

DOI: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-56-56>

УДК 658.7:004.9

Решетняк Богдан Олегович

аспірант,

Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0318-4579>**Bohdan Reshetniak**

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

**ЕВОЛЮЦІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ
ЛАНЦЮГОМ ПОСТАЧАННЯ****EVOLUTION AND TECHNOLOGIES OF SUPPLY
CHAIN MANAGEMENT**

Анотація. В статті досліджено еволюцію концепції управління ланцюгом постачання та визначено ключові етапи її розвитку – від процесного до резильєнтного управління. Розкрито зміст кожного етапу, який відображає зміни в економічному середовищі, технологічному прогресі та управлінських підходах. Визначено основні функції управління ланцюгом постачання: координація, інтеграція, оптимізація процесів, управління ризиками та забезпечення стійкості системи. Особливу увагу приділено впливу цифрових технологій – ERP, WMS, Big Data, штучного інтелекту, Інтернету речей (IoT), блокчейну та 3D-друку – на підвищення ефективності, прозорості та адаптивності ланцюгів постачання. Обґрунтовано, що використання інноваційних технологій сприяє оптимізації логістичних процесів, зниженню операційних витрат і мінімізації ризиків, забезпечуючи стійкість підприємств в умовах глобальної невизначеності.

Ключові слова: управління ланцюгом постачання, цифрові технології, Індустрія 4.0, резильєнтність ланцюга постачання, штучний інтелект, блокчейн, Інтернет речей.

Summary. The article presents a comprehensive analysis of the evolution of supply chain management (SCM) amid the ongoing digital transformation and increasing global economic volatility. It aims to systematize existing theoretical frameworks, delineate key developmental stages of SCM, and substantiate the strategic role of digital technologies in enhancing the efficiency, resilience, and competitiveness of contemporary enterprises. The study identifies four distinct evolutionary phases—process-oriented, integrated, globalized, and resilience-focused management—each reflecting shifting priorities in management practices, technological advancements, and the changing global business environment. Digital transformation has fundamentally shifted SCM from a traditional logistics optimization approach to a multifaceted strategic function encompassing procurement, production, distribution, and information flow integration. The paper emphasizes the transformative impact of Industry 4.0 technologies, including artificial intelligence, the Internet of Things, blockchain, Big Data analytics, and additive manufacturing, in establishing agile, transparent, and sustainable supply chains. Enterprise Resource Planning (ERP), Warehouse Management Systems (WMS), and advanced analytical tools contribute to improved forecasting and operational coordination, while IoT technologies enable real-time monitoring and proactive decision-making. Blockchain technology enhances transparency and trustworthiness, although its adoption faces regulatory, financial, and technological challenges. The findings indicate that digitalization opens new opportunities for resource optimization, risk mitigation, and sustainable development in supply chain management. Nevertheless, successful transformation requires substantial investments in technological infrastructure and workforce skills. The integration of automation, advanced analytics, and artificial intelligence underpins the development of “smart” supply chains capable of self-adaptation, predictive management, and maintaining long-term stability within the evolving digital economy.

Keywords: supply chain management, digital technologies, Industry 4.0, supply chain resilience, artificial intelligence, blockchain, Internet of Things (IoT).

Постановка проблеми. Управління ланцюгом постачання є цариною, яка з часом зазнала розвитку різноманітних теоретичних підходів. Один із класичних підходів фокусується на організації управління ланцюгом постачання, наголошуючи при цьому на важливості координації та співпраці між різними суб'єктами, залученими до про-

цесу ланцюга постачання. Однак невирішеним залишається завдання систематизації основних підходів до управління ланцюгами постачання, вказуючи на структуроване та комплексне розуміння різних теоретичних рамок, якими керується управління ланцюгами постачання. Ці теоретичні підходи забезпечують підприємствам методоло-

гічний базис для оптимізації операцій у ланцюзі постачання, підвищення ефективності та досягнення конкурентної переваги на ринку. Різні теоретичні основи управління ланцюгом постачання відіграють вирішальну роль у формуванні загальної ефективності ланцюга постачання.

Аналіз публікацій. В сучасних дослідженнях концепції та технології управління ланцюгом постачання виокремлено декілька напрямів, що характеризують різні підходи авторів до розуміння сутності, цілей та способів управління. Зокрема Voichenko M. розглядає процеси планування, управління та розвитку ланцюга постачання на всіх рівнях створення цінності, від постачання сировини до сервісу [1]. Коваленко О.В. досліджує проблематику управління ланцюгом в контексті стандартизації міжорганізаційної координації в процесі постачання [2]. Chuhlata G., Крещенко В., Dubovyk S.G., Озарко К., Zaverbnyj A. приділяють увагу критеріям оптимізації управління інтегрованим ланцюгом поставок у системі логістичного забезпечення, в т.ч. в умовах кризи [3–7]. Тарасюк Г. М. виділяє логістичну стратегію та наголошує на її звязку із корпоративною та функціональними стратегіями компанії [8]. Близькі проблеми на рівні оптимізації глобалізованого ланцюга постачання розглядає Wang N. [9].

Сучасним трендом досліджень даного напрямку є вивчення практик та підходів до впровадження технологій Індустрії 4.0/5.0 в управління ланцюгом постачання. Цим питанням приділяють увагу Похильченко О., Petrunya Y.Y., Рогоза М.Є., Skitsko V., Oliveira-Dias D., Hassani Y., наголошують на підвищенні ефективності ланцюга постачання за рахунок впровадження новітніх технологій Інтернету речей та хмарних обчислень [10–15]. Сигида Л., P.R. Podduturi, Резнік Н., Weng Chun Tan et.al вивчають оптимізацію ланцюга постачання через застосування інноваційної RFID-технології [16–19]. Впливу принципів Індустрії 5.0 та організації зеленого ланцюга постачання присвячене дослідження Матвєєвої Ю. [20].

Метою статті є виявлення змісту та концептуальних відмін еволюційних етапів, функцій, цільових настанов та сучасних технологій управління ланцюгом постачання з урахуванням впливів Індустрії 4.0.

Виклад основного матеріалу дослідження. Систематизуючи основні підходи до управління та оцінки ланцюгів постачання, підприємства можуть отримати уявлення про оптимізацію своєї діяльності та підвищення ефективності. Косаоглу Y. [21] зауважує, що розуміння сутності управління ланцюгом постачання має важливе значення для сучасних підприємств, які прагнуть перейти на більш просунуті моделі, такі як Supply Chain 5.0. Wang N. [14] наголошує, що перехід

передбачає впровадження інноваційних технологій і стратегічних партнерств для створення більш гнучкої та чутливої системи ланцюга постачання. Ці теоретичні основи надають підприємствам дорожню карту для оптимізації процесів ланцюга постачання, покращення співпраці з партнерами та підвищення ефективності ланцюга постачання. В ключі застосування різних теорій для управління ланцюгом постачання, важливо розуміти основні теоретичні принципи, які лежать в основі цієї галузі. Ці принципи окреслюють основні підходи до організації та оцінки практик управління ланцюгами постачання, пропонуючи класичну структуру для підприємств, яких слід дотримуватися при оптимізації своїх операцій. За рахунок інтеграції різних теорій в практику управління ланцюгом постачання, організації можуть покращити своє стратегічне планування, операційну ефективність і стратегічну спроможність на динамічному глобальному ринку.

Розвиток концепції управління ланцюгом постачання пройшов кілька ключових етапів, що відображають зміни в економічному середовищі, технологіях та управлінських підходах. Виділимо дані етапи в табл. 1.

На етапі становлення управління ланцюгом постачання концентрувалися на забезпеченні фізичного переміщення товарів, що було особливо важливим у виробничих галузях, таких як автомобільна промисловість і виробництво споживчих товарів. У цей період основними задачами були визнані зниження витрат на транспортування та забезпечення своєчасної доставки продукції до споживачів. Подальший розвиток концепції управління ланцюгом постачання та інтердисциплінарне поширення положень теорії систем сприяли формуванню комплексних уявлень про взаємодію усіх складових ланцюга постачання та інтеграцію різних функціональних підрозділів компанії. В цей період спостерігається зміщення управлінських акцентів з процесної ефективності на її інтегроване вимірювання в результаті комплексної взаємодії усіх складових ланцюга постачання – процесів виробництва, постачання, збуту та управління запасами. Впровадження інформаційних технологій, таких як ERP-системи, дозволило компаніям забезпечити моніторинг і контроль ефективності усіх ланок цілісного ланцюга постачання на підприємстві.

Надалі глобалізаційні процеси сприяли інтернаціоналізації багатьох бізнесів та розширення мереж постачання. Компанії стали активніше залучати постачальників та споживачів з різних країн, що вимагало побудови складніших ланцюгів постачання. Глобалізація управління ланцюгом постачання супроводжувалася впровадженням технологій Індустрії 4.0, таких як Big Data, штучний інтелект, роботизація. Ці технології дозво-

Таблиця 1 – Етапи еволюції управління ланцюгом постачання

Етап	Фокус уваги	Змістовна характеристика
Етап 1. Процесне управління ланцюгом постачання	Фокус на русі матеріальних потоків, логістиці та транспорті	Зниження витрат на транспортування, своєчасна доставка продукції. Основний акцент на фізичне переміщення товарів
Етап 2. Комплексне управління ланцюгом постачання	Інтеграція процесів та складових ланцюга постачання	Впровадження ERP-систем, інтеграція виробництва, постачання, збуту, управління запасами, забезпечення контролю ефективності усіх процесів ланцюга постачання
Етап 3. Глобалізоване управління ланцюгом постачання	Управління ланцюгом постачання на глобальному рівні	Впровадження технологій Індустрії 4.0 (Big Data, штучний інтелект, роботизація, інтернет речей тощо); автоматизація робочих процесів, використання технологій менеджменту знань
Етап 4. Управління резильєнтністю ланцюга постачання	Стійкість та адаптивність в умовах невизначеності зовнішнього середовища	Упередження ризиків через диверсифікацію постачальників та створення локальних мереж постачання, впровадження гнучких виробничих систем

Джерело: складено автором

лили компаніям не лише автоматизувати процеси, але й отримувати дані для аналізу та прийняття управлінських рішень у режимі реального часу.

Зростання ступеню невизначеності та крижкості сучасного бізнес-середовища в контексті впливу негативних факторів пандемії, збройних конфліктів сприяло руйнуванню усталених логістичних зв'язків та відповідним змінам пріоритетів в управлінні ланцюгами постачання. Ключовим стає завдання забезпечення стійкості та адаптивності управління ланцюгом постачання в умовах зовнішнього середовища високого ступеню невизначеності. Компанії все частіше впроваджують стратегії, що спрямовані на зниження ризиків, пов'язаних з порушеннями в ланцюгах постачання, шляхом диверсифікації постачальників, розвитку локального постачання та використання гнучких виробничих систем.

Таким чином, розвиток управління ланцюгом постачання відображає спрямованість розвитку управлінських підходів та технологій, що дозволяють бізнесу адаптуватися до змінного середовища і забезпечувати ефективне функціонування на глобальному ринку.

Відповідно сучасним пріоритетам управління ланцюгом постачання виокремлюють основні його функції (рис. 1).

Розглянемо основні функції управління ланцюгом постачання. Передовсім це координація та інтеграція всіх компонентів ланцюга постачання для забезпечення безперебійного потоку товарів, інформації та фінансів. Ця функція включає узгодження дій між різними підрозділами компанії, а також між різними учасниками ланцюга постачання. Функція оптимізації процесів спрямована на підвищення ефективності та зниження витрат на всіх етапах ланцюга постачання. Це включає в себе пошук способів зниження витрат на закупівлі, виробництво, логістику, а також мінімізацію ризиків та втрат. У сучасному контексті особливу

увагу приділяють функції управління ризиками, що включає виявлення потенційних загроз для безперебійності ланцюга постачання, а також розробку стратегій для їх мінімізації або усунення. Це може включати диверсифікацію постачальників, побудову резервних ланцюгів постачання та розвиток гнучких систем управління. Особливу увагу також приділяють функції забезпечення стійкості та гнучкості ланцюгів постачання. Це включає впровадження екологічно чистих та соціально відповідальних практик, а також розробку стратегій адаптації до змін у ринкових умовах або зовнішньому середовищі.

В таблиці 1 визначено вплив на еволюцію управління ланцюгом постачання технологій Індустрії 4.0. Технології сучасного етапу еволюції систематизовано в табл. 2.

Цифрові технології в управлінні ланцюгом постачання сприяють оптимізації всіх етапів ланцюга постачання, від планування і прогнозування попиту до управління транспортними потоками та відстеження продукції на всіх етапах постачання. Крім того, використання аналітичних платформ та систем підтримки прийняття рішень дозволяє компаніям аналізувати великі обсяги даних і приймати більш обґрунтовані рішення щодо оптимізації процесів постачання. Це, у свою чергу, підвищує конкурентоспроможність підприємства на ринку.

Цифрові технології значно підвищують рівень координації між різними учасниками ланцюга постачання. Зокрема, хмарні рішення дозволяють спільно використовувати інформацію, що покращує комунікацію та співпрацю між постачальниками, виробниками та дистриб'юторами. Використання платформ електронної комерції і маркетплейсів також дозволяє розширити можливості підприємств у пошуку нових постачальників і ринків збуту, що особливо важливо в умовах глобалізованого бізнес-середовища [10–16].

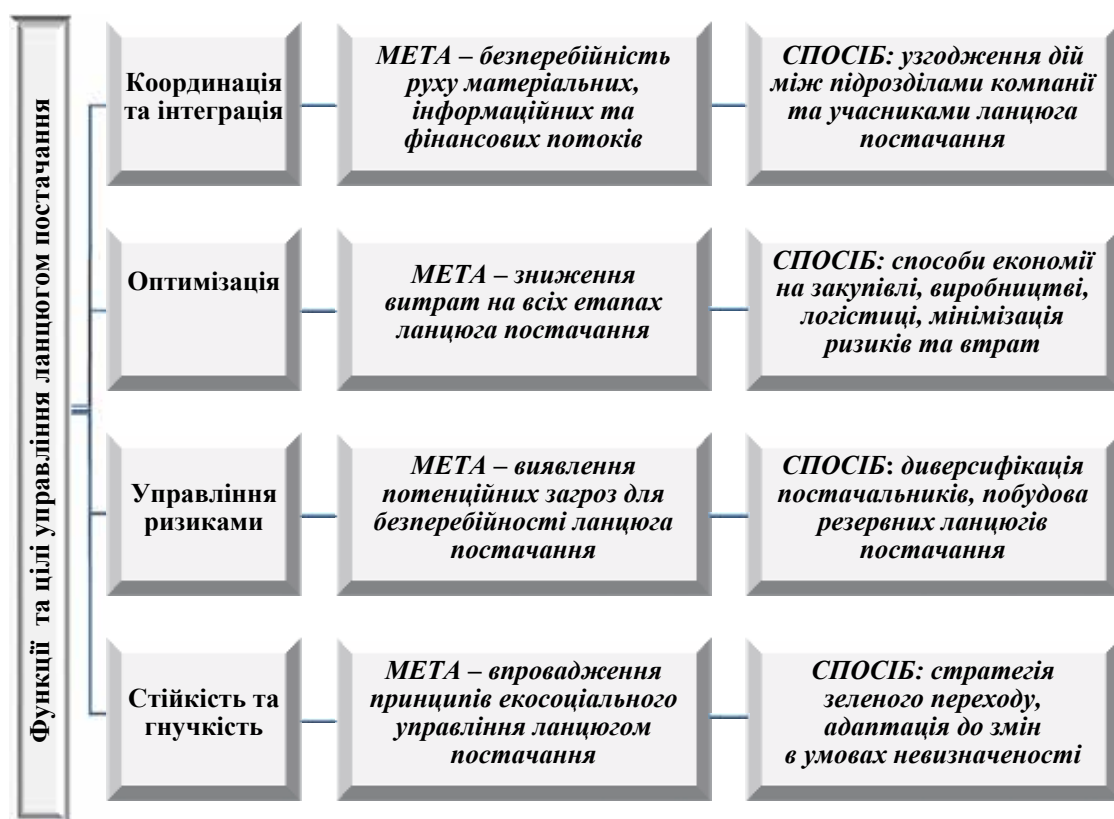


Рисунок 1 – Функціонально-цільова характеристика управління ланцюгом постачання

Джерело: складено автором

Таблиця 2 – Технології управління ланцюгом постачання в Індустрії 4.0

Технологія	Результати застосування в управлінні ланцюгом постачання	Переваги	Виклики
ERP та WMS	Автоматизація операційних процесів, управління запасами та складом	Зниження кількості помилок, підвищення ефективності	Високі витрати на впровадження та підтримку
Аналітичні платформи	Аналіз великих обсягів даних, підтримка прийняття рішень	Оптимізація процесів постачання, підвищення конкурентоспроможності	Необхідність інтеграції з існуючими системами
Хмарні рішення	Спільне використання інформації між учасниками ланцюга постачання	Покращення комунікацій, розширення ринків збуту	Проблеми безпеки даних
Штучний інтелект	Автоматизація прийняття рішень, прогнозування попиту, оптимізація маршрутів	Зниження витрат, підвищення ефективності	Високі вимоги до інфраструктури, необхідність навчання персоналу
RFID-технологія Інтернету речей (IoT)	Відстеження продукції в реальному часі, моніторинг запасів	Прозорість процесів, зниження ризиків, оптимізація складських операцій	Проблеми з кібербезпекою, високі витрати на впровадження
Блокчейн	Верифікація кожного етапу постачання, забезпечення прозорості	Зниження ризику шахрайства, підвищення довіри між партнерами	Високі витрати на впровадження, правові та регуляторні питання
Big Data	Аналіз даних для прогнозування попиту та оптимізації запасів	Точні прогнози попиту, мінімізація ризиків та витрат	Необхідність спеціалізованих знань та інфраструктури
3D-друк	Децентралізоване виробництво, виробництво на вимогу	Зниження витрат на логістику, мінімізація складів та запасів	Потреба в адаптації виробничих процесів та систем управління

Джерело: складено автором

Штучний інтелект та Інтернет речей (IoT) є ключовими елементами цифрових технологій, які значно змінюють підхід до управління ланцюгом постачання. Штучний інтелект дозволяє автоматизувати процеси прийняття рішень, такі як прогнозування попиту і оптимізація маршрутів доставки, що сприяє зниженню витрат і підвищенню ефективності. Водночас технологія Інтернет речей забезпечує можливість відстеження продукції в реальному часі, що дозволяє зменшити ризики, пов'язані з затримками в доставці та невідповідністю товарів. Незважаючи на численні переваги, впровадження цифрових технологій в управління ланцюгом постачання також стикається з низкою викликів. Це включає в себе потребу в значних інвестиціях в інфраструктуру, проблему безпеки даних, а також необхідність у навчанні персоналу для роботи з новими технологіями. Крім того, компанії повинні враховувати ризики, пов'язані з можливою залежністю від технологічних рішень і ризиками кіберзагроз. Таким чином, інформаційно-комунікаційні технології є важливим інструментом у сучасному управлінні ланцюгом постачання, сприяючи підвищенню ефективності, зниженню витрат і покращенню координації між усіма учасниками процесу.

Значну роль також мають технології автоматизації та штучного інтелекту в управлінні ланцюгом постачання. Автоматизація в даному контексті полягає в застосуванні програмних і технічних засобів для виконання рутинних і складних завдань без необхідності втручання людини. Серед основних переваг автоматизації виділяють, по-перше, підвищення ефективності – автоматизовані системи дозволяють значно скоротити час виконання завдань, що знижує загальні витрати на операції та прискорює процеси постачання. По-друге, це точність – автоматизація зменшує кількість помилок, пов'язаних з людським фактором, що особливо важливо в управлінні запасами та прогнозуванні попиту. По-третє, це прозорість процесів – автоматизовані системи забезпечують постійний моніторинг і звітність, що дозволяє своєчасно виявляти й усувати проблеми. Завдяки автоматизації компанії можуть створювати інтегровані системи управління ланцюгом постачання, що об'єднують різні етапи процесу в єдину платформу. Це сприяє кращій координації між учасниками ланцюга постачання та забезпечує узгодженість дій на всіх рівнях.

Застосування сучасних технологій надає нові можливості, які раніше були недоступні. Зокрема, технологія Big Data здатна аналізувати великі обсяги даних, виявляти паттерни та тренди, а також робити точні прогнози. Використання таких технологій для прогнозування дозволяє компаніям точно передбачати зміни в попиті, враховуючи різноманітні фактори, включаючи сезонність, зміну

поведінки споживачів і зовнішні ринкові умови. Крім того, поглиблена аналітика здатна визначати оптимальні рівні запасів, що дозволяє уникнути надлишкових або недостатніх запасів, мінімізуючи витрати та ризики. До того ж, ці технології допомагають компаніям заздалегідь підготуватися до можливих порушень у ланцюгу постачання, таких як затримки поставок або зміни у вартості сировини. В свою чергу, технологія штучного інтелекту може самостійно приймати рішення на основі встановлених алгоритмів, що дозволяє оперативно реагувати на зміни в реальному часі без залучення людських ресурсів. Інтеграція автоматизації та штучного інтелекту в управління ланцюгом постачання створює синергетичний ефект, де обидві технології доповнюють одна одну. Автоматизація забезпечує виконання завдань з максимальною швидкістю і точністю, тоді як штучний інтелект підвищує адаптивність і гнучкість системи, дозволяючи приймати оптимальні рішення в умовах невизначеності. Таке поєднання дозволяє створювати розумні ланцюги постачання, які можуть самостійно адаптуватися до змін ринкових умов, забезпечуючи при цьому максимальну ефективність і конкурентоспроможність компанії.

Технологія Інтернет речей надає можливість підключати різноманітні елементи ланцюга постачання, включаючи транспортні засоби, склади, обладнання та навіть продукти, до єдиної цифрової мережі. Це створює ґрунт для ефективного збору, обробки та аналізу даних, що, в свою чергу, сприяє прийняттю обґрунтованих управлінських рішень. Зокрема, IoT дозволяє автоматизувати процеси моніторингу запасів та стану товарів у реальному часі, що мінімізує ризики, пов'язані з нестачею або надлишком товарів. Крім того, ця технологія сприяє покращенню управління складськими операціями, зокрема, через автоматизоване виявлення і відстеження товарів за допомогою RFID-міток та сенсорних технологій [17–19]. Однією з ключових переваг технології IoT є можливість забезпечення повної прозорості всього процесу доставки товарів. Завдяки підключеним пристроям, що оснащені датчиками, можливо в режимі реального часу відстежувати місцезнаходження транспортних засобів, їх швидкість, витрату палива, а також умови зберігання товарів (температура, вологість тощо). Це дозволяє оперативно реагувати на будь-які відхилення від плану та забезпечувати виконання графіків доставки. Крім того, IoT значно спрощує управління ризиками в ланцюгу постачання, надаючи можливість виявляти потенційні проблеми ще на ранніх стадіях. Наприклад, за допомогою сенсорів можна вчасно виявити поломку обладнання або порушення умов зберігання, що дозволяє запобігти значним втратам. Інтеграція IoT дозволяє забезпечити високу прозорість

у взаємодії між учасниками ланцюга постачання. Всі залучені сторони – постачальники, виробники, логістичні оператори, роздрібні мережі – мають доступ до актуальної інформації про стан товарів та етапи їх руху в ланцюгу постачання. Це сприяє більш ефективній координації дій та мінімізує ризики виникнення затримок або інших проблем. Крім того, IoT дозволяє здійснювати більш точне прогнозування попиту та планування ресурсів, що особливо важливо в умовах волатильного бізнес-середовища. Аналітичні можливості, що надаються IoT, дозволяють підприємствам краще розуміти поведінку споживачів та відповідно коригувати стратегії управління ланцюгом постачання.

Значний потенціал в досліджуваному контексті має технологія блокчейн. Однією з основних проблем у традиційному управлінні ланцюгом постачання є обмежена можливість точно відстежувати походження товарів, що особливо критично для секторів, які потребують високого рівня безпеки. Блокчейн надає можливість створювати деталізовані записи про кожну транзакцію, що включає інформацію про походження продукту, умови зберігання, переміщення через митниці, та інші важливі дані. Кожен учасник ланцюга постачання може додавати нові дані в блокчейн, але не може змінювати вже внесену інформацію. Це дозволяє забезпечити верифікацію кожного етапу процесу, гарантуючи, що інформація є достовірною та невідомою. Такий підхід значно знижує ризики шахрайства та помилок, що може стати критичним фактором у підвищенні довіри між партнерами по ланцюгу постачання. Використання блокчейн в управлінні ланцюгами постачання має кілька ключових переваг. Перовсім, це підвищення прозорості – усунення бар'єрів у доступі до інформації, що дозволяє всім учасникам ланцюга мати чітке уявлення про стан товарів на кожному етапі. Крім того, це зменшення ризиків – завдяки незмінності даних, блокчейн забезпечує більш високий рівень довіри та надійності, що є важливим у міжнародних поставках, де ризики підробки та шахрайства є суттєвими. На завершення, це оптимізація процесів – автоматизація збору та обробки даних зменшує кількість помилок і скорочує час на проведення операцій, що, в свою чергу, знижує витрати. Звернімо увагу, що впровадження також пов'язане з певними викликами, серед яких можемо виділити високі витрати на початкове впровадження, необхідність в інтеграції з існуючими системами управління ланцюгом постачання, а також питання, пов'язані з правовими та регуляторними аспектами.

Впровадження технології 3D-друку в управління ланцюгом постачання призводить до значних змін у структурі ланцюгів постачання. По-перше, 3D-друк дозволяє здійснювати вироб-

ництво ближче до кінцевого споживача, що значно скорочує довжину ланцюгів постачання і знижує витрати на транспортування. Це особливо актуально для компаній, які прагнуть мінімізувати витрати на логістику і зменшити залежність від глобальних постачальників. По-друге, використання 3D-друку сприяє зменшенню запасів продукції на складах. Виробники можуть виготовляти продукцію «на вимогу», що дозволяє уникнути надмірного зберігання і знижує ризики, пов'язані з непроданими залишками. Це сприяє більш гнучкому реагуванню на зміни попиту і оптимізує управління ресурсами. В даному ракурсі, традиційна модель постачання, яка базується на довгострокових контрактах і централізованому управлінні виробництвом, поступово втрачає актуальність. Натомість, компанії переходять до моделі децентралізованого виробництва, де 3D-принтери стають основним виробничим інструментом на рівні локальних підрозділів або безпосередньо у споживачів [10–16].

В підсумку, впровадження автоматизації, штучного інтелекту та Інтернету речей дозволяє компаніям не лише оптимізувати операційні процеси, а й зменшити витрати, уникати помилок та покращувати управління запасами і логістикою. Використання аналітичних платформ та систем підтримки прийняття рішень допомагає аналізувати великі обсяги даних для покращення стратегій управління. Технологія блокчейн підвищує прозорість і довіру у ланцюгах постачання, знижуючи ризики шахрайства та забезпечуючи достовірність даних на кожному етапі. Впровадження блокчейн сприяє автоматизації та скороченню часу на виконання операцій, проте виклики, пов'язані з високими витратами і правовими аспектами, потребують додаткових рішень. Технологія 3D-друку змінює традиційні моделі постачання, дозволяючи компаніям скорочувати довжину ланцюгів постачання, знижувати витрати на логістику та управління запасами, а також переходити до децентралізованого виробництва. Таким чином, цифрові технології в управлінні ланцюгом постачання відкривають нові можливості для підвищення конкурентоспроможності підприємств, однак вимагають значних інвестицій і готовності до вирішення нових викликів.

Висновки. У результаті проведеного дослідження встановлено, що розвиток управління ланцюгом постачання проходить через кілька ключових етапів – від процесного підходу до впровадження концепції резильєнтності та цифрової трансформації. Сучасні підприємства дедалі частіше інтегрують цифрові технології, зокрема ERP-системи, штучний інтелект, блокчейн, Інтернет речей (IoT) та аналітичні платформи, що дозволяє підвищити ефективність управління потоками ресурсів, зменшити витрати й покращити прозо-

рість бізнес-процесів. Впровадження цих технологій створює підґрунтя для формування «розумних» ланцюгів постачання, які здатні самостійно адаптуватися до змін зовнішнього середовища та мінімізувати вплив кризових явищ.

Разом з тим, цифровізація управління ланцюгом постачання супроводжується низкою викликів – високими витратами на впровадження, потребою у кваліфікованих кадрах, ризиками кібербезпеки та правовими обмеженнями використання інноваційних технологій. Незважаючи на це, переваги, що надають сучасні інформаційно-комунікаційні

рішення, значно перевищують потенційні ризики, відкриваючи нові можливості для підвищення гнучкості, адаптивності та стійкості підприємств.

Отже, ефективне управління ланцюгом постачання в умовах Індустрії 4.0 потребує комплексного підходу, який поєднує технологічні інновації, стратегічне мислення та орієнтацію на сталий розвиток. Саме така модель управління забезпечує підприємствам конкурентні переваги на глобальному ринку, сприяє підвищенню їхньої ефективності та дозволяє створювати стійкі й адаптивні бізнес-системи майбутнього.

Список використаних джерел:

1. Boichenko M. Supply Chain Management: Ways of Streamlining. *Economic Herald of the Donbas*. 2020. No. 3 (61). P. 154–159. DOI: [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2020-3\(61\)-154-159](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2020-3(61)-154-159) (дата звернення: 03.03.2025).
2. Коваленко О. В. Узгодження стандартів і процедур міжорганізаційної координації у ланцюгу постачання. *Підприємництво і торгівля*. 2024. № 40. С. 67–72. DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1256-2024-40-09> (дата звернення: 03.03.2025).
3. Chuhlata G. Optimization of the process management the integrated supply chain in the system of logistic support military units of the national guard of Ukraine. *Pryazovskyi Economic Herald*. 2021. No. 1(24). С. 126–129. DOI: <https://doi.org/10.32840/2522-4263/2021-1-21> (дата звернення: 03.03.2025).
4. Кривещенко В., Хмурковський Г., Ляденко Т. Оптимізація логістичних ланцюгів постачання в умовах глобальних криз. *Економіка та суспільство*. 2024. № 63. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-63-110> (дата звернення: 05.02.2025).
5. Dubovyk S. G., Sigida N. O., Spesiviy Y. Y. Management of business supply chains, their essence and structure. *Economy and Society*. 2018. No. 18. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2018-18-56> (дата звернення: 02.04.2025).
6. Озарко К., Челомбитько В. Особливості управління логістикою за кризових умов господарювання: інформаційний аспект. *Економіка та суспільство*. 2022. № 45. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-45-17> (дата звернення: 02.04.2025).
7. Zaverbnyj A., Rak V. Peculiarities of Supply Chain Risk Management in Wartime and Post-War Period. *Market Infrastructure*. 2023. No. 74. P. 35–40. DOI: <https://doi.org/10.32782/infrastructure74-7> (дата звернення: 02.04.2025).
8. Тарасюк Г. М. Логістичні рішення та управління постачаннями в компанії: виклики часу. *Економіка, управління та адміністрування*. 2021. № 4(98). С. 42–48. DOI: [https://doi.org/10.26642/ema-2021-4\(98\)-42-48](https://doi.org/10.26642/ema-2021-4(98)-42-48) (дата звернення: 03.03.2025).
9. Wang N., Chen J., Wang H. Resilient Supply Chain Optimization Considering Alternative Supplier Selection and Temporary Distribution Center Location. *Mathematics*. 2023. Vol. 11, no. 18. DOI: <https://doi.org/10.3390/math11183955> (дата звернення: 03.03.2025).
10. Похильченко О. Тренди логістики та supply chain management в проекції трансформаційних змін Industry 4.0. *Інтелект XXI*. 2019. № 3. С. 149–154. URL: http://www.intellect21.nuft.org.ua/journal/2019/2019_3/26.pdf (дата звернення: 03.03.2025).
11. Petrunya Y. Y., Pasichnyk T. O. Impact of modern technologies on logistics and supply chain management. *Marketing and Management of Innovations*. 2018. No. 1. P. 130–139. DOI: <https://doi.org/10.21272/mmi.2018.1-09> (дата звернення: 03.03.2025).
12. Рогоза М. Є., Смірнов Ф. Використання різнотипних контрактів у технології blockchain в управлінні ланцюгом поставок. *Scientific Bulletin of PUET: Economic Sciences*. 2021. № 2 (103). С. 22–26. DOI: <https://doi.org/10.37734/2409-6873-2021-2-4> (дата звернення: 03.03.2025).
13. Skitsko V. Digital technologies in the modern logistics and supply chain management. *Marketing and Digital Technologies*. 2018. Vol. 2, no. 3. P. 48–63. DOI: <https://doi.org/10.15276/mdt.2.3.2018.3> (дата звернення: 03.03.2025).
14. Oliveira-Dias D. D., Maqueira Marín J. M., Moyano-Fuentes J. Lean and agile supply chain strategies: the role of mature and emerging information technologies. *The International Journal of Logistics Management*. 2022. Vol. 33, no. 5. P. 221–243. DOI: <https://doi.org/10.1108/ijlm-05-2022-0235> (дата звернення: 02.04.2025).
15. Hassani Y., Ceaușu I., Iordache A. Lean and Agile model implementation for managing the supply chain. *Proceedings of the International Conference on Business Excellence*. 2020. Vol. 14, no. 1. P. 847–858. DOI: <https://doi.org/10.2478/picbe-2020-0081> (дата звернення: 02.04.2025).
16. Сигида Л., Сагер Л. Особливості функціонування ланцюгів поставок в умовах Індустрії 4.0. Випереджаючий інноваційний розвиток: теорія, методика, практика: монографія. Суми, 2018. С. 424–433. URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/70724/1/Syhyda_Saher_Industry_4.0.pdf (дата звернення: 03.03.2025).
17. RFID Implementation in Supply Chain Management / P. R. Podduturi, et al. *International Journal of Interdisciplinary Telecommunications and Networking*. 2020. Vol. 12, no. 2. P. 34–45. DOI: <https://doi.org/10.4018/ijitn.2020040103> (дата звернення: 03.03.2025).

18. Резнік Н., Іванець І. Використання RFID-технології в області логістики та управління ланцюгами поставок: переваги та недоліки використання технології. *Молодий вчений*. 2022. № 2 (102). С. 76–81. DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2022-2-102-15> (дата звернення: 03.03.2025).
19. Et al. W. C. T. Survey of RFID-IoT in Supply Chain Management. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*. 2021. Vol. 12, no. 3. P. 1754–1762. DOI: <https://doi.org/10.17762/turcomat.v12i3.1002> (дата звернення: 03.03.2025).
20. Матвєєва Ю., Опанасюк Ю., Вакуленко І. Управління зеленим ланцюгом поставок в енергетиці на основі багатокритеріальної моделі KTT GSCM. *Socio-economic relations in the digital society*. 2023. Т. 3, № 49. С. 23–39. DOI: <https://doi.org/10.55643/ser.3.49.2023.495> (дата звернення: 03.03.2025).
21. Kocaoglu Y., Gümüş A. T., Kocaoglu B. Supply Chain Optimization Studies: A Literature Review and Classification. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*. 2018. Vol. 19, No. 1. P. 79–98. URL: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/doujournal/issue/66678/1043168>

References:

1. Boichenko, M. (2020). Supply chain management: Ways of streamlining. *Economic Herald of the Donbas*, no. 3(61), pp. 154–159. DOI: [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2020-3\(61\)-154-159](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2020-3(61)-154-159)
2. Kovalenko, O. V. (2024). Uzgodzhennia standartiv i protsedur mizhoryhanizatsiinoi koordynatsii u lantsiuhu postachannia [Coordination of standards and procedures in interorganizational supply chain management]. *Pidpriemnytstvo i torhivlia*, no. 40, pp. 67–72. DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1256-2024-40-09> (in Ukrainian)
3. Chuhlata, G. (2021). Optimization of the process management the integrated supply chain in the system of logistic support military units of the National Guard of Ukraine. *Pryazovskyi Economic Herald*, no. 1(24). pp. 126–129. DOI: <https://doi.org/10.32840/2522-4263/2021-1-21>
4. Kryvshchenko, V., Khmurkovskiy, H., & Liadenko, T. (2024). Optymizatsiia lohystychnykh lantsiuhiv postachannia v umovakh hlobalnykh kryz [Optimization of supply chains under global crises]. *Ekonomika ta suspilstvo*, no. 63. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-63-110> (in Ukrainian)
5. Dubovyk, S. G., Sigida, N. O., & Spesiviy, Y. Y. (2018). Management of business supply chains, their essence and structure. *Economy and Society*, no. 18. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2018-18-56>
6. Ozarko, K., & Chelombitko, V. (2022). Osoblyvosti upravlinnia lohistykoju za kryzovykh umov hospodariuvannia: Informatsiinyi aspekt [Features of logistics management under crisis conditions: Information aspect]. *Ekonomika ta suspilstvo*, no. 45. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-45-17> (in Ukrainian)
7. Zaverbnyj, A., & Rak, V. (2023). Peculiarities of supply chain risk management in wartime and post-war period. *Market Infrastructure*, no. 74. pp. 35–40. DOI: <https://doi.org/10.32782/infrastructure74-7>
8. Tarasiuk, H. M. (2021). Lohistychni rishennia ta upravlinnia postachanniamy v kompaniyi: Vyklyky chasu [Logistics solutions and supply management in a company: Challenges of time]. *Ekonomika, upravlinnia ta administruvannia*, no. 4(98), pp. 42–48. DOI: [https://doi.org/10.26642/ema-2021-4\(98\)-42-48](https://doi.org/10.26642/ema-2021-4(98)-42-48) (in Ukrainian)
9. Wang, N., Chen, J., & Wang, H. (2023). Resilient supply chain optimization considering alternative supplier selection and temporary distribution center location. *Mathematics*, no. 11(18). DOI: <https://doi.org/10.3390/math11183955>
10. Pokhylchenko, O. (2019). Trendi lohistyky ta supply chain management v proektsii transformatsiinykh zmin Industry 4.0 [Trends in logistics and supply chain management in the context of Industry 4.0 transformation]. *Intellect XXI*, no. 3, pp. 149–154. Available at: http://www.intellect21.nuft.org.ua/journal/2019/2019_3/26.pdf (in Ukrainian)
11. Petrunya, Y. Y., & Pasichnyk, T. O. (2018). Impact of modern technologies on logistics and supply chain management. *Marketing and Management of Innovations*, no. 1, pp. 130–139. DOI: <https://doi.org/10.21272/mmi.2018.1-09>
12. Rohoza, M. Ye., & Smirnov, F. (2021). Vykorystannia riznotypnykh kontraktiv u tekhnolohii blockchain v upravlinni lantsiuhom postavok [Use of different types of contracts in blockchain technology in supply chain management]. *Scientific Bulletin of PUET: Economic Sciences*, no. 2(103). pp. 22–26. DOI: <https://doi.org/10.37734/2409-6873-2021-2-4> (in Ukrainian)
13. Skitsko, V. (2018). Digital technologies in the modern logistics and supply chain management. *Marketing and Digital Technologies*, no. 2(3), pp. 48–63. DOI: <https://doi.org/10.15276/mdt.2.3.2018.3>
14. Oliveira-Dias, D. D., Maqueira Marin, J. M., & Moyano-Fuentes, J. (2022). Lean and agile supply chain strategies: The role of mature and emerging information technologies. *The International Journal of Logistics Management*, no. 33(5), pp. 221–243. DOI: <https://doi.org/10.1108/ijlm-05-2022-0235>
15. Hassani, Y., Ceaşu, I., & Iordache, A. (2020). Lean and agile model implementation for managing the supply chain. *Proceedings of the International Conference on Business Excellence*, vol. 14(1), pp. 847–858. DOI: <https://doi.org/10.2478/picbe-2020-0081>
16. Sigida, L., & Sager, L. (2018). Osoblyvosti funktsionuvannia lantsiuhiv postavok v umovakh Industrii 4.0 [Features of supply chain functioning under Industry 4.0]. In *Vyperezhaiuchy innovatsiinyi rozvytok: Teoriia, metodyka, praktyka: monografiia* (pp. 424–433). Sumy. Available at: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/70724/1/Syhyda_Saher_Industry_4.0.pdf (in Ukrainian)
17. Podduturi, P. R., et al. (2020). RFID implementation in supply chain management. *International Journal of Interdisciplinary Telecommunications and Networking*, no. 12(2), pp. 34–45. DOI: <https://doi.org/10.4018/ijitn.2020040103>
18. Reznik, N., & Ivanets, I. (2022). Vykorystannia RFID-tekhnolohii v oblasti lohistyky ta upravlinnia lantsiuhamy postachan: Prevahyi ta nedoliky vykorystannia tekhnolohii [Use of RFID technology in logistics and supply chain

management: Advantages and disadvantages]. *Molodyi vchenyi*, no. 2(102), pp. 76–81. DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2022-2-102-15> (in Ukrainian)

19. W. C. T., et al. (2021). Survey of RFID-IoT in supply chain management. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, no. 12(3), pp. 1754–1762. DOI: <https://doi.org/10.17762/turcomat.v12i3.1002>

20. Matvieieva, Y., Opanasiuk, Y., & Vakulenko, I. (2023). Upravlinnia zelenym lantsiuhom postachannia v enerhetytsi na osnovi bahatykryteriiialnoi modeli KTT GSCM [Green supply chain management in energy sector based on multi-criteria KTT GSCM model]. *Socio-economic Relations in the Digital Society*, no. 3(49), pp. 23–39. DOI: <https://doi.org/10.55643/ser.3.49.2023.495> (in Ukrainian)

21. Kocaoğlu, Y., Gümüş, A. T., & Kocaoğlu, B. (2018). Supply chain optimization studies: A literature review and classification. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, no. 19(1), pp. 79–98. Available at: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/doujournal/issue/66678/1043168>

Стаття надійшла до редакції 14.10.2025