

УДК 658.7:338.2

JEL classification C61

Світлана МІНАКОВА

Д.е.н., професорка, професорка кафедри машинобудування

Одеська державна академія будівництва та архітектури

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2841-8500>

Олена ГРІГОРІ

здобувачка вищої освіти першого (бакалаврського) рівня

(спеціальність: 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»)

Одеська державна академія будівництва та архітектури

## СУЧАСНІ МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ

***Анотація:** Сучасний бізнес невіддільно пов'язаний зі складними та динамічними ланцюгами постачання, які вимагають ефективного управління та координації. У цьому контексті, логістика виступає ключовим стовпом, що забезпечує надійність та ефективність функціонування підприємства. Вона включає в себе комплексний набір стратегій та процесів, починаючи від постачання сировини і закінчуючи доставкою готової продукції до кінцевого споживача. Однак, важливість логістики не обмежується лише рухом товарів — це також ключовий фактор в управлінні запасами, оптимізації маршрутів, прогнозуванні попиту та взаємодії з партнерами в ланцюгу постачання.*

*Здатність ефективно маневрувати у світі глобалізації, стрімкого розвитку технологій та змін у споживчих уподобаннях стає визначальним фактором успіху для будь-якої компанії. Забезпечуючи найкращі практики в управлінні логістичними процесами, компанії можуть досягати найвищого рівня клієнтського сервісу, зменшувати витрати, прискорювати час постачання та робити свій внесок у сталість та сталість бізнесу в цілому.*

*Логістика, як важлива складова ланцюга постачання, перебуває під впливом ряду викликів, таких як зростання обсягів виробництва, зміни у споживчих уподобаннях та глобалізація ринків. Сучасні методи оптимізації логістичних процесів становлять відповідь на ці виклики, надаючи підприємствам інноваційні інструменти для ефективного управління рухом та зберіганням товарів.*

*Логістичні процеси, що включають у себе постачання, зберігання та доставку товарів, стають основою ефективного функціонування підприємства. Впровадження сучасних методів оптимізації в логістичних системах на всіх зазначених етапах дозволяє компаніям не лише уникати зайвих витрат, а й підвищувати швидкість обробки та доставки замовлень.*

*Штучний інтелект, Інтернет речей та інші — це технологічні інновації, які революціонізують логістичні практики.*

*Застосування нових алгоритмів допомагає враховувати величезні обсяги даних для прийняття рішень на стратегічному та оперативному рівнях, здійснювати якісні послуги, що відповідають рівню розвитку сьогодення і залишатись у лідерських позиціях серед інших компаній.*

**Ключові слова:** *сучасність, логістика, логістичний процес, конкурентоспроможність, оптимізація, оперативність, гнучкість, систематизація, автоматизація, штучний інтелект, Інтернет речей, WMS-системи.*

Svetlana MINAKOVA

Doctor of Economics, professor, professor of the Department of Mechanical Engineering of the  
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2841-8500>

Olena GRIGORI

student of higher education of the first (bachelor's) level  
(specialty: 275 “Transport technologies (automobile transport)”)  
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

## **MODERN METHODS OF OPTIMIZATION OF LOGISTICS PROCESSES**

**Abstract:** *Modern business is inextricably linked with complex and dynamic supply chains that require effective management and coordination. In this context, logistics is a key pillar that ensures the reliability and efficiency of the enterprise's operation. It includes a complex set of strategies and processes, starting from the supply of raw materials and ending with the delivery of finished products to the final consumer. However, the importance of logistics is not limited to the movement of goods - it is also a key factor in inventory management, route optimization, demand forecasting and interaction with supply chain partners.*

*The ability to effectively maneuver in the world of globalization, rapid technological development and changes in consumer preferences is becoming a determining factor of success for any company. By ensuring best practices in the management of logistics processes, companies can achieve the highest level of customer service, reduce costs, accelerate delivery times and contribute to the sustainability and sustainability of the business as a whole.*

*Logistics, as an important component of the supply chain, is under the influence of a number of challenges, such as the growth of production volumes, changes in consumer preferences and the globalization of markets. Modern methods of optimizing logistics processes are the answer to these challenges, providing enterprises with innovative tools for effective management of the movement and storage of goods.*

*Logistics processes, which include the supply, storage and delivery of goods, become the basis of the effective functioning of the enterprise. The implementation of modern optimization methods in logistics systems at all the specified stages allows companies not only to avoid unnecessary costs, but also to increase the speed of processing and delivery of orders.*

*Artificial intelligence, the Internet of Things and others are technological innovations that are revolutionizing logistics practices.*

*The use of new algorithms helps to take into account huge amounts of data for decision-making at the strategic and operational levels, to provide quality services that correspond to the level of today's development, and to remain in leadership positions among other companies.*

**Keywords:** *modernity, logistics, logistics process, competitiveness, optimization, efficiency, flexibility, systematization, automation, artificial intelligence, Internet of things, WMS-systems.*

**Постановка проблеми.** Сучасний бізнес стикається з рядом викликів у контексті логістичного управління, зумовлених стрімкими змінами у споживчих уподобаннях, глобалізацією ринків та необхідністю ефективного використання ресурсів. Щоб успішно функціонувати в цьому динамічному середовищі, компанії шукають інноваційні методи оптимізації логістичних процесів, спрямовані на вирішення низки проблем.

Однією з головних проблем є необхідність максимальної ефективності та швидкості у всіх етапах ланцюга постачання. Збільшення обсягів виробництва та розширення географії постачання призводять до зростання складності управління рухом та зберіганням товарів. Децентралізовані ланцюги постачання та глобальна конкуренція роблять актуальним питання вдосконалення систем прогнозування, маршрутизації та вирішення складських викликів.

Іншою проблемою є потреба в управлінні великим обсягом даних, який супроводжує розвиток технологій. Використання штучного інтелекту та аналітики даних вимагає належної інтеграції та забезпечення безпеки інформації, що є важливим аспектом для підприємств.

Також, зміни в споживчих уподобаннях та зростання екологічної свідомості вимагають розгляду логістичних вирішень, спрямованих на зменшення впливу на навколишнє середовище та створення сталого ланцюга постачання.

У цьому контексті актуальною стає постановка завдань з вдосконалення логістичних процесів, щоб забезпечити ефективність, точність та сталість управління ланцюгом постачання в умовах сучасного бізнесу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Протягом останнього десятиліття сфера логістики відзначилася значним розширенням та інтеграцією в різні галузі виробництва та бізнесу. Кілька ключових тенденцій вказують на це зростання та розширення: технологічні інновації, глобалізація та міжнародна торгівля, Е-комерція та інтернет ринки, споживацька свідомість та інш. Тепер логістика стає ключовим гравцем у стратегічному плануванні, аналізі даних, роботі з постачальниками та взаємодії з клієнтами.

Перелічимо основні ланки логістики, що набули свого поширення за останні десятиліття: бізнес-логістика, військова логістика, транспортна логістика, логістика закупівель, логістика збуту, митна логістика, логістика запасів, складська логістика, інформаційна логістика, екологічна логістика, комплексна логістика. Кожна з них забезпечує реалізацію певної функції загальної мети.

Розвиток сучасних технологій сприяє удосконаленню логістичних процесів виробництв та компаній, з'являються нові інструменти організації, які бізнеси вже застосовують на практиці. Серед них штучний інтелект, машинне навчання, Інтернет речей, роботизація та інше.

Сутність, зміст та прикладні засади становлення та використання в діяльності на ринку логістичних послуг штучного інтелекту здійснюють у своїх дослідженнях вітчизняні науковці, серед яких варто відзначити: І. Горбась, В. Скіцько, А. Лопатін, Н. Чернописька, В. Яковенко та інші.

Незважаючи на те, що IoT є революційною технологією, ця категорія все ще залишається недостатньо дослідженою. С. Лі (S. Lee), М. Бає (M. Bae), Х. Кім (H. Kim), С. Хуан (S. Xuan), Ю. Чжанг (Y. Zhang), Х. Танг (H. Tang), та ін. розглядають цю технологію як рушійну силу для економічного розвитку низки галузей та країн. В Україні лише нещодавно почали відкриватися окремі навчальні програми у сфері IoT. О. Баранов, Н. Іванченко, О. Крайнюченко досліджують впровадження IoT на українських підприємствах, проте можна

говорити про відсутність достатньої теоретичної та практичної бази стосовно застосування технології ІоТ в сфері транспортно-логістичних послуг.

Виявлено, що наведені сучасні методи оптимізації логістичних процесів є дуже дієвими та результативними. Багато західних та європейських компаній використовують їх для удосконалення своєї внутрішньої діяльності та для покращення надання послуг. Щодо українського ринку – він поки залишається на тому рівні, коли використання інноваційних засобів не є можливим, але існують і рідкі виключення.

Загалом сучасні дослідження визначають потенційні переваги та виклики впровадження інноваційних технологій в управління логістикою підприємств. Серед переваг можна відзначити: підвищення ефективності, мінімізація витрат, оптимізація маршрутів, покращення якості обслуговування, зменшення часу доставки, точне управління запасами, автоматизація процесів, управління в реальному часі, орієнтир на екологічні принципи. До недоліків віднесемо: складність впровадження, високі витрати на розробку та імплементацію, питання приватності та кібербезпеки, а також неоднорідність технологічного обладнання.

Втім існує й об'єктивна потреба поглиблення існуючих напрацювань для забезпечення ефективного розвитку компаній, а також потреба в поширенні вже існуючої інформації стосовно даної теми.

**Формулювання мети статті.** Метою статті є встановлення сутності завдань логістики, обґрунтування важливості її продуктивної діяльності для бізнесу, а також визначення та характеристика основних сучасних методів щодо оптимізації логістичних процесів всіх рівнів, що сприятимуть їх розвитку і підвищенню конкурентоспроможності компанії.

**Виклад основного матеріалу.** Логістика у сучасному бізнесі, визнається як стратегічний інструмент, що визначає успішність та конкурентоспроможність підприємства в умовах складного та динамічного ринкового середовища. Своєрідний "серцевий рушій" ефективного управління ланцюгом постачання, логістика впливає на всі аспекти бізнес-процесів, починаючи від виробництва та закінчуючи задоволенням потреб споживачів.

Сутність логістики полягає в оптимізації руху товарів та інформації від виробника до кінцевого користувача. Вона охоплює широкий спектр дій — від управління запасами та складською логістикою до координації транспортних операцій та впровадження інноваційних технологій.

У світлі глобалізації та стрімкого технологічного розвитку, логістика стає важливим фактором, який визначає конкурентоспроможність компаній. Їх прибуток залежить від контролю витрат і зростання доходу. Логістика сприяє обом. Коли присутнє розуміння усіх

тонкощів логістики, людина має здатність знайти можливості скорочення витрат у ланцюжку поставок. Найважливіше те, що можна знайти швидші способи доставити продукти туди, куди потрібно, без шкоди для якості. Крім того, своєчасні та надійні поставки також підвищують задоволеність клієнтів, що покращує репутацію компанії та створює конкурентну перевагу [1].

Головна мета логістики – це доставка потрібного вантажу потрібної якості в потрібній кількості в потрібний час в потрібне місце із найменшими витратами [2].

Основні завдання логістичних процесів включають в себе комплекс дій та стратегій, спрямованих на оптимізацію руху товарів та інформації через ланцюг постачання. Підкреслимо напрямки цих завдань, зазначивши ключові компоненти управління логістикою:

- управління запасами;
- складська логістика;
- транспортування та маршрутизація;
- інформаційна логістика;
- управління постачанням;

Тепер сформуємо основні завдання логістики:

- ✓ створення інтегрованих систем регулювання матеріальних потоків;
- ✓ контроль за рухом матеріальних потоків;
- ✓ визначення стратегії і технології переміщення товарів;
- ✓ стандартизація напівфабрикатів і упаковки;
- ✓ прогнозування об'ємів продажу, виробництва та складування;
- ✓ розподіл транспортних засобів;
- ✓ організація після продажного обслуговування та ін.
- ✓ створення мінімальних запасів;
- ✓ скорочення часу зберігання продукції у вигляді запасів;
- ✓ скорочення часу транспортування продукції [2].

Завдання логістики не лише вирішують внутрішні потреби підприємства, але і забезпечують плавний і ефективний рух товарів від виробника до кінцевого користувача, сприяючи підвищенню конкурентоспроможності та задоволенню клієнтів.

Відповідно до визначених завдань виділяють два види функцій логістики:

1. оперативні;
2. координаційні.

Оперативний характер функцій логістики пов'язаний безпосередньо з операціями, які забезпечують рух ТМЦ в сфері постачання, виробництва та розподілу:

- в сфері постачання – це: управління рухом сировини, матеріалів і готової продукції від постачальника до виробничого підприємства, складів чи сховищ;
- в сфері виробництва – це: управління запасами на кожній стадії виробничого процесу, а також переміщення готової продукції на оптові склади та роздрібні ринки збуту;
- в сфері розподілу продукції – це: формування та використання каналів розподілу готової продукції по яких вона потрапляє від виробників до кінцевих споживачів.

Координаційні функції логістики полягають у врівноваженні попиту і пропозиції. До них відносяться: виявлення і аналіз потреб в матеріальних ресурсах на кожному етапі виробництва; аналіз ринкового середовища підприємства; обробка замовлень на готову продукцію. Виконання координаційних функцій логістики базується на попередньому оперативному плануванні і покликане забезпечити чітку і злагоджену роботу всіх ланок підприємства [2].

В загальному вираженні функції логістики відіграють важливу роль в усій економічній системі. Завдяки їх реалізації відбувається оптимізація діяльності підприємств, покращення їх фінансових результатів. Зважаючи на це, на логістичну діяльність часто покладають системоутворюючу, інтегруючу, регулюючу та результуючу функції, що притаманні усім виробничо-господарським системам.

Цьому сприяє формування цілісної системи логістичних принципів. Такі принципи є початковими положеннями, на основі яких здійснюється побудова і функціонування логістичних систем. До них належать:

- Принцип системності припускає формування інтегрованої системи управління матеріальними потоками у рамках виробничо-збутової системи. Дозволяє розробку і здійснення на практиці єдиного технологічного процесу виконання виробничих замовлень на стадіях закупівлі, виробництва і збуту продукції.
- Принцип зворотного зв'язку передбачає, що цілі і завдання логістичної системи визначаються вимогами ринку, відповідно до яких встановлюються масштаби і асортимент продукції, формуються замовлення на матеріали, визначається величина поточного і необхідного запасу тощо. Даний принцип створює основу для функціонування складського господарства.
- Принцип оптимальності полягає в досягненні такої узгодженості стадій процесу руху товару і дій учасників, при якій забезпечується найбільша ефективність функціонування підприємства як цілісної виробничо-збутової системи.
- Принцип гнучкості припускає високу здатність логістичної системи пристосовуватися до умов її функціонування і специфічних запитів споживачів. Реалізація цього принципу

вимагає проведення роботи по прогнозуванню розвитку подій та розробці адекватних до їх динаміки дій.

- Надійність постачань як принцип логістики припускає створення таких організаційно-економічних умов, які забезпечували б безперервне постачання підприємства необхідними матеріальними ресурсами і безумовне виконання графіку постачань готової продукції. На дотриманні цього принципу відбувається синхронізація усіх стадій руху, що дозволяє координувати здійснення логістичних операцій та регулювати розмір запасів на усіх стадіях руху ТМЦ.

- Принцип комп'ютеризації полягає в тому, що усі логістичні функції і процес руху товару в цілому повинні виконуватися з максимальною мірою автоматизації, яка дозволяє здійснювати ефективний контроль за пересуванням матеріалів, накопичувати інформацію про наявність напівфабрикатів, розраховувати необхідні параметри товаропровідних систем тощо.

У цьому контексті, логістика, яка колись була обмежена виключно транспортуванням та зберіганням товарів, тепер стає стратегічним інструментом управління ланцюгами постачання, забезпечуючи не лише ефективність операцій, але й конкурентні переваги підприємств. Одним із головних факторів, які визначають актуальність сучасних методів оптимізації логістики, є швидкі та часті зміни в умовах ринкового середовища. Впровадження інноваційних технологій, аналіз великих обсягів даних, автоматизація та інші аспекти оптимізації логістичних процесів стають важливими для забезпечення гнучкості та адаптивності в умовах невпевненості.

Отже, дослідження та вдосконалення логістичних процесів стає необхідністю для підприємств, які прагнуть не лише вижити в конкурентному середовищі, а й вибудувати стратегічні переваги на ринку.

На щастя, наразі існує багато сучасних методів оптимізації логістичних процесів, які ми й розглянемо далі.

#### 1) **Застосування Інтернету речей (IoT) у логістиці**

Швидкий розвиток технологій дозволяє розширювати можливості організацій та оптимізувати всі процеси, які відбуваються в них – управлінські, виробничі, забезпечуючі. Однією з технологій, які проникла і в побут, і в бізнес-процеси компаній, в тому числі логістичні, є технологія «Інтернету речей». «Інтернетом речей» вважають технологію передачі даних між матеріальними об'єктами, що об'єднані між собою мережею для безперешкодної взаємодії всередині системи та з її зовнішніми суб'єктами [3].



Світові лідери логістики визначають технологію «Інтернету речей» як виробничу технологію логістики, що є клієнтоорієнтованою, оскільки вона залучає не лише об'єктів ланцюга постачання, а й кінцевих споживачів і замовників.

Особливістю та важливою перевагою застосування вищезгаданої технології є не лише можливість об'єднати всі матеріальні об'єкти в системі в одну мережу, а й можливість постійного моніторингу, аналізу даних та контролю змін на кожному етапі. Збереження масиву даних про зміни в кожен момент часу певної одиниці (машини, товару, піддонів та ін.) дозволяє проводити деталізований аналіз причин незлагодженості роботи на певних етапах переміщення, прогнозувати їх появу в майбутньому, та, відповідно, запобігти. Також доступність до такої кількості інформації щодо кожного об'єкта «Інтернету речей» дозволяє формувати та відображати загальні тенденції змін, сезонності, проблем, а також мати доступ до вже прийнятих раніше рішень в аналогічних ситуаціях щодо схожих об'єктів.

Дані переваги спрощують автоматизацію бізнес-процесів, рівень передбачуваності подій та результатів, що відповідно зменшує рівень особистого втручання та рівень витрат. При вдалій імplementації даної технології в існуючу систему відстеження, переміщення та складування тисяч вантажів стає реальнішим процесом з вищим рівнем автоматизації.

Завдяки «Інтернету речей» ідентифікація об'єктів в логістичних процесах стала простішою та злагодженішою, та трансформувалась в виді смарт-палет та інших тар, машин, стелажів, і навіть смарт-терміналів. Найбільш зрілою для застосування «Інтернету речей» частиною логістики вважається транспорт. Одним з найяскравіших і наймасштабніших прикладів є Транспортний інформаційний центр Сеула (TOPIS). Імplementація «Інтернету речей» в менеджменті транспорту міста полягає в зборі інформації з громадського транспорту, таксі, маршрутних автобусів, що дозволяє точно відображати переміщення кожної окремої одиниці в реальному часі, а також бачити точні прогнози і розклад цілодобово. Застосування такої комплексної системи надало такі переваги як скорочення трафіку, підвищення рівня ефективності транзиту, а також підвищила рівень задоволеності споживачів і загальний рівень добробуту завдяки налагодженій чіткій системі комунікації зі споживачем [3].

Зокрема, GPS-система дозволяє не лише ідентифікувати об'єкт, а й відстежувати його переміщення в реальному часі. Використання телематики як частини «Інтернету речей» дозволяє не лише моніторити переміщення кожної транспортної одиниці, а й відстежувати випадки крадіжки. Прозорість переміщення товарів забезпечує можливість швидкого реагування і максимального масиву даних щодо ситуації, що сталась [4].

Технологія «Інтернету речей» дозволяє не лише відстежувати вантажівки, а й в реальному часі діставати інформацію про вантаж в контейнері посеред Тихого океану та в

вантажному літаку. Не можливо не згадати про вплив «Інтернету речей» на постачання продукції, що швидко псується, зокрема фруктів та фармацевтичних препаратів. Моніторинг якості в режимі реального часу під час зберігання та транспортування допомагає зменшити частку втрат в виді зіпсутого товару та підірваної довіри замовника. Також можливість безперервної подачі інформації про продукцію такого виду дозволяє зменшити втрати якості чи інших певних характеристик. Смарт-датчики відстежують усі дії та перевіряють наявність помилок, які можуть виникнути в процесі обробки та розподілу товарів. Також інформація про необхідність проходження техогляду, запланованої заміни деталей автоматично сповіщає відділ з планування про необхідність внесення зміни в маршрут або ж про необхідність врахування цієї інформації надалі. При виникненні несправності в вантажівці-рефрижераторі людський фактор не зникає, а технологія «Інтернету речей» дозволяє запобігти таким ситуаціям і відповідним втратам завдяки терміновому інформуванню заздалегідь вибраних учасників системи. Датчики, прикріплені якомога ближче до товару, можуть обчислити кінцевий термін зберігання швидкопсувних товарів, а вантажівка-рефрижератор завершує поїздку за узгоджений час і система повідомляє, що готова взяти ящики з товарами виробника [3].

Не менш ефективним є застосування «Інтернету речей» в складуванні. Маркування піддонів та продукції за допомогою Інтернету речей (IoT) сприяє смарт-інвентаризації. Бездротові сканери фіксують дані, включаючи обсяг, розміри та габарити товарів, які обробляються та передаються до програмного забезпечення. Мітки передають сигнали про рівні запасів в реальному часі, уникаючи ситуацій, коли товарів недостатньо. Датчики виявляють неправильне розміщення товарів та контролюють умови зберігання, що дозволяє персоналу складу вживати вчасних коригувальних заходів для забезпечення високої якості обслуговування та довіри споживача.

Ще однією перевагою використання «Інтернету речей» є зменшення витрат на утримання складських приміщень завдяки смарт-менеджменту з застосуванням регулювання споживання електроенергії, режимів роботи вентиляції, LED-освітлення та регулювання підвищення чи зниження рівня освітленості складських приміщень в залежності від активності всередині території. Така адаптація технології в складській логістиці знижує загальні витрати та більше того, вносить частку в збереження зовнішнього середовища [4].

Впровадження Інтернету речей (IoT) в логістичних системах призвело до численних успішних кейсів, покращуючи ефективність, безпеку та контроль над ланцюгами постачання. Ось кілька прикладів успішного впровадження IoT у великих логістичних системах:

Amazon Robotics. Amazon використовує IoT для автоматизації своїх складських операцій. Роботизовані системи переміщують товари по складі, використовуючи дані від сенсорів та камер для навігації та уникнення перешкод. Результат: зменшення часу обробки замовлень, підвищення точності та швидкості доставки, а також зменшення навантаження на робочий персонал.

Maersk Line. Maersk, великий гравець у сфері морського транспорту, використовує IoT для відстеження та моніторингу вантажів у реальному часі. Контейнери оснащені сенсорами для вимірювання різних параметрів (температури, вологості, положення тощо). Результат: Покращення контролю за умовами транспортування, зменшення втрат та покращення точності прогнозування прибуття.

UPS (United Parcel Service). UPS використовує IoT для створення "розумних" поштових коробок, які оснащені датчиками ваги та відомостями про відправлення. Результат: забезпечення точної інформації про вагу відправлення та взаємодія з системою відслідковування, що дозволяє зменшити помилки та покращити обслуговування клієнтів.

DHL SmartSensor. DHL використовує сенсори IoT для моніторингу та контролю температурних умов перевезень вантажів, особливо у сфері фармацевтики та харчових продуктів. Результат: забезпечення надійності та безпеки вантажу, вчасне виявлення відхилень в температурі, що допомагає уникнути збитків.

Ці приклади вказують на широкий спектр можливостей, які принесло впровадження IoT в логістичні системи, покращуючи ефективність та якість обслуговування.

Підсумовуючи вищесказане робимо висновок, що застосування «Інтернету речей» є ефективним рішенням для підвищення рівня ефективності логістичних процесів, їх контролю, автоматизації та моніторингу в реальному часі, а також для аналізу, формулювання і відображення тенденцій, а також прогнозування результатів. Дана технологія допомагає автоматизувати велику кількість логістичних процесів, зменшити рівень витрат, запобігти виникненню помилок, зменшити вплив людського фактору та підвищити рівень прозорості інформації та рівня задоволення клієнтів.

## 2) **Штучний інтелект та машинне навчання**

Використовуючи можливості штучного інтелекту (ШІ) і машинного навчання, постачальники послуг логістики можуть отримати конкурентну перевагу на ринку та позиціонувати себе для довгострокового успіху. Це звільняє людські ресурси, дозволяючи їм зосередитись на більш складних і цінних завданнях. Наприклад, системи на основі штучного інтелекту можуть автоматично генерувати замовлення на купівлю та рахунки-фактури,

керувати рівнем запасів і планувати поставки, скорочуючи час і зусилля, необхідні логістичному персоналу.

Також алгоритми штучного інтелекту також можуть аналізувати величезні обсяги даних, надаючи цінну інформацію про моделі та тенденції ланцюга поставок. Це дає змогу постачальникам логістичних послуг приймати більш обґрунтовані рішення, наприклад прогнозувати попит і оптимізувати маршрути та планування транспортування, що забезпечує швидші та надійніші терміни доставки. Наприклад, у сучасних вантажних транспортних засобах ШІ використовується для розпізнавання дорожніх знаків і розмітки та реагування на погоду та дорожні умови. Все це дозволяє створити комфортні умови водіння.

Управління та організація складу є критично важливими для будь-якого бізнесу, який покладається на ефективне зберігання та розподіл товарів. З поширенням технологій штучного інтелекту (ШІ) склади тепер можуть покращити управління та організацію за допомогою ШІ.

Системи керування та організації складів із підтримкою штучного інтелекту можуть відстежувати і відстежувати запаси, оптимізувати маршрути для комплектування та пакування, а також автоматизувати багато процесів, пов'язаних із керуванням складськими операціями. Системи з підтримкою штучного інтелекту також можуть визначати шаблони в історії замовлень і пропонувати найефективніший спосіб організації складу на основі даних.

Технологію штучного інтелекту також можна використовувати для підвищення безпеки складів. Наприклад, системи з підтримкою штучного інтелекту можуть виявляти аномалії в складських операціях і попереджати менеджерів складу про потенційні проблеми безпеки. Крім того, системи з підтримкою штучного інтелекту можна використовувати для моніторингу робочих процесів співробітників і виявлення будь-яких потенційних проблем безпеки, які необхідно вирішити.

Наприклад, компанія HERE, яка розробляє платформу картографування, створила цифрову програму, яка дозволяє передбачати небезпеки на дорозі за допомогою аналізу зображень із передньої камери, смартфона чи відеореєстратора. Навіть зараз автовиробники встановлюють на свої вантажівки обладнання для контролю за станом і зносом вузлів і агрегатів автомобіля. В результаті знижується ризик поломки в дорозі, а терміни технічного обслуговування можна передбачити на основі фактичного стану машини, а не пробігу.

Однак, незважаючи на значне зростання використання технології ШІ в багатьох сферах, слід зазначити, що це не зовсім безпечна технологія і має своїх супротивників. Починаючи з занепокоєння щодо скорочення робочих місць. Хоча в той ж час світові ринки все ще борються зі значною нестачею робочої сили, з якою компанії стикатимуться ще багато років. І як вважає Віце-президент з інновацій Samsung Electronics Люка Джуліа, машини, що використовують

ШІ, для формування будь-якої моделі потребують збору великої кількості даних. Вони не здатні мислити і проявляти творчий початок, як це робить людина, а можуть лише розпізнавати. Тим не менш, беззаперечно, що технології штучного інтелекту продовжуватимуть відігравати значну роль у логістичній галузі в майбутньому, і компанії, які отримають цю технологію, матимуть кращі позиції для довгострокового успіху [5].

### 3) **Роботизація та автоматизація у логістичних складських процесах**

Інтелектуальні технології для складування та логістики дозволяють розв'язувати проблеми, пов'язані з:

- нестачею операторів;
- людськими помилками;
- проблемою транспортування великовагових вантажів тощо.

Підвищення якості управління запасами, збільшена продуктивність і мінімізація ризику виникнення непередбачених ситуацій — все це можна вирішити за допомогою роботизації виробництва.

Що вміють робити складські роботи? За функціоналом такі роботи діляться на:

● самохідні візки — з їх допомогою можна швидко переміщувати й укласти вантажі, перевозити товари з одного місця в інше, в більшості випадків моделі оснащені підймальним механізмом;

- буксирувальники — призначені для транспортування важких роботів-візків;
- палетайзери — така техніка використовується для укладання вантажів на палети;
- сортувальники — їх застосовують для ідентифікації та упакування товарів;
- дрони — обладнання стане в пригоді в процесі інвентаризації та ін.

Одна з основних проблем роботизованого складу — забезпечення ефективної навігації автономного обладнання всередині приміщень. Існує кілька способів вирішення цього завдання. Для роботи деяких пристроїв необхідна спеціальна розмітка на підлозі, більш прогресивні моделі розпізнають об'єкти в реальному часі завдяки ШІ й вбудованим датчикам.

Автоматизація складів останнім часом стає однією з найбільш актуальних тем в області вантажоперевезень і логістики. Застосування новаторських машин дає можливість швидко і без помилок виконувати різну «важку» роботу, пов'язану з транспортуванням вантажів. Сучасна техніка здатна сама брати необхідний товар зі стелажів, а потім перевозити його до потрібної станції на упакування і посилення. Для реалізації таких процесів практично не потрібна присутність людини, чим вже активно користуються багато підприємств [6].

Серед лідерів в області роботизації складів можна виділити:

✓ Amazon. Зараз на різних підприємствах компанії функціонує близько 45 тисяч роботів, при цьому цифра постійно зростає. Корпорація ще у 2012 році придбала Kiva Systems, зробивши з того часу упор на автоматизації. Хоча на кожного робота поки припадає понад 4 реальних співробітників, в Amazon змогли автоматизувати велику частину завдань, пов'язаних з ходьбою і пошуком предметів на складах.

✓ ІКЕА. Шведський гігант зі сфери домашнього декору активно використовує сучасні технології у сфері зберігання та пошуку товарів. Великомасштабні роботизовані крани істотно полегшують співробітникам компанії завдання, пов'язані зі складанням, упакуванням і відвантаженням продукції.

✓ Tesla. Роботи від Adept Technology, Inc, які використовуються в корпорації Ілона Маска, можуть вільно пересуватися по території фабрики, уникаючи зіткнень з людьми та іншими об'єктами, а також самостійно підключатися до док-станції для підзарядки. Такі пристрої роблять все: від вітання гостей до транспортування матеріалів.

Серед інших відомих корпорацій, які активно застосовують роботів для складування і переміщення вантажів, можна виділити логістичну компанію DHL, мережа супермаркетів Meijer, виробника конструкторів LEGO, найбільшого гравця на ринку безалкогольних напоїв Соса-Сола та ін. Все це говорить про те, що саме за автоматизацією складських процесів майбутнє. Чим раніше компанії, пов'язані з переміщенням вантажів це зрозуміють, тим вище ймовірність зміцнити свої конкурентні переваги.

В останні роки сильно набирали популярність системи управління складами (WMS). Це автоматизована система управління складським комплексом, що передбачає використання технології автоматичної ідентифікації для адресного зберігання та дистанційного управління співробітниками [7]. Ця система дозволяє оптимізувати процеси прийому, розміщення, зберігання, обробки та відвантаження товарів на складах різного типу. Завдяки поділу складу на певні зони, WMS-система контролює роботу складського обладнання, техніки та персоналу, керує переміщенням вантажів та вантажної техніки по всій території складського комплексу, оперативно планує і розподіляє завдання співробітникам у зв'язку з обстановкою на складі.

Функціональність сучасних систем WMS різноманітна, так як вони орієнтовані під різні галузі та сфери діяльності. Розробники передбачили можливість доповнювати функціонал WMS систем, але і базового набору цілком достатньо для оптимізації роботи складу.

Впроваджувати WMS-системи необхідно, коли підприємство має такі особливості бізнес-процесів:

✓ Невисока швидкість товарообігу, що утворює велику кількість товару у складському приміщенні.

✓ Широка номенклатура виробництва. Чим більше різних матеріалів, необхідних для створення продукту, знаходиться на складі, тим складніше їх розподіляти територією.

✓ Великий обсяг складського приміщення вимагає впровадження системи для оперативного використання та розподілу складських ресурсів.

Використання даної системи дозволяє отримати такі плюси:

●Максимальний контроль за станом складу у режимі реального часу. Завдяки автоматизації, замовник має точну інформацію про те, де лежить необхідний товар і в якій кількості.

●Скорочення кількості працівників складського комплексу до оптимального мінімуму. Персонал витрачає набагато менше часу на те, щоб внести інформацію про товар до бази даних, а також зменшується час, який потрібний для знаходження матеріалів.

●Зменшення кількості помилок при прийомі, комплектації та розподілі товарів. Ліквідуються помилки із закупівлі зайвої кількості матеріальних ресурсів. Система автоматично порівнює фактичну наявність товару із планом. Це також дозволяє виключити злодійство на складі.

●Абсолютно всі дії на складі скоординовані відповідно до завдань, що видаються WMS системою.

●При здійсненні приймання або розвантаження співробітники підприємства отримують необхідну інформацію про властивості товару та специфіки поводження з ним.

●Знижується залежність впливу людського чинника якості роботи. У зв'язку з простотою та зрозумілістю використання даної технології робота може виконуватися за допомогою низько-кваліфікованого персоналу. Також відбувається його прискорене навчання.

●Завдяки підвищенню швидкості робіт збільшується задоволеність клієнта.

●Виявляється низько-обертається товар, у зв'язку з чим покращується використання складської площі.

●Відбувається автоматичний розрахунок відрядної заробітної плати складським робітникам завдяки отриманим даним про скоєні операції.

●Усі робочі процеси складу фіксуються, що дозволяє при несподіваних ситуаціях швидко знайти винуватця порушення плану [7].

4) **Оптимізація управління запасами. Впровадження методів "Just-in-Time" та "Vendor-Managed Inventory"**

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

VMI — це система, в якій постачальники виробника керують рівнями запасів продукції. Відповідно до системи VMI постачальники виробника відповідатимуть за наступне:

- моніторинг рівня запасів продукції;
- поповнюйте запаси продуктів за потреби;
- відстеження продажів;
- відстеження попиту клієнтів;
- відповідне коригування замовлень.

Переваги VMI включають:

✓ Точний підрахунок запасів. Завдяки інвентаризації, керованій постачальником, постачальники можуть забезпечити наявність необхідного рівня запасів у разі потреби, зменшуючи час і гроші, що витрачаються на надлишок або брак товарів.

✓ Покращене обслуговування клієнтів. Завдяки інвентаризації, керованій постачальником, постачальники можуть швидко виконувати замовлення клієнтів і гарантувати, що потрібні товари завжди є в наявності. Наявність товарів під рукою, коли вони вам потрібні, підвищує задоволеність клієнтів і сприяє збільшенню продажів.

✓ Зменшення витрат на зберігання. Якщо постачальник бере на себе відповідальність за управління запасами, постачальники можуть скоротити витрати на зберігання запасів.

✓ Покращені можливості прогнозування. За допомогою системи інвентаризації, керованої постачальником, постачальники можуть точно прогнозувати попит клієнтів і замовляти потрібну кількість запасів, не пропускаючи жодного моменту. Ця можливість допомагає запобігти вичерпанню запасів і зменшити ризик надмірних запасів [8].

У результаті виробник може контролювати рівень запасів у режимі реального часу, дозволяючи йому краще керувати ланцюгом поставок. Крім того, постачальники керують рівнем запасів, що допомагає виробникам зменшити витрати, пов'язані зі складуванням і транспортуванням.

JIT — це виробничий процес, який зосереджується на постачанні потрібного продукту в потрібній кількості та в потрібний час. Обидва методи допомагають виробникам зменшити витрати та рівень запасів, забезпечуючи при цьому наявність потрібних продуктів у разі потреби.



Серед переваг управління запасами JIT:

✓ Зниження витрат на запаси - JIT зменшує потребу зберігати запасні частини та матеріали. Ці товари поповнюються та доставляються, коли це необхідно, що призводить до зниження витрат на зберігання, транспортування та старіння продукту.

✓ Підвищена якість – JIT усуває необхідність зберігати та перевозити великі партії компонентів, що може призвести до серйозніших проблем із контролем якості. Оскільки компоненти замовляються лише за потреби, існує менший ризик зберігання дефектних деталей.

✓ Додаткова ефективність. Керуючи запасами та замовленими компонентами, Just In Time підвищує ефективність виробничого процесу. Для ошадливих компаній, які працюють за ошадливою моделлю, це сприяє економії коштів і швидшому терміну доставки.

✓ Підвищена гнучкість – Just-In-Time дозволяє компаніям швидко адаптуватися до мінливих обставин, таких як попит клієнтів або ринкові умови. Якщо попит сповільнюється, постачальникам не доведеться сидіти на запасах, які не рухаються [8].

Поряд з перевагами системи Just-In-Time Inventory є деякі недоліки. Поговоримо про деякі з них.

●Залежність від постачальника. Працюючи над моделлю JIT, компанії покладаються на те, що їхні постачальники доставлять компоненти вчасно. Якщо є затримки доставки або вузьке місце в ланцюжку постачання, це може призвести до уповільнення виробництва або збоїв поза вашим контролем.

●Витрати на налаштування. Впровадження Just-In-Time може вимагати від компаній інвестицій у налаштування та технології, щоб спростити процес зміни замовлення продуктів або компонентів, коли це необхідно.

Як визначити, яка саме інвентаризація підходить вашій організації - керована постачальником, чи своєчасна?

Інвентаризація, керована постачальником (VMI), підходить для компаній, які можуть довіряти своїм постачальникам управління своїми запасами, і компаній, яким потрібна велика кількість запасів для задоволення попиту клієнтів.

Інвентаризація Just-In-Time (JIT) більше підходить для компаній із подовженими термінами виконання. Це дозволяє їм замовляти лише необхідні запаси для задоволення попиту клієнтів, зменшуючи витрати на запаси. Однак компанії повинні враховувати потреби свого бізнесу, тип продукції, яку вони виробляють, і рівень довіри до своїх постачальників, вибираючи між VMI та JIT [8].

Зрештою, правильна система інвентаризації залежатиме від їхніх індивідуальних потреб і можливостей.

**Висновки.** Останніми роками значення логістики як чинника посилення міжнародної кооперації підвищується. Особливу роль у цьому процесі відіграє науково-технічний прогрес. Логістика на сучасному етапі надає значно більше можливостей підприємствам у межах міжнародної співпраці, ніж, наприклад, десять років тому. Наявність глобальних логістичних систем є своєрідним каркасом міжнародної кооперації на сучасному рівні.

Сучасні методи оптимізації логістичних процесів є ключовим елементом в ефективному управлінні постачальним ланцюгом та веденні успішного бізнесу. Застосування інноваційних технологій, таких як штучний інтелект, Інтернет речей, машинне навчання та автоматизовані системи, дозволяє підприємствам досягати величезних позитивних результатів.

Застосування інноваційної технології Інтернет речей (IoT) надає можливість постійного моніторингу, аналізу даних та контролю змін на кожному етапі логістичного процесу. GPS-система як інструмент IoT дозволяє відстежувати переміщення об'єкту в реальному часі, що забезпечує можливість швидкого реагування щодо ситуації, що сталась.

Технологія «Інтернету речей» дозволяє не лише відстежувати вантажівки, а й в реальному часі діставати інформацію про вантаж в контейнері. Це дозволяє зменшити втрати його якості чи інших певних характеристик.

Також IoT застосовується і в складській логістиці. За допомогою смарт-менеджменту з застосуванням регулювання споживання електроенергії вдається зменшити витрати на утримання складських приміщень, а маркування піддонів та продукції саме методом Інтернету речей сприяє смарт-інвентаризації.

Застосування штучного інтелекту в логістичних процесах відкриває широкі можливості для постачальників послуг логістики, дозволяючи отримати конкурентну перевагу. Це визволяє людські ресурси для більш складних завдань, таких як стратегічне планування та прийняття рішень.

Системи на основі штучного інтелекту автоматизують процеси від генерації замовлень до керування рівнем запасів, роблячи логістичні операції ефективнішими та менш часовитратними. Алгоритми штучного інтелекту забезпечують аналіз великих обсягів даних, що дозволяє підприємствам приймати обґрунтовані рішення, оптимізувати маршрути, прогнозувати попит та підвищувати надійність та швидкість доставки.

Штучний інтелект також покращує безпеку складів, виявляючи потенційні проблеми та вчасно попереджаючи про них. Однак важливо враховувати етичні та соціальні аспекти

використання цієї технології, зокрема стосовно збереження робочих місць та приватності даних.

Щодо автоматизації логістичного процесу. Системи Управління Складами (WMS) — це програмні комплекси, розроблені для ефективного контролю та оптимізації всіх аспектів складської діяльності в реальному часі. Основні функції WMS включають автоматизацію ведення обліку запасів, відстеження руху товарів, оптимізацію маршрутів комплектації, планування інвентаризацій, а також ведення документації про всі операції на складі.

Ці системи дозволяють підприємствам максимально використовувати простір складу, ефективно розподіляти робочі ресурси, спрощувати ведення обліку та зменшувати час на виконання операцій. WMS інтегруються з різними технологіями, включаючи штучний інтелект, IoT та мобільні додатки, щоб забезпечити оптимальну роботу складського процесу в умовах сучасного бізнесу.

Щодо технологій управління запасами. У статті наводиться два інноваційних методи – Just-in-Time та Vendor-Managed Inventory. Ці системи представляють собою ефективні стратегії управління запасами, спрямовані на забезпечення максимальної ефективності та оптимізації логістичних процесів. JIT прагне до мінімізації запасів, забезпечуючи доставку матеріалів або товарів у потрібну кількість в потрібний момент, тим самим зменшуючи витрати на утримання запасів. З іншого боку, VMI передбачає активну участь постачальників у управлінні запасами, де вони відповідають за поповнення запасів на складі клієнта.

Ці методи сприяють підвищенню ефективності ланцюга поставок, зниженню витрат на утримання запасів і покращанню обслуговування клієнтів, а ось який саме з них обрати – залежить від особливостей ситуації.

Але існують деякі проблеми у застосуванні наведених технологій. Основні – це складність впровадження, високі витрати на розробку, а також застереження стосовно кібербезпеки, що теж необхідно враховувати.

Розглянуті логістичні інноваційні проекти мають на меті оптимізацію витрат і максимальну економію для підприємств, що дозволить їм у майбутньому реалізуватися навіть у тих компаніях, які поки що використовують старі методи перевезення та зберігання. Сучасні методи оптимізації логістичних процесів є необхідним елементом стратегії підприємства, спрямованої на досягнення максимальної продуктивності та задоволення потреб сучасного ринку.

### Список літератури

1. Резнік Н. П., Руденко С. В., Пилипчук К. М. Основні характеристики поняття логістики і системи управління ланцюгами постачань. *Innovation and Sustainability*. 2022. №3. С. 95-102.
2. Дудар Т.Г., Волошин Р.В. Основи логістики.
3. Колешня Я.О. , Кравець А.І. Інтернет речей у логістиці.
4. Macaulay J., Buckalew L., Chung G. Internet of things in logistics. A collaborative report by DHL and CISCO on Implications and use cases for the logistics industry. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <file:///C:/Users/USER/Downloads/dhl-trend-report-internet-of-things.pdf>
5. Штучний інтелект у логістиці та вантажних перевезеннях. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://logist.today/uk/dnevnik\\_logista/2019-12-22/iskusstvennyj-intellekt-v-logistike-i-gruzovyhperevozkah/](https://logist.today/uk/dnevnik_logista/2019-12-22/iskusstvennyj-intellekt-v-logistike-i-gruzovyhperevozkah/)
6. Автоматизація та роботизація складу і логістичних підприємств . [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sunone.com.ua/articles-uk/avtomatizaciya-ta-robotizaciya-skladu-i-logistichnih-pidpriemstv/>
7. Косарева Т. В. Логістична система: сутність дефініцій / Косарева Т. В. – Економіка АПК, 2018. – 56 с.
8. What Is The Difference Between VMI and Just In Time? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bcepi.com/fasteners-101/vendor-managed-inventory-or-just-in-time>

### References

1. Reznik N. P., Rudenko S. V., Pylypchuk K. M. Basic characteristics of the concept of logistics and supply chain management system. *Innovation and sustainability*. 2022. № 3. P. 95-102.
2. Dudar T.G., Voloshyn R.V. Basics of logistics.
3. Koleshnia Ya.O. , Kravets A.I. Internet of things in logistics.
4. Macaulay J., Buckalew L., Chung G. Internet of things in logistics. A collaborative report by DHL and CISCO on Implications and use cases for the logistics industry. [Internet - resource]. – Access mode: <file:///C:/Users/USER/Downloads/dhl-trend-report-internet-of-things.pdf>
5. Artificial intelligence in logistics and freight transportation. [Internet - resource]. – Access mode: [https://logist.today/uk/dnevnik\\_logista/2019-12-22/iskusstvennyj-intellekt-v-logistike-i-gruzovyhperevozkah/](https://logist.today/uk/dnevnik_logista/2019-12-22/iskusstvennyj-intellekt-v-logistike-i-gruzovyhperevozkah/)
6. Automation and robotization of warehouse and logistics enterprises. [Internet - resource]. – Access mode: <https://sunone.com.ua/articles-uk/avtomatizaciya-ta-robotizaciya-skladu-i-logistichnih-pidpriemstv/>

7. Kosareva T.V. Logistics system: the essence of definitions / Kosareva T.V. – Economy of the APC, 2018. – 56 p.

8. What Is The Difference Between VMI and Just In Time? [Internet - resource]. – Access mode: <https://www.bcepi.com/fasteners-101/vendor-managed-inventory-or-just-in-time>