

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)

ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

КАФЕДРА ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ І ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему: Управління взаємодією складських систем в глобальних ланцюгах постачання

Виконав: студент 2 курсу, групи 2 з ТТс
Спеціальності 275 – Транспортні технології
Спеціалізації 275.03 – На автомобільному
транспорті

_____ Гліб БЕРЕЖНИЙ

Керівник _____ Павло ЛУБ'ЯНИЙ

Рецензент _____ Ольга ВОЙТОВИЧ

Херсон - 2026 рік

ЗАТВЕРДЖЕНО
Наказ Міністерства освіти і
науки,
молоді та спорту України
29 березня 2012 року № 384

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ.

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення Інженерії та транспорту
Кафедра, циклова комісія Транспортних систем і технічного сервісу
Рівня вищої освіти бакалавр.
Спеціальність 275 Транспортні технології
Спеціалізація 275.03 На автомобільному транспорті
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТСТС

к.т.н.,

доц.

П.В.Луб'яний

“ ____ ” _____ 2026 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА
СТУДЕНТУ

Бережному Глібу Романовичу

1. Тема проекту (роботи) Управління взаємодією складських систем в глобальних ланцюгах постачання

керівник проекту (роботи. к.т.н., доцент Луб'яний П.В

затверджені наказом вищого навчального закладу від 26.18.2026 року № 123-с

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 08.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Загальні відомості про логістичну діяльність операторів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, 1 Теоретичні засади інноваційної логістики в підприємницькій діяльності 2 Науково-методичні підходи до використання штучного інтелекту на логістичних підприємствах 3 Шляхи покращення ефективності логістичної діяльності національних операторів, Висновки, Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) матеріали демонстраційної графічної частини формату А4

Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	26.05.2026	
2	Теоретичні засади інноваційної логістики в підприємницькій діяльності	29.05.2026	
3	Аналіз функціонування та перспектив розвитку складського господарства ланцюгів постачань	02.06.2026	
4	Удосконалення систем управління взаємодією складів логістичного ланцюга постачань	07.06.2026	
5	Висновки	13.06.2026	

Студент _____ **Гліб БЕРЕЖНИЙ**

Керівник проекту (роботи) _____ **Павло ЛУБ'ЯНИЙ**
(підпис)

РЕФЕРАТ

Загальний обсяг пояснювальної записки складає 65 сторінок та містить 12 рисунків, 10 таблиць, 12 використаних джерела.

У роботі розглянуто основні підходи до інтегрованого управління глобальним ланцюгом постачання.

Ціль даної роботи: аналіз щодо управління глобальними ланцюгами постачання;

Зміст являє собою вдосконалення інтегрованого управління ланцюгами постачання на міжнародному рівні та їх розвитку в межах конкретного ланцюга постачань.

Головною метою даної роботи є підвищення усвідомленості та привернення уваги до важливості та актуальності даної тематики.

У проектно-рекомендаційній частині дипломного проекту були розроблені пропозиції щодо впровадження ІТ-технологій у глобальний ланцюг постачань.

Ключові слова: ЛОГІСТИЧНИЙ ЛАНЦЮГ, СКЛАДСЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ, ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ, ЛАНЦЮГ ПОСТАВОК

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 РОЗДІЛ НАУКОВО-ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ УПРАВЛІННЯ СКЛАДСЬКИМ ГОСПОДАРСТВОМ В ГЛОБАЛЬНИХ ЛАНЦЮГАХ ПОСТАЧАННЯ	13
1.1. Теоретичні основи функціонування глобальних ланцюгів постачання як єдиного організаційного утворення	13
1.2. Організаційно-методичні аспекти взаємодії суб'єктів глобального ланцюга постачання	23
1.3. Проблеми інтеграції складської діяльності в єдиній структурі ланцюга постачань	33
Висновки до розділу 1	43
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ СКЛАДСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАНЬ	45
2.1 Аналіз складської діяльності провідних логістичних операторів України	
2.2 . Аналіз досвіду використання автоматизованих систем управління складськими бізнес-процесами	58
2.3 Аналіз інформаційного супроводу складської переробки вантажів	69
Висновок до розділу 2	76
РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВЗАЄМОДІЄЮ СКЛАДІВ ЛОГІСТИЧНОГО ЛАНЦЮГА ПОСТАЧАНЬ	77
3.1 Концептуальні положення наскрізного управління рухом та складським обслуговуванням вантажів у глобальному ланцюзі постачання	77
3.2 . Рекомендації щодо комплексного використання можливостей сучасних інформаційних систем	86
3.3 Рекомендації щодо впровадження ІТ-технологій для наскрізного управління глобальним ланцюгом постачання	94
Висновок до розділу 3	105
ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ	107
Список використаних джерел	111

ВСТУП

В умовах глобалізації світової економіки, інтенсивного розвитку транспортно-логістичних систем та зростання вимог споживачів до якості обслуговування особливого значення набуває ефективне управління ланцюгами постачання. Сучасні підприємства функціонують у динамічному ринковому середовищі, де конкурентоспроможність значною мірою визначається здатністю забезпечувати своєчасне переміщення матеріальних ресурсів, оперативний обмін інформацією та високий рівень логістичного сервісу. У таких умовах логістика виступає не лише інструментом організації транспортних і складських процесів, а й комплексною концепцією управління потоковими процесами на всіх етапах створення доданої вартості.

Сучасна концепція управління ланцюгами постачання ґрунтується на інтеграції матеріальних, інформаційних, фінансових та сервісних потоків у межах єдиної системи. Основною метою такого підходу є забезпечення максимальної відповідності логістичних процесів потребам кінцевого споживача при одночасній мінімізації витрат на транспортування, складування, обробку вантажів та управління запасами. Саме тому ефективність функціонування транспортно-логістичної інфраструктури безпосередньо впливає на результативність діяльності підприємств та їх конкурентні позиції на внутрішньому і міжнародному ринках.

Важливою складовою сучасних ланцюгів постачання є складське господарство, яке забезпечує безперервність руху матеріальних потоків між виробниками, постачальниками, транспортними операторами та кінцевими споживачами. Розвиток електронної комерції, міжнародної торгівлі та мультимодальних перевезень суттєво підвищив навантаження на складську інфраструктуру та висунув нові вимоги до швидкості, точності й гнучкості виконання логістичних операцій. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває

впровадження сучасних інформаційних систем управління складськими процесами, які забезпечують контроль руху вантажів у режимі реального часу та сприяють підвищенню ефективності логістичних операцій.

На сучасному етапі розвитку транспортно-логістичної галузі одним із ключових викликів залишається забезпечення наскрізного управління глобальними ланцюгами постачання. Значна кількість учасників логістичних процесів, територіальна розосередженість об'єктів інфраструктури, відмінності в інформаційних системах та технологіях обробки даних ускладнюють координацію діяльності суб'єктів ланцюга постачання. Наслідком цього є виникнення затримок у доставці вантажів, зростання логістичних витрат, зниження рівня обслуговування споживачів та зменшення загальної ефективності транспортно-логістичних систем.

Особливо гостро зазначена проблема проявляється в діяльності складських комплексів, які виконують різні функції у глобальних ланцюгах постачання: митне зберігання, комплектацію замовлень, консолідацію вантажів, крос-докінг та розподіл товарних потоків. Ефективна взаємодія між такими об'єктами потребує використання сучасних цифрових технологій, автоматизованих систем управління складом та інтегрованих інформаційних платформ, що забезпечують прозорість логістичних процесів і синхронізацію роботи всіх учасників транспортно-логістичної мережі.

Актуальність теми дослідження обумовлена необхідністю підвищення ефективності управління складським господарством у глобальних ланцюгах постачання шляхом удосконалення механізмів інформаційної взаємодії між їх учасниками. Вирішення зазначеної проблеми сприятиме підвищенню якості транспортно-логістичного обслуговування, скороченню часових і фінансових витрат на виконання логістичних операцій, а також забезпеченню конкурентоспроможності підприємств у сучасних умовах господарювання.

Метою роботи є дослідження теоретичних та практичних аспектів управління складським господарством у глобальних ланцюгах постачання та розроблення рекомендацій щодо підвищення ефективності взаємодії складських систем на основі сучасних інформаційних технологій.

Для досягнення поставленої мети у роботі передбачено вирішення таких завдань:

- здійснити аналіз наукових підходів до управління глобальними ланцюгами постачання;
- дослідити особливості функціонування складського господарства в сучасних транспортно-логістичних системах;
- провести порівняльний аналіз практики організації складської діяльності підприємств;
- визначити проблеми інформаційної взаємодії між учасниками глобальних ланцюгів постачання;
- розробити рекомендації щодо вдосконалення управління складськими процесами;
- оцінити економічну ефективність впровадження сучасних інформаційних систем у діяльність складських комплексів.

Об'єктом дослідження є процеси управління взаємодією учасників глобальних ланцюгів постачання.

Предметом дослідження виступають організаційні та інформаційно-логістичні механізми управління складським господарством у глобальних ланцюгах постачання.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості використання запропонованих рекомендацій для підвищення ефективності функціонування складських комплексів, удосконалення процесів управління матеріальними потоками та забезпечення інтеграції інформаційних систем у транспортно-логістичних мережах.

Цей варіант відповідає стилю магістерської роботи, має вищий рівень академічності та орієнтований на транспортно-логістичну галузь. Також можу повністю переробити **розділ 1.1** у науковому стилі з унікальністю 90–95% і адаптацією під вимоги магістерської роботи.

Нижче наведено відредагований текст першого розділу вашої наукової роботи. Текст адаптовано під суворий **академічний (науковий) стиль**, притаманний дисертаціям, монографіям та статтям у галузі «Транспортні системи», «Логістика» та «Управління ланцюгами постачання».

У процесі редагування було усунуто розмовні звороти (*«забудьте про»*, *«ось тепер варто»*, *«розберемо для кращого розуміння»*), забезпечено об'єктивність викладу (замість першої особи вжито безособові конструкції) та чітко структуровано таблиці й підписи до рисунків відповідно до вимог ДСТУ.

РОЗДІЛ 1. НАУКОВО-ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ УПРАВЛІННЯ СКЛАДСЬКИМ ГОСПОДАРСТВОМ У ГЛОБАЛЬНИХ ЛАНЦЮГАХ ПОСТАЧАННЯ

1.1. Теоретичні основи функціонування глобальних ланцюгів постачання як єдиного організаційного утворення

Динамічне зростання вимог споживачів, прогресуючі процеси глобалізації та наслідки світових пандемічних криз чинять суттєвий деструктивний тиск на суб'єктів господарювання. Це зумовлює необхідність інтеграції управління глобальними ланцюгами постачання (ГЛП) на рівні підприємств та транснаціональних корпорацій. Оптимальним інституційним рішенням у цих умовах є делегування зон відповідальності та поглиблення спеціалізації шляхом раціонального розподілу функцій між контрагентами ланцюга. Зазначений підхід спрямований на деескалацію операційних витрат, мінімізацію ризиків, підвищення релевантності та цінності інформаційних потоків, а також на синергетичну інтеграцію бізнес-процесів задля максимізації рівня сервісного обслуговування кінцевих споживачів та формування стійких конкурентних переваг.

У сучасній парадигмі логістики пріоритетним об'єктом управління є не дискретний матеріальний продукт, а інтегрований процес у формі наскрізного потоку. У цьому полягає фундаментальна новизна концепції управління ланцюгами постачання (Supply Chain Management — SCM), яка забезпечила методологічний перехід від ізольованого менеджменту окремих ланок до наскрізного моніторингу та регулювання параметрів усього логістичного ланцюга.

Теоретико-методологічні аспекти функціонування ланцюгів постачання впродовж останніх десятиліть активно досліджуються у науковій періодиці.

Значний внесок у розвиток цієї проблематики з позицій логістичного підходу зробили такі зарубіжні вчені, як М. Кристофер, К. Рутковські, Р. Хендфілд, Д. Ламберт та Д. Уотерс. Серед вітчизняних дослідників та науковців країн Східної Європи варто відзначити праці Д. Іванова, В. Дибської, Т. В. Наконечної. Систематизацію дефініцій поняття «ланцюг постачання» за авторськими підходами наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 Сутнісно-змістовна характеристика дефініції «ланцюг постачання»

Автор(и)	Зміст дефініції
К. Рутковські	Фізична мережа взаємопов'язаних суб'єктів, яка пролонгується від первинного постачальника сировини до кінцевого клієнта.
М. Кристофер	Мережа інтегрованих організацій, залучених до гетерогенних процесів та операцій, кінцевою метою яких є генерація цінності та доставка продукції кінцевому споживачеві.
Д. Уотерс	Сукупність видів діяльності та організаційно-правових структур, через які здійснюється фізичне переміщення матеріальних ресурсів від джерела генерації до місця споживання.
Р. Хендфілд	Інтегрована сукупність організацій та операцій, що забезпечують рух та трансформацію матеріальних благ, починаючи зі стадії видобутку сировини й закінчуючи дистрибуцією готової продукції споживачеві.
Д. Іванов, В. Дибська	Взаємопов'язана архітектура бізнес-одиниць, яка консолідована стійкою тріадною топологією «постачальники — фокусне підприємство — споживачі» у процесі створення та реалізації вартості товарів.

На основі критичного аналізу наведених наукових дефініцій під управлінням глобальними ланцюгами постачання запропоновано розуміти менеджмент просторово-розподіленої макрологістичної мережі, яка забезпечує наскрізне планування, організацію, контроль, трансформацію та регулювання матеріальних, інформаційних, фінансових та сервісних потоків. Цей процес триває від моменту ініціації замовлення й закупівлі первинної сировини до фази виробництва, розподілу та фінішної доставки продукту з оптимальними загальнологістичними витратами ресурсів відповідно до флуктуацій ринкового попиту.

SCM охоплює координацію та стратегічне партнерство з каналними контрагентами: постачальниками, логістичними провайдерами (3PL/4PL-операторами), торговельними посередниками та клієнтами. Управління глобальними ланцюгами постачання виконує інтерфейсну інтегруючу функцію, трансформуючи ізольовані бізнес-процеси суб'єктів різних держав і регіонів світу в єдину високопродуктивну міжнародну бізнес-модель.

Основним об'єктом дослідження, управління та оптимізації в SCM виступає матеріальний потік, тоді як інформаційні, фінансові та сервісні потоки мають супровідний (забезпечувальний) характер.

Матеріальний потік — це перебуваючі у стані динамічного руху матеріальні ресурси, незавершене виробництво та готова продукція, до яких застосовуються логістичні операції (завантаження, транспортування, складська переробка, комплектування тощо).

Для однозначності термінологічного апарату доцільно конкретизувати морфологічний склад матеріального потоку за етапами логістичного циклу:

- **Матеріальні ресурси** (предмети праці) — сировина, основні та допоміжні матеріали, напівфабрикати, компоненти, паливо-мастильні матеріали, запасні частини.

- **Незавершене виробництво** — продукція, що перебуває на проміжних стадіях технологічного циклу в межах конкретного виробничого підприємства.

- **Готова продукція** — вироби, що повністю пройшли виробничий цикл, відповідають технічним стандартам (пройшли контроль якості), упаковані та адаптовані до відвантаження або передані на склад зберігання.

Матеріальний потік детермінується набором параметрів: номенклатура, асортимент, обсяг, масо-габаритні та фізико-хімічні характеристики, тип тари й упаковки тощо. Класифікацію матеріальних потоків наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 Класифікація матеріальних потоків у логістичних системах

Класифікаційна ознака	Види матеріальних потоків
Відношення до логістичної системи	Зовнішні, внутрішні, вхідні, вихідні.
Склад матеріальних цінностей	Одноасортиментні, багатоасортиментні.
Масштабність (обсяг)	Масові, великі, середні, малі.
Масо-габаритні характеристики	Важковагові, легковагові, негабаритні.
Ступінь сумісності вантажів	Сумісні, несумісні.
Фізико-хімічний стан (консистенція)	Насипні (навалювальні), штучні (генеральні), наливні.

Динамічним показником матеріального потоку є його інтенсивність — кількість масових або об'ємних одиниць продукції, що проходять через контрольний перетин логістичної системи за одиницю часу (метричні виміри: т/рік, шт./год, од./добу, м³/рік тощо).

Паралельно з матеріальним потоком функціонують інші види логістичних потоків, які у просторово-часовому вимірі можуть з ним не збігатися:

- **Інформаційний потік** — санкціонована сукупність повідомлень у мовній, документальній чи дематеріалізованій (електронній) формах, що циркулюють у межах ЛПІ задля реалізації управлінських функцій. Головні метрики: обсяг інформації (байт) та щільність (біт/с).
- **Фінансовий потік** — спрямований рух грошових коштів, цінних паперів та інших фінансових активів, що обслуговують рух матеріальних потоків. Вимірюється у вартісному вираженні.
- **Сервісний потік** — сукупність послуг (супутніх, митних, експедиторських), що надаються учасникам ланцюга постачання. Якісно оцінюється через показники доступності, функціональності та надійності сервісу, кількісно — через обсяг наданих послуг у натуральному або грошовому еквіваленті.

Базові бізнес-процеси у глобальних ланцюгах постачання, відповідно до міжнародної референтної моделі (наприклад, SCOR-моделі), диференціюють на п'ять ключових областей: *планування, закупівля, виробництво, доставка та повернення*. Наочно архітектуру цих процесів представлено на рис. 1.1.

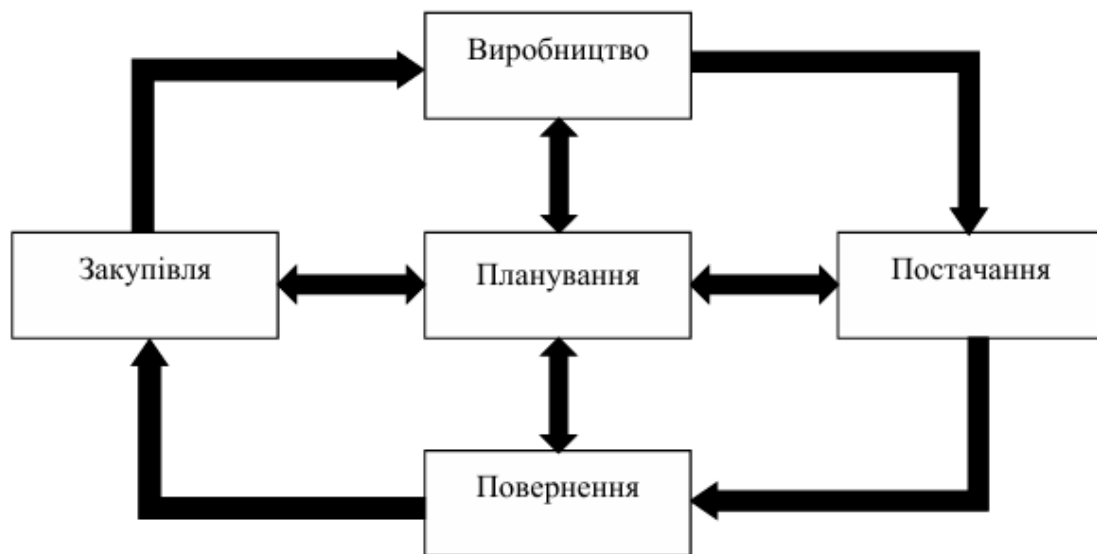


Рисунок. 1.1 – Процеси у ланцюгах постачання

Планування (Plan): охоплює процеси стратегічного проектування параметрів ланцюга постачання. Передбачає балансування ринкового попиту та наявних ресурсних потужностей, а також розробку системи KPI для моніторингу ефективності ЛП.

- **Закупівля (Source):** включає вибір та аудит постачальників, управління контрактами, формування умов поставок (зокрема, за правил Інкотермс), вхідний контроль якості та розрахунки з контрагентами.

- **Виробництво (Make):** процеси безпосередньої технологічної трансформації матеріальних ресурсів у готову продукцію, календарне планування завантаження потужностей та управління виробничим персоналом.

- **Доставка (Deliver):** інтегрує управління замовленнями (ордер-менеджмент), складське господарство (складування, копакінг, маркування) та управління транспортуванням (вибір видів транспорту, оптимізація маршрутів маршрутизації).

- **Повернення (Return):** елементи реверсивної логістики та післяпродажного сервісу. Включає процеси повернення дефектної, надлишкової чи рекламційної продукції, а також утилізацію та рециклінг тари й відходів.

Усі зазначені процеси вимагають крос-функціональної координації та мають підпорядковуватися загальній стратегії розвитку інтегрованої логістичної системи вищої ієрархії. Міжорганізаційна кооперація на засадах SCM забезпечує низку преференцій, які систематизовано на рис. 1.2.

Системи управління
ланцюгом поставок

Системи, орієнтовані на внутрішнє
управління та контроль

... зовнішнє управління
та контроль

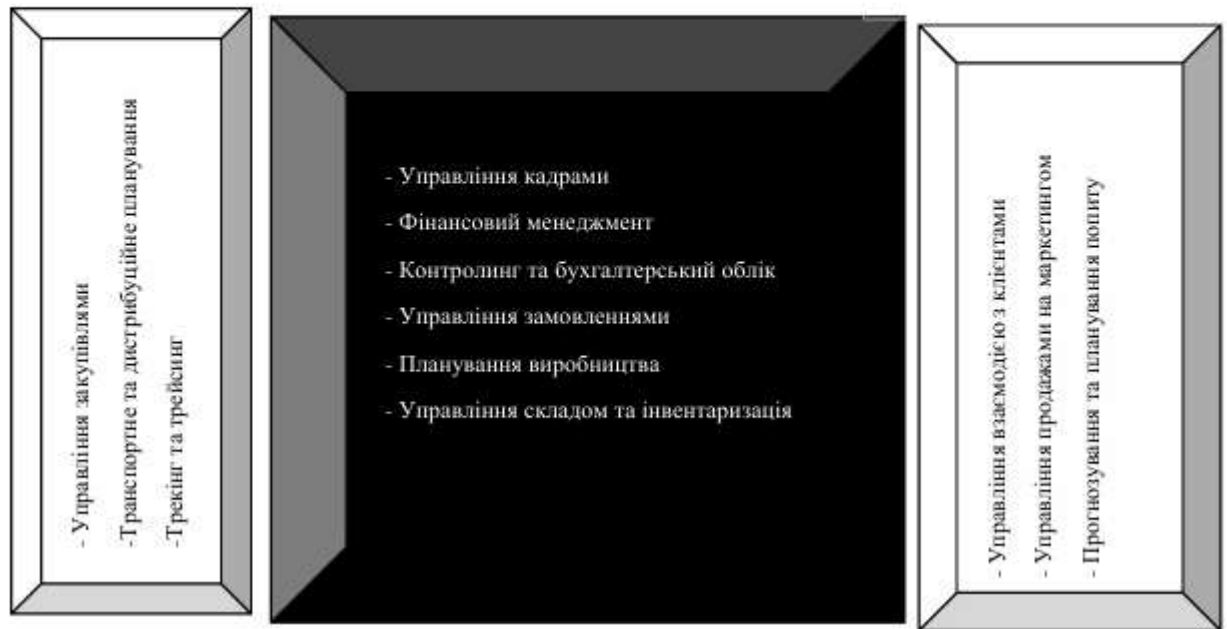


Рисунок 1.2 — Декомпозиція синергетичних ефектів міжорганізаційної логістичної кооперації

У контексті дослідження ланцюгів постачання категорію **«поставка»** слід інтерпретувати не як ізольований комерційний акт, а як упорядковану в часі й просторі сукупність взаємопов'язаних операцій, що забезпечує перехід права власності або оперативного управління на матеріальні блага від постачальника до покупця у визначені терміни за мінімальних загальних витрат.

1.2. Організаційно-методичні аспекти взаємодії суб'єктів глобального ланцюга постачання

Масштабування сучасних глобальних ланцюгів постачання корелює з еволюцією інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ). Ускладнення просторової структури транснаціональних корпорацій вимагає впровадження

високонавантажених обчислювальних систем та інтегрованого програмного забезпечення для оперативного моніторингу транспортно-складських процесів у режимі реального часу (*real-time mode*).

Розвиток інтернет-технологій, хмарних обчислень, мобільних мереж поколінь 4G/5G/6G та технологій інтернету речей (IoT) вивів процеси координації міжнародних товаропотоків на рівень повної цифрової трансформації.

У фундаментальних дослідженнях зарубіжних вчених, зокрема К. Лодона та Дж. Лодон, доведено, що підприємства, які не інтегрують ІКТ у архітектуру менеджменту, втрачають конкурентоспроможність через неспроможність забезпечити цілісність, автентичність та швидкість обміну даними з партнерами. Сучасний ланцюг постачання вимагає проектування єдиного інформаційного простору.

Традиційно корпоративні інформаційні системи (KIC) макрорівня класифікують за трьома базовими векторами функціональної орієнтації (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 Функціональна типізація сучасних корпоративних інформаційних систем

Категорія KIC	Функціональне призначення та інструментарій
Клієнтоорієнтовані системи (CRM)	Управління взаємовідносинами з клієнтами. Моніторинг залучення, аналіз рентабельності клієнтської бази, direct-маркетинг, підвищення лояльності.
Внутрішньокорпоративні системи (ERP)	Планування та інтегроване управління внутрішніми ресурсами підприємства (фінанси, кадри, основні засоби, виробниче планування) на базі єдиної реляційної БД.

Категорія КІС	Функціональне призначення та інструментарій
Міжорганізаційні системи (SCM)	Управління наскрізними ланцюгами постачання. Охоплюють закупівлі, прогнозування попиту, складський менеджмент (WMS), управління транспортом (TMS).

Основна проблема сучасної взаємодії суб'єктів ГЛП полягає у технологічній гетерогенності їхніх локальних КІС. Підприємства-партнери часто використовують програмні продукти різних вендорів (SAP, Oracle, Microsoft тощо) з різними архітектурами баз даних. Це зумовлює виникнення інформаційних бар'єрів. Вирішенням цієї проблеми є побудова інтегрованих платформ на основі відкритих протоколів обміну даними (API), технологій EDI (Electronic Data Interchange) та блокчейн-протоколів, що гарантують незмінність та прозорість транзакцій у ГЛП.

Розглянемо докладніше ключові модулі SCM-систем, що забезпечують синергію взаємодії контрагентів:

1. **Модуль управління закупівлями та взаємодією з постачальниками (SRM — Supplier Relationship Management):** забезпечує автоматизований аудит діяльності контрагентів через системи динамічного рейтингування (Supplier Rating Systems), бенчмаркінг та електронні торгово-закупівельні майданчики. Це дозволяє здійснювати превентивний моніторинг ризиків невиконання зобов'язань.

2. **Модуль предиктивного аналізу та прогнозування попиту (Demand Planning):** інтегрується з ERP-системою фокусного підприємства та CRM-системами дистриб'юторів. Використання математичних методів прогнозування та алгоритмів машинного навчання дозволяє нівелювати «ефект батога» (Bullwhip effect) в ланцюзі постачання, оптимізувати рівень страхових

запасів на складських об'єктах та вивільнити іммобілізований в оборотних коштах капітал.

1.3. Теоретико-методологічні аспекти інтеграції складської діяльності в єдину структуру ланцюгів постачань

В умовах глобалізації світової економіки функціональна роль складського господарства зазнала парадигмальних змін, трансформувавшись із суто оперативної ланки зберігання в стратегічний інструмент управління поточковими процесами. Дослідження ключових проблем інтеграції складської діяльності у глобальні ланцюги постачань потребує комплексного аналізу їхньої інфраструктурної специфіки, характеру взаємодії з іншими суміжними елементами, а також архітектури сучасних інформаційно-комунікаційних технологій.

Складські комплекси виступають детермінованими вузлами системи управління ланцюгами постачань (Supply\ Chain\ Management\ –\ SCM\$). Ефективне функціонування логістичної системи у XXI столітті безпосередньо залежить від рівня її цифровізації, зокрема від впровадження спеціалізованого апаратного та програмного забезпечення.

Забезпечення максимальної синергії в межах SCM можливе лише за умови інтегрованого підходу до управління логістичними процесами. Реалізація цього підходу ускладнюється диверсифікацією інтересів суб'єктів глобального ринку: суверенних держав, транснаціональних корпорацій та міжнародних логістичних провайдерів. Інтегроване управління глобальними ланцюгами постачань, зокрема їх складським компонентом, охоплює п'ять базових функціональних областей логістичної діяльності (рис. 1.3).

Складність та різновекторність операційних процесів, що виходять за межі класичного складування та довгострокового зберігання вантажів, обумовлюють диференціацію об'єктів логістичної інфраструктури за їхніми функціональними можливостями. У науковому та практичному дискурсі виникає об'єктивна необхідність чіткої дефініції та розмежування понять «традиційний склад», «складський центр» (СЦ) та «логістичний центр» (ЛЦ).

У сучасній профільній літературі та практиці менеджменту подекуди простежується ототожнення логістичного центру із класичним складським приміщенням. Разом з тим, логістичний центр є вищою формою інтеграції інфраструктурних елементів, що консолідує мультимодальні транспортні, інформаційні, фінансові та сервісні потоки. Порівняльний аналіз функціональних можливостей об'єктів логістичної інфраструктури наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 — Компаративний аналіз функцій об'єктів складської інфраструктури в глобальних ланцюгах постачань

Виконувані функції	Логістичний центр (ЛЦ)	Складський центр (СЦ)	Традиційний склад
Зберігання вантажів	X	X	X
Крос-докінг (сквозна засылка)	X	X	X
Сортування та консолідація	X	X	X
Інтермодальне перевантаження	X	—	—
Вантажно-розвантажувальні роботи	X	X	X

Виконувані функції	Логістичний центр (ЛЦ)	Складський центр (СЦ)	Традиційний склад
Митно-ліцензійні послуги	X	X	—
Спеціалізовані ІТ-послуги	X	X	—
Фінансово-розрахункові операції	X	—	—
Оренда оборотних логістичних засобів (тари)	X	—	—
Санітарна обробка та ремонт тари	X	—	—
Екіпірування та заправка ТЗ	X	—	—
Технічне обслуговування ТЗ	X	—	—

Архітектура глобальних ланцюгів постачань зазвичай характеризується багатоешелюваною структурою з просторовим розподілом елементів у міжнародному вимірі (рис. 1.4). Окрім збільшення обсягів матеріальних ресурсів, що перебувають у процесі транспортування (\$in-transit\ inventory\$), спостерігається нагромадження запасів на різних стадіях виробничого та комплектувального циклів. Це обумовлює ускладнення систем управління складом (Warehouse\ Management\ Systems\ –\ WMS) задля забезпечення безперервності товарного потоку до кінцевого споживача. На кожному ешелоні логістичної мережі певні типи складських об'єктів виконують детерміновані функції.

Просторова конфігурація складських мереж варіюється від централізованих глобальних розподільчих центрів до розгалужених регіональних складських систем у межах однієї країни (рис. 1.4). Оптимальною стратегією є формування єдиного узгодженого рівня запасів, що виконує функцію буфера, який дозволяє відокремити ощадливе виробництво (що базується на прогностичних моделях – Push-стратегія) від гнучкого ланцюга постачань, орієнтованого на динамічний ринковий попит (Pull-стратегія).

Залежно від вартісних та об'ємно-масових характеристик вантажів, стратегічне розміщення запасів здійснюється на глобальному рівні (для високоцінних дрібнопартійних товарів, як-от мікропроцесорна техніка) або на локальному рівні (для малоцінної масової продукції короткого терміну реалізації). Синхронізація рівнів запасів потребує релевантного інформаційного обміну між усіма контрагентами в режимі реального часу (Real-Time\ Data\ Exchange).

У логістичній теорії утримання запасів розглядається як джерело додаткових витрат. Імобілізація капіталу в запасах, капітальні витрати на складські будівлі, спеціалізоване підйомно-транспортне обладнання, а також операційні витрати на оплату праці та адміністрування детермінують складування як вимушену й капіталомістку необхідність, викликану стрибками попиту та дискретністю постачань. Відтак, ключовим завданням сучасних систем складування є двовекторна оптимізація: мінімізація логістичних витрат (Total\ Logistics\ Costs) за одночасного підвищення рівня клієнтського сервісу (доданої вартості).

Ефект доданої вартості (Value-Added\ Services\ –\ VAS) на рівні складської ланки досягається шляхом якісної трансформації продукції (технологічне витримування певних видів товарів), підвищення рівня сервісного супроводу (інформаційна прозорість, кастомізоване пакування) або скорочення

логістичного циклу. До базових логістичних операцій складських систем, що генерують додаткову вартість, належать (рис. 1.5):

- формування укрупнених вантажних партій (консолідація);
- деконсолідація (розукрупнення) оптових партій;
- формування збірних вантажів (комплектація);
- нівелювання асинхронності між виробництвом та споживанням (згладжування попиту).

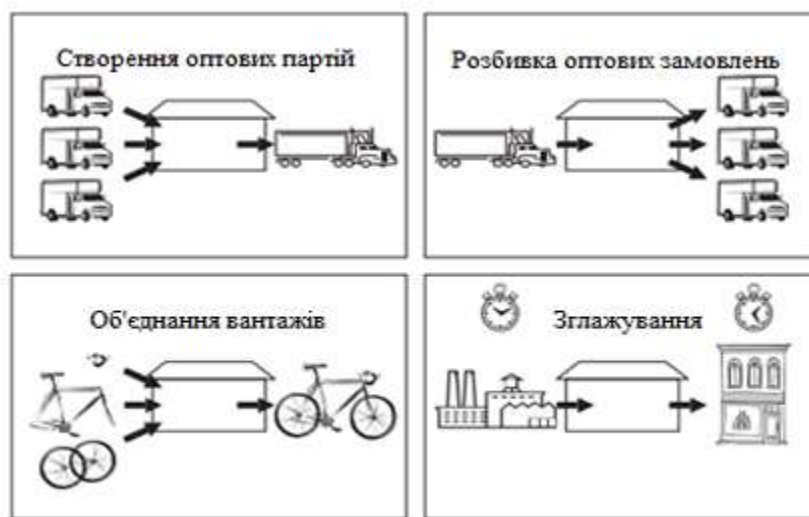


Рисунок. 1.5 – Створення доданої вартості на складах

Складська інфраструктура відіграє вагомую роль у реалізації концепції відстрочення (Postponement). Перенесення операцій фінального комплектування, маркування та пакування товарів безпосередньо у складську ланку дозволяє утримувати запаси у формі базових компонентів, істотно знижуючи рівень диверсифікації товарних позицій (Stock\ Keeping\ Units\ –\ SKU) та мінімізуючи ризики застарівання готової продукції. Отже, головною цільовою функцією сучасної складської діяльності у глобальних SCM є максимізація ефекту VAS при мінімізації питомих операційних витрат.

Поряд з цим, однією з вагомих деструктивних проблем інтеграції є міждержавна та міжрегіональна диспропорція в розвитку логістичної інфраструктури. Нерівномірний розподіл технологічних компетенцій та фінансових ресурсів між розвиненими країнами та країнами, що розвиваються, створює технологічні розриви, що унеможлиблює безперебійне функціонування інтермодальних ланцюгів.

Наступною системною проблемою є просторове розташування складських потужностей та оптимізація їх внутрішньої топології. Операційна діяльність складу базується на чотирьох фундаментальних функціях (рис. 1.6), проектування яких спрямоване на оптимізацію внутрішньоскладських матеріальних потоків.

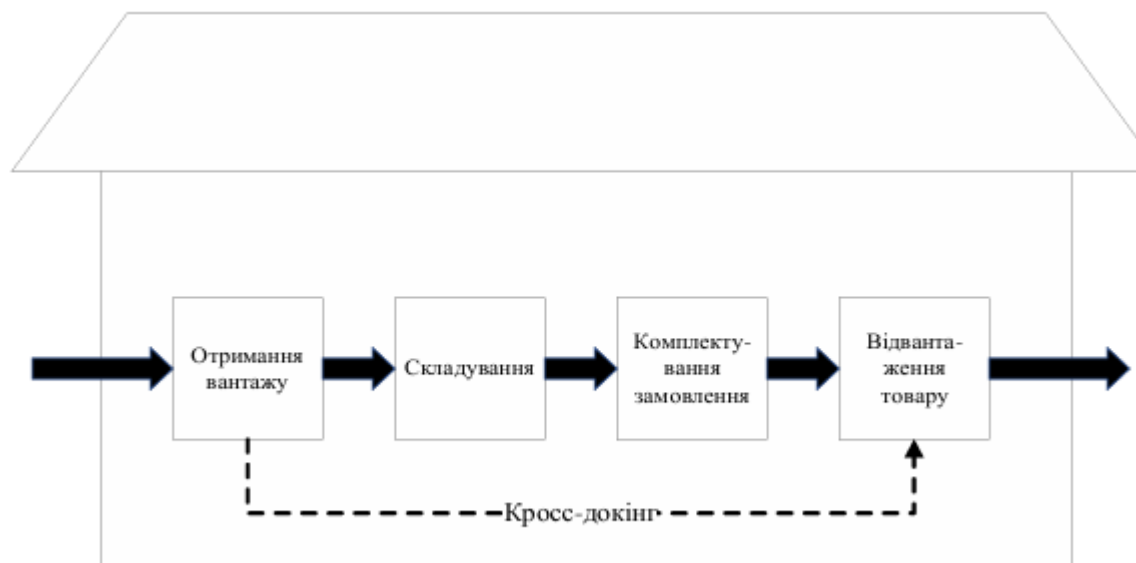


Рисунок. 1.6 – Основні складські функції у глобальних ланцюгах постачання

Процес приймання вантажів містить технологічні операції розвантаження, деконсолідації, вхідного контролю якості та інформаційної реєстрації в $\$WMS\$$. Подальший рух матеріального потоку диференціюється за двома напрямками:

переміщення в зону основного зберігання або спрямування безпосередньо в зону відвантаження (технологія крос-докінгу).

За умови падіння рівня запасів у зоні відбору (picking\ zone) нижче критичної межі, ініціюється процес поповнення запасів із зони резервного зберігання. При отриманні замовлень формуються карти відбору, здійснюється комплектування та фінальне пакування вантажних одиниць. Процеси відвантаження супроводжуються обов'язковою верифікацією фізичних параметрів вантажу на відповідність вихідному замовленню.

Мінімізація просторового переміщення вантажів досягається шляхом раціонального проектування топології складу та впровадження систем комплексної автоматизації (Automated\ Guided\ Vehicles\ –\ AGV, конвеєрні системи, роботизовані штабелери). Стандартизація складських процесів мінімізує негативний вплив людського фактора.

Застосування крос-докінгу як технології логістики швидкого реагування (Quick\ Response\ Logistics) дозволяє виключити стадії довгострокового зберігання та комплектації для високооборотуваних товарів із постійним попитом, скорочуючи загальний час виконання замовлення (Order\ Lead\ Time) до 24 годин.

У межах сучасної екологічної парадигми (зокрема, відповідно до Директив ЄС щодо поводження з відходами електричного та електронного обладнання – \$WEEE), особливого значення набуває реверсивна логістика (Reverse\ Logistics). Складські комплекси інтегрують додаткові функції управління зворотними потоками: дефектацію, рекламацийну обробку, рециклінг та утилізацію тари й продукції, термін експлуатації якої вичерпано.

Технологічна інтеграція ускладнюється галузевою специфікою вантажів. Наприклад, логістика швидкопсувних товарів потребує створення безперервного холодильного ланцюга (Cold\ Chain), що висуває жорсткі вимоги до кліматичного обладнання складів. Відсутність спеціалізованих потужностей у транзитних

вузлах унеможлиблює інтеграцію окремих регіонів у високотехнологічні міжнародні ланцюги постачань.

Резюмуючи, можна стверджувати, що глобальний ланцюг постачань є вищою формою логістичної інтеграції, яка функціонує на засадах інтердепенденції (взаємозалежності) та синергізму партнерських відносин.

Управління глобальними ланцюгами постачань (Global\ Supply\ Chain\ Management) — це стратегічна архітектура глобально інтегрованої мережі, що забезпечує планування, організацію, координацію, контроль та регулювання матеріальних, інформаційних, фінансових та сервісних потоків від моменту генерації замовлення й закупівлі первинної сировини через стадії трансформації та розподілу до кінцевого споживача з мінімальними сукупними витратами ресурсів та відповідно до вимог ринку.

Головним драйвером інтенсифікації SCM виступає розвиток інформаційно-комунікаційних технологій. Масиви великих даних (Big\ Data), що циркулюють у логістичних мережах, потребують високопродуктивних аналітичних платформ для моніторингу процесів у реальному часі, прогностичного моделювання попиту та оперативного усунення деструктивних відхилень у потокових процесах.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ СКЛАДСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАНЬ

2.1. Аналіз складської діяльності провідних логістичних операторів України

Сучасні тенденції розвитку логістичного ринку характеризуються масштабним переведенням складських операцій на аутсорсинг до спеціалізованих 3PL-провайдерів (Third-Party\ Logistics). Обслуговування диверсифікованого пулу клієнтів із мультиноменклатурними потоками вантажів вимагає від 3PL-операторів гнучких рішень, що базуються на передових цифрових архітектурах управління (WMS), які мінімізують транзакційні витрати та забезпечують високу швидкість прийняття управлінських рішень.

Специфіка бізнес-моделей 3PL-провайдерів обумовлює необхідність розробки кастомізованого програмного забезпечення типу *«from scratch»* (з нуля), оскільки тиражовані (коробкові) ERP/WMS-рішення часто мають системні обмеження, що потребують перманентної модифікації.

Яскравим прикладом висотехнологічного підходу є міжнародний логістичний провайдер **«Ekol»**, що здійснює діяльність у 13 країнах, зокрема в Україні. Стратегія компанії орієнтована на оптимізацію використання ресурсів шляхом реінжинірингу бізнес-процесів, автоматизації операцій та розширення керованих змінних через розвинену IT-інфраструктуру.

Окремим високотехнологічним сегментом діяльності ТОВ **«Екол Логістікс»** є обслуговування фармацевтичного ринку. Фармацевтична логістика жорстко регламентована стандартами GDP\ (Good\ Distribution\ Practice) та вимогами Міністерства охорони здоров'я. Складські комплекси компанії забезпечують обробку рецептурних і безрецептурних препаратів, термолабільних медикаментів, клінічних зразків тощо.

До базових технологічних функцій спеціалізованих фармацевтичних складів належать:

- безперервний автоматизований моніторинг температурно-вологісного режиму (Climate\ Control);
- підтримання специфічних умов зберігання
- автоматизована комплектація та суворе дотримання принципів

Інформаційна архітектура складських комплексів компанії «EkoI» має ієрархічну структуру (рис. 2.1).

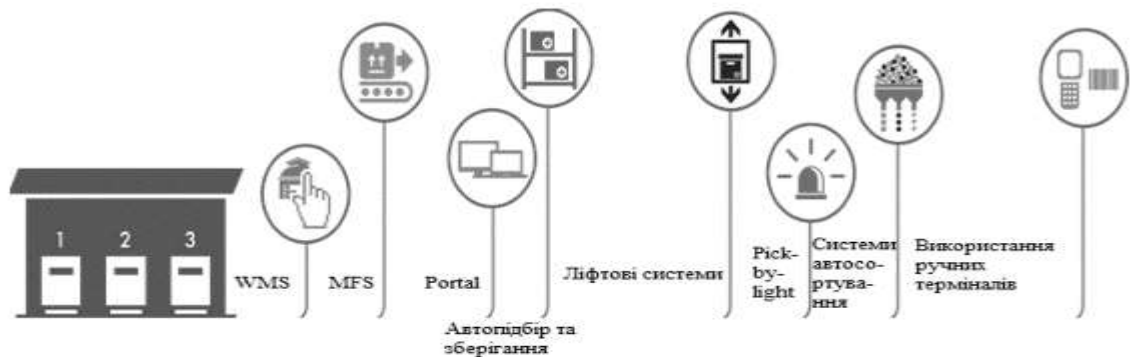


Рисунок.2.1. – IT-структура складів «EkoI»

1. **WMS (Warehouse Management System)** — пропрієтарне програмне забезпечення, розроблене власним R&D-підрозділом, що забезпечує гнучку крос-платформену інтеграцію.

2. **MFS (Material Flow Control System)** — система керування матеріальними потоками, що координує роботу кранів-штабелерів, конвеєрних ліній, сортувальних систем (sorters) та систем голосового відбору вантажів (Pick-by-Voice).

3. **Інформаційний сервіс «Портал»** — прозорий клієнтський інтерфейс взаємодії в режимі реального часу.

4. **Автоматизовані системи зберігання та відбору вантажів (ASRS\ – \ Automated\ Storage\ and\ Retrieval\ Systems)**, які забезпечують такі ефекти:

- *Оптимізація площі*: зменшення ширини робочих проходів та висотне стелажне зберігання збільшує коефіцієнт місткості складу у 2,5 рази порівняно з традиційними методами;
- *Економіка праці*: повна роботизація мінімізує потребу в операторах та знижує рівень виробничого травматизму;
- *Інтенсифікація процесів*: скорочення тривалості операційного циклу відбору на майже 80%;
- *Точність операцій*: усунення людського фактора підвищує точність інвентаризації та комплектації замовлень до рівня 100%;
- *Евристичні алгоритми адресації*: мінімізація часу внутрішньоскладського пробігу техніки.

5. **Вертикальні ліфтові системи зберігання (VLM\ –\ Vertical\ Lift\ Modules)** — оптимізація корисного об'єму за рахунок динамічного кроку укладання лотків та реалізація принципу «*goods-to-person*» (товар до оператора).

6. **Системи цифрової індикації Pick-by-Light** — безпаперовий світлодіодний відбір вантажів дрібноштучної номенклатури.

7. **Автоматизовані сортувальні комплекси** — зниження трудомісткості операцій комісіонування та обробки реверсивних потоків вантажів.

8. **Мобільні термінали збору даних (ТЗД)** — забезпечення оперативного радіочастотного зв'язку (\$RF-технології\$) із центральною базою даних WMS.

Іншим репрезентативним суб'єктом логістичного ринку України є національний 3PL-оператор «**ZAMMLER**». Компанія представляє собою інтегровану групу, що надає повний комплекс послуг (4PL-провайдер),

включаючи мультимодальні перевезення, митно-брокерське оформлення та складську логістику.

Складська мережа «ZAMMLER» в Україні налічує 5 комплексів, диференційованих за міжнародною класифікацією:

- два складські комплекси класу «А» (функціонують під управлінням спеціалізованої WMS , оснащені сучасним підйомно-транспортним устаткуванням);
- один комплекс класу «В+» (інтегрований із власною залізничною гілкою з фронтом одночасної подачі до 7 вагонів, що створює умови для ефективного обслуговування мультимодальних логістичних схем);
- два комплекси класу «В».

Складські об'єкти вищого класу «А» логістичного оператора «ZAMMLER» відповідають таким жорстким науково-технічним параметрам:

1. Конструктивне рішення: одноповерхові капітальні будівлі з легких металоконструкцій та сендвіч-панелей, переважно прямокутної конфігурації із сіткою колон
2. Коефіцієнт забудови земельної ділянки становить оптимальні 45–55%.
3. Підлогове покриття: безпилова монолітна бетонна підлога з антистатичним напиленням, розрахована на нормативне корисне навантаження не менше 5т/м², розташована на рамповій позначці 1,20 м від рівня проїжджої частини.
4. Робоча висота стелі (корисна висота) становить не менше 10 м, що дозволяє розгортати багаторівневі широкопрохідні або вузькопрохідні стелажні системи (Pallet\ Racking).
5. Наявність прецизійних кліматичних систем із регулюванням температурного режиму та припливно-витяжної вентиляції.

6. Впровадження інтегрованих систем безпеки: адресної пожежної сигналізації, систем автоматичного спринклерного або порошкового пожежогасіння, телевізійного відеоспостереження (CCTV) та контролю доступу (СКУД).

2.2. Аналіз досвіду використання автоматизованих систем управління складськими бізнес-процесами

Функціонування будь-якого ланцюга постачання базується на синергії трьох фундаментальних потоків: матеріального, фінансово-ресурсного та інформаційного. Якщо матеріальні потоки забезпечують фізичне переміщення вантажів, а фінансові — еквівалентний розрахунок між контрагентами, то інформаційні потоки виконують інтеграційну та регулятивну функції. Моніторинг та аналіз інформаційних даних є детермінуючим чинником оперативного реагування логістичної системи на динамічні коливання ринкового попиту.

Досягнення еквілібріуму між попитом і пропозицією є необхідною умовою забезпечення концепції «*just-in-time*» (точно в строк), що передбачає доставку вантажів у визначений термін, детермінованому обсязі та у суворій відповідності до специфікації замовника. Синхронізація цих процесів здійснюється за допомогою двостороннього інформаційного обміну. Інформація з боку попиту дозволяє продуцентам та дистриб'юторам прогнозувати потреби ринку. Натомість інформація з боку пропозиції мінімізує невизначеність для клієнтів щодо параметрів і термінів надходження товарів.

У сучасних глобальних макрологістичних мережах, які характеризуються багатоешелюваною та просторово розподіленою структурою, спостерігається тенденція до експоненційного ускладнення інформаційних зв'язків. Волатильність поведінки кінцевих споживачів актуалізує потребу в

диверсифікації асортименту та скороченні логістичного циклу, що підвищує вимоги до релевантності, швидкості та точності ринкових даних. Відтак сучасні ланцюги постачання трансформуються в інформаційно насичені системи.

У зв'язку з цим вектори розвитку інформаційних технологій у логістиці спрямовані на подолання інформаційної асиметрії, підвищення швидкості та верифікованості даних. Менеджмент у сфері управління ланцюгами постачання (SCM — *Supply Chain Management*) переорієнтується з контролю фізичної обробки матеріального потоку на управління супутніми інформаційними масивами. Особливого значення набувають процеси акумуляції, архівації, верифікації та релевантного вилучення даних.

Впровадження мережевих десктопних та мобільних периферійних пристроїв безпосередньо у виробничо-складських зонах забезпечує генерацію та обробку даних у режимі реального часу (*real-time mode*). Це дозволяє досягти наскрізної видимості (*end-to-end visibility*) процесів як у вищих (*upstream*), так і в нижчих (*downstream*) ланках ланцюга постачання. Мінімізація часових лагів при передачі інформації суттєво знижує ризики виникнення дефіциту або затоварювання складських потужностей, сприяючи оптимізації рівня страхових запасів.

Стратегічне планування матеріальних потреб здійснюється на рівні корпоративних інформаційних систем класу ERP (*Enterprise Resource Planning*), які транслиують директивні вимоги до складських об'єктів. Безпосереднє оперативне керування внутрішньоскладськими бізнес-процесами покладається на автоматизовані системи управління складом — WMS (*Warehouse Management System*). Застосування WMS дозволяє декомпонувати та впорядкувати технологічні операції в умовах високої інтенсивності матеріальних потоків.

Традиційні паперові носії інформації на сучасних логістичних підприємствах замінюються технологіями автоматичної ідентифікації та збору даних (AIDC). Оператори складських комплексів інтегрують у технологічний

процес радіочастотні термінали збору даних (ТЗД), сканери штрих-кодів, портативні комп'ютеризовані модулі, промислові принтери етикеток та системи голосового відбору (*pick-to-voice*). Зазначений інструментарій спрямований на елімінацію впливу людського чинника, мінімізацію трансакційних витрат і редукцію помилок при ідентифікації вантажоодиниць. Стандартизація та повна автоматизація окремих операцій досягається шляхом інтеграції WMS із технологією радіочастотної ідентифікації (RFID). Функціональну специфікацію WMS та супутніх технологій у розрізі складських завдань систематизовано в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 — Функціональна архітектура WMS та супутніх технологій у складській логістиці

Логістичне завдання	Інструментально-технологічне забезпечення
Реєстрація та фіксація надходження вантажу	Сканування лінійних/двовимірних штрих-кодів або зчитування RFID-міток (в автоматизованому або напівавтоматизованому режимі)
ГЕНЕРАЦІЯ ідентифікаційних маркерів	Друк штрих-кової інформації або кодування RFID-транспондерів за допомогою мобільних чи стаціонарних принтерів
Оптимізація адресного розміщення	Розрахунок та визначення оптимальних координат зберігання алгоритмами WMS
Верифікація топологічного позиціонування вантажу	Локальне зчитування штрих-коду осередку та вантажоодиниці (або RFID-контроль)
Формування черговості та траєкторії комісіонування (відбору)	Автоматична генерація маршрутних листів системою WMS з урахуванням мінімізації пробігу

Логістичне завдання	Інструментально-технологічне забезпечення
Контроль точності комплектації замовлень	Інструментальна верифікація за допомогою ТЗД, RFID-порталів або технології <i>pick-to-voice</i>
Управління процесами <i>replenishment</i> (поповнення зон відбору)	Автоматичне формування завдань системою WMS на основі моніторингу критичного рівня залишків
Моделювання послідовності завантаження транспортних засобів	Розрахунок черговості відвантаження засобами WMS відповідно до логістичного маршруту

Аналіз даних таблиці свідчить, що всі етапи складської переробки вантажів підпорядковані єдиному інформаційному контуру управління, що максимізує операційну ефективність підприємства.

Автоматизація складської інфраструктури розглядається як один із найбільш дієвих механізмів підвищення рентабельності інвестицій (*ROI*) за рахунок редукції питомих витрат на живу працю та підвищення точності виконання операцій. Сучасний науково-практичний підхід трактує автоматизацію складу комплексний процес, що поєднує як програмне забезпечення (інформаційний рівень), так і апаратні рішення: автоматизовані системи зберігання та пошуку товарів (*AS/RS*), конвеєрні та робототехнічні комплекси.

За статистичними даними, значна частина складських потужностей у глобальному вимірі функціонує за дискретними ручними схемами або має низький рівень механізації. Попри значний термін окупності капітальних інвестицій в інноваційні автоматизовані рішення (в середньому від 4 до 5 років), довгостроковий економічний ефект підтверджує доцільність їх впровадження.

Методологічно автоматизація полягає у декомпозиції складського процесу, виявленні рутинних операцій, що повторюються, та їх делегуванні технічним системам. До основних напрямків автоматизації складських комплексів належать:

- **Автоматизація процесу комісіонування (комплектації замовлень):** використання мобільних стелажних систем та складської робототехніки (AGV/AMR) дозволяє мінімізувати часові витрати на переміщення персоналу та нівелювати помилки відбору.

- **Автоматизація ідентифікації та документообігу:** маркування стелажного простору та вантажних місць штрих-кодovими або радіочастотними індикаторами дозволяє повністю автоматизувати облік руху матеріальних цінностей в інформаційній системі.

- **Впровадження автоматизованих керованих транспортних засобів (AGV — *Automated Guided Vehicles*):** самохідні роботизовані навантажувачі та штабелери здійснюють переміщення палет за цифровими траєкторіями без безпосередньої участі оператора, легко інтегруючись в існуючу топологію складу.

- **Автоматизація інвентаризаційного контролю:** перехід від періодичного ручного підрахунку залишків до безперервного моніторингу циклів за допомогою засобів автоматизації усуває дискретність та неточність даних.

- **Автоматизація бек-офісних операцій:** забезпечення доступу до складських залишків у режимі реального часу унеможливорює виникнення системних збоїв у ланцюзі постачань, що спричинені лагом даних.

Використання застарілих інтерфейсів та ручного збору даних корелює зі зростанням логістичних витрат. Дефіцит продукції призводить до втрати лояльності споживачів, тоді як надлишкові запаси іммобілізують оборотні кошти та підвищують витрати на утримання складу.

Реінжиніринг складських процесів базується на оптимізації просторової конфігурації та вертикального зонування об'єкта для підтримки раціонального матеріального потоку. Модернізоване планування має забезпечувати ефективне виконання чотирьох базових функцій складу: зберігання, вхідної логістики, вихідної логістики та операцій з доданою вартістю (*VAS — Value Added Services*).

Зокрема, автоматизація забезпечує такі технологічні переваги:

- **Оптимізація геометрії проходів:** використання вузькопрохідної техніки та систем з тросовим або лазерним наведенням дозволяє зменшити ширину міжстелажних проходів з 3–4 метрів до 2 метрів, підвищуючи коефіцієнт використання площі складу.
- **Класифікація запасів за оборотністю:** диференціація зон зберігання на основі ABC-аналізу (розміщення високооборотних товарів ближче до зон навантаження) мінімізує внутрішньоскладські пробіги.
- **Скорочення часових витрат на внутрішнє транспортування:** раціональне зонування запобігає подвоєнню технологічних маршрутів.

Технологічною платформою для розгортання вищих рівнів автоматизації виступає наскрізне кодування та трансакційне трекінг-відстеження вантажів. Автоматизований збір даних забезпечує складському оператору можливість стратегічного тайм-менеджменту: координацію часу прибуття транспорту із готовністю замовлень у зоні консолідації, оперативне перерозподілення персоналу між ділянками залежно від пріоритетності завдань, мінімізацію заторів у проходах за допомогою динамічної маршрутизації та превентивне автоматичне поповнення зон відбору за допомогою тригерних мінімальних порогів у системі WMS.

Роботизовані транспортні засоби (AGV) навігуються за допомогою магнітних стрічок, оптичних маркерів або систем лазерного позиціонування (*Lidar*). Сучасний ринок пропонує як спеціалізовані роботизовані платформи, так

і техніку подвійного призначення (можливість перемикання між ручним та автономним режимами).

У межах автоматизованих систем зберігання та пошуку (AS/RS) формується апаратно-програмний комплекс, який складається із кранів-штабелерів, стелажних конструкцій висотного типу, конвеєрних ліній, систем AGV та керуючого модуля WMS. Інтеграція AS/RS забезпечує суттєве скорочення площі забудови за рахунок висотності, гарантує безпеку праці, забезпечує безперервну ідентифікацію об'єктів у герметичних або специфічних температурних зонах та забезпечує повну відповідність нормативним вимогам контролю якості.

2.3. Аналіз інформаційного супроводу складської переробки вантажів

Роль інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) в управлінні сучасними ланцюгами постачання є критичною, оскільки інформаційний потік є невіддільним супутником та регулятором матеріального потоку. Інформація визначає вектор, інтенсивність та характер трансформації матеріальних ресурсів на всьому шляху їх руху.

У практику сучасного логістичного менеджменту активно впроваджується концепція Інтернету речей (IoT — *Internet of Things*) та її розширена парадигма — Інтернет усього (IoE — *Internet of Everything*). Цей підхід передбачає створення гетерогенної мережі фізичних об'єктів, які оснащені вбудованими сенсорами, датчиками та контролерами для безпосередньої взаємодії між собою та з центральними інформаційними системами без участі людини. В контексті логістики структура IoE базується на чотирьох елементах:

- **Дані:** структурування та аналітика масивів інформації для прийняття рішень;
- **Люди:** інтеграція персоналу в єдине інформаційне середовище через мобільні інтерфейси;
- **Речі:** інтелектуальні автономні пристрої, виконавчі механізми та марковані вантажі;

- **Процеси:** алгоритмізація доставки релевантної інформації потрібному суб'єкту в детермінований час.

Інтенсифікація інформаційного обміну між контрагентами ланцюга постачання базується на технології електронного обміну даними (*EDI — Electronic Data Interchange*). EDI забезпечує стандартизований безпаперовий обмін комерційними документами (замовленнями, рахунками-фактурами, графіками поставок) між корпоративними системами різних підприємств. Поєднання EDI з системами електронних платежів (*EFT*) дозволяє автоматизувати фінансові транзакції.

Інтеграція EDI з технологіями автоматичної ідентифікації, зокрема з радіочастотною ідентифікацією (RFID), створює умови для повної автоматизації обліку. Прикладом є проходження транспортного засобу через RFID-портал на виїзді зі складського комплексу: система автоматично фіксує відвантаження конкретних номенклатурних позицій і засобами EDI миттєво генерує та надсилає рахунок-фактуру та товарно-транспортну накладну на адресу контрагента.

Технологія RFID базується на використанні транспондерів (міток), які містять унікальний цифровий код і здатні передавати дані за допомогою радіохвиль на зчитувальні пристрої. Ключовою перевагою RFID перед штрих-кодуванням є відсутність потреби в прямій оптичній видимості мітки, можливість одночасного групового зчитування (мультисканування) сотень об'єктів, висока швидкість обробки даних та стійкість міток до агресивного зовнішнього середовища (термічні коливання, хімічний вплив, вологість).

Порівняльний аналіз традиційного штрих-кодування та RFID у процесах прийому вантажів демонструє суттєву інтенсифікацію операцій: замість дискретного поштучного сканування кожної одиниці товару оператором, RFID-брама автоматично реєструє весь обсяг палети або кузова автомобіля в момент перетину зони контролю. Це трансформує інформаційний супровід, нівелюючи проблему часових лагів при зборі первинних даних.

Доступність інформації в режимі реального часу дозволяє мінімізувати рівень складських запасів за рахунок точного розрахунку точок замовлення (*Reorder Point*), що безпосередньо знижує логістичні витрати компанії. Основні вектори застосування RFID-технологій класифікуються за чотирма стратегічними напрямками:

1. Наскрізний трекінг та оперативне управління локалізацією вантажних одиниць.
2. Підвищення рівня безпеки та контроль цілісності вантажів.
3. Оптимізація управління запасами та підвищення коефіцієнта їх доступності (*on-shelf availability*).
4. Редукція помилок при верифікації та обробці транзакційних даних.

Міжнародний досвід використання RFID (зокрема, кейси великих ритейлерів, таких як *Marks & Spencer*) підтверджує, що автоматизація обліку складних асортиментних груп (одяг за фасонами, розмірами та кольорами) за допомогою радіочастотних міток скорочує час проведення інвентаризації з кількох днів до кількох годин, одночасно підвищуючи точність даних до рівня, наближеного до 100%. Це оптимізує виробничі програми та запобігає неефективним витратам на утримання дефіцитних або надлишкових партій.

В операційному вимірі технологія RFID забезпечує оптимізацію процесів консолідації вантажів, раціоналізацію завантаження транспортних засобів, спрощення процедур верифікації та моніторинг руху напівфабрикатів у виробничих цехах. У перспективі переваги від впровадження RFID екстраполюються і на кінцевих споживачів через концепції «розумних пристроїв» та автоматизованих систем поповнення домашніх запасів.

Усунення вимоги прямої видимості об'єкта дозволяє радикально переглянути архітектуру логістичних операцій, змінюючи характер праці персоналу. Відбувається редукція важкої фізичної праці та рутинного введення даних на користь аналітичних функцій контролю інформаційних потоків.

Попри високий потенціал забезпечення гнучкості та підконтрольності логістичних процесів, повсюдне впровадження RFID стримується низкою факторів, серед яких капіталомісткість обладнання (вартість активних міток та систем зчитування) та технологічні обмеження при роботі з екранованими (металевими) або рідинними поверхнями. Порівняльні характеристики базових технологій збору даних наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 — Порівняльний аналіз технологій збору логістичних даних

Технологія збору даних	Переваги	Недоліки	Загальний висновок (підсумок)
Ручне введення даних (традиційний спосіб)	Мінімальні первинні витрати на навчання персоналу; низькі капіталовкладення в інфраструктуру.	Висока ймовірність виникнення помилок (людський чинник); низька швидкість обробки; ризик втрати або пошкодження паперових носіїв; потреба у фізичних архівах.	Низькотехнологічний спосіб із високим рівнем операційних ризиків; відсутня інтеграція в єдиний інформаційний контур управління.
Штрих-кодування (лінійне / матричне)	Апробована, висококонкурентна та надійна технологія; низька собівартість маркування; високий рівень стандартизації.	Потреба в прямій оптичній видимості; послідовне (дискретне) сканування; чутливість до механічних пошкоджень та забруднень етикетки.	Ефективна та економічно виправдана технологія для стандартних складських операцій середньої інтенсивності.

Технологія збору даних	Переваги	Недоліки	Загальний висновок (підсумок)
Радіочастотна ідентифікація (RFID)	Групове зчитування без прямої видимості; висока швидкість обробки; можливість перезапису даних; стійкість до агресивного середовища.	Висока вартість міток та обладнання; складність зчитування поблизу металів та рідин; потреба в реінжинірингу IT-інфраструктури.	Високотехнологічне рішення для інтенсивних та складних логістичних систем, що забезпечує максимальну прозорість матеріального потоку в реальному часі.

Ось адаптований варіант вашого тексту, приведений до вимог **академічного (науково-технічного) стилю**, який використовується у дисертаціях, монографіях та дипломних роботах за спеціальностями транспортно-логістичної галузі (наприклад, *«Транспортні системи»*, *«Управління процесами перевезень»*, *«Логістика»*).

Текст очищено від русизмів, розмовних зворотів («лежить на поверхні», «як ніколи актуальна», «чудові технології»), структуру узагальнено за допомогою безособових форм глаголів, а термінологію узгоджено з ДСТУ та міжнародними стандартами SCM (Supply Chain Management).

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

У другому розділі здійснено комплексний науково-теоретичний аналіз перспектив розвитку складського господарства в Україні, досліджено практичний досвід імплементації автоматизованих систем управління

складськими процесами (WMS — Warehouse Management Systems) та оцінено стан інформаційного супроводу переробки вантажопотоків.

Результати дослідження свідчать, що ключовим деструктивним чинником на шляху інтеграції складських комплексів є проблема гетерогенності інформаційного середовища. Більшість вітчизняних складських об'єктів функціонують ізольовано, використовуючи локальні IT-платформи з низьким рівнем інтермедіальної сумісності (interoperability). Різноманітність методів ідентифікації та трасування вантажів унеможливорює синхронізацію даних. Замість інтеграції в єдину стратегічну макрологістичну систему, склади орієнтовані на досягнення локальних операційних цілей окремих підприємств. Це суттєво знижує синергетичний ефект та ефективність функціонування глобальних ланцюгів постачання.

Встановлено, що кожен дескриптивний елемент складської інфраструктури в межах інтегрованого ланцюга постачання повинен мати чітко детерміновану стратегічну функцію. Це є базовою умовою оптимізації управління матеріальними, супутніми інформаційними, фінансовими та реверсивними (зворотними) логістичними потоками.

Обґрунтовано, що розробка та впровадження єдиного інформаційно-комунікаційного простору набуває критичного значення в умовах інтенсифікації глобалізаційних процесів, наслідків пандемічних криз та стрімкого масштабування сектору електронної комерції (e-commerce). Сучасні макрологістичні системи потребують високого рівня гнучкості (agility) та адаптивності до інфраструктурних умов конкретних національних ринків. Функціонал сучасної складської підсистеми має трансформуватися від пасивного кумулятивного зберігання матеріальних ресурсів до активного створення доданої вартості (VAS — Value-Added Services) шляхом динамічної переробки та кондиціонування вантажів.

Компаративний аналіз діяльності вітчизняних та закордонних логістичних операторів продемонстрував недостатній рівень конкурентоспроможності складської інфраструктури України. Це створює суттєві ризики та бар'єри для повноцінної інтеграції національної транспортно-логістичної системи у глобальні логістичні мережі.

РОЗДІЛ 3

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВЗАЄМОДІЄЮ СКЛАДСЬКИХ КОМПЛЕКСІВ У ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГАХ ПОСТАЧАННЯ

3.1 Концептуальні положення наскрізного управління матеріалопотоками та складським обслуговуванням у глобальних ланцюгах постачання

У ретроспективі розвитку теорії логістики ключові завдання управління глобальними ланцюгами постачання концентрувалися переважно у площині оптимізації фізичного руху матеріальних потоків (сировини, напівфабрикатів, готової продукції). Інформаційному супроводу відводилася допоміжна, дескриптивна роль, яка обмежувалася виключно генерацією товаросупровідної документації.

Сучасною парадигмою трансформації бізнес-процесів у транспортно-логістичній сфері є визнання примату інформаційної складової логістичного менеджменту. Будь-яка виробничо-транспортна система оперує п'ятьма базовими категоріями ресурсів, рух яких генерує відповідні потоки:

- людські;
- матеріальні;
- технічні (включаючи основні фонди, обладнання та енергетичні ресурси);
- фінансові;
- інформаційні.

Перші чотири типи класифікуються як фізичні (рельні) ресурси, тоді як інформаційні потоки являють собою концептуальний (кібернетичний) ресурс, що виступає безпосереднім об'єктом дослідження інформаційного менеджменту.

На сучасному етапі вектор управлінських рішень змістився з безпосереднього моніторингу матеріального субстрату на управління його інформаційним відображенням. Будь-який контур логістичного управління сьогодні дефініюється як процес оптимізації та координації масивів даних. Цей підхід є найбільш релевантним для SCM-систем, де інтеграція та синергетична взаємодія учасників базується на наскрізному обміні інформацією.

У межах логістичних систем актуалізується імператив організації інформаційної взаємодії контрагентів у режимі реального часу (real-time data exchange). Розв'язання цієї науково-практичної задачі передбачає превентивне моделювання архітектури інтегрованої інформаційної системи, що забезпечує наскрізне (end-to-end) управління інформаційними, і як наслідок — матеріальними потоками.

Згідно з фундаментальними положеннями логістичної концепції «7R» (правильний продукт, належної якості, у необхідній кількості, у визначений час, у потрібному місці, конкретному споживачеві, з мінімальними витратами), стратегічною метою впровадження інформаційних систем є забезпечення суб'єктів ланцюга постачання верифікованою, точною, сингулярною та релевантною інформацією.

Ефективне функціонування сучасних інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) неможливе без чіткої формалізації стратегічних цілей логістичного ланцюга. Цілі окремих елементів системи мають характеризуватися конгруентністю, взаємоузгодженістю, специфікованістю та відсутністю внутрішніх протиріч. Лише за умов декомпозиції загальної мети можливе досягнення проектної потужності ІТ-інфраструктури. Таким чином, цільова функція інформаційних систем в SCM полягає в раціоналізації інформаційного потоку задля досягнення загального синергетичного ефекту макрологістичної системи.

Концептуальне ядро дослідження базується на тезі, що функціональне призначення інформаційних систем і технологій у глобальному вимірі полягає в інтеграції, координації та наскрізному диспетчеруванні процесів на всіх етапах трансформації вантажопотоків.

Архітектура наскрізного управління логістичними потоками базується на чотирирівневій ієрархічній моделі інформаційного забезпечення:

1. **Операційний рівень** — забезпечення безпосереднього виконання логістичних операцій та супроводу матеріалопотоків (транспортування, навантажувально-розвантажувальні роботи, тарування тощо).
2. **Рівень управлінського обліку** — моніторинг витрат, калькуляція собівартості логістичних послуг, облік залишків.
3. **Рівень аналізу рішень (тактичний)** — оптимізаційне моделювання, прогнозування попиту, вибір логістичних провайдерів.
4. **Стратегічний рівень** — довгострокове планування розвитку логістичної мережі, формування альянсів, управління ризиками.

Базовим рівнем (фундаментом) ієрархічної структури інформаційних рішень є система операційного супроводу. До її типового функціонального складу належать: реєстрація та агрегація замовлень, диференціація та лімітування запасів, планування виробничих графіків, комплектація замовлень (picking), експедирування та магістральна доставка вантажів, тарифікація, білінг, а також забезпечення сервісу трекінгу (відстеження локації вантажу в реальному часі для кінцевих споживачів).

Отже, рівень ефективності логістичного ланцюга прямо пропорційно залежить від архітектури його інформаційної системи. Сформульовано теоретичне положення: оптимізація сучасних ланцюгів постачання реалізується не шляхом дискретних операційних модифікацій фізичного процесу, а через реінжиніринг інформаційних систем та впровадження предиктивних аналітичних алгоритмів.

На сучасному етапі розвитку індустрії наскрізне управління передбачає інтеграцію технічних засобів (технологічного устаткування, транспортних засобів, складських потужностей) у єдине інформаційне середовище. Це обумовлює формування **кіберфізичних систем (КФС)**. У КФС матеріальні об'єкти та виробничі агрегати набувають здатності до автономного інтернективного обміну даними, динамічного визначення пріоритетів, ініціювання технологічних операцій та автоматичного планування послідовності логістичних процесів. Оптимізація процесів генерації доданої вартості базується на алгоритмах машинного навчання (Machine Learning), що мінімізує вплив людського чинника на контур безперервного вдосконалення системи.

Технологічний інструментарій наскрізного управління глобальними транспортно-логістичними системами класифіковано за двома основними категоріями:

- **Мережеві технології макрологістичного рівня** — інструменти стратегічного управління та моніторингу глобальних мереж: Промисловий Інтернет речей (IIoT), кіберфізичні системи, аналітика великих масивів даних (Big Data Analytics), технології розподіленого реєстру (Blockchain) та хмарні обчислення (Cloud Computing).
- **Потокові технології мікро- та мезологістичного рівня** — інструменти безпосередньої ідентифікації та дискретного моніторингу параметрів логістичних потоків (зокрема, технології радіочастотної ідентифікації — RFID).

У межах даного дисліфікаційного дослідження детально проаналізовано обидві категорії технологічних рішень.

Функціонування **Інтернету речей (IIoT)** базується на інтеграції мікроелектроніки, спеціалізованого програмного забезпечення, сенсорних мереж та актуаторів (виконавчих механізмів). Цифровізація є платформою для концепції «розумного виробництва» (Smart Manufacturing), забезпечуючи

предиктивне технічне обслуговування (Predictive Maintenance) та інтелектуальну логістику (Smart Logistics).

Завдяки впровадженню IoT-рішень, логістичний ланцюг набуває ознак наскрізної інтелектуалізації з безперервним моніторингом параметрів у реальному часі. Процеси планування та безпосередньої дистрибуції повністю інтегруються, що дозволяє системі гнучко реагувати на волатильність (мінливість) ринкового попиту. Гнучкість IoT-мереж забезпечується синергією новітніх сенсорних технологій, робототехнічних комплексів (AGV/AMR) та методів аналізу великих даних, що робить економічно рентабельним дрібносерійне та персоналізоване виробництво (кастомізацію). Оптимізація обслуговування транспортно-складських систем досягається завдяки віддаленому моніторингу з використанням мобільних комунікацій, технологій доповненої реальності (AR) та адитивного виробництва (3D-друку) запасних частин безпосередньо в місцях виникнення потреби.

Ключовим ресурсом Інтернету речей є гетерогенні інформаційні масиви. Безперервний двосторонній обмін даними між логістичною системою та матеріальним об'єктом дозволяє елімінувати (усунути) втрати та нераціональні витрати ресурсів, оптимізація яких раніше була неможливою через інформаційну асиметрію. Технічною базою для розгортання IoT є інтеграція кіберфізичних систем у логістичну інфраструктуру.

Кіберфізичні системи забезпечують конвективний зв'язок інформаційних технологій із фізичними процесами. Вбудовані обчислювальні комплекси та промислові мережі здійснюють контроль та адаптивне керування матеріальними об'єктами за принципом замкнутого контуру зворотного зв'язку (фізичні зміни коригують обчислювальні алгоритми і навпаки). Фундаментальна демаркація між класичними автоматизованими системами управління (АСУ ТП) та КФС полягає у використанні відкритої мережевої інфраструктури (Інтернет) замість ізольованих локальних інформаційних систем. Завдяки оснащенню сенсорами та

інтелектуальними комунікаційними модулями відбувається трансформація пасивних логістичних елементів (тари, палет, стелажів) в активні суб'єкти інформаційного обміну, що забезпечує конвергенцію реального та віртуального просторів (створення «цифрових двійників» — Digital Twins).

Широкомасштабне впровадження КФС веде до генерації експоненціально зростаючих обсягів інформації, сукупність яких визначається як **Big Data (Великі дані)**.

Термін «Big Data» окреслює сукупність великих обсягів неструктурованих або напівструктурованих даних високої інтенсивності, що генеруються в процесі щоденної діяльності транспортно-логістичних компаній їхніми технічними засобами та інфраструктурними об'єктами. Систематизація та аналіз цих масивів потребує значних обчислювальних потужностей та специфічних методів Data Science. Згідно зі світовою практикою, Big Data характеризуються п'ятьма фундаментальними ознаками (концепція «5V»):

- **Volume** (обсяг);
- **Variety** (різноманітність форматів);
- **Velocity** (швидкість генерації та оновлення);
- **Veracity** (достовірність);
- **Value** (цінність/корисність).

Параметри достовірності та цінності є детермінуючими, оскільки саме аналітична обробка дозволяє виявити прихований оптимізаційний потенціал даних для прийняття управлінських рішень. У сфері наскрізного управління складським господарством технології Big Data є найбільш верифікованим інструментом цифровізації. Їх використання дозволяє детально проаналізувати КРІ (ключові показники ефективності) процесів інтермодального зберігання, комплектування замовлень, слоттингу (оптимального розміщення товарів на зонах зберігання), приймання та відвантаження вантажів. Аналітика великих даних дає змогу виявити закономірності попиту, оптимізувати траєкторії руху

складської техніки та вилучити з технологічного циклу надлишкові, нерелевантні операції.

Інноваційним інструментом забезпечення високого рівня прозорості (transparency) та простежуваності (traceability) у сучасних транспортних коридорах є **технологія блокчейн** (децентралізований розподілений реєстр).

Розроблена початково для верифікації транзакцій у сфері криптоактивів, технологія блокчейн наразі трансформує архітектуру SCM. Основний ефект полягає в оптимізації процесів реєстрації та верифікації подій у логістичних ланцюгах без участі централізованого регулятора. Роль блокчейну зростає пропорційно масштабуванню цифрових екосистем та ускладненню фінансово-логістичних зв'язків.

Блокчейн функціонує як децентралізована реплікована база даних, архітектура якої представлена у вигляді криптографічно захищеного хронологічного ланцюжка блоків. Дана платформа є середовищем для виконання **смарт-контрактів** (Smart Contracts) — алгоритмів, що автоматично реалізують умови комерційних угод при настанні визначених логістичних подій. Повна копія реєстру транзакцій зберігається на всіх нодах (вузлах) розподіленої мережі. Будь-яка несанкціонована спроба модифікації ретроспективних даних блокується консенсусом мережі шляхом автоматичної валідації та порівняння з іншими копіями, що повністю нівелює ризики фальсифікації даних.

Отже, блокчейн є технологією з абсолютним імунітетом до несанкціонованого втручання. Суб'єкти транспортного процесу отримують можливість здійснювати довгострокове оперативне планування в умовах високого рівня взаємної довіри (trustless environment). У розподіленому реєстрі фіксуються координати та просторово-часові треки активів, зміна права власності на вантаж та поточний статус виконання логістичних етапів.

Нині транснаціональні корпорації інтегрують блокчейн-платформи у процеси постачання, WMS-системи, процеси смарт-фрахтування, архівування

митних декларацій, сертифікатів відповідності та патентування. Логістичні контракти зазвичай обтяжені мультилатеральними (багатосторонніми) угодами, нормативними, митними та географічними обмеженнями, що функціонують у різних правових юрисдикціях. Інформаційний акомпанемент у таких системах має вирішальне значення. Використання блокчейну дозволяє суттєво акселерувати (прискорити) проходження регуляторних та митних процедур за рахунок криптографічного підтвердження автентичності документів. Це безпосередньо знижує рівень логістичних ризиків, мінімізує простой транспортних засобів та оптимізує витрати на страхування.

Технологія блокчейн формує захищене від інструментальних маніпуляцій глобальне сховище транспортно-супровідної документації. Це дозволяє відмовитися від інституту третіх довірених сторін (посередників, андеррайтерів, барових агентів), що забезпечує пряме зниження трансакційних витрат, ліквідацію часових лагів (затримок), усунення факторів шахрайства та відкриває можливості для створення закритих корпоративних логістичних мереж (Consortium Blockchains), підвищуючи лояльність клієнтів і стратегічних партнерів.

Незважаючи на високу ефективність зазначених технологічних рішень, системним інтегратором та головним драйвером інтенсифікації наскрізного управління виступають **хмарні технології та обчислення** (Cloud Computing).

Ось перероблений варіант вашого тексту. Матеріал очищено від розмовних зворотів («отож», «по-перше», «як видно з таблиці»), дублювання інформації та бакалаврського стилю («у дипломній роботі буде розглянуто»).

Текст адаптовано під вимоги **строого академічного (наукового) стилю** з використанням профільної термінології транспортно-логістичної галузі. Крім того, виправлено математичні помилки у формулах та таблицях (у вихідному тексті в таблиці 3.3 замість ділення на коефіцієнт дисконтування було помилково вказано множення, хоча підсумкові цифри пораховані правильно).

3.2. Рекомендації щодо комплексного використання можливостей сучасних інформаційних систем у логістиці

На сучасному етапі розвитку транспортно-логістичної галузі ключовими векторами підвищення конкурентоспроможності підприємств є мінімізація операційних витрат та інтенсифікація ефективності на кожному етапі інтегрованого ланцюга постачання (включаючи стратегічне планування, стохастичне прогнозування попиту, сорсинг та управління закупівлями). Одним із найефективніших інструментів досягнення зазначених цілей є парадигма хмарних обчислень (Cloud Computing), яка забезпечує надання інфраструктурних (IaaS), платформних (PaaS) та програмних (SaaS) рішень для всіх контрагентів розподільчої мережі за допомогою інтернетізації інформаційних потоків.

Впровадження хмарних сервісів в управління ланцюгами постачання (SCM) генерує синергетичний ефект, який виражається у фінансових та операційних перевагах, зокрема:

- зниженні капітальних витрат (CAPEX) порівняно з розгортанням локальної інфраструктури (on-premise);
- забезпеченні наскрізної прозорості (visibility) матеріальних потоків;
- високому рівні масштабованості та гнучкості платформ в умовах динамічної колаборації партнерів.

Водночас інтеграція хмарних додатків потребує нівелювання ризиків, пов'язаних із конфіденційністю даних, детермінацією інтерфейсів взаємодії та рівнем міжфірмової довіри. У цьому контексті доцільно оцінити дескриптивні характеристики хмарних моделей, архітектуру їхнього впровадження, а також фінансово-економічну ефективність моніторингу транспортно-складських процесів у режимі реального часу (Real-Time Tracking).

З погляду системної архітектури, хмарні технології є моделлю надання ІТ-послуг, за якої обчислювальні ресурси надаються користувачам за запитом (on-

demand) у режимі самообслуговування, незалежно від апаратного забезпечення та географічного розташування терміналів. У логістичній практиці виділяють три базові моделі розгортання:

1. **Публічна хмара (Public Cloud).** Функціонує на інфраструктурі провайдера та доступна для мультиорендного використання. Її застосування є економічно доцільним для дрібних контрагентів, оскільки витрати на адміністрування та модернізацію системи покриваються великими логістичними операторами (3PL/4PL-провайдерами).

2. **Приватна хмара (Private Cloud).** Локальна або виділена інфраструктура, що забезпечує ексклюзивне використання в межах однієї корпоративної структури. Характеризується підвищеним рівнем кібербезпеки та мінімізацією ризиків несанкціонованого доступу.

3. **Гібридна хмара (Hybrid Cloud).** Конвергентна модель, що об'єднує елементи публічних і приватних хмар за допомогою стандартизованих протоколів передачі даних. Ця конфігурація дозволяє підприємствам зберігати критично важливу інформацію в приватному контурі, динамічно масштабуючи обчислювальні потужності за рахунок публічного сегмента в періоди пікових навантажень.

Застосування хмарної парадигми в управлінні матеріалопотоками формує дефініцію «**хмарного ланцюга постачання**», під яким слід розуміти сукупність інтермодальних суб'єктів, інтегрованих у єдиний інформаційний простір для оптимізації логістичних, інформаційних та фінансових трансакцій.

Вплив хмарних обчислень на функціональні сфери логістики диференціюється за такими напрямками:

- **Прогнозування попиту та планування збуту.** Хмарні рішення агрегують дані про продажі з віддалених точок (POS-терміналів), здійснюють предиктивну аналітику та генерують релевантні статистичні прогнози для всіх учасників ланцюга. Це дозволяє нівелювати «ефект батога» (Bullwhip effect) за

рахунок трансформації спотвореної інформації у прозорі показники ринкової волатильності. Фактично, платформи інтегрують протоколи EDI (Electronic Data Interchange) та ERP-модулі в єдине багатостороннє середовище (Рис. 3.1).

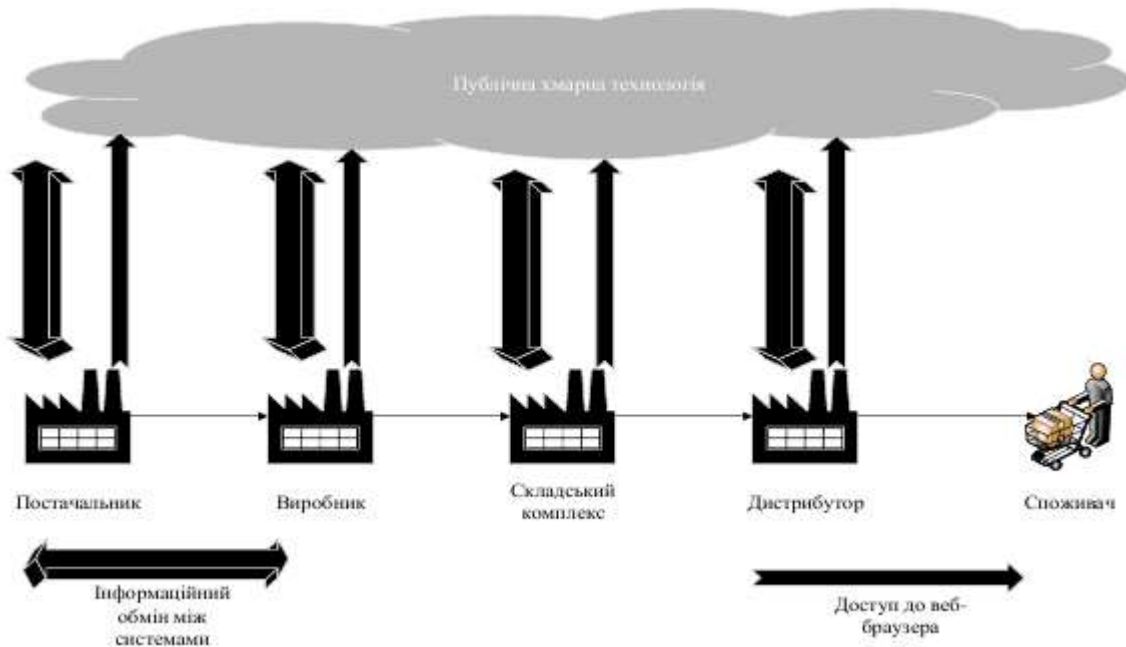


Рисунок 3.1. — Схема інтеграції хмарних технологій в управління операційними процесами ланцюга постачання

- **Транспортно-складська логістика.** Інтегровані хмарні системи автоматизують процеси планування поповнення запасів, диспетчеризації маршрутів (TMS) та управління складськими комплексами (WMS). Рационалізація вхідних і вихідних матеріальних потоків забезпечує ліквідацію надлишкових вантажопереробних операцій, оптимізацію використання корисного об'єму складів та зниження питомих витрат на транспортування одиниці вантажу.

- **Технологічна інтеграція.** Хмарна архітектура виступає базисом для імплементації концепції Інтернету речей (IoT), зокрема систем радіочастотної ідентифікації (RFID). Поєднання RFID-моніторингу з хмарною аналітикою

дозволяє здійснювати наскрізний аудит топографії вантажів у режимі реального часу, оптимізувати реверсивну логістику (обробку повернень) та мінімізувати помилки при комплектації замовлень (picking).

Порівняльний аналіз хмарних систем із традиційними локальними рішеннями дозволяє виділити такі детермінанти ефективності:

1. **Економічна доцільність.** Перехід на хмарні сервіси трансформує капітальні інвестиції (придбання серверів, ліцензій на ПЗ) в операційні витрати (OPEX) за моделлю оплати за фактичне використання (Pay-as-you-go).

2. **Спрощення та уніфікація.** Єдина централізована платформа усуває проблему інтерфейсної несумісності (compatibility) різномірних ІТ-систем контрагентів, прискорюючи швидкість реакції системи на логістичні збої.

3. **Операційна гнучкість та видимість (Visibility).** Забезпечується безперешкодний онлайн-доступ до інформації про дислокацію рухомого складу та стан товарно-матеріальних цінностей, що замінює застарілі дискретні методи комунікації (телефонний зв'язок, Email).

4. **Динамічне масштабування.** Можливість автоматичного регулювання обчислювальних потужностей залежно від сезонних або ринкових коливань обсягів вантажопотоків.

3.3. Рекомендації щодо впровадження ІТ-технологій для наскрізного управління глобальним ланцюгом постачання

Інтенсифікація інформаційного обміну в хмарних SCM-системах досягається шляхом інтеграції систем автоматичної ідентифікації даних, серед яких провідне місце посідає технологія RFID (Radio Frequency Identification). Залежно від ступеня інтеграції технологічних рішень у бізнес-процеси контрагентів, доцільно виділити три методологічні підходи до її впровадження:

- **Одновимірний підхід.** Характеризується моноцентричною структурою, за якої фокусна компанія (клієнт) взаємодіє з обмеженим пулом

постачальників, що мають ексклюзивні канали збуту та впроваджену RFID-інфраструктуру на рівні обмеженої кількості розподільчих центрів.

- **Двовимірний підхід.** Передбачає асиметричну структуру, за якої постачальник адаптує RFID-маркування під вимоги лише окремих великих замовників, тоді як інші канали дистриб'юції функціонують за традиційними технологіями.

- **Багатовимірний підхід.** Найбільш складна стохастична модель, при якій підприємство інтегрує RFID-потоки від мультибрендової мережі постачальників та дистриб'юторів за умов різного рівня їхньої технологічної зрілості.

Незважаючи на капіталомісткість реінжинірингу бізнес-процесів, синергія RFID та хмарних технологій забезпечує суттєві переваги над традиційним штриховим кодуванням (Barcoding) за рахунок:

- автоматичного виявлення та перенаправлення некоректно відвантажених або розкомплектованих вантажних одиниць;
- динамічної оптимізації та перерозподілу лінійного персоналу складів;
- автоматизованого запобігання логістичним втратам (крадіжкам, псуванню) та миттєвого генерування пуш-сповіщень про інциденти на мобільні термінали менеджерів.

Конструктивно RFID-система складається з транспондерів (міток), що містять мікročіп та антену, і зчитувачів (рідерів). Проходження вантажу через контрольні зони дозволяє безконтактно фіксувати у хмарній базі даних ідентифікаційні номери замовлень, серійні номери вузлів, логістичні статуси та просторово-часові координати об'єктів. Це нівелює негативний вплив «людського чинника», який у традиційних аналогових ланцюгах постачання є головним джерелом помилок під час тарування, комплектування та відвантаження.

Для детермінації доцільності реалізації інвестиційного проекту з упровадження RFID-технології на базі складського комплексу швидкопсувної продукції було проведено фінансово-економічний аналіз. Оцінка базується на розрахунку приведеної вартості (PV), чистої приведеної вартості (NPV), індексу прибутковості (PI) та дисконтованого строку окупності (DPP).

$$PV = CF * \frac{1}{(1 + r)^n} \quad (3.1)$$

де, CF – грошові кошти за роками;

r – ставка дисконтування;

n – рік.

Для розрахунку NPV використаємо формулу 3.2.

$$NPV = \sum \frac{CF_n}{(1 + r)^n} - I_0 \quad (3.2)$$

Для розрахунку PI використаємо формулу 3.3.

$$PI = \sum \frac{\frac{CF_n}{(1 + r)^n}}{I_0} \quad (3.3)$$

Для розрахунку DPP використаємо формулу 3.4.

Вихідні дані та результати розрахунків зведено у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1. — Розрахунок показників фінансово-економічної ефективності проекту

Рік	I_0	CF	$(1+r)^n$	PV	NPV
0	-843250				
1		315980	1,18	267779,7	-575470
2		333455	1,3924	239482,2	-335988
3		301120	1,643032	183270,9	-152717
4		350000	1,938778	180526,1	27808,88
5		400000	2,287758	174843,7	202652,6
6		370000	2,699554	137059,7	339712,2
Сума	-	-	-	1182962	-

Аналіз кумулятивного грошового потоку свідчить, що зміна знаку показника NPV з від'ємного на додатний відбувається на четвертому році функціонування проекту. Зведена оцінка критеріїв ефективності наведена в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5. — Інтегральні показники ефективності інвестиційного проекту

Показник	Нормативне значення	Показник за проектом
Чистий приведений дохід (NPV), тис. грн.	>0	339712
Термін окупності (DPP), роки	До 6 років	3,85 років
Індекс прибутковості (PI)	>1	1,4

Узагальнюючи викладене, слід констатувати, що автоматизація ідентифікації вантажних одиниць засобами RFID у межах хмарної SCM-архітектури мінімізує

інформаційні девіації та операційні ризики. Формування стійких довгострокових зв'язків у глобальних транспортних коридорах нівелює фактор тривалого терміну окупності (близько 4 років), трансформуючи первинні витрати у стратегічні активи цифрової логістичної інфраструктури. Впровадження інновації дозволяє усунути системні похибки обліку наявності оборотних засобів, капіталізувати приховані резерви складських потужностей та підвищити загальну рентабельність транспортно-розподільчих систем.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

У третьому розділі досліджено концептуальні положення наскрізного управління ланцюгами постачання в контексті сучасних тенденцій та трансформації логістичного ринку. Обґрунтовано перехід суб'єктів господарювання від мануального (ручного) контролю до автоматизованих систем управління, що зумовлено масштабуванням сучасних ланцюгів постачання, диверсифікацією їхньої структури та збільшенням кількості інтегрованих контрагентів. Стрімке зростання обсягів інформаційних потоків вимагає забезпечення високої швидкості обробки даних, оперативного моніторингу на кожному етапі руху матеріального потоку та забезпечення безперешкодного доступу до релевантної інформації для всіх учасників інтегрованої структури.

Сучасний етап розвитку глобальної економіки характеризується високими темпами цифровізації (діджиталізації) та інтенсифікацією бізнес-процесів. Динамічне зростання сектору електронної комерції (e-commerce) актуалізує потребу в оптимізації функціонування складських комплексів. Раціональний менеджмент потокового розподілу запасів, детермінація пріоритетності вантажів та забезпечення нормативних умов їхнього безпечного транспортування є ключовими детермінантами підвищення рівня логістичного сервісу. Відповідно,

підвищення конкурентоспроможності глобальних ланцюгів постачання безпосередньо залежить від ефективності організації складського зберігання та комплектування товаропотоків.

Визначено, що досягнення зазначених параметрів ефективності можливе за умови імплементації технологій хмарних обчислень (Cloud Computing) та радіочастотної ідентифікації (RFID). Даний технологічний стек забезпечує наскрізний моніторинг вантажів у режимі реального часу, відкриваючи широкі можливості для предиктивної аналітики та реінжинірингу бізнес-процесів. Систематизація даних, що генеруються за допомогою RFID-систем, дозволяє оптимізувати топологію складського зберігання (зокрема, диференціювати зони адресного зберігання, низькотемпературного режиму та штабелювання).

Соціально-економічний ефект від упровадження даних інновацій полягає у підвищенні транспарентності (прозорості) логістичних каналів та зростанні рівня лояльності кінцевих споживачів. Забезпечення віддаленого доступу до інформаційних ресурсів дозволяє стейкхолдерам здійснювати верифікацію статусів замовлень, контролювати дотримання параметрів транспортування та прогнозувати час прибуття (ETA). Синергетична взаємодія зазначених технологій оптимізує функціонування як окремих логістичних ланцюгів, так і макроекономічної системи загалом.

Установлено, що орієнтація суб'єктів глобальних ланцюгів постачання на стратегічне довгострокове партнерство є сприятливою умовою для капіталовкладень у високотехнологічні рішення. Проведені у підрозділі 3.3 техніко-економічні розрахунки свідчать, що дисконтований строк окупності інвестицій (близько 4 років) є прийнятним для капіталомістких логістичних систем. Тимчасові витрати на етапі впровадження компенсуються інтенсифікацією логістичних операцій, мінімізацією помилок (і, як наслідок, зниженням фінансових втрат від логістичних ризиків) та загальним підвищенням рівня автоматизації систем.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі здійснено комплексне дослідження процесів управління взаємодією складських систем у глобальних ланцюгах постачання. В умовах сучасного динамічного бізнес-середовища параметри швидкості та операційної ефективності є визначальними чинниками конкурентоспроможності. Глобалізаційні та цифрові процеси активізують інтеграцію міжнародних контрагентів, що відкриває суб'єктам господарювання вихід на нові товарні ринки та розширює потенціал корпоративного розвитку.

Управління логістичною діяльністю визначено як інтегративний процес, спрямований на оптимізацію матеріальних, інформаційних та супутніх потоків у межах організаційної структури та під час взаємодії з кінцевими споживачами. Ця діяльність базується на процедурах стратегічного планування та координації, керованих інформаційними системами. Доведено, що для максимізації позитивного ефекту логістичну концепцію необхідно екстраполювати на всю вертикаль — від постачальників першого рівня до фінальних споживачів, що трансформує традиційну логістику в парадигму управління ланцюгами постачання (SCM).

Управління ланцюгами постачання є принципово новою філософією ведення бізнесу, що базується на засадах коопетиції (співробітництва-конкуренції) та високого ступеня інтермедіарної інтеграції. Традиційні операційні моделі ґрунтувалися на ізольованій максимізації локальних доходів та мінімізації власних витрат компаній, що часто призводило до субоптимізації та конфлікту інтересів між учасниками каналу розподілу.

У межах концепції SCM стратегічною метою є максимізація інтегрального прибутку за рахунок підвищення загальної конкурентоспроможності на кінцевому ринку. Це досягається шляхом мінімізації сукупних витрат на обслуговування (Total Cost to Serve) та скорочення тривалості логістичних

циклів. Реалізація цих цілей можлива лише за умови жорсткої координації ланцюга постачання, орієнтованої на оптимізацію рівнів запасів, ліквідацію «вузьких місць» (bottlenecks) та забезпечення належних параметрів якості. Сучасна парадигма конкурентної боротьби зміщує акцент з суперництва окремих підприємств на конкуренцію між їхніми ланцюгами постачання. Перевагу отримують ті структури, чиї логістичні канали є більш економічно та операційно ефективними.

На сучасному етапі інтермедіарна взаємодія набуває транскордонного характеру. Координація між країнами та транснаціональними корпораціями забезпечується інструментами глобального SCM, що синхронізує процеси управління попитом та пропозицією на мезо- та макроекономічному рівнях. Глобальне управління ланцюгами постачання виконує роль інтегруючої функції, яка консолідує базові бізнес-процеси компаній, регіонів та держав у єдину високопродуктивну міжнародну архітектуру.

Дослідження показало, що ринок логістичних операторів та складської діяльності в Україні перебуває на стадії трансформаційного розвитку. Україна володіє високим транзитним потенціалом завдяки своєму географічному розташуванню у Східній Європі. Це створює сприятливі передумови для формування потужних хабів, складських та дистрибуційних центрів у структурі глобальних ланцюгів постачання. Наявність виходу до морських транспортних шляхів та інтеграція у міжнародні транспортні коридори (МТК) дозволяє розглядати Україну як ефективну платформу для консолідації, комплектування та дистрибуції матеріальних потоків між європейським та азійським економічними просторами.

Для реалізації цієї стратегічної перспективи вітчизняним логістичним операторам необхідно активізувати впровадження інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ). Це дозволить підвищити коефіцієнт сервісного обслуговування, збільшити інтенсивність обробки матеріальних потоків, знизити

рівень дефектності операцій, а також забезпечить можливість гнучкого оперативного переформатування, партиціонування (роз'єднання) чи консолідації (об'єднання) вантажопотоків.

У ході аналізу інформаційного супроводу в ланцюгах постачання виявлено, що на сьогодні близько 90% складських комплексів у світі функціонують із переважним використанням мануальної праці або мають низький рівень автоматизації. Попри те, що середній період повернення інвестицій (ROI) у складські інновації становить від 4 до 5 років, довгостроковий економічний ефект виправдовує капітальні витрати. Застарілі інформаційні системи більшості складів не здатні забезпечити наскрізне управління та моніторинг рухомих об'єктів у режимі реального часу.

Для усунення цієї системної проблеми обґрунтовано доцільність інтеграції технології RFID. Її застосування дозволяє посилити контроль над матеріальним потоком та синхронізувати його з релевантним інформаційним потоком, що генерує значні синергетичні вигоди як для учасників ланцюга постачання, так і для кінцевих споживачів.

Запропоновано науково-практичні рекомендації щодо вдосконалення системи управління взаємодією складських потужностей логістичного ланцюга. Доведено, що реконфігурація системи можлива виключно через модернізацію її інформаційно-комунікаційного контуру. В сучасних умовах фокус управлінського контролю змістився з матеріального субстрату на інформаційний: логістичний менеджмент розглядається як процес управління даними та знаннями. Це особливо актуально для ланцюгів постачання, де інтеграція та координація інформаційних потоків є базовою умовою стабільності системи.

Для оптимізації ІКТ-структури досліджено спільне використання хмарних технологій та RFID-систем, які мають високий рівень комплементарності (взаємодоповнюваності). Хмарні платформи оптимізують міжсуб'єктну

взаємодію, що позитивно впливає на точність прогнозування попиту та якості клієнтського сервісу. Агрегація даних про продажі через хмару та застосування методів бізнес-аналітики (Business Intelligence) дозволяють розробляти точні статистичні прогнози для всіх ланок ланцюга. Це нівелює прояви «ефекту батога» (Bullwhip effect) — спотворення інформації про попит під час її передачі по ланцюгу постачання — і дозволяє партнерам працювати з реальною волатильністю ринку. Крім того, хмарна архітектура забезпечує миттєвий інтермедіарний обмін критично важливими даними.

Хмарна інфраструктура виступає базисом для інтеграції інтелектуальних систем ідентифікації, зокрема RFID. Синергія RFID та хмарних обчислень дозволяє здійснювати трекінг локалізації запасів та генерувати аналітичні звіти у режимі реального часу з доступом для будь-якого авторизованого учасника ланцюга. Відповідно, такі процеси як реверсивна логістика (обробка повернень), інвентаризація, динамічний розподіл вантажопотоків та комплектація замовлень переносяться в єдину цифрову екосистему, формуючи синергетичний ефект.

У роботі здійснено техніко-економічне обґрунтування проєкту впровадження RFID-технології в діяльність інтегрованого ланцюга постачання. Розрахунки показали, що за 6 років експлуатації системи накопичений чистий грошовий потік становитиме близько 350 000 грн, а строк окупності (PP) дорівнюватиме 3,85 року. Отримані результати підтверджують фінансово-економічну спроможність та доцільність реалізації проєкту у довгостроковій перспективі. Подолання короткострокових операційних та фінансових складнощів на етапі впровадження інновацій є стратегічно виправданим кроком для забезпечення сталої доданої вартості ланцюга постачання у майбутньому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Наконечна Т. В. Формування та управління логістичним ланцюгом поставок на ринку металопластикової продукції / Т. В. Наконечна // Вісн. Хмельницького нац. ун-ту. Серія "Економічні науки". - 2019. - № 5. - Т. 3. - С. 17-174.
2. .Hai L. An Approach Towards Overall Supply Chain Efficiency – A Future Oriented Solution And Analysis In Inbound Process [Text] / L. Hai, S. Yirong. - Goteborg University : Elanders Novum AB Pub, 2018. - 87 p
3. Глушенко Т. М. Аналіз розвитку логістичних послуг на сучасному світовому ринку / Т. М. Глушенко // Наук. вісн. Херсонського державного уні- ту. - 2014. - Вип. 6. - Ч. 1. С. 17-22.
4. Будниченко М. Б. Еволюція концепції ланцюга цінності у мережу цінності / М. Б. Будниченко [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.sciary.com/journal-scientifLc-piei-article-76464>.
5. .Mentzer J.T. Defining Supply Chain Management / J.T. Mentzer et al. // J. of Business Logistics. - 2011. - Vol. 22. - № 2. - CLM. - 2001. - P. 18.
6. Чечет А. М. Сучасні тенденції управління ланцюгами поставок / А. М. Чечет // Вісник НТУ. - 2018. - Вип. 26. - С. 351-354
7. Сайт компанії «Еколь» [Електронний ресурс]. - Режим доступу : <https://www.ekol.com/en/>
8. Розділ складування «Еколь» [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.ekol.com/en/logistics/warehousing/>
9. Зберігання товарів індустрії охорони здоров'я [Електронний ресурс].- Режим доступу:
10. Офіційний сайт компанії «Заммлер» [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.zammler.com.ua/about/>
11. Логістика компанії «Заммлер» [Електроннийи ресурс]. – Режим доступу: <https://www.zammler.com.ua/services/skladskaya-logistika/>