

УДК: 658.7:004.8

DOI: 10.60022/2(1)-3S

Михаць Анастасія Ростиславівна

здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Mykhats Anastasiia

higher education applicant at the first (Bachelor's) level

National University Lviv Politechnic, Ukraine

ORCID: 0009-0008-0223-3971

Михаць Софія Ростиславівна

здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Mykhats Sofiia

higher education applicant at the first (Bachelor's) level

National University Lviv politechnic, Ukraine

ORCID: 0009-0003-1251-8333

Гринів Наталія Теодозіївна

кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри маркетингу і логістики
Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Hryniv Nataliya

PhD in Economics, Assistant Professor, Department of Marketing and Logistics

National University Lviv Politechnic, Ukraine

ORCID:0000-0002-7255-8578

Гринів Тетяна Теодозіївна

кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри обліку та аналізу
Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Gryniv Tetiana

PhD in Economics, Assistant Professor, Department of Accounting and Analysis

National University Lviv Politechnic, Ukraine

ORCID: 0000-0002-7173-9158

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОПТИМІЗАЦІЇ ЛАНЦЮГА ПОСТАВОК: ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Анотація. Стаття присвячена дослідженню ролі цифрових технологій у трансформації логістичних процесів. У роботі йдеться про сучасні тенденції діджиталізації в логістиці, зокрема інтеграцію інформаційних систем для підвищення прозорості та ефективності ланцюгів поставок. Висвітлено переваги впровадження цифрових інструментів для управління інформаційними, фінансовими та товарними потоками. Особлива увага приділена питанням підвищення взаємодії між іншими видами транспорту та інтеграції виробничо-збутових процесів. У статті проаналізовано основні виклики, з якими зіштовхуються компанії при впровадженні цифрових рішень, та пропонуються практичні рекомендації щодо їх поділу. Акцент зроблено на необхідності прийняття обґрунтованих управлінських рішень, які забезпечують сталий розвиток логістичних систем у цифрову епоху. Дослідження базується на аналізі передових практичних та реальних кейсів виробничих підприємств і логістичних компаній.

Ключові слова: цифровий ланцюг поставок, інтернет речей, штучний інтелект, блокчейн, цифровий близнюк.

DIGITAL TECHNOLOGIES AS A TOOL FOR SUPPLY CHAIN OPTIMIZATION: IMPLEMENTATION AND PROSPECTS

Abstract. The article thoroughly explores the impact of digital technologies on the transformation of logistics processes and supply chain optimization. The authors emphasize digitalization as a key factor in the development of modern logistics systems that can ensure transparency, adaptability, and flexibility of supply. The paper systematizes relevant digital tools such as the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), digital twins, blockchain, and data analytics platforms, and reveals their functionality and application areas. Particular attention is paid to the differences between traditional and digital supply chains, in particular in terms of management, communication, analytics and

strategic planning.

The study provides practical cases and statistics demonstrating the significant growth of the digital solutions market in logistics, and outlines the main benefits of their implementation: increased operational efficiency, flexibility, accuracy, personalization of services and forecast planning. At the same time, the authors point to a number of challenges associated with digital transformation: a shortage of qualified personnel, insufficient integration of systems, cybersecurity threats, and the complexity of management decisions regarding the introduction of new technologies.

The article is particularly valuable for its emphasis on practical recommendations for adapting digital solutions in logistics, forming new business models, managing change, and increasing the digital maturity of enterprises. The results of the study are useful for scientists, logistics managers, analysts, and anyone interested in the strategic improvement of supply chains in the digital economy. The article contributes to a deeper understanding of the current challenges and prospects for the development of logistics focused on innovation, sustainable development and competitiveness.

Keywords: digital supply chain, Internet of Things, artificial intelligence, blockchain, digital twin.

Постановка проблеми. У сучасних умовах стрімкого технологічного розвитку та глобалізації цифрова трансформація стала ключовим чинником удосконалення логістичних систем. Цифрові технології докорінно змінюють способи управління потоками товарів, інформації та фінансів у ланцюгах постачання, забезпечуючи новий рівень прозорості, ефективності та гнучкості. Особливої актуальності це набуває в умовах високої конкуренції, нестабільності зовнішнього середовища, зростаючих вимог клієнтів і потреби в адаптивності бізнес-процесів. Упровадження інноваційних цифрових рішень, таких як Інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI), блокчейн та цифрові близнюки, відкриває нові горизонти для оптимізації логістичних операцій та підвищення стійкості постачання. Однак, разом із новими можливостями, цифрова трансформація висуває перед компаніями низку викликів, що потребують обґрунтованих управлінських рішень та глибокого розуміння потенціалу технологій.

Діджиталізація в логістиці сприяє взаємодії між різними видами транспорту, спрощує інтеграцію транспортних і виробничо-збутових ланцюгів, а також оптимізує інформаційні та фінансові потоки [1; 2]. Вона дозволяє створити більш адаптивні, стійкі та прозорі ланцюги поставок, які відповідають вимогам сучасного ринку. Повний контроль над ланцюгом постачань можна досягти за допомогою ефективних ІТ-технологій та інформаційних систем [3], використовуючи програмне забезпечення для управління запасами, автоматизації процесів, прогнозування попиту та моніторингу постачань у реальному часі.

На сьогоднішній день логістичні компанії активно впроваджують цифрові інструменти, які допомагають зробити їх операції більш наочними, прозорими та ефективними [4]. Це системи управління транспортом (TMS), платформи для обміну даними між учасниками ланцюга поставок, а також технології штучного інтелекту й аналізу великих баз даних.

Разом з тим, попри потенційні переваги, процес цифрової трансформації ланцюгів поставок супроводжується низкою проблем. Серед них — складність інтеграції новітніх технологій у вже існуючі системи управління, нестача кваліфікованих кадрів, високі фінансові витрати, недостатня цифрова зрілість підприємств, загрози кібербезпеці, а також відсутність чітких стратегічних орієнтирів. Внаслідок цього більшість компаній не можуть повною мірою реалізувати потенціал цифрових інновацій і отримати очікуваний ефект від їх впровадження.

Отже, постає необхідність комплексного аналізу сучасних цифрових інструментів у логістиці, оцінки їх впливу на ефективність ланцюгів поставок, а також розробки практичних рекомендацій щодо впровадження з урахуванням бар'єрів, ризиків і можливостей адаптації бізнесу до умов цифрової економіки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні та прикладні аспекти побудови ефективних ланцюгів постачання вивчали такі відомі науковці, як Бауерсокс Д., Баллоу Р., Сток Дж.Р., Клосс Д., Крікавський Є., Колодізева Т., Окландер М. та ін. Значна увага в їхніх роботах приділяється питанню інтеграції процесів логістики, підвищення конкурентоспроможності підприємств через вдосконалення ланцюга поставок. У контексті цифровізації логістичних процесів варто виділити дослідження Хааса Г., Грейва С., Арлберна Я., Скіцька В., які обґрунтували переваги використання ІТ-рішень для управління постачанням, прогнозування попиту, управління запасами та моніторингу транспорту. Зокрема, у роботах [6], [8], [11] детально проаналізовано можливості впровадження IoT, big data, AI, цифрових двійників і блокчейн-технологій. Водночас, на думку Urbach N. і Ahlmann F. [14], зростає і ризик залежності бізнесу від цифрових систем, зокрема — вразливість до кібератак і складність реалізації комплексної цифрової стратегії. Актуальність досліджень у цьому напрямку зумовлена необхідністю пошуку оптимальних підходів до впровадження цифрових технологій в управління ланцюгами постачання в умовах нестабільного середовища.

Метою статті є комплексне дослідження сучасних цифрових інструментів у сфері логістики та оцінка їх впливу на ефективність ланцюгів постачання.

Виклад основного матеріалу. Покращення цифрового ланцюга поставок значним чином зумовлюється рівнем інтеграції між організаційними процесами та сучасними технологіями. Це потребує узгодження всіх етапів управління ланцюгом постачання та обміну даними в межах єдиної цифрової платформи, що дає змогу

подолати бар'єри між окремими системами й уникнути закритості інформації. Забезпечивши доступ до даних та аналітики в режимі реального часу для всіх учасників ланцюга, така інтеграція сприяє налагодженій взаємодії в межах логістичної екосистеми. Впровадження цифрових рішень у логістику дозволяє підприємствам не лише оптимізувати операційну діяльність і зменшити кількість помилок, спричинених людським фактором, а й досягти принципово нового рівня продуктивності та масштабованості бізнес-процесів [5].

В таблиці 1 наведено порівняння звичайних та цифрових ланцюгів поставок.

Таблиця 1

Порівняння звичайних та цифрових ланцюгів постачання

Ознака	Звичайні ланцюги постачання (Conventional supply chains)	Цифрові ланцюги постачання (Digital supply chains)
Технології	методи комунікації, які використовують телефонні дзвінки, застаріле програмне забезпечення для інвентаризації та паперовий документообіг	використання найсучасніших хмарних рішень для управління ланцюгами поставок, які легко інтегруються з іншими корпоративними операціями, такими як виробництво та фінанси
Сфера застосування	здебільшого регіональні межі, низька міжнародна залученість	багатонаціональна, що забезпечує баланс міжнародних альянсів з різними місцевими постачальниками за великі ресурси
Працівники	використання ручної роботи, що викликає будь-які перебої	розуміння вимог усіх залучених сторін, включаючи постачальників, клієнтів і виробничі команди
Досягнення	готовність прийняти майбутні технологічні зміни в стратегії, співпраці та логістиці	використання або поступове впровадження найновіших розробок у сфері IoT, AI/ML та RPA для ведення переговорів у динамічному торговельному середовищі

Джерело: [5]

В звичайних ланцюгах поставок, на відміну від цифрових, менеджери з логістики розробляють стратегію та реагують на проблеми тільки тоді, коли вони виникають. Однак, прогнозування попиту, виявлення слабких місць у ланцюгу поставок і мінімізація термінів виконання замовлень значно полегшується за допомогою цифрових ланцюгів поставок [5].

Цифровий ланцюг постачання - це гнучка та взаємопов'язана мережа, в основі якої лежить безперервний потік інформації. Саме це принципово відрізняє його від традиційної моделі. Такий підхід сприяє автоматизації процесів, підвищує цінність логістичних операцій, покращує якість аналітики та оптимізує робочі процеси, що загалом сприяє підвищенню рівня обслуговування клієнтів і забезпечує стабільне функціонування підприємства. На відміну від класичних ланцюгів поставок, які часто зіштовхуються із затримками через нестачу актуальної інформації, цифрова система, що базується на потоках big data у реальному часі, дозволяє значно ефективніше управляти окремими бізнес-процесами відповідно до сучасних технологічних стандартів і організаційної культури.

Класичний глобальний ланцюг постачання складається з чотирьох ключових елементів: постачальника, виробника, роздрібного торговця та кінцевого споживача. Така структура охоплює всі основні етапи руху товару — від планування виробництва до його постачання кінцевому клієнту. За останні тридцять років логістика зазнала суттєвих трансформацій: від допоміжної операційної функції, що забезпечувала виробництво та доставку продукції, вона перетворилася на окремий стратегічний напрям управління ланцюгом постачання. У сучасних умовах планування стало центральним елементом логістичного менеджменту, тоді як багато операційних процесів дедалі частіше делегуються зовнішнім логістичним провайдерам (LSP) [6].

За даними Allied Market Research, світова ринкова вартість цифрового ланцюга поставок сягне 13,7 млрд доларів до 2030 року, що втричі більше, ніж у 2020 році, коли вона була оцінена в 3,9 млрд доларів [6].

Використання цифрових технологій у виробництві набуває все більшого значення в сучасному глобальному бізнес-середовищі. Виробничі компанії протягом останніх десяти років експериментували з використанням нових цифрових технологій, таких як Інтернет речей (IoT), аналітика великих баз даних (BDA) та штучний інтелект (AI), для покращення свого виробництва та управління ланцюгом поставок (SCM) [7]. SCM включає нагляд за потоками матеріалів та інформації між початковими постачальниками та кінцевими користувачами за допомогою мережі взаємопов'язаних організацій. Передбачається, що ці технології зможуть покращити функції ланцюга поставок, такі як планування, логістика та закупівлі [8].

Інтернет речей широко використовується на транспорті та заводах для моніторингу складських і логістичних операцій, а також виробничого процесу [8]. Це допомагає компаніям точніше прогнозувати потреби клієнтів, визначати необхідні обсяги запасів, оптимізувати розподіл ресурсів і налагоджувати зв'язки з постачальниками [8].

Узагальнення результатів сучасних досліджень свідчить, що цифрові технології мають значний

потенціал для покращення ключових показників ефективності ланцюгів постачання. Зокрема, вони сприяють зростанню продуктивності, прозорості, надійності та адаптивності логістичних систем, а також допомагають зменшити рівень ризиків у процесі постачання. Цифровізація стимулює перехід до управління, що базується на даних, забезпечуючи більш точне планування й оперативне прийняття рішень. Виробничі компанії, у свою чергу, активно вивчають можливості використання аналітичних даних для оптимізації логістичних процесів, проведення превентивного технічного обслуговування та прогнозування змін у споживчому попиті [8].

Однак, незважаючи на очевидні переваги, впровадження цифрових технологій не завжди приносить очікувані результати. Досить часто компанії інвестують значні ресурси у цифрову трансформацію, проте не отримують належної віддачі через неефективну реалізацію або нечітке формулювання стратегій. Саме слабкість управлінських підходів та недостатня інтеграція цифрових ініціатив до загальної бізнес-стратегії часто стають причинами провалу таких проєктів [8].

Сучасні глобальні ланцюги постачання є складними, взаємопов'язаними структурами, що робить їх уразливими до широкого спектра загроз — від кібератак і логістичних затримок до форс-мажорів і неочікуваних зовнішніх впливів. Це вимагає переосмислення традиційних підходів до їхнього проєктування та управління. З метою підвищення загальної цінності для бізнесу на всіх етапах ланцюга постачання, дедалі більшої ваги набуває цифровізація процесів і впровадження передових технологічних рішень, що постійно перебувають у фокусі наукових досліджень [6].

Утім, варто враховувати, що некоректне або необґрунтоване впровадження цифрових інструментів може спричинити серйозні ризики й посилити невизначеність у період трансформації. Зокрема, цифрове виробництво здатне радикально змінити архітектуру ланцюга постачання, спричиняючи перехід від централізованої до розподіленої моделі. Така зміна, хоч і скорочує ланцюг, водночас створює додаткові виклики для інших його учасників, які повинні швидко адаптуватися до нових умов і уникнути втрати конкурентоспроможності [9].

Велика кількість підприємств впровадили технологію Інтернету речей для відстеження даних у реальному часі вздовж ланцюга поставок, а також впроваджують передову аналітику даних для швидшого і точнішого аналізу SCM. Згідно дослідження Caro and Sadr (2019) використання Інтернету речей може з'єднати попит і пропозицію, а отже, сприяти створенню нової цінності [10]. Це дозволяє здійснювати більш точний аналіз для прийняття ефективних та гнучких рішень. Крім того, датчики, встановлені на виробничих лініях, можна використовувати для збору даних про виробничі процеси в режимі реального часу, а також для моніторингу стану обладнання та якості продукції [8]. Це все дає змогу компаніям швидше реагувати на зміни, що відбуваються в ланцюгу постачання.

Найбільш вагомим наслідком впровадження цифрових технологій у ланцюги поставок є підвищення їх операційної ефективності, зокрема швидкості роботи, вартості, якості, гнучкості, маневреності та надійності [8].

На практиці більшість виробничих компаній все ще перебувають на ранній стадії впровадження передових цифрових технологій. Керівникам складно приймати рішення про те, які цифрові технології слід впроваджувати, та як це може вплинути на структуру та продуктивність ланцюга поставок.

Цифрова трансформація ланцюга постачання має на меті перетворити його на інтелектуальну, частково автономну систему, здатну оперативно формувати стратегії реагування та управління. Відповідно до підходу Саймона Елліса, ефективний «розумний» ланцюг постачання характеризується п'ятьма ключовими складовими — так званою концепцією «5C» [11]:

1. Підключеність (Connected): фундаментом розумного ланцюга є повний доступ до релевантних даних. Необхідна інтеграція з усіма джерелами інформації та автоматизація документообігу як всередині компанії, так і з зовнішніми партнерами, що забезпечує безперебійну взаємодію в межах усього ланцюга;

2. Співпраця (Collaborative): завдяки використанню хмарних платформ спрощується взаємодія з постачальниками. Технологія блокчейн відіграє роль каталізатора прозорості, забезпечуючи обмін даними з різних джерел і підвищуючи ефективність операцій;

3. Кіберобізнаність (Cyberaware): сучасний ланцюг постачання повинен бути стійким до кіберзагроз, мати здатність захищати свої інформаційні системи та бази даних від несанкціонованого доступу та атак;

4. Когнітивність (Cognitively enabled): системи на основі штучного інтелекту виконують функцію інтелектуального координатора, аналізуючи ситуацію в реальному часі, приймаючи рішення та координуючи дії. Проте, попри автономність, деякі завдання все ж потребують людського втручання;

5. Всеосяжність (Comprehensive): сучасний ланцюг повинен бути здатним забезпечувати всебічний і швидкий аналіз даних, що надходять у режимі реального часу, даючи змогу приймати обґрунтовані рішення на основі глибокої аналітики.

Фахівці відзначають низку суттєвих переваг впровадження програмного забезпечення (ПЗ) для оптимізації логістичних процесів і управління ланцюгами постачання, серед яких:

- покращення управління та підвищення ефективності. Використання ПЗ у транспортній логістиці значно спрощує процес управління вантажоперевезеннями, скорочує час, витрачений працівниками на збір і обробку інформації, та мінімізує ручну працю. Крім того, завдяки функціоналу порівняння тарифів, програма

дозволяє обрати або запропонувати найоптимальніші варіанти доставки [11];

- зменшення ризику помилок. Програмне забезпечення забезпечує своєчасний доступ до актуальної інформації на кожному етапі логістичного ланцюга — від вибору постачальника до реалізації готової продукції. Це дозволяє оперативно виявляти й усувати можливі проблеми, підвищуючи загальну надійність процесу;

- якісні оцінки та ефективні рішення. Прогнозна аналітика дає змогу оцінювати ефективність логістичних процесів підприємства та формувати обґрунтовані управлінські рішення. Таке можна досягнути, провівши глибокий аналіз численних чинників, зокрема даних про попередні перевезення. На основі отриманих аналітичних висновків компанія має змогу розробити дієву стратегію подальших дій [11].

На практиці оцінити ефективність цифрової трансформації буває доволі складно, адже кожне підприємство відрізняється масштабами діяльності, технічним забезпеченням, рівнем підготовки персоналу та іншими індивідуальними особливостями. Через це не існує універсального підходу до визначення результативності цифрових змін — кожна організація обирає власні критерії. У науковій літературі підкреслюється, що цифрова трансформація логістики повинна забезпечувати низку ключових ефектів: технологічний — шляхом скорочення часу на обслуговування та доставку вантажів; конкурентний — за рахунок покращення якості обслуговування клієнтів і зміцнення позицій на ринку; комерційний — завдяки оптимізації витрат і зростанню продуктивності; соціально-економічний — у вигляді підвищення якості продукції та ефективності праці, а також створення передумов для оперативного й обґрунтованого прийняття управлінських рішень [12, с. 18].

Цифровий ланцюжок поставок має як значні переваги, так і певні ризики (таблиця 2).

Таблиця 2

Переваги та недоліки цифрового ланцюга поставок

Переваги	Суть	Недоліки	Суть
Підвищена персоналізація	логістичні компанії за допомогою цифрових ланцюгів постачання детальніше сегментують клієнтів. Це дає змогу їм оптимізувати свої доставки; розширити асортимент традиційних продуктів та цифрових послуг; забезпечити безперебійні зв'язки з клієнтами	Кібербезпека	зовнішні атаки загрожують знищенням даних системи та даних користувачів
Більша гнучкість	цифрові ланцюги поставок дають змогу ефективніше планувати маршрути доставки, надаючи працівникам інформацію про затримки в режимі реального часу. Завдяки «уберізації» транспорту розподільчі мережі стають більш гнучкими [1]	Непідготовлені спеціалісти –	Брак у співробітників навичок, необхідних для роботи з новими системами, призводить до того, що близько 70% програм цифрової трансформації просто не використовуються [4]
Покращене планування	використання більшої кількості аналітичних даних для створення прогнозних моделей, що забезпечує ефективне функціонування ланцюгів поставок в умовах невизначеності ринку	Незавершені системи для збору та управління даними	Дані досить часто обробляються вручну (збір даних у системі, обробка даних на паперових носіях тощо), і вони не регулярно оновлюються.
Більша ефективність	Підвищення ефективності досягається шляхом автоматизації операцій на всіх етапах складського процесу, від приймання та відправлення до розміщення, пакування та відвантаження, а також динамічного планування діяльності з формування попиту	Проблеми, пов'язані з комплексною автоматизацією операцій у самій компанії та між іншими сторонами ланцюга поставок	Процес планування досить часто проходить відокремлено від інших учасників ланцюга поставок, що призводить до того, що не вся інформація використовується для досягнення найкращого результату планування; крім того, управління, процедури, стимули всередині компанії та між партнерами ланцюга поставок не узгоджуються цілком і повністю [6]

Джерело: складено авторами на основі [1, 4, 6]

Сучасний логістичний менеджмент у добу цифровізації має низку характерних особливостей:

- застосування Інтернету речей (IoT): завдяки сенсорам, вбудованим у транспортні засоби, обладнання та упаковки, можливо отримувати актуальну інформацію про їхній стан. Це дає змогу ефективно планувати маршрути та здійснювати моніторинг переміщення товарів у режимі реального часу;

- використання автоматизованих систем та робототехніки: інтеграція складських систем управління (WMS), роботизованих пристроїв та автономного транспорту дозволяє значно підвищити швидкість логістичних

операцій і зменшити кількість помилок;

- аналітика великих даних: цифрові технології забезпечують збір та обробку великих обсягів інформації, що дає можливість виявляти закономірності, прогнозувати попит, оптимізувати маршрути й завчасно реагувати на потенційні ризики;

- електронна комерція та управління запасами: автоматизовані системи замовлень і обліку залишків сприяють ефективному управлінню поставанням, покращують точність планування та дозволяють оперативно реагувати на зміни в логістичному середовищі.

Застосування автоматизації та роботизованих рішень у сфері логістичного менеджменту позитивно впливає на загальну ефективність і продуктивність логістичних операцій, сприяє зниженню рівня помилок і оптимізації витрат. Зокрема:

- автоматизовані системи управління складами (WMS) забезпечують автоматизацію основних складських процесів, таких як приймання, розміщення, комплектація та відправка товарів. Завдяки мінімізації участі людини, зростає точність обробки й пришвидшується виконання завдань. Додатково, впровадження роботизованих систем — конвеєрів, підйомників, сортувальних механізмів — дозволяє значно прискорити логістичний обіг і зменшити ризик помилок;

- автономні транспортні засоби, зокрема дрони для доставки або автоматизовані платформи, що працюють на складах, виконують функції транспортування товарів між логістичними зонами без участі операторів, підвищуючи гнучкість і оперативність внутрішньої логістики [6].

Отже, в умовах глобалізації поставання та стрімкого розвитку електронної комерції мережева логістика набуває все більшого значення, оскільки дозволяє компаніям зберігати конкурентоспроможність і гнучко реагувати на динамічні зміни ринку. Процеси цифровізації сприяють підвищенню операційної ефективності, поліпшенню клієнтського сервісу, формуванню новітніх бізнес-моделей і зміцненню ринкових позицій. Саме тому цифрова трансформація виступає ключовим чинником інноваційного розвитку сучасного логістичного менеджменту.

Блокчейн — це технологічний інструмент, який полегшує проведення транзакцій в усьому ланцюжку поставання шляхом зменшення кількості посередників і швидкості операцій, одночасно зберігаючи децентралізацію та незмінність даних. Покращення моніторингу та відстеження, а також ефективність за рахунок автоматизації та цифровізації процесів — це елементи, які додають цінність ланцюгам поставання [13].

Система децентралізованого реєстру блокчейну підвищує прозорість і простежуваність ланцюга поставок, допомагаючи знизити рівень шахрайства, зменшити кількість помилок і забезпечити автентичність продукції. Це особливо корисно в галузях, де походження продукції має вирішальне значення, наприклад, у фармацевтиці та харчовій промисловості. Блокчейн також може впорядкувати платіжні процеси, зменшуючи затримки транзакцій і підвищуючи безпеку.

З точки зору цінності довіри, блокчейн є операційним менеджером, який робить процеси транспортування товарів прозорими. Крім того, він вважається перспективною інформаційною технологією, яка може бути використана в багатьох сферах бізнесу та ланцюга поставання.

Використання технології блокчейн для інтеграції та зберігання даних є одним із способів вирішення проблем прозорості та відстеження. Це також полегшує створення структури даних, яка може використовуватися смарт-контрактами для автоматизації ринкових операцій і сертифікації.

Оцінюючи ефективність впровадження цифрових технологій, важливо враховувати не лише операційну результативність, а й здатність цих рішень створювати нову цінність на основі IT-інфраструктури, інноваційної продукції та трансформації бізнес-моделей. Водночас, зі зростанням цифровізації, підприємства стають дедалі залежнішими від надійного функціонування власних IT-систем. Їх підключення до глобальних мереж, зокрема через Інтернет, підвищує ризик зовнішніх загроз і кібервразливостей [14].

Цифрові технології суттєво розширюють можливості підприємств, дозволяючи максимально використовувати переваги взаємозалежних процесів. Проте рівень ефективності таких переваг залежить від внутрішньої організаційної структури, характеру взаємодії ресурсів, персоналу та технологій, а також від того, наскільки підприємство здатне адаптуватися до умов цифрової взаємозалежності [15].

Цифрові ланцюги поставання відрізняються тим, що вони базуються на постійному моніторингу великої кількості даних у режимі реального часу, що дозволяє більш ефективно керувати операційними процесами, тоді як традиційні ланцюги поставання мають затримки та відхилення через брак своєчасної необхідної інформації. Ця перевага особливо важлива для українських компаній, які працюють третій рік поспіль в умовах війни. Дослідження показують, що потреба в покращенні обслуговування клієнтів, збільшенні потоків доходів і зниження операційних витрат є причиною цифрової трансформації логістики та ланцюга поставок [15].

Логістика та складування перебувають під великим тиском через нестачу робочої сили та пов'язані з цим проблеми з ланцюгом поставання. Щоб не відставати, склади переходять на автоматизовані моделі, а технології можуть значно допомогти у виробництві.

Цифровий близнюк є одним із найкращих інструментів для такої автоматизації. Це технологія, яка дозволяє віртуально перевіряти різні ситуації на виробничій лінії, відтворюючи реальне середовище.

Цифрові близнюки збирають дані про фізичні розміри, схеми руху та рух персоналу. Це робиться для того, щоб допомогти користувачам прогнозувати зміни на фактичному складі. На цьому етапі система може моделювати різні ситуації, наприклад, коли впроваджується нова технологія, змінюється план складу, додається чи зменшується кількість персоналу [16].

В таблиці 3 наведено переваги впровадження цифрових близнюків на підприємствах.

Таблиця 3

Переваги впровадження цифрових близнюків на підприємствах

Перевага	Опис
Точні параметри, керовані даними	Пропонують нові переваги, які раніше були недоступні
Оптимізація управління запасами	Покращує контроль та управління запасами на складі
Оптимізація робочих процесів	Спрощує та вдосконалює щоденну діяльність
Підвищення продуктивності	Сприяє зростанню ефективності працівників і процесів
Тестування нових стратегій	Дає змогу перевіряти і вдосконалювати нові методи без ризику для операцій
Маневреність складу	Підвищує гнучкість складу під час управління ресурсами
Зниження ризиків і витрат	Зменшує витрати і ризики, пов'язані з робочими процесами

Джерело: складено авторами на основі [16]

Цифрові технології-двійники мають потенціал для трансформації майже кожної галузі, серед яких лідирують машинобудування, виробництво, енергетика та автомобільна промисловість. По мірі того, як широко будуть використовуватися цифрові двійники, їхній вплив буде відчутним на кожному етапі ланцюжка створення вартості [17].

Висновки. Цифрові технології кардинально змінили підходи до управління ланцюгами постачання, надаючи бізнесу ефективні інструменти для оптимізації процесів і підвищення продуктивності. Завдяки таким інноваціям, як штучний інтелект, машинне навчання, Інтернет речей (IoT), блокчейн та розвинена аналітика даних, компанії отримали змогу здійснювати моніторинг у режимі реального часу, використовувати прогнозу аналітику та оперативно реагувати на зміни. Це, у свою чергу, дозволяє ефективніше керувати ризиками, знижувати витрати, підвищувати якість обслуговування клієнтів і зміцнювати стійкість логістичних систем.

Попри очевидні переваги, впровадження цифрових рішень потребує стратегічного бачення, оскільки організації часто стикаються з труднощами інтеграції нових технологій, питаннями кібербезпеки та нестачею фахівців з відповідною кваліфікацією. Проте поступове подолання цих викликів відкриває значні перспективи для подальшої цифрової трансформації. Сучасні тренди також свідчать про зростання уваги до сталого розвитку, де цифрові технології дедалі більше підтримують «зелені» ініціативи та сприяють екологічно відповідальному управлінню постачанням.

Цифрові технології відіграють визначальну роль у трансформації ланцюгів постачання, формуючи нову парадигму логістичного менеджменту. Їх впровадження забезпечує підвищення ефективності, гнучкості, прозорості та стійкості логістичних систем, дозволяючи підприємствам краще адаптуватися до викликів ринку. Інтеграція IoT, штучного інтелекту, блокчейну та цифрових близнюків створює передумови для побудови розумних, автономних логістичних мереж. Разом з тим, успішна цифрова трансформація потребує стратегічного підходу, врахування технічних, організаційних і людських факторів. Результати дослідження свідчать, що цифровізація ланцюгів постачання є не лише трендом, а й нагальною необхідністю для забезпечення конкурентоспроможності, інноваційності та сталого розвитку підприємств у XXI столітті. Подальші наукові розвідки мають зосереджуватись на розробці адаптивних моделей впровадження цифрових технологій із урахуванням галузевої специфіки та рівня цифрової зрілості бізнесу.

Література

1. Review of Maritime Transport. United Nations publication. New York and Geneva, 2018. URL: https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2018_en.pdf (дата звернення: 01.03.2025).
2. Гоменюк М. О. Розвиток логістики на основі впровадження процесів діджиталізації / М. О. Гоменюк // Ефективна економіка. – 2020. – № 2. – URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=7628> (дата звернення: 01.03.2025).
3. Кривов'язюк І. В. Управління логістичними інформаційними системами підприємства / І. В. Кривов'язюк, О. Р. Усков. – Львів : Манускрипт, 2011. – 196 с.
4. Колісниченко А. В. Підвищення ефективності логістичних процесів шляхом автоматизації управління логістичним підприємством в умовах цифрової трансформації / А. В. Колісниченко, А. О. Семенова // Політ. Сучасні проблеми науки. – Київ, 8 квітня 2021 р. – С. 49–50.
5. Короткий посібник із цифрової трансформації ланцюга поставок. URL: <https://www.n-ix.com/supply->

chain-digital-transformation/ (дата звернення: 28.02.2025).

6. Лісіца В. В. Цифрові ланцюги поставок: технології, тенденції та напрями розвитку / В. В. Лісіца, О. М. Михайленко, О. В. Ротенберг // Економіка та управління підприємствами. – 2023. – Вип. 81. – С. 99–106.

7. Big data applications in operations/supply-chain management: a literature review. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835216303631> (дата звернення: 28.02.2025).

8. Впровадження цифрових технологій у ланцюги поставок: рушійні сили, процеси та вплив. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162521002274> (дата звернення: 02.03.2025).

9. Sustainability outcomes through direct digital manufacturing-based operational practices: A design theory approach. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095965261730536X> (дата звернення: 02.03.2025).

10. The Internet of Things (IoT) in retail: Bridging supply and demand. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S000768131830137X> (дата звернення: 02.03.2025).

11. Цифрові ланцюжки постачання: які переваги дає софт для оптимізації логістики. URL: <https://wezom.com.ua/ua/blog/tsifrovi-lantsyuzhki-postachannya-yaki-perevagi-daje-soft-dlya-optimizatsiyi-logistiki> (дата звернення: 03.03.2025).

12. Орда О. О. Аналіз цифрових рішень логістики «останньої милі» / О. О. Орда, В. О. Удовіченко // Матеріали 84-ї наук.-техн. та наук.-метод. конф. університету. Секція транспортних технологій. – Харків, 04–08 трав. 2020 р. – С. 17–18.

13. Куліш Д. Застосування технології блокчейну в ланцюзі поставок в процесі формування стратегії зовнішньоекономічної діяльності підприємств / Д. Куліш // Scientific Journal “Modeling the Development of the Economic Systems”. – С. 22–32.

14. Urbach N. Digitalization as a Risk: Security and Business Continuity Management Are Central Cross-Divisional Functions of the Company / N. Urbach, F. Ahlemann // In: IT Management in the Digital Age. CSOC 2016. Management for Professionals. – Cham : Springer, 2016.

15. Осокін Г. В. Цифровізація ланцюгів постачання як фактор трансформації бізнес-моделей / Г. В. Осокін // Економіка та суспільство. – 2024. – Вип. 64. – С. 1–9.

16. Digital Twins і майбутнє логістики. URL: <https://www.plainconcepts.com/warehouse-digital-twin/> (дата звернення: 03.03.2025).

17. Digital Twins in Logistics. URL: <https://dhl.com/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/glo-core-digital-twins-in-logistics.pdf> (дата звернення: 03.03.2025).

References

1. Review of Maritime Transport. United Nations publication. New York and Geneva, 2018. URL: https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2018_en.pdf (accessed March 01, 2025).

2. Development of logistics based on the introduction of digitalization processes / M. Gomeniuk // Effective Economy. - 2020. - №. 2. - URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=7628> (accessed 01.03.2025).

3. Management of logistics information systems of the enterprise / I.V. Kryvovyavyuk, O.R. Uskov: Manuscript, 2011. 196 p.

4. Kolisnichenko A.V. Improving the efficiency of logistics processes by automating the management of a logistics enterprise in the context of digital transformation / A.V. Kolisnichenko, A.O. Semenova // Polit. Modern Problems of Science. - Kyiv, April 8, 2021 - P. 49-50.

5. A quick guide to digital supply chain transformation.

URL: <https://www.n-ix.com/supply-chain-digital-transformation/> (accessed 28.02.2025).

6. Digital supply chains: technologies, trends and directions of development / V. V. Lisitsa, O. M. Mykhailenko, O. V. Rotenberg // Economics and management of enterprises. 2023, - Issue 81, - P. 99-106.

7. Big data applications in operations/supply-chain management: a literature review. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835216303631> (accessed 28.02.2025).

8. Digitalization of supply chains: drivers, processes and impact. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162521002274> (accessed 02.03.2025).

9. Sustainability outcomes through direct digital manufacturing-based operational practices: A design theory approach. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095965261730536X> (accessed 02.03.2025).

10. The Internet of Things (IoT) in retail: Bridging supply and demand. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S000768131830137X> (accessed 02.03.2025).

11. Digital supply chains: what are the benefits of software for logistics optimization? URL:

<https://wezom.com.ua/ua/blog/tsifrovi-lantsyuzhki-postachannya-yaki-perevagi-daje-soft-dlya-optimizatsiyi-logistiki> (accessed 03.03.2025).

12. Orda O.O. Analysis of digital solutions for last mile logistics / O.O. Orda, V.O. Udovichenko // Proceedings of the 84th Scientific, Technical and Methodological Conference of the University. Section of transport technologies. - Kharkiv, May 04-08.2020 - P. 17-18.

13. Kulish D. Application of blockchain technology in the supply chain in the process of forming a strategy for foreign economic activity of enterprises / D. Kulish // Scientific Journal "Modeling the Development of the Economic Systems." - P. 22-32.

14. Urbach N. Digitalization as a Risk: Security and Business Continuity Management Are Central Cross-Divisional Functions of the Company / N. Urbach, Urbach, F. Ahlemann // In: IT Management in the Digital Age. CSOC 2016. Management for Professionals: Springer, 2016.

15. Osokin G.V. Digitalization of supply chains as a factor in the transformation of business models / G.V. Osokin // Economy and Society. - 2024. - Issue 64. - P. 1-9.

16. Digital Twins and the future of logistics. URL: <https://www.plainconcepts.com/warehouse-digital-twin/> (accessed 03.03.2025).

17. Digital Twins in Logistics. URL: <https://dhl.com/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/glo-core-digital-twins-in-logistics.pdf> (accessed March 03, 2025).