. Сучасні WMS переходять від статичних алгоритмів до самонавчальних. ШІ здатен прогнозувати піки навантажень на основі аналізу історії продажів, автоматично змінюючи стратегії поповнення зон відбору.

Якщо раніше WMS видавала завдання людині, то тепер вона надсилає завдання автономній платформі, яка самостійно знаходить товар і доставляє його на станцію пакування.

Сенсори та «розумні» стелажі, що в реальному часі повідомляють WMS про вагу вантажу або стан середовища, створюють повністю прозору екосистему, де система знає про склад усе, навіть без прямого сканування персоналом.

Таким чином, можна стверджувати, що наступним етапом еволюції WMS буде перехід до автономних складських екосистем, де роль людини переходить від виконавця операцій до оператора інтелектуальних систем. Підприємства, які інвестують у цифровізацію складів сьогодні, отримують стратегічну конкурентну перевагу, що дозволяє їм вигравати у швидкості виконання логістичних бізнес-процесів і операцій, якості сервісу та вартості обробки замовлень.

Подальші дослідження будуть фокусуватися на розгляді переходу до повністю автономних систем управління складом із мінімальною участю людини, інтелектуальних WMS, що самонавчаються,

а також процесу інтеграції WMS у єдину цифрову платформу ланцюга постачання. ■

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Криворучко О. М., Кривенко Л. Ф. Основні напрямки удосконалення логістичних процесів: реінжиніринг, оптимізація, автоматизація. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2024. № 86. С. 113–124.
DOI: <https://doi.org/10.18664/btie.86.310012>
2. Канцедаль Н., Лега О., Морозов Є. Цифровізація логістики: нові технології для покращення управління та оптимізації. *Економічний простір*. 2023. № 199. С. 45–51.
DOI: <https://doi.org/10.30838/EP.199.45-51>
3. Лісіца В. В., Михайленко О. М., Ротенберг О. В. Цифрові ланцюги постачання: технології, тенденції та напрями розвитку. *Причорноморські економічні студії*. 2023. № 81. С. 99–106.
DOI: <https://doi.org/10.32782/bses.81-17>
4. Крюковська С., Жарська І. Проблеми та перспективи автоматизації складів у транспортній логістиці. *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 68.
DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-99>
5. Зрибнева І. П. Аналіз новітніх технологій, методів та підходів у логістиці, їх вплив на оптимізацію ланцюгів постачання та підвищення продуктивності. *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 60.
DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-60>
6. Warehouse Management System Market Report 2026. *The Business Research Company*. URL: <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/warehouse-management-system-global-market-report>
7. Warehouse Management Systems (WMS) Market Size, Share, Growth, and Industry Analysis, By Type (Cloud-Based WMS, On-Premise WMS), By Application (Logistics, Retail, Manufacturing), Regional Insights and Forecast to 2035. *Market Growth Reports*. URL: <https://www.marketgrowthreports.com/market-reports/warehouse-management-systems-wms-market-114594>
8. Warehouse Management Systems Market Size, Share, Growth, and Industry Analysis, By Type (Hardware Devices and Software System), By Application (Supermarket, Electronic Commerce, Logistics and Other), and Regional Forecast to 2035. *Business Research Insights*. URL: <https://www.businessresearchinsights.com/market-reports/warehouse-management-systems-market-119518>
9. Gartner Magic Quadrant for WMS: Key Takeaways From the 2025 Report. *Made4net*. URL: <https://made4net.com/knowledge-center/2025-gartner-wms-magic-quadrant-insights/>
10. Robotics in logistics. A DPDHL perspective on implications and use cases for the logistics industry. *DHL*. URL: <https://www.dhl.com/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/glo-core-robotics-in-logistics-trend-report.pdf>
11. Project Zipper Finds Order Accuracy Jumps to Nearly 100 Percent With RFID. *RFID Journal*. URL: <https://www.rfidjournal.com/news/project-zipper-finds-order-accuracy-jumps-to-nearly-100-percent-with-rfid/68225/>
12. Elevating Every Move. *Zebra Technologies*. URL: https://www.zebra.com/content/dam/zebra_dam/en/reports/vision-study/warehouse-report-vision-study-high-performance-en-us.pdf
13. Vazquez Melendez E. I., Bergey P., Smith B. Blockchain technology for supply chain provenance: increasing supply chain efficiency and consumer trust. *Supply Chain Management: An International Journal*. 2024. Vol. 29. No. 4. P. 706–730.
DOI: <https://doi.org/10.1108/SCM-08-2023-0383>
14. We are accelerating blockchain technology across supply chains. *World Economic Forum*. URL: <https://www.weforum.org/impact/blockchain-supply-chains/>
15. The Complete Guide to Warehouse Automation ROI: Strategies for Implementation and Financial Impact. *IPEC Group*. URL: <https://ipec-group.com/the-complete-guide-to-warehouse-automation-roi-strategies-for-implementation-and-financial-impact/>
16. Blockchain: the solution for transparency in product supply chains. *Provenance*. URL: <https://www.provenance.org/news-insights/blockchain-the-solution-for-transparency-in-product-supply-chains>
17. Ponzosa Casado J. M., Gómez Funes A., García-Doncel J. G. Digital Transformation: Advantages and opportunities of E-CMR in international cargo logistics. *EDEIJ*. 2021. Vol. 1. No. 1. Art. e004. URL: https://www.academia.edu/85972223/Digital_Transformation_Advantages_and_opportunities_of_E-CMR_in_international_cargo_logistics

REFERENCES

- The Business Research Company. (2026). *Warehouse Management System Market Report 2026*. <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/warehouse-management-system-global-market-report>
- Business Research Insights. *Warehouse Management Systems Market Size, Share, Growth, and Industry Analysis, By Type (Hardware Devices and Software System), By Application (Supermarket, Electronic Commerce, Logistics and Other), and Regional Forecast to 2035*. <https://www.businessresearchinsights.com/market-reports/warehouse-management-systems-market-119518>
- DHL. *Robotics in logistics*. A DPDHL perspective on implications and use cases for the logistics industry. <https://www.dhl.com/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/glo-core-robotics-in-logistics-trend-report.pdf>
- IPEC Group. *The Complete Guide to Warehouse Automation ROI: Strategies for Implementation and Financial Impact*. <https://ipec-group.com/the-complete-guide-to-warehouse-automation-roi-strategies-for-implementation-and-financial-impact/>

guide-to-warehouse-automation-roi-strategies-for-implementation-and-financial-impact/

Kantsedal N., Leha O. & Morozov Ye. (2023). Tsyfrovizatsiia lohistyky: novi tekhnolohii dlia pokrashchennia upravlinnia ta optymizatsii [Digitalization of logistics: new technologies for improving management and optimization]. *Ekonomichnyi prostir*, 199, 45–51. <https://doi.org/10.30838/EP.199.45-51>

Kriukovska S. & Zharska I. (2024). Problemy ta perspektyvy avtomatyzatsii skladiv u transportnii lohistytsi [Problems and prospects of warehouse automation in transport logistics]. *Ekonomika ta suspilstvo*, 68. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-99>

Kryvoruchko O. M. & Kryvenko L. F. (2024). Osnovni napriamky udoskonalennia lohistychnykh protsesiv: reinzhynirynh, optymizatsiia, avtomatyzatsiia [Main directions of improvement of logistic processes: reengineering, optimization, automation]. *Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti*, 86, 113–124. <https://doi.org/10.18664/btie.86.310012>

Lisitsa V. V., Mykhailenko O. M. & Rotenberh O. V. (2023). Tsyfrovi lantsiuihy postachannia: tekhnolohii, tendentsii ta napriamy rozvytku [Digital supply chains: technologies, trends and development directions]. *Prychornomorski ekonomichni studii*, 81, 99–106. <https://doi.org/10.32782/bses.81-17>

Made4net. (2025). *Gartner Magic Quadrant for WMS: Key Takeaways From the 2025 Report*. <https://made4net.com/knowledge-center/2025-gartner-wms-magic-quadrant-insights/>

Market Growth Reports. Warehouse Management Systems (WMS) Market Size, Share, Growth, and Industry Analysis, By Type (Cloud-Based WMS, On-Premise WMS), By Application (Logistics, Retail, Manufacturing), Regional Insights and Forecast to 2035. <https://www.marketgrowthreports.com/market-reports/warehouse-management-systems-wms-market-114594>

Ponzoa Casado J. M., Gómez Funes A. & García-Doncel J. G. (2021). Digital Transformation: Advantages

and opportunities of E-CMR in international cargo logistics. *EDEIJ*, 1(1), Art. e004. https://www.academia.edu/85972223/Digital_Transformation_Advantages_and_opportunities_of_E_CMR_in_international_cargo_logistics

Provenance. *Blockchain: the solution for transparency in product supply chains*. <https://www.provenance.org/news-insights/blockchain-the-solution-for-transparency-in-product-supply-chains>

RFID Journal. *Project Zipper Finds Order Accuracy Jumps to Nearly 100 Percent With RFID*. <https://www.rfidjournal.com/news/project-zipper-finds-order-accuracy-jumps-to-nearly-100-percent-with-rfid/68225/>

Vazquez Melendez E. I., Bergey P. & Smith B. (2024). Blockchain technology for supply chain provenance: increasing supply chain efficiency and consumer trust. *Supply Chain Management: An International Journal*, 4(29), 706–730. <https://doi.org/10.1108/SCM-08-2023-0383>

World Economic Forum. *We are accelerating blockchain technology across supply chains*. <https://www.weforum.org/impact/blockchain-supply-chains/>

Zebra Technologies. *Elevating Every Move*. https://www.zebra.com/content/dam/zebra_dam/en/reports/vision-study/warehouse-report-vision-study-high-performance-en-us.pdf

Zrybnieva I. P. (2024). Analiz novitnikh tekhnolohii, metodiv ta pidkhodiv u lohistytsi, yikh vplyv na optymizatsiiu lantsiuhiv postachannia ta pidvyshchennia produktyvnosti [Analysis of the newest technologies, methods and approaches in logistics, their impact on optimization of supply chains and increasing productivity]. *Ekonomika ta suspilstvo*, 60. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-60>

Стаття надійшла до редакції / Received: 10.04.2026
Статтю прийнято до публікації / Accepted: 23.04.2026
Оприлюднено / Published: 23.06.2026