

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ МОРСЬКОГО ПРАВА ТА
МЕНЕДЖМЕНТУ

Кафедра економічної теорії та підприємництва на морському транспорті

Марченко Дар'я Дмитрівна

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

НА ТЕМУ

ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПОРТОВІ ОПЕРАЦІЇ

Спеціальність – 073 «Менеджмент»

Освітня програма – «Менеджмент в галузі морського та річкового транспорту»

Науковий керівник
доцент, к.е.н
Примачова Н.М.

Здобувач вищої освіти _____

Науковий керівник _____

Завідуючий кафедрою _____

Нормоконтроль _____

Одеса 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРИТИЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЛОГІСТИЦІ ТА ПОРТОВИХ ОПЕРАЦІЯХ	4
1.1 Поняття та еволюція штучного інтелекту	4
1.2. Можливості, переваги та ризики використання ШІ в морській галузі....	9
1.3. Теоретичні основи цифровізації портової інфраструктури	19
РОЗДІЛ 2. МІЖНАРОДНИЙ ТА НАЦІОНАЛЬНИЙ ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	24
2.1. Світовий досвід впровадження штучного інтелекту в портових операціях	24
2.2 Огляд міжнародних практик застосування ШІ в морських портах.	30
2.3. Сучасний стан портової інфраструктури України.....	37
РОЗДІЛ 3. ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ШІ-СИСТЕМ ТА ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПОРТОВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ	50
3.1 Економічна ефективність та перспективи розвитку ШІ в портовій інфраструктурі	50
3.2 Шляхи впровадження технологій ШІ в портову інфраструктуру України	54
3.3 Очікувані економічні результати впровадження ШІ в портову інфраструктуру України	64
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	75
4.1. Основні визначення і завдання охорони праці. Заходи, що спрямовані на збереження життя, здоров'я та працездатності людини в процесі трудової діяльності.	75
4. 2. Освітленість, вентиляція і кондиціонування суднових приміщень.....	81
4.3 Правила техніки безпеки при роботі з небезпечними речовинами.	83
ВИСНОВКИ.....	87
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	89

ВСТУП

Сучасна глобальна економіка переживає період інтенсивної цифрової трансформації, в межах якої штучний інтелект (ШІ) виступає одним з найважливіших технологічних чинників змін. Його вплив дедалі глибше охоплює логістичні системи, де оптимізація операційних процесів, прогнозування, автоматизація та обробка великих обсягів даних забезпечують підвищення ефективності. Особливе значення це має для морських портів – ключових вузлів світових ланцюгів постачання.

Водночас в Україні застосування ШІ у портовій сфері наразі перебуває на етапі концептуального осмислення і початкового вивчення. Відсутність практичного впровадження таких систем зумовлює необхідність глибокого аналізу міжнародного досвіду, вивчення ефективних кейсів та оцінки можливостей адаптації технологій ШІ до умов української портової інфраструктури. Саме ця проблема і визначає актуальність дослідження, спрямованого на обґрунтування доцільності цифровізації портового сектору України з використанням інтелектуальних технологій.

Актуальність теми зумовлена низкою факторів. По-перше, зростанням навантаження на логістичні мережі внаслідок глобалізації торгівлі, нестабільності транспортних маршрутів і вимог до швидкості обробки вантажів. По-друге, необхідністю оптимізувати витрати і підвищити адаптивність портової інфраструктури в умовах обмежених ресурсів. По-третє, загальносвітовою тенденцією до екологічної трансформації морських перевезень, де ШІ виступає ключовим інструментом для досягнення цілей сталого розвитку. Отже, дослідження можливостей і перспектив застосування ШІ в українських морських портах має не лише теоретичне, а й значне практичне значення.

Мета роботи: дослідити світовий досвід застосування штучного інтелекту в портових операціях та визначити потенціал його впровадження в українській портовій інфраструктурі.

Завдання роботи

1. Розкрити сутність та еволюцію технологій штучного інтелекту в логістиці.
2. Провести аналіз міжнародних практик застосування ШІ в портах.
3. Оцінити сучасний стан портової інфраструктури України.
4. Визначити бар'єри і передумови для впровадження інтелектуальних систем в Україні.
5. Сформулювати рекомендації щодо цифрової трансформації портового господарства з урахуванням міжнародного досвіду.

Об'єкт дослідження. Процес цифрової трансформації портових логістичних систем у глобальному та національному контексті.

Предмет дослідження. Соціально-економічні та технологічні особливості впровадження штучного інтелекту в управління портовими операціями.

Методи дослідження. У роботі використано загальнонаукові методи аналізу й синтезу, логічного узагальнення, порівняльного аналізу, статистичної обробки, а також системного підходу до вивчення процесів цифровізації в морській галузі.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРИТИЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЛОГІСТИЦІ ТА ПОРТОВИХ ОПЕРАЦІЯХ

1.1 Поняття та еволюція штучного інтелекту

На сучасному етапі розвитку технологій штучний інтелект (ШІ) займає провідну позицію серед інструментів, які активно впроваджуються у сферу логістики. Цифрова трансформація бізнес-процесів стала невід'ємною складовою для учасників логістичних ланцюгів, зокрема вантажовідправників, перевізників, постачальників та кінцевих споживачів. Кожен із зазначених учасників має можливість скористатися досягненнями сучасної науки і техніки, що обумовлено стрімким розвитком цифрових тенденцій і глобальною інтеграцією новітніх технологій у виробничі та обслуговуючі процеси.

Поняття штучного інтелекту не має єдиного загальноприйнятого визначення, однак існує низка підходів, сформульованих різними дослідниками. Так, за визначенням Джона Маккарті, одного із засновників поняття штучного інтелекту, ШІ є «наукою та інженерією створення інтелектуальних машин, особливо інтелектуальних комп'ютерних програм» [1]. Інший дослідник, Елейн Річ, трактує штучний інтелект як «галузь комп'ютерної науки, що займається створенням систем, які поведуться так, ніби вони мають людський інтелект» [2]. За визначенням Пітера Норвіга, штучний інтелект – це «вивчення агентів, які сприймають середовище і діють у ньому так, щоб досягати певних цілей» [3]. Ці визначення підкреслюють міждисциплінарність природи ШІ, його спрямованість на імітацію або доповнення людських інтелектуальних здібностей.

Важливо підкреслити, що штучний інтелект не замінює людський фактор, а навпаки – вдало поєднує його із можливостями автоматизованих процесів. Така синергія дозволяє значно розширити межі ефективності логістичних операцій, особливо в процесах планування. У традиційних системах планування значна частина роботи покладалася на досвід, професійну інтуїцію та відповідальність людини. Використання ШІ дає змогу автоматизувати рутинні та повторювані завдання, тим самим дозволяючи працівникам зосередитися на стратегічних рішеннях та творчих підходах.

Синергетичний ефект при використанні штучного інтелекту у плануванні логістичних процесів виникає через взаємодію кількох важливих чинників: професійного досвіду фахівців, відповідальності у прийнятті рішень, глибокого

розуміння специфіки обслуговування клієнтів, гнучкості у виборі стратегій управління логістичними потоками та застосування здорового глузду у нестандартних ситуаціях. Коли ці людські характеристики поєднуються з автоматизацією і цифровими можливостями ШІ – такими як аналіз великих обсягів даних у реальному часі, прогнозування попиту, оптимізація логістичних маршрутів та розподілу ресурсів – формується якісно новий рівень організації логістичних процесів. Такий підхід дозволяє не тільки значно зменшити кількість помилок і скоротити витрати часу, але й підвищити адаптивність системи до змін середовища, забезпечити проактивне управління ризиками і, в кінцевому підсумку, підвищити задоволеність споживачів. Таким чином, інтеграція людського потенціалу з можливостями ШІ не просто сумує їхні переваги, а множить їх ефективність, створюючи нову якість логістичного управління[4].

Формування штучного інтелекту як окремої галузі знань розпочалося у середині XX століття на перетині комп'ютерних наук, нейрофізіології та логіки.

Період	Основні риси
1956 – 1974	Ранній ентузіазм: створення базових алгоритмів пошуку рішень та перших експертних систем (DENDRAL, MYCIN).
1974 – 1980	Перша "зима ШІ": розчарування в технологіях через обмеження обчислювальної потужності та методів.
1980 – 1987	Експертні системи: новий підйом завдяки розробці вузькоспеціалізованих програмних рішень.
1990-ті	Відродження ШІ через машинне навчання, статистичні методи та розвиток обчислювальних можливостей.
2000-ті	Бум Big Data і машинного навчання, що дало змогу тренувати складні моделі.
2010 – теперішній час	Стрімкий прогрес у галузі глибинного навчання, створення систем типу AlphaGo, ChatGPT, автономних транспортних засобів.

Перші спроби моделювання інтелектуальних процесів були зроблені в 1943 році Ворреном МакКаллоком і Волтером Піттсом, які розробили математичну модель нейронної мережі, здатної відтворювати логічні операції. Їхня робота стала підґрунтям для подальшого розвитку нейронних мереж і, зрештою, штучного інтелекту.

Паралельно з цим британський математик Алан Тюрінг у 1950 році опублікував роботу "Computing Machinery and Intelligence", у якій запропонував відомий Тест Тюрінга як критерій машинного інтелекту, а також ідеї навчання машин та генетичних алгоритмів.

Офіційним моментом народження галузі штучного інтелекту вважається літо 1956 року, коли в Дартмутському коледжі (США) відбулася знаменита конференція за ініціативою Джона Маккарті, Марвіна Мінскі, Клода Шеннона та Натана Рочестера. Саме тоді було вперше введено термін "штучний інтелект" і задекларовано амбітну мету – навчити машини мислити, вчитися і вдосконалювати себе.

У 1960-1970-х роках дослідники створили перші експертні системи (наприклад, DENDRAL і MYCIN), які демонстрували високий рівень успішності в розв'язанні спеціалізованих завдань, зокрема в хімії та медицині. У цей же період активно розвивалися методи логічного програмування, машинного навчання та пошуку рішень.

Період 1980-х років був відзначений так званою " зимою штучного інтелекту " через завищені очікування й нестачу реальних практичних результатів, що призвело до скорочення фінансування досліджень.

Відродження штучного інтелекту почалося у 1990-х роках завдяки розвитку машинного навчання, статистичних методів і зростанню обчислювальних потужностей. Водночас концепція інтелектуальних агентів стала основою для створення адаптивних систем, які поєднували розпізнавання образів, планування та ухвалення рішень.

У 2000-х і 2010-х роках завдяки розвитку глибинного навчання та великих даних штучний інтелект зазнав стрімкого прогресу. Застосування нейронних мереж призвело до створення ефективних систем розпізнавання мови, зору, обробки природної мови та автономного керування транспортом[3].

На сьогодні штучний інтелект є ключовою технологією, яка впливає на всі сфери життя – від медицини й освіти до бізнесу і державного управління.

На сучасному етапі світова торгівля стикається з істотними викликами, спричиненими нестабільною геополітичною ситуацією, зростанням цін на енергоносії, дефіцитом робочої сили та інфляційними процесами. За даними Організації економічного співробітництва та розвитку, у 2025 році глобальне економічне зростання становить 3,2%, що супроводжується високим рівнем інфляції та зростанням витрат на транспортування товарів і логістичні послуги [5].

При цьому транспортна складова залишається однією з найбільш витратних частин логістики. За інформацією UkraineInvest, близько 60% загальних логістичних витрат українських компаній у 2025 році припадає саме на транспортні операції, що обумовлюється як високою вартістю пального, так і складною організацією доставки в умовах нестабільного середовища [6]. Схожі тенденції спостерігаються і на міжнародних ринках, де витрати на транспортування стабільно залишаються основною статтею витрат логістичних компаній.

Транспортна логістика на сучасному етапі охоплює декілька ключових завдань: розробку найбільш прибуткових маршрутів доставки, моніторинг стану вантажу в реальному часі, вибір оптимальних видів транспорту, аналіз вантажних характеристик для підвищення ефективності доставки та контроль витрат на паливо. В умовах сучасних викликів функції транспортної логістики також включають організацію й супровід перевезень, документальне оформлення операцій, навантажувально-розвантажувальні роботи, інформаційну підтримку та оптимізацію процесів із метою підвищення якості перевезень і мінімізації витрат [7].

Інфляційний тиск і коливання цін на енергоносії залишаються значним фактором впливу на логістичні витрати. Згідно з макроекономічним оглядом Національного банку України за березень 2025 року, вартість енергоносіїв характеризується високою волатильністю, що спричиняє додаткові витрати для учасників логістичних ланцюгів [8].

Водночас сучасні технології дозволяють частково нейтралізувати ці виклики. Згідно зі звітом компанії Haski.ua, в 2025 році серед пріоритетних напрямків розвитку логістики відзначаються впровадження цифрових технологій,

автоматизація процесів планування, прогнозна аналітика й використання хмарних сервісів [9]. Ці заходи спрямовані на підвищення ефективності управління логістичними операціями, оптимізацію маршрутів та зменшення часу і вартості доставки.

У 2025 році впровадження цифрових технологій та штучного інтелекту (ШІ) стало ключовим фактором підвищення продуктивності праці та вартості бізнесу. Згідно з дослідженням McKinsey & Company, автоматизація та використання ШІ сприяють зростанню глобального ВВП на 14% до 2030 року, що еквівалентно \$15,7 трлн. Це зростання обумовлено підвищенням продуктивності та ефективності бізнес-процесів у різних галузях, включаючи логістику[10].

У сфері логістики спостерігається активне впровадження робототехніки та автоматизованих систем. За прогнозами, до 2025 року ринок складських роботів досягне обсягу \$22,4 млрд, що свідчить про значне зростання інвестицій у цю галузь. Це зростання обумовлено потребою в оптимізації складських процесів, зниженні витрат та підвищенні швидкості обробки замовлень[11].

Крім того, впровадження ШІ у логістичні процеси дозволяє компаніям прогнозувати попит, оптимізувати маршрути доставки та ефективно управляти запасами. Це сприяє зниженню витрат на транспортування та покращенню обслуговування клієнтів. Зокрема, використання платформ для моніторингу та керування ланцюгами постачання в режимі реального часу допомагає уникати затримок, зменшувати втрати та підвищувати прозорість операцій[7].

Таким чином, інтеграція цифрових технологій та ШІ у логістичні процеси є важливим кроком для підвищення конкурентоспроможності компаній, оптимізації операцій та забезпечення стійкого розвитку в умовах сучасного ринку.

1.2. Можливості, переваги та ризики використання ШІ в морській галузі

Одним із перспективних напрямів застосування технологій штучного інтелекту в транспортній галузі є використання чат-ботів для підтримки процесу

взаємодії між експедиторами, відправниками вантажу та потенційними клієнтами. Як зазначено у звіті Польського Інституту Дорожнього Транспорту (PITD) «Чи змінить штучний інтелект транспортну галузь?» (липень 2023 року), одним із основних сценаріїв використання даних технологій є допомога на етапі першого контакту з клієнтом.

Зокрема, штучний інтелект може автоматизувати листування з метою оцінки мотивації та рівня довіри до потенційного контрагента. Під час такого попереднього аналізу визначається доцільність подальшої співпраці, а також відповідність можливостей контрагента його мотиваційним очікуванням.

Крім цього, чат-боти, що працюють на основі штучного інтелекту, демонструють ефективність у прогнозуванні розрахункового часу прибуття (ETA). У процесі визначення ETA враховуються такі змінні, як відстань, середня швидкість, дорожні умови та інтенсивність руху. Завдяки доступу до відкритих ресурсів штучний інтелект здатен оперативно отримувати актуальні дані щодо середньої швидкості на певних ділянках доріг, виявляти можливі перешкоди або попередження про надзвичайні події, що можуть впливати на час доставки. У зв'язку з цим розглядається перспектива інтеграції чат-ботів із системами управління автопарком (FMS) та GPS-системами маршрутизації, що може стати потужним інструментом точного прогнозування логістичних операцій.

Аналітики Польського Інституту Дорожнього Транспорту також підкреслюють, що застосування штучного інтелекту може істотно підвищити економічну ефективність діяльності транспортних компаній. Штучний інтелект сприяє пришвидшенню збору додаткової інформації для переговорів, пошуку можливих партнерів для співпраці, контролю ефективності операційної діяльності та оптимізації витрат. Хоча початкові капітальні витрати (CAPEX) на впровадження нових технологій можуть бути високими, у довгостроковій перспективі очікується позитивне повернення інвестицій (ROI) завдяки економії часу, зменшенню кількості помилок та прискоренню процесу ухвалення рішень.

Окрему увагу у звіті приділено кадровому аспекту впровадження штучного інтелекту. Використання автоматизованих алгоритмів може призвести до

зменшення чисельності персоналу в транспортних компаніях. Водночас зросте попит на нові спеціальності, пов'язані з контролем, аналізом та супроводом роботи штучного інтелекту.

На думку Конрада Домбровського, менеджера з питань транспорту компанії *Carrefour Polska*, застосування технологій штучного інтелекту має потенціал радикально змінити транспортно-логістичну галузь у найближчі десятиліття, відкриваючи можливості для розвитку сценаріїв, які сьогодні здаються футуристичними.

На думку експертів транспортної галузі, впровадження технологій штучного інтелекту відкриває нові можливості для оптимізації логістичних процесів і автоматизації взаємодії між учасниками перевезень.

Одним із ключових напрямів є узгодження графіків поставок на основі попиту та потреб клієнтів. Штучний інтелект може автоматично взаємодіяти із субпідрядниками, координуючи розклади доставки, а у випадку раптових змін у процесах – оперативно повідомляти всі зацікавлені сторони. Це дозволяє мінімізувати затримки та уникати порушень логістичних ланцюгів.

Іншим перспективним сценарієм є поява автономних колон вантажних автомобілів, де один водій очолює групу, а інші транспортні засоби автономно слідує за ним. Впровадження такої технології у великих логістичних хабах або на територіях складів дозволить значно підвищити ефективність обробки вантажів, забезпечити додаткову безпеку перевезень та скоротити витрати, пов'язані з працевлаштуванням водіїв.

Третім важливим напрямом є прогнозована обробка. Завдяки аналізу даних, отриманих із сенсорів транспортних засобів, штучний інтелект здатен передбачати ймовірні технічні несправності ще до їх фактичного виникнення. Це дає змогу проводити обслуговування у найоптимальніший час, запобігаючи аваріям і позаплановим простоям.

Четвертим проривним рішенням є глибока персоналізація послуг. Аналізуючи попередню поведінку та індивідуальні потреби клієнтів, штучний

інтелект може пропонувати оптимальні транспортні маршрути, враховуючи погодні умови, дорожні затори та інші релевантні чинники.

У довгостроковій перспективі технології штучного інтелекту здатні формувати самонавчальні транспортні мережі, які будуть самостійно оптимізувати маршрути, адаптуватися до змін у реальному часі та підвищувати ефективність логістичних операцій без прямого втручання людини.

Впровадження штучного інтелекту у діяльність експедиторських компаній має потенціал істотно змінити підходи до організації процесів. Зокрема, це дозволить:

- досягти вищого рівня автоматизації рутинних операцій,
- підвищити якість та оперативність обслуговування клієнтів,
- забезпечити точність виконання логістичних операцій.

Як зазначає Давид Дайчак, керівник програми Chartering в експедиторській компанії *Sennder*, впровадження технологій штучного інтелекту може звільнити співробітників від виконання повторюваних завдань, які традиційно є менш привабливими та ефективними. Такий підхід дозволяє спрямувати людський ресурс на виконання стратегічно важливих функцій, що вимагають аналітичного мислення та творчого підходу.

Ось кілька можливих шляхів зміни експедиторської діяльності за допомогою ІІІ:

1. Прискорене обслуговування клієнтів: штучний інтелект може автоматично відповідати на запити клієнтів у режим реального часу. Це дозволяє значно скоротити час, необхідний на відповідь, і забезпечити швидке обслуговування клієнтів навіть при великій кількості запитів.

2. Автоматизація процесів у транспортно-експедиційній діяльності: формування транспортних документів, відстеження відправлень, обробка замовлень та навіть ведення переговорів із клієнтами. Це, зі свого боку, дозволяє підвищити ефективність роботи, зменшити кількість помилок, заощадити час та ресурси.

3. Збільшення точності та достовірності: штучний інтелект дозволяє надавати більш точну та достовірну інформацію, що сприяє запобіганню непорозуміннь та помилок у спілкуванні з клієнтами, перевізниками та іншими діловими партнерами. Це дозволяє мінімізувати ризик помилок та підвищити якість експедиторських послуг.

4. Оптимізація логістичних процесів: штучний інтелект здатний аналізувати величезні обсяги даних про маршрути, витрати, терміни доставки та інші фактори логістики. На основі цієї інформації він може пропонувати оптимальні рішення, допомагаючи оптимізувати логістичні процеси, планувати маршрути, керувати складами та мінімізувати транспортні витрати.

5. Персоналізація послуг: штучний інтелект може збирати та аналізувати дані про уподобання клієнтів, історію замовлень та деталі перевезення. На основі цього він може надавати персоналізовані пропозиції та рекомендації, що відповідають індивідуальним потребам клієнта. Це дозволяє вибудовувати довгострокові відносини з клієнтами та підвищувати їхню лояльність.

6. Оптимізація маршрутів: штучний інтелект дозволяє оптимізувати транспортні маршрути з урахуванням різних факторів, таких як відстань, вартість, дорожні обмеження та уподобання клієнта. На основі наданої інформації про вантаж ШІ може запропонувати оптимальні маршрути, що сприяє економії часу та транспортних витрат.

7. Прогнозування попиту: штучний інтелект дозволяє аналізувати історичні дані про вантажоперевезення та інші фактори, такі як сезонність, ринкові тенденції та особливі події для прогнозування попиту на транспортно-експедиційні послуги. Це дозволяє краще планувати доступність ресурсів та оптимізувати логістичні процеси.

:

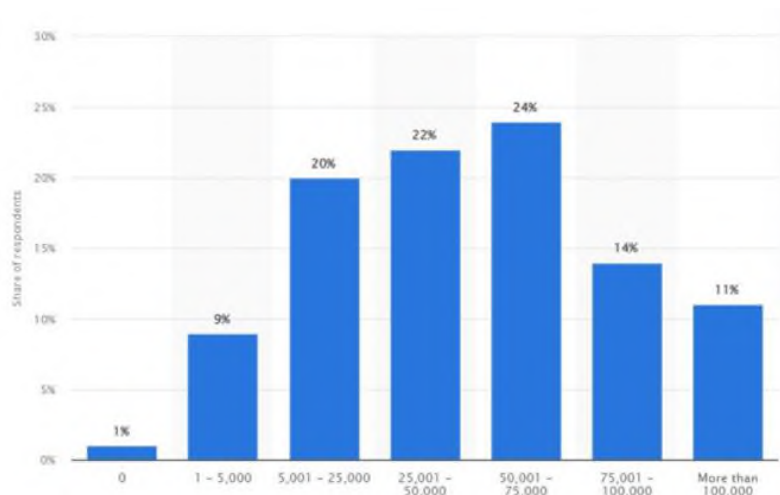


Рис. 1.2.1 Суми, які компанії в США заощадили за допомогою ChatGPT станом на лютий 2023 року

Використання технологій штучного інтелекту в логістичних процесах дозволяє не лише підвищити прибутковість підприємств, а й оптимізувати господарську діяльність. За даними досліджень, компанії, які впроваджують штучний інтелект, фіксують суттєве пришвидшення операційних процесів, зменшення кількості помилок у стандартних процедурах та скорочення витрат.

На рисунку 1 представлено основні напрямки використання штучного інтелекту в логістичних процесах, які формують основу розвитку галузі в умовах цифровізації.



Рис. 1.2.2 Напрямки використання штучного інтелекту в логістичних процесах, побудовано автором за даними [12]

Представлені на рисунку 1 напрямки застосування штучного інтелекту в логістичних процесах формують основу майбутнього розвитку логістичної сфери. У всіх зазначених напрямках завдяки впровадженню технологій штучного інтелекту забезпечується прозорість бізнес-процесів і підвищується ефективність здійснення транзакцій.

Серед провідних напрямів застосування штучного інтелекту в логістиці важливе місце займає прогнозування попиту. Завдяки алгоритмам машинного навчання, підприємства отримують змогу з високою точністю визначати майбутні обсяги поставок, що дозволяє мінімізувати надлишки або дефіцит товарів, оптимізувати логістичні маршрути та підвищити ефективність використання ресурсів [4].

Значну роль у формуванні аналітичної основи для логістичних рішень відіграють технології BIG DATA. Обробка великих масивів даних дає змогу виявляти тренди, закономірності та поведінкові моделі споживачів. Це забезпечує підприємствам стратегічну перевагу шляхом точнішого прогнозування коливань попиту та адаптації до змін зовнішнього середовища.

У сфері доставки штучний інтелект дозволяє автоматизувати ключові процеси. Використання дронів, навігаційних систем та ідентифікаційних технологій на базі ШІ забезпечує швидке, точне й безпечне переміщення вантажів, що безпосередньо впливає на рівень клієнтського сервісу та конкурентоспроможність логістичних операторів. Прикладом є компанія «Нова Пошта», яка успішно оптимізувала процеси доставки в Україні, зокрема у внутрішньоміських та міжобласних сегментах.

Прийняття рішень у режимі реального часу стало важливою перевагою для компаній, що інтегрували ШІ у свої логістичні платформи. Завдяки здатності ШІ миттєво обробляти великі обсяги даних, оптимальні варіанти доставки, маршрути або графіки обслуговування визначаються за лічені секунди без участі оператора [4].

Інтелектуальне складування – ще один ефективний напрям упровадження штучного інтелекту. За прикладом таких компаній як Amazon та Ocado, де роботи,

керовані штучним інтелектом, щоденно виконують понад 65 000 операцій, автоматизовані склади з роботизованими системами під управлінням ШІ забезпечують ефективне використання простору, контроль умов зберігання і значне скорочення часу на обробку товарів [12].

Не менш важливим є впровадження систем контролю та відстеження логістичних операцій. Використання штучного інтелекту дозволяє забезпечити прозорість усіх етапів транспортування, своєчасне реагування на відхилення, а також дотримання стандартів збереження вантажу, що є запорукою високої якості логістичного обслуговування [14].

Попри усвідомлення багатьма логістичними компаніями значного потенціалу та переваг, які відкриває впровадження технологій штучного інтелекту, на практиці реалізація таких проєктів часто стикається з низкою складних завдань та проблем.

Впровадження ШІ в логістичну діяльність вимагає вирішення кількох ключових завдань. Насамперед необхідним є забезпечення доступу до великих масивів якісних даних. Як зазначає система ШІ, її можливості обмежуються обсягом даних, доступних до моменту останнього оновлення, що ілюструє загальну проблему залежності ШІ від наявності актуальної та повної інформації:

«Мої можливості обмежені інформацією, яка була оброблена та була мені доступна до моменту останнього тренінгу у 2021 році. Є багато тем та детальної інформації, які можуть виходити за межі обсягу моїх знань» [13].

Для ефективного використання можливостей ШІ компаніям необхідно збирати, структурувати і аналізувати великі обсяги даних. Крім того, важливим завданням є розробка власних алгоритмів штучного інтелекту – сукупності точно заданих правил чи набору інструкцій, які визначають порядок дій для вирішення конкретного завдання. Ще одним важливим аспектом є вміння правильно формулювати завдання для ШІ, оскільки від чіткості постановки проблеми залежить якість отриманого результату.

Другим важливим викликом є необхідність значних інвестицій у відповідні технології та ресурси. Це включає закупівлю спеціалізованого обладнання,

впровадження сучасного програмного забезпечення та навчання персоналу для обслуговування систем на базі ІІІ. Сучасні рішення дозволяють збирати і аналізувати дані з декількох підключених інструментів та систем, зокрема:

1. SCM-системи (Supply Chain Management) – рішення для інтегрованого управління потоками інформації, матеріалів і послуг, що виникають у логістичних та виробничих процесах.
2. ERP-системи (Enterprise Resource Planning) – системи планування ресурсів підприємства, що охоплюють фінанси, управління персоналом, виробництво, логістику, закупівлі та інші критичні бізнес-процеси.
3. CRM-системи (Customer Relationship Management) – програмне забезпечення для автоматизації та контролю взаємодії компанії з клієнтами, спрямоване на оптимізацію маркетингової діяльності, підвищення продажів та покращення якості обслуговування.

Окрім цих систем, для збереження конкурентоспроможності на ринку логістичні компанії повинні також інтегрувати штучний інтелект у WMS-системи (Warehouse Management System) та TMS-системи (Transportation Management System), що відповідають за управління складськими та транспортними процесами відповідно[13].

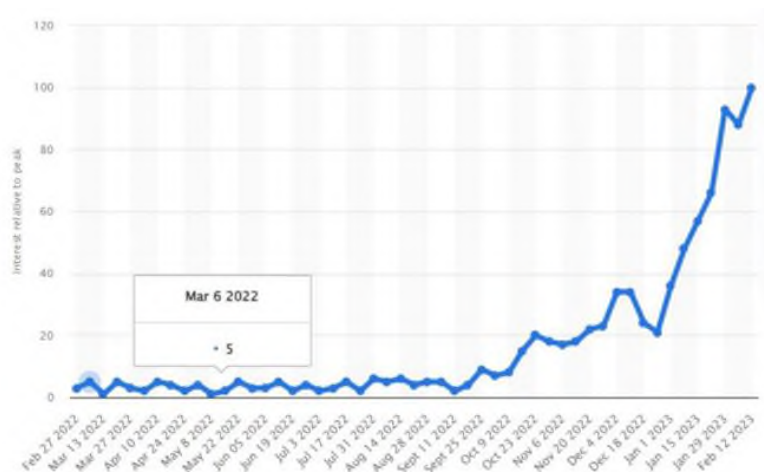


Рис 1.2.3 Інтерес до штучного інтелекту в пошукових запитах Google з лютого 2022 р. до лютого 2023 р., по тижнях

Хоча технології штучного інтелекту відкривають нові можливості для логістичних компаній, їх впровадження супроводжується низкою суттєвих ризиків, які потрібно враховувати при розробці стратегій цифровізації.

Серед основних викликів впровадження штучного інтелекту (ШІ) у логістиці є ризик його неефективної реакції на нестандартні або кризові ситуації. У разі збою систем ШІ окремі логістичні процеси можуть бути паралізовані, що потребує наявності резервних сценаріїв реагування та можливості оперативного втручання людини в алгоритмічну логіку.

Особливу увагу слід приділяти кібербезпеці, адже ефективність роботи ШІ напряду залежить від захищеності даних. За словами технічного директора з робототехніки Honeywell Томаса Еванса, збір, обробка та передача даних партнерам є критичними для функціонування інтелектуальних систем. Водночас зростає і ризик кібератак, що можуть спричинити витoki інформації та порушення бізнес-процесів.

Значним викликом є і потенційний вплив ШІ на ринок праці. Автоматизація за допомогою ШІ-систем може призвести до скорочення низки традиційних професій – зокрема у сфері логістики, права та фінансів. Це з одного боку сприяє підвищенню ефективності, а з іншого – може посилити соціальну напругу через вивільнення кадрів.

Кшиштоф Дворник, генеральний директор InstaFreight GmbH (Польща), зазначає, що вже сьогодні ШІ здатен скласти іспит на фахівця автомобільного транспорту. Проте через відсутність правосуб'єктності та відповідного законодавства застосування ШІ обмежене роллю допоміжного інструмента.

Питання юридичної відповідальності також залишається відкритим. До запровадження чітких норм штучний інтелект не може виступати самостійним об'єктом права. Саме тому в Європейському Союзі розробляється Закон «Про штучний інтелект», який має стати першим нормативним актом, що врегулює правовий статус, межі відповідальності та етичні аспекти його використання.

Водночас, сам ІІІ прогнозує, що у найближче десятиліття його головною функцією буде виявлення бізнес-ризиків і аналіз загроз задля забезпечення ефективного управління та превентивного реагування[13].

1.3. Теоретичні основи цифровізації портової інфраструктури

Портова інфраструктура є сукупністю інженерних і технічних об'єктів, що забезпечують прийом, обслуговування та відправлення морських суден, обробку вантажів і пасажирів. До основних елементів порту належать: підхідний канал, зовнішній рейд, огорожувальні споруди, навігаційний рейд, перевантажувальний рейд, причальний фронт, територія порту та під'їзні шляхи.

Підхідний канал – це штучне поглиблення морського дна або гирла річки в районах із недостатньою природною глибиною для проходу суден. Канал обладнується навігаційними знаками та потребує регулярного днопоглиблення, що пов'язано зі значними витратами.

Огорожувальні моли захищають акваторію порту від хвиль, а створені між ними ворота забезпечують безпечний вхід суден і знижують вплив шторму на внутрішні води. Безпосередньо за воротами розташовується навігаційний (внутрішній) рейд, який забезпечує маневрування суден перед швартуванням або перевантаженням.

Причальні споруди формують причальний фронт і є ключовим елементом вантажних операцій. До них належать набережні, пірси та естакади, обладнані швартовими та відбійними пристроями. Тип причалів визначається глибиною, ґрунтом і навантаженнями. Через високу вартість молів причали зазвичай розміщуються компактно, найчастіше у вигляді пірсів або басейнів.

Причали формують термінали, які спеціалізуються за видами вантажів або типами суден. Це підвищує ефективність роботи та дає змогу використовувати відповідну техніку для перевантаження.

Сухопутна інфраструктура включає мережу залізничних і автомобільних шляхів. Вона поділяється на прикордонні – для прямого перевантаження, та тиллові

– для доставки через склади. За функціональним призначенням територія порту поділяється на кілька зон:

- Операційна зона – включає причали, перевантажувальні машини і пристрої, склади, а також прикордонні автомобільні та залізничні шляхи.
- Тилова зона – містить тиліві залізничні колії, районні парки вагонів, базисні склади, матеріальні склади та ремонтні майстерні.
- Зона загальнопортових об'єктів – об'єднує центральні склади, адміністративні будівлі та допоміжну інфраструктуру, включаючи стоянки автотранспорту.
- Пасажирська зона – складається з морського вокзалу, території пасажирських причалів і привокзальної площі, забезпечуючи митні та прикордонні операції[15].

Морські порти оснащуються комплексними інженерними мережами, що включають системи електропостачання, водо- і теплопостачання, виробничо-побутову та зливову каналізацію, зовнішнє й внутрішнє освітлення, мережі зв'язку та телекомунікацій.

Традиційна модель розвитку портової інфраструктури передбачала постійне розширення фізичних потужностей шляхом будівництва нових терміналів, складів та збільшення площі обробки вантажів. Однак така стратегія супроводжується значними фінансовими витратами, тривалими термінами реалізації проєктів та екологічними ризиками. Застосування штучного інтелекту (ШІ) у морських портах пропонує альтернативний підхід до вирішення проблеми зростання навантаження.

ШІ здатний здійснювати аналіз великих обсягів даних щодо руху суден, обсягів вантажів, стану портової інфраструктури та інших параметрів в реальному часі. Завдяки цьому порти отримують можливість прогнозувати пікові періоди навантаження і заздалегідь планувати використання інфраструктурних ресурсів. Це дозволяє оптимізувати час відкриття воріт порту, перерозподіляти навантаження між різними ділянками і таким чином уникати перевантаження терміналів.

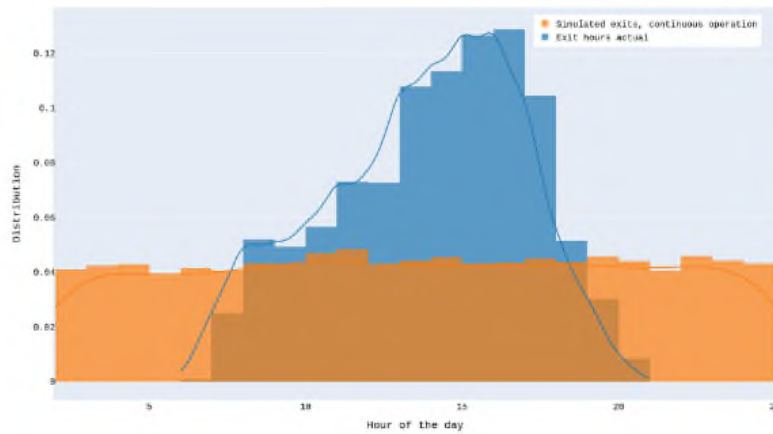


Рисунок 1.3.1 – Розподіл фактичних та симульованих виходів контейнерів за годинами доби.

На рисунку зображено реальний і змодельований розподіл виходів контейнерів залежно від часу доби. В умовах використання прогнозних моделей штучного інтелекту навантаження на портову інфраструктуру стає більш рівномірним, що дозволяє уникати пікових заторів і перевантажень терміналів.

Використання систем штучного інтелекту забезпечує динамічне перенаправлення вантажопотоків і суден відповідно до оперативних прогнозів. Це дозволяє мінімізувати затримки, підвищити пропускну здатність без розширення фізичної інфраструктури та зменшити експлуатаційні витрати, одночасно підвищуючи гнучкість і стійкість портових систем до змін у глобальній логістиці.

Однією з перспективних моделей цифрової трансформації є концепція гнучких годин роботи порту (Flexible Port Hours), що підтримується технологіями ШІ. Вона передбачає адаптацію графіків роботи терміналів, складів і перевантажувальних ділянок відповідно до фактичного та прогнозованого попиту. Такий підхід дозволяє ефективно розподіляти навантаження, знижувати витрати, зменшувати простої суден і автотранспорту, а також скорочувати викиди завдяки раціональнішому використанню ресурсів.

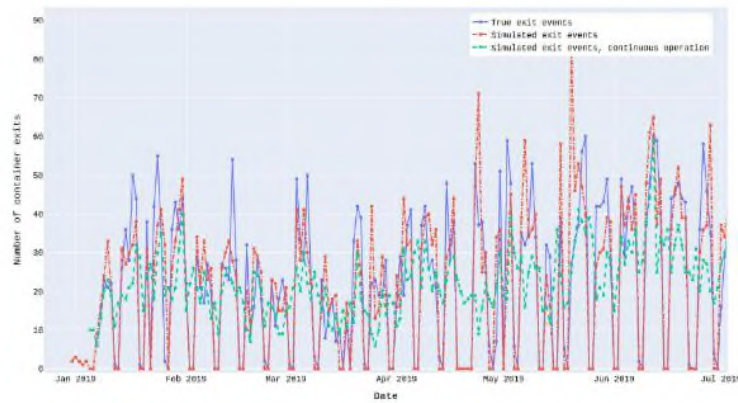


Рис. 1.3.2 – Порівняння реальних і змодельованих добових показників виходу контейнерів.

Графік ілюструє зниження амплітуди добових коливань навантаження при впровадженні безперервної роботи портів з використанням штучного інтелекту, що забезпечує стабільніше та ефективніше використання ресурсів порту.

Одним із визначальних чинників ефективності роботи сучасного морського порту є безперервна координація між морськими операціями та сухопутною логістикою. З огляду на зростання обсягів міжнародної торгівлі та складність ланцюгів постачання, виникає нагальна потреба у побудові єдиної цифрової екосистеми, що об'єднує всі етапи транспортування вантажів.

Штучний інтелект (ШІ) є ключовим елементом цієї інтеграції, забезпечуючи автоматизований обмін інформацією між портами, операторами автомобільного та залізничного транспорту, складськими терміналами та митними службами. Застосування ШІ дозволяє в реальному часі відслідковувати місцеперебування суден, стан обробки вантажів, наявність вільних ресурсів для перевезення, а також прогнозувати можливі затримки.

Цифрова інтеграція даних забезпечує низку суттєвих переваг:

- своєчасне планування вантажно-розвантажувальних робіт на терміналах;
- оптимізацію графіків прибуття та відправлення вантажівок і залізничних складів;
- зниження заторів у портових акваторіях та на під'їзних шляхах;
- підвищення пропускної спроможності порту без необхідності фізичного розширення інфраструктури;

- скорочення часу обробки вантажу та підвищення загальної ефективності логістичних процесів.

Інтеграція технологій штучного інтелекту в управління портовими процесами має важливе значення не лише для економіки, а й для екологічної стійкості. Одним із ключових ефектів є можливість прогнозування та оптимізації трафіку суден і наземного транспорту в зоні порту.

Аналітичні системи на базі ШІ дають змогу зменшити затори та простої, що сприяє зниженню викидів CO₂ та інших шкідливих речовин. Рівномірне навантаження на інфраструктуру підвищує пропускну здатність портів і сприяє досягненню екологічних цілей, передбачених міжнародними ініціативами, зокрема ІМО 2020 та Європейським зеленим курсом.

Реалізація комплексних цифрових рішень на базі штучного інтелекту у портовому господарстві потребує тісної координації дій між усіма учасниками логістичного процесу – стейкхолдерами. До основних стейкхолдерів у цій сфері належать:

- адміністрації портів та власники портової інфраструктури,
- оператори терміналів та перевантажувальних комплексів,
- автоперевізники та залізничні компанії,
- митні та прикордонні органи,
- муніципальні та регіональні органи влади,
- постачальники ІТ-рішень та цифрових платформ.

Важливою умовою успішної інтеграції ШІ є встановлення ефективних каналів обміну даними у реальному часі, синхронізація розкладів руху транспорту, забезпечення єдиних стандартів у сфері обміну інформацією та узгодження пріоритетів розвитку інфраструктури.

Одним із ключових аспектів є також створення сприятливого нормативно-правового середовища, яке буде підтримувати цифровізацію логістичних процесів, забезпечувати захист персональних даних, врегульовувати питання відповідальності та стимулювати інвестиції в інноваційні технології.

Успішне впровадження ШІ в портах безпосередньо залежить від рівня взаємодії між стейкхолдерами, їхньої готовності до інституційних змін та спільної орієнтації на довгострокову стратегію сталого розвитку портової інфраструктури.

РОЗДІЛ 2. МІЖНАРОДНИЙ ТА НАЦІОНАЛЬНИЙ ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

2.1. Світовий досвід впровадження штучного інтелекту в портових операціях

Сучасна глобальна логістика переживає етапи стрімкої цифрової трансформації, в центрі якої опинилися морські порти. Використання технологій штучного інтелекту (ШІ) стає ключовим інструментом у підвищенні ефективності портових операцій, зниженні операційних витрат та покращенні екологічної ситуації.

ШІ дозволяє автоматизувати та оптимізувати низку критично важливих процесів: прогнозування часу прибуття суден (ETA), управління кранами та транспортом, цифрову координацію логістичних ланцюгів, а також технічне обслуговування інфраструктури на основі аналізу великих обсягів даних.

У звіті UNCTAD *Review of Maritime Transport 2024* представлено актуальний аналіз глобальної морської логістики в умовах зростання обсягів торгівлі, екологічних ризиків, геополітичної нестабільності та фрагментації ланцюгів постачання. Вказані чинники формують нові виклики, що потребують гнучких рішень і цифрової трансформації портової інфраструктури.

Звіт наголошує на важливості переходу до проактивного управління за допомогою штучного інтелекту, блокчейн-технологій, Інтернету речей та обробки великих даних. Упровадження цифрових рішень сприяє ефективності на операційному рівні (автоматизація трафіку та зменшення заторів), тактичному (точніше планування прибуття та обробки вантажів) та стратегічному (оптимізація маршрутів і розрахунок портових потужностей).

У довгостроковій перспективі це також сприяє екологічній трансформації галузі. Зменшення простоїв суден, запровадження концепції «зеленої логістики» та зниження викидів CO₂ відповідають цілям сталого розвитку ООН, зокрема Цілі 13 – боротьба зі зміною клімату.

Водночас цифровізація потребує паралельного оновлення нормативної бази, уніфікації цифрових стандартів, кіберзахисту та професійної підготовки кадрів. Без цього можливе поглиблення розриву між цифрово розвиненими портами та тими, що відстають

У межах аналітичного огляду сучасних тенденцій розвитку морської логістики, оприлюдненого у звіті *Review of Maritime Transport 2024* [16], запропоновано оновлений набір міжнародних показників ефективності портової діяльності, представлений у діаграмі Figure IV.10. Цей інструмент, відомий як Port Performance Scorecard (PPS), відображає прагнення до стандартизації та гармонізації оцінки результативності портів у глобальному масштабі.

Система індикаторів охоплює шість базових категорій: управління, людські ресурси, фінанси, стійкість, операційну діяльність та екологічну сталість. Вона включає як кількісні, так і якісні показники, що дозволяють здійснювати комплексний моніторинг портового розвитку.

Категорія управління оцінює рівень автономії, прозорість процесів і взаємодію з громадами. Людські ресурси охоплюють професійну підготовку, гендерну рівність і соціальний захист. Фінанси – інвестиційну активність і фінансову самостійність. Показники стійкості характеризують здатність до адаптації в умовах криз. Операційна діяльність охоплює продуктивність інфраструктури, час обробки вантажів і якість сервісу. Екологічна сталість – це викиди, енергоефективність та управління відходами.

Використання PPS сприяє розвитку механізмів бенчмаркінгу, підвищує якість управлінських рішень і дозволяє інтегрувати соціально-екологічні аспекти у стратегічне планування портів відповідно до Цілей сталого розвитку ООН (SDGs)

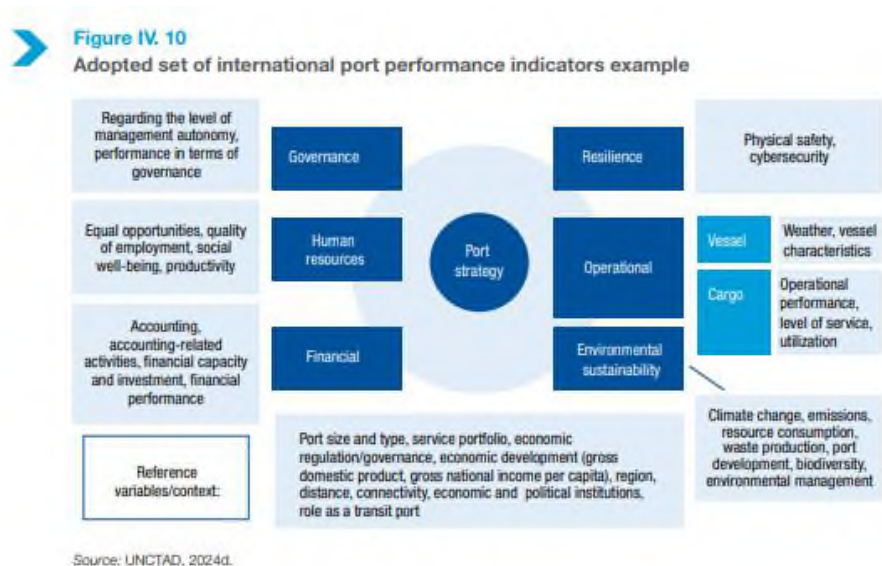


Рис. 2.1.1 Набір міжнародних показників ефективності портів: приклад класифікації від UNCTAD

У *Review of Maritime Transport 2024* особливу увагу приділено проблематиці інвестування у цифрову інфраструктуру портів і логістичних систем. UNCTAD прямо закликає як державні інституції, так і приватний сектор, а також міжнародні фінансові організації до активізації та прискорення інвестицій у цифрові рішення. Йдеться про створення інтегрованих платформ обміну даними, розвиток автономних систем управління портовими процесами, а також запровадження інтелектуальних механізмів координації, здатних діяти в реальному часі.

Ці компоненти цифрової екосистеми формують нову архітектуру портових операцій, у якій інформація стає ключовим ресурсом, а взаємодія між учасниками – прозорою, динамічною й адаптивною. Цифрові платформи, що забезпечують обмін даними між суднами, портами, вантажовідправниками та регуляторами, відіграють вирішальну роль у підвищенні ефективності транспортних коридорів. Автономні системи, зокрема автоматизовані крани, роботи-навантажувачі та системи автономного швартування, демонструють потенціал для зменшення людського фактора, підвищення безпеки та пришвидшення обробки вантажів.

У цьому контексті важливо підкреслити, що цифровізація має не лише економічний, а й інституційний вимір. Створення цифрової інфраструктури потребує розбудови відповідного середовища – нормативного, технічного та організаційного. Це, зокрема, стандартизація протоколів обміну даними, забезпечення сумісності цифрових систем між країнами, а також розробка стратегій кіберзахисту портової інфраструктури, яка стає дедалі більш вразливою до зовнішніх загроз.

У звіті *Review of Maritime Transport 2024* (UNCTAD, 2024) діаграма Figure III.11 ілюструє емпіричну залежність між рівнем інвестицій у морську інфраструктуру та витратами на морські перевезення. На основі даних, отриманих із нового агрегованого набору *Trade-and-Transport Dataset*, розробленого UNCTAD у співпраці зі Світовим банком, проведено кількісний аналіз впливу частки інвестицій у транспортну інфраструктуру (у відсотках до обсягу експорту) на середні витрати логістичних операцій у морському секторі.

Результати демонструють чітку зворотну залежність: підвищення інвестицій з 0,09% до 0,19% від обсягу експорту асоціюється зі зниженням витрат на морське перевезення на 4,7%, тоді як зростання цього показника до 0,60% призводить до ще значнішого скорочення витрат – на 11,6%. Це свідчить про високий мультиплікативний ефект інфраструктурних інвестицій у морській галузі.

З методологічної точки зору, аналіз враховує інші ключові чинники, які можуть впливати на структуру транспортних витрат: географічну відстань між країнами, обмеження масштабу, частоту судноплавних сервісів, логістичні

затримки, а також рівень розвиненості внутрішньої інфраструктури. Таким чином, зроблені висновки є статистично обґрунтованими й враховують системні економічні взаємозв'язки.

Практична цінність цих висновків полягає у тому, що інвестиції в порти, термінали, днопоглиблення, інфраструктуру для обробки вантажів і супутні логістичні системи можуть бути стратегічним інструментом підвищення ефективності національних експортних систем. Крім того, результати аналізу підкреслюють, що інвестиції в суміжні види інфраструктури – наприклад, дорожню мережу, яка з'єднує внутрішні економічні центри з портами, – також мають значний потенціал для зниження логістичних витрат та забезпечення конкурентоспроможності країни в умовах глобалізованого ринку.

Отже, графічні дані діаграми Figure III.11 підтверджують, що підвищення інвестицій у морську інфраструктуру є не лише інструментом модернізації галузі, а й вагомим засобом зниження системних витрат у зовнішньоторговельному обігу, що безпосередньо впливає на економічну стійкість та ефективність логістичних ланцюгів постачання.

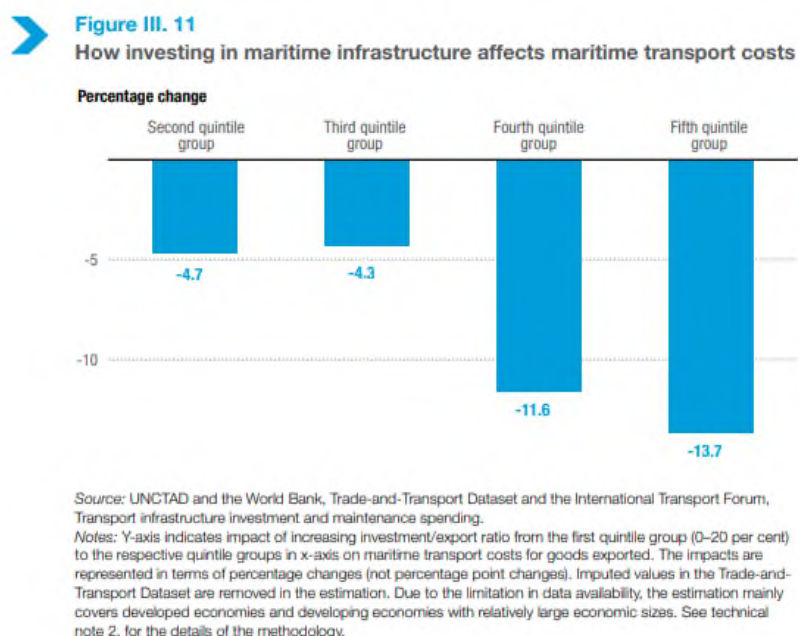


Рис. 2.1.2 Вплив інвестицій у морську інфраструктуру на витрати морських перевезень

Додатково UNCTAD підкреслює, що цифрова трансформація портів не може розглядатися у відриві від їх кліматичної стійкості. В умовах зростаючої частоти екстремальних погодних явищ (штормів, повеней, підвищення рівня моря), порти повинні не лише модернізувати фізичну інфраструктуру, а й запроваджувати цифрові механізми моніторингу, прогнозування й управління ризиками. Йдеться про використання супутникових даних, систем раннього попередження, аналітичних платформ для моделювання сценаріїв реагування, а також інтеграцію екологічних даних у загальну логістичну аналітику.

Цифровізація та кліматична адаптація розглядаються як взаємопов'язані компоненти нової парадигми портового розвитку. Без їх синергії неможливо досягти ні сталого зростання, ні забезпечення надійності глобальних ланцюгів постачання в умовах кліматичної невизначеності.

У ширшому контексті це вказує на необхідність системної політики, яка поєднувала б технологічну інноваційність з екологічною відповідальністю та міжсекторальною координацією. Таким чином, порти майбутнього постають не лише як фізичні транспортні вузли, а як цифрові, кліматостійкі хаби сталого розвитку.

Таким чином, згідно з позицією UNCTAD, інтеграція ШІ в портові процеси не лише підвищує ефективність, але й формує довгострокову стійкість морських перевезень до глобальних викликів. Це вимагає стратегічної співпраці між усіма учасниками морської логістики: портовими адміністраціями, вантажовласниками, транспортними компаніями та органами регуляції [17].

Сучасні «розумні порти» (smart ports) функціонують як високотехнологічні логістичні вузли, де поєднуються інноваційні цифрові рішення, автономні системи та аналітичні інструменти для досягнення максимальної ефективності портових операцій. Серед ключових технологічних компонентів, які сьогодні формують основу концепції smart port, слід виокремити кілька основних напрямів:

- Автономна техніка: безпілотні крани й тягачі працюють з мінімальним втручанням людини, підвищуючи безпеку та точність.

- ЕТА-системи: інструменти прогнозування часу прибуття суден на основі супутникових даних, ШІ та машинного навчання для оптимізації ресурсів.
- Цифрове управління логістикою: платформи для обміну даними між портом, митницею, перевізниками та вантажовласниками [18].
- Predictive maintenance: аналітичні модулі, що виявляють потенційні несправності обладнання на основі сенсорних даних [19].
- Інтелектуальні системи безпеки: включають відеоаналітику, біометрію, дрони та автоматизоване реагування[20].

Упровадження цих рішень сприяє:

- зниженню операційних витрат і простоїв;
- зростанню продуктивності та точності логістичних процесів;
- пришвидшенню обробки вантажів і здешевленню постачань;
- покращенню екологічних показників (менше викидів CO₂);
- підвищенню цифрової стійкості інфраструктури до криз

Технологічна трансформація портів є не лише засобом підвищення ефективності, але й необхідною умовою забезпечення сталості та адаптивності морської логістики в умовах глобальних викликів.

2.2 Огляд міжнародних практик застосування ШІ в морських портах.

Порт Роттердама, найбільший морський порт Європи та стратегічний логістичний хаб глобального значення, демонструє зразковий рівень цифровізації портової інфраструктури. У рамках довгострокової стратегії розвитку, порт реалізував концепцію цифрового двійника – інтегрованої віртуальної моделі, яка дозволяє відтворювати й аналізувати логістичні операції в реальному часі. Такий підхід забезпечує більш точне прогнозування, оптимізацію потоків вантажів і зниження ризиків, пов'язаних із затримками або неефективним використанням ресурсів .

Ключовим компонентом цифрової екосистеми порту є широкомасштабне застосування технології Інтернету речей (IoT): на території порту функціонують

тисячі сенсорів, що безперервно збирають дані про метеоумови, інтенсивність судноплавного трафіку, рівень завантаження терміналів, стан інфраструктури й обладнання. Ці дані в режимі реального часу обробляються за допомогою систем штучного інтелекту (AI), що дозволяє значно підвищити точність планування, операційної діяльності та профілактичного обслуговування [20].

Окрім аналітичних рішень, у Роттердамському порту активно впроваджуються автономні крани та безпілотні транспортні засоби, що забезпечують перевезення контейнерів між терміналами без участі оператора. Такі технології дозволяють суттєво зменшити витрати на обробку вантажів, підвищити безпеку праці та скоротити час портового обслуговування [22].

Порт Роттердама (Нідерланди) є одним із найцифровізованіших і технологічно розвинених морських портів світу, що виконує функцію ключового логістичного вузла Європи та водночас слугує прикладом стратегічної цифрової трансформації у сфері морських перевезень. Одним із головних інструментів модернізації стало впровадження концепції цифрового двійника порту – віртуальної моделі, яка дозволяє в реальному часі моделювати, аналізувати й оптимізувати логістичні та операційні процеси на основі великих обсягів даних. Завдяки широкомасштабному використанню технологій Інтернету речей (IoT), тисячі сенсорів збирають оперативну інформацію про метеоумови, судноплавний трафік, завантаження інфраструктури, а також технічний стан обладнання. Ці дані обробляються системами штучного інтелекту, що дозволяє підвищити точність прогнозування, ефективність розподілу ресурсів, своєчасність обслуговування та адаптацію до мінливих умов [19].

Цифрову екосистему порту доповнює платформа PortXchange Synchronizer, яка об'єднує всіх ключових учасників ланцюга портового обслуговування (включаючи агентів, перевізників, лоцманів і портових операторів) з метою оптимізації графіків прибуття та відправлення суден, зменшення часу простою і скорочення викидів парникових газів. Порт також активно впроваджує автономні крани та безпілотні транспортні засоби для перевезення контейнерів, що сприяє зниженню витрат на обробку вантажів і підвищенню безпеки праці.

Варто зазначити, що цифрова трансформація у Роттердамі тісно пов'язана зі стратегією сталого розвитку. Застосування цифрових технологій дозволяє мінімізувати споживання енергії, скоротити викиди CO₂ і забезпечити більш раціональне використання ресурсів. Одночасно розвивається інфраструктура для обслуговування суден на альтернативних видах палива, зокрема водні та електроенергії, що відповідає цілям Європейського зеленого курсу [23]. Значна увага також приділяється питанням кібербезпеки: у порту створено спеціалізований центр цифрової стійкості (Port Cyber Resilience Centre), який координує захист критичної IT-інфраструктури та реагування на кіберзагрози у співпраці з державними й приватними структурами.

Окремим напрямом інновацій є впровадження блокчейн-рішень для управління контейнерними перевезеннями та документообігом. У співпраці з Maersk і платформою TradeLens Роттердамському порту вдалося створити механізми прозорого обміну логістичними даними, що забезпечують підвищену довіру між учасниками та пришвидшують проходження вантажів [22].

Таким чином, досвід Порту Роттердама демонструє ефективність комплексного підходу до цифровізації морської логістики. Поєднання штучного інтелекту, автоматизації, платформних рішень і кіберзахисту забезпечує не лише високу продуктивність і конкурентоспроможність, а й стійкість до викликів глобального масштабу.

Порт Сінгапуру є прикладом високотехнологічного морського хабу, де цифровізація відіграє ключову роль у забезпеченні ефективності, стійкості та конкурентоспроможності портових операцій. Одним із найвизначніших досягнень порту є широкомасштабне впровадження систем штучного інтелекту (ШІ), які керують понад 200 автономними електричними транспортними засобами, що здійснюють перевезення контейнерів у межах терміналів. Ці транспортні засоби обирають оптимальні маршрути в режимі реального часу, спираючись на алгоритми машинного навчання, що аналізують змінні умови – від щільності трафіку до рівня завантаження контейнерних майданчиків [24].

Застосування технологій Інтернету речей (IoT) дозволяє здійснювати безперервний моніторинг ключових параметрів портової інфраструктури – включно з рухом суден, станом вантажів, погодними умовами та енергоспоживанням. Це сприяє значному скороченню часу обробки вантажів і зменшенню кількості простоїв, що в умовах високої інтенсивності логістичних потоків є критично важливим для підтримання стабільного функціонування ланцюгів постачання.

Крім цього, уряд Сінгапуру та Адміністрація морського і портового управління (МРА) активно підтримують розвиток цифрової інфраструктури шляхом інвестування в національні платформи управління вантажопотоками, зокрема у створення системи SGTraDex – цифрового хаба для обміну даними між портовими операторами, логістичними компаніями та митними органами. Ця система забезпечує прозорість операцій, скорочує час обробки документів і підвищує надійність постачань [25].

Крім упровадження автономного транспорту й IoT-рішень, Порт Сінгапуру активно розвиває інтегровану цифрову екосистему, яка охоплює не лише фізичну логістику, а й адміністративні та екологічні аспекти портових операцій. Одним із ключових елементів є порт майбутнього Tuas Port, запуск якого здійснюється поетапно з 2021 року. Це один із найбільших інфраструктурних проєктів у світі, покликаний централізувати всі контейнерні операції Сінгапуру в одному «розумному» порту, повністю автоматизованому та цифровізованому [24].

Tuas Port передбачає повне застосування роботизованих рішень: автоматизовані стрілочні крани (yard cranes), дистанційно керовані STS-крани (ship-to-shore cranes), цифрові диспетчерські центри з аналітикою в реальному часі, що дозволяє значно зменшити залучення ручної праці. Всі системи інтегровані у єдину платформу управління, яка забезпечує повну прозорість усіх етапів логістичного ланцюга – від моменту прибуття судна до остаточного вивезення вантажу.

У сфері сталого розвитку порт Сінгапуру впроваджує низку ініціатив, спрямованих на декарбонізацію та енергоефективність. Зокрема, в Tuas Port

передбачено використання сонячної енергії, систем збору дощової води, а також зарядні станції для електротранспорту. PSA International також працює над впровадженням вуглецевого індексу ефективності для суден, що швартуються в порту, стимулюючи операторів використовувати більш екологічні судна [25].

Окрему роль відіграє Port Community System – комплексна цифрова платформа, яка поєднує понад 10 тисяч організацій-учасників портової екосистеми, від митниці до судноплавних ліній. Завдяки цій платформі відбувається автоматизація митних процедур, електронний документообіг і узгодження логістичних операцій без затримок, що значно знижує адміністративні бар'єри.

Порт Гамбурга, відомий як «ворота до Німеччини», демонструє високий рівень інтеграції цифрових технологій завдяки впровадженню інноваційної платформи smartPORT, яка функціонує як цифрове ядро всієї портової екосистеми. Ця платформа спрямована на координацію взаємодії між усіма задіяними сторонами логістичного ланцюга: операторами терміналів, транспортними компаніями, митницею, міською інфраструктурою та іншими державними органами.

Однією з ключових технологічних складових smartPORT є системи прогнозного обслуговування (predictive maintenance). Вони ґрунтуються на безперервному зборі даних із мережі сенсорів, встановлених на кранах, транспортному обладнанні, мостах та інших критично важливих елементах інфраструктури. Аналіз великих обсягів цих даних за допомогою алгоритмів машинного навчання дозволяє виявляти ознаки зносу або потенційних несправностей ще до того, як відбудеться фактична відмова обладнання. Завдяки цьому оператори можуть планувати ремонтні роботи заздалегідь, мінімізуючи простої, уникати аварій і оптимізувати витрати на технічне обслуговування[26].

Також smartPORT інтегрує цифрові системи управління трафіком у реальному часі. Це дає змогу ефективно регулювати рух вантажів у порту й поза ним, що особливо важливо для мегаполісу, як-от Гамбург. Завдяки моніторингу на основі камер, датчиків і аналітики вдалося скоротити затори та підвищити ефективність логістики.

Крім технологічної ефективності, smartPORT орієнтований на сталий розвиток: впроваджуються електротранспорт, енергоощадне освітлення, сонячні панелі та інші екологічні рішення, що зменшують викиди CO₂.

Зрештою, smartPORT є прикладом інтеграції концепцій Smart City і Smart Port: портова інфраструктура узгоджується з міськими транспортними потоками, громадським транспортом і системами екологічного моніторингу, формуючи єдину цифрову логістичну систему[2].

Інноваційним напрямом smartPORT є інтелектуальне управління енергоспоживанням. Система регулює навантаження на електромережу, перемикаючи живлення у різні часові зони для уникнення пікових навантажень. Завдяки «розумним» лічильникам (smart meters) в режимі реального часу відстежується споживання енергії, води та ресурсів, що дозволяє оптимізувати витрати та зменшувати викиди.

Ще одним рішенням є мобільні застосунки для водіїв вантажівок, які надають інформацію про оптимальні маршрути, стан черг, доступні термінальні вікна та інструкції щодо обробки вантажів. Це підвищує ефективність і прозорість логістики, зменшуючи затримки.

Крім того, в рамках платформи створено інноваційний центр даних (Data Hub), що агрегує інформацію з сенсорів, супутників, погодних сервісів і систем трафіку. Через API ці дані доступні різним операторам, що сприяє цифровій взаємодії між бізнесом, державою та наукою.

Порт	Ключові технології	Цифрова платформа/система	Цілі сталого розвитку / Екологічні ініціативи	Особливості
Роттердам	IoT, цифровий двійник, AI, автономні крани і ТЗ	Digital Twin Port, Portbase	Оптимізація логістики, скорочення простоїв,	Один із найцифровізованиших портів Європи

			підвищення енергоефективності	
Сінгапур	AI, понад 200 автономних електротранспортив, IoT, big data	Next-Gen Port, PSA Cargo Solutions	Зниження простоїв, енергозбереження, оптимізація маршрутів	Висока ступінь автоматизації контейнерних терміналів
Гамбург	Системи прогнозного обслуговування, IoT, мобільні додатки	smartPORT Logistics	Скорочення аварійності, контроль енергоспоживання	Сильна інтеграція з міською транспортною інфраструктурою

Проведене дослідження цифрової трансформації провідних морських портів – Роттердама, Сінгапуру, Гамбурга – засвідчує, що сучасна портова індустрія перебуває на етапі системної модернізації, де цифрові технології виступають ключовим драйвером ефективності, стійкості та конкурентоспроможності. Спільними ознаками є широке впровадження Інтернету речей (IoT), штучного інтелекту (ШІ), автономних систем управління та цифрових платформ координації логістичних процесів.

Усі досліджені порти демонструють чітку спрямованість на:

- оптимізацію логістичних операцій за рахунок автоматизації та цифрової координації;
- підвищення екологічної сталості, зокрема через скорочення викидів, електрифікацію транспорту та енергоефективні рішення;
- розбудову інфраструктури обміну даними між усіма учасниками ланцюгів постачання;
- адаптивність до викликів глобального масштабу – зміни клімату, нестабільність постачання, зростання обсягів торгівлі.

Разом із тим, кожен порт демонструє свої унікальні підходи:

- Роттердам вирізняється глибокою інтеграцією цифрового двійника та сервісів прогнозування в реальному часі;
- Сінгапур акцентує на повній автоматизації терміналів та побудові інтелектуальної логістики;

- Гамбург успішно поєднує смарт-інфраструктуру з міською мобільністю та адаптивним енергоспоживанням;

На основі проведеного аналізу можна стверджувати, що майбутнє глобальної портової індустрії – за інтелектуальними, інтегрованими та сталими рішеннями, які спираються на глибоку цифровізацію та міжсекторальну співпрацю. Такий підхід дозволяє не лише підвищити операційну ефективність, а й забезпечити довгострокову стійкість портів до змін у глобальному середовищі.

2.3. Сучасний стан портової інфраструктури України

На початку повномасштабної збройної агресії Російської Федерації Україна мала 13 повноцінно функціонуючих морських портів на узбережжях Чорного та Азовського морів із загальною пропускною спроможністю до 260 млн тонн вантажів на рік. Проте вже у 2022–2024 роках портова система України зазнала критичних втрат: кілька портів (Маріуполь, Бердянськ, Скадовськ, Херсон) опинилися в тимчасовій окупації, інші – зазнали часткових руйнувань унаслідок ракетних та дронівих атак, а доступ до міжнародного судноплавства був значно обмежений через мінування територіальних вод і блокаду Чорного моря.

У нових безпекових умовах стратегічне значення набули порти Дунайського кластеру – Ізмаїл, Рені, Усть-Дунайськ. Вони стали головними каналами для експорту української продукції, зокрема зерна, металів та олії. Проте існуюча інфраструктура цих портів виявилася недостатньо підготовленою до таких навантажень, що призвело до зростання черг суден, логістичних затримок і необхідності оперативного технічного дооснащення.

Варто зазначити, що за умови продовження воєнних дій морська інфраструктура України буде й надалі залежати від зовнішньої фінансової та технічної допомоги. Українська влада, спільно з міжнародними партнерами, зосередилася на розвитку мультимодальних логістичних рішень (морський, залізничний та автомобільний транспорт), активізації гуманітарного коридору у Чорному морі та відновленні безпеки для комерційного судноплавства.

Незважаючи на втрати, морська галузь демонструє адаптивність до нових викликів. Створення окремих міжнародних платформ підтримки української портової логістики, зокрема у межах ініціативи ЄС «Шляхи солідарності», сприяє збереженню експорту та підтримці економіки. Розвиток Дунайського напрямку розглядається як довгостроковий пріоритет, доповнений проєктами днопоглиблення, розширення перевалочних потужностей та цифровізації обліку руху суден[28].

На тлі тривалої збройної агресії з боку Російської Федерації портова інфраструктура України постає одним із ключових елементів національної транспортно-логістичної системи, що, попри значний тиск воєнних дій, зберігає функціональність та демонструє адаптивність до кризових умов. У 2024 році українські морські порти продовжують виконувати критично важливу роль у забезпеченні зовнішньоекономічної діяльності держави, насамперед у сфері експорту сільськогосподарської та промислової продукції. Їх стабільне функціонування стало можливим завдяки впровадженню тимчасових міжнародно визнаних безпечних морських коридорів, що забезпечили доступ до глобальних ринків навіть в умовах активної фази бойових дій [29].

Разом із тим, значна частина інфраструктури зазнала серйозних пошкоджень. За офіційними оцінками, з початку повномасштабної війни було зруйновано або пошкоджено понад 380 об'єктів портової інфраструктури, включаючи причали, зернові термінали, системи енергозабезпечення та навігаційне обладнання. У відповідь на ці виклики Україна розгорнула комплекс заходів з оперативного відновлення портових потужностей із залученням як державного, так і приватного секторів.

Поряд із безпосередніми наслідками воєнного впливу на фізичну інфраструктуру, залишаються актуальними системні проблеми, притаманні галузі ще до 2022 року. Зокрема, йдеться про зношеність залізничного сполучення між портами та внутрішніми регіонами, відсутність сучасних підходів до логістичного планування, а також затримки у процесах днопоглиблення, необхідного для обслуговування великотоннажних суден [30].

Незважаючи на вищезазначене, державна політика у сфері розвитку морської галузі орієнтована на стійке відновлення та модернізацію. Уряд України, спільно з міжнародними партнерами, зосереджує зусилля на підвищенні енергоефективності портів, цифровізації управлінських процесів, а також інтеграції української портової системи до європейської логістичної інфраструктури. Основоположним принципом у цьому контексті є стратегія «Build Back Better», яка передбачає не просто відбудову пошкоджених об'єктів, а їх відновлення з урахуванням сучасних технологічних стандартів та вимог безпеки.

З метою імплементації положень Закону України «Про морські порти» від 17 травня 2012 року № 4709-VI, що набрав чинності 13 червня 2013 року, урядом було ініційовано комплексну реформу у сфері управління морськими портами. На підставі розпорядження Кабінету Міністрів України від 4 березня 2013 року № 133-р, а також наказів Міністерства інфраструктури України від 19 березня 2013 року № 163 та від 10 червня 2013 року № 375, здійснено реорганізацію 20 державних підприємств морського транспорту, до яких входили 18 державних портів, державне підприємство «Дельта-лоцман» та Державна судноплавна компанія «Керченська морська переправа».

Реорганізація відбулася шляхом виділення стратегічно важливих об'єктів портової інфраструктури, іншого майна, а також прав та обов'язків відповідно до розподільчих балансів, у результаті чого було утворене державне підприємство «Адміністрація морських портів України» (ДП «АМПУ»).

У подальший період, згідно з наказами Міністерства інфраструктури України від 11 липня 2013 року № 471, від 8 серпня 2013 року № 583 та від 5 вересня 2013 року № 665, до складу ДП «АМПУ» були приєднані інші спеціалізовані підприємства галузі, зокрема казенне підприємство «Морська пошуково-рятувальна служба», ДП «Укртехфлот» та ДП «Інформаційно-аналітичний центр морського і річкового транспорту» [31].

У 2017 році, відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 24 лютого 2016 року № 158 «Про відновлення єдиної системи пошуку та рятування на

морі», філія «МПРС», яка функціонувала у складі ДП «АМПУ», була реорганізована [32].

Згідно зі статтями 64 Господарського кодексу України, 95 Цивільного кодексу України, положеннями Кодексу торговельного мореплавства України та чинного Статуту ДП «АМПУ» (затвердженого наказом Міністерства інфраструктури України від 25 березня 2016 року № 119, у редакції від 11 січня 2017 року № 7), з метою забезпечення навігаційної підтримки судноплавства на внутрішніх водних шляхах, з 1 лютого 2018 року у складі підприємства створено філію «Днопоглиблювальний флот» [33].

Також на підставі наказу Міністерства інфраструктури України від 17 травня 2013 року № 301 (в редакції наказу від 19 липня 2023 року № 621), відповідно до положень Статуту підприємства, утворено філію «ЧорноморНДІпроект» як відокремлений підрозділ ДП «АМПУ» [34].

Державне підприємство «Адміністрація морських портів України» (далі – ДП «АМПУ») є центральною інституцією у системі управління державними об'єктами портової інфраструктури, діяльність якої спрямована на забезпечення безперебійного функціонування та розвиток морських портів відповідно до національних інтересів та міжнародних зобов'язань України.

До основних напрямів діяльності ДП «АМПУ» належать:

- утримання, експлуатація та ефективне використання державного майна, що передане підприємству у господарське відання, зокрема здійснення робіт із реконструкції, модернізації, ремонту та нового будівництва гідротехнічних споруд і об'єктів портової інфраструктури, розташованих у межах території та акваторії морських портів;
- надання комплексу послуг суднам на підходах до портів та безпосередньо в акваторіях портів з метою забезпечення безпечного судноплавства, маневрування і швартування;
- організація та забезпечення безпечної експлуатації об'єктів інфраструктури, що перебувають у державній власності, включаючи навігаційно-гідротехнічні споруди та інші технічні системи, які забезпечують безпеку мореплавства;

- координація дій, спрямованих на підтримання безпеки мореплавства в межах юрисдикції морських портів;
- збір, облік та оновлення даних, що вносяться до Реєстру морських портів України, як офіційного джерела інформації про портову інфраструктуру;
- організація розроблення та реалізації планів розвитку морських портів, а також внесення пропозицій щодо їх вдосконалення на національному рівні;
- проведення аварійно-рятувальних операцій у межах акваторій портів, а також організація робіт з підйому затонулого майна;
- забезпечення контролю за дотриманням природоохоронного законодавства у межах території морських портів;
- реалізація заходів з ліквідації наслідків техногенного та екологічного забруднення території й акваторій портів;
- надання допомоги потерпілим у разі аварійних або надзвичайних морських подій;
- визначення зон обов'язкового застосування буксирного супроводу в акваторіях портів та при заході/виході суден;
- адміністрування портових зборів, у тому числі справляння та контроль за цільовим використанням відповідних коштів;
- координація дій із капітанами морських портів, лоцманськими службами, портовими операторами, власниками терміналів та іншими суб'єктами господарювання у разі виникнення надзвичайних ситуацій (стихійні лиха, аварії, катастрофи), що вимагають оперативної взаємодії;
- створення рівних умов для усіх учасників господарської діяльності у портах, забезпечення конкуренції та прозорості доступу до інфраструктурних послуг;
- контроль за підтриманням оголошених глибин у портових акваторіях та підхідних каналах, з метою гарантування безпечного проходження суден.

Функціональна структура підприємства побудована таким чином, щоб забезпечити оперативне управління морськими портами України, реалізовувати державну політику у сфері морського транспорту, а також підтримувати

ефективну взаємодію з національними та міжнародними суб'єктами морегосподарської діяльності

Центральний апарат ДП «АМПУ» виконує координуючу та стратегічну функцію, здійснюючи загальне управління, фінансове планування, розроблення інвестиційних програм, а також юридичне та нормативне забезпечення діяльності підприємства.

У структурі підприємства функціонують 13 філій у морських портах України (зокрема: Одеса, Чорноморськ, Південний, Миколаїв, Рені, Ізмаїл, Маріуполь, Бердянськ та інші), кожна з яких виконує операційне управління інфраструктурою конкретного порту та взаємодіє з місцевими адміністраціями, портовими операторами та капітанами портів. Окремі філії мають спеціалізований профіль: наприклад, філія «Днопоглиблювальний флот» відповідає за днопоглиблювальні роботи, а філія «ЧорноморНДІпроект» здійснює науково-проектну підтримку розвитку інфраструктури.

У 2024 році морські порти України продемонстрували позитивну динаміку у сфері вантажопереробки, попри збереження високих ризиків, зумовлених воєнним станом. Загальний обсяг перевалки вантажів у морських портах України склав 97,2 млн тонн, що на 57 % перевищує аналогічний показник 2023 року (62 млн тонн). Основний обсяг вантажопереробки був забезпечений за рахунок експорту сільськогосподарської продукції (60,3 млн тонн) та залізної руди (18,5 млн тонн).

Вказані цифри підтверджують тенденцію до стабілізації та часткового відновлення логістичних ланцюгів через морські порти, насамперед завдяки впровадженню тимчасового морського коридору, що забезпечує відносну безпеку судноплавства у Чорному морі. Водночас структура перевалки вантажів свідчить про високий ступінь залежності морських перевезень від аграрного сектора та гірничо-металургійного комплексу, що вимагає подальшої диверсифікації.

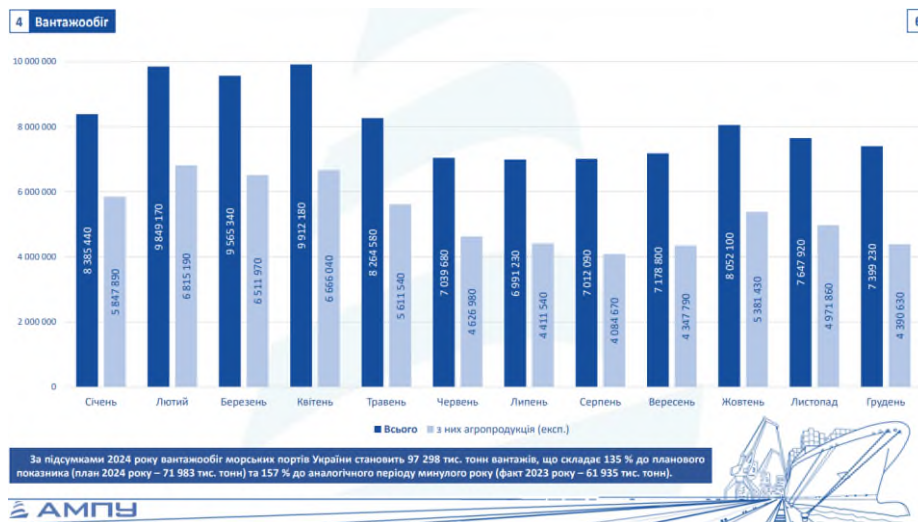


Рис. 2.3.1 Щомісячна динаміка вантажообігу морських портів України у 2024 році. Джерело: АМПУ

За результатами 2024 року, провідними портами України за обсягами вантажопереробки стали морські гавані, розташовані в районі Великої Одеси. Найбільший вантажообіг зафіксовано в порту «Південний» – 35,55 млн тонн. Другу позицію посів порт «Чорноморськ» із показником 26,04 млн тонн, а третю – порт «Одеса» з 18,3 млн тонн. Значний внесок у загальний обсяг перевалки також забезпечили дунайські порти, сукупна перевалка яких сягнула 17,3 млн тонн, що підтверджує їхню зростаючу роль як альтернативних логістичних хабів у період воєнного конфлікту.

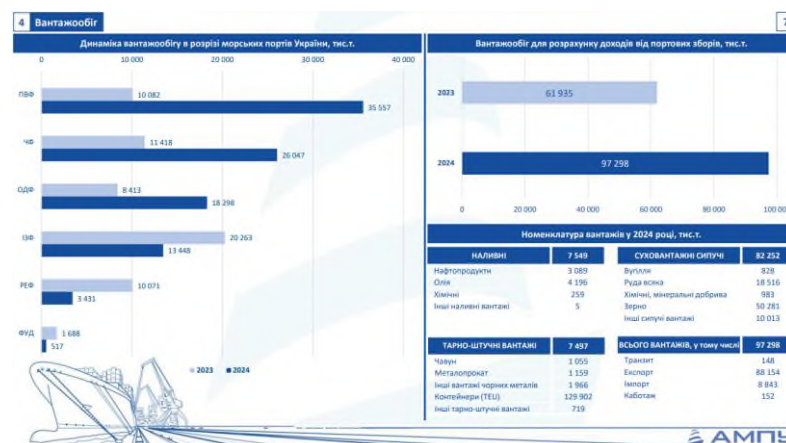


Рис. 2.3.2 Динаміка вантажообігу та структура перевезених вантажів у морських портах України у 2023 – 2024 роках. Джерело: АМПУ

Окрему увагу у 2024 році було приділено технічному переоснащенню та підтриманню глибоководних характеристик портових акваторій. Зокрема, в рамках

заходів з підтримки портової інфраструктури ДП «Адміністрація морських портів України» спрямувало 829 млн грн капітальних інвестицій. Ці кошти були використані на капітальний ремонт пошкоджених причалів, будівель, портових доріг і залізничної інфраструктури, а також на придбання технічного флоту та проведення днопоглиблювальних робіт.

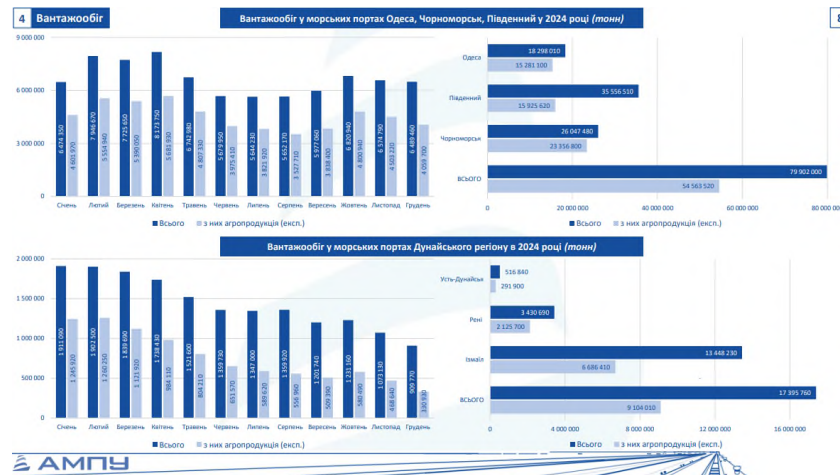


Рис. 2.3.3 Вантажообіг у морських портах Одеського та Дунайського регіонів у 2024 році. Джерело: АМПУ

У 2024 році ДП «Адміністрація морських портів України» забезпечило ефективну фінансово-господарську діяльність, зберігаючи стійкість у складних умовах воєнного стану та невизначеного зовнішнього середовища. Підприємство досягло високих результатів як у плані фінансових показників, так і в реалізації інвестиційної політики, що відображено у звітних документах.

Загальний обсяг доходів підприємства у 2024 році склав 6 977 596 тис. грн, що на 61% перевищує показник 2023 року і на 39% – плановий показник на звітний період. З них чистий дохід становив 6 301 897 тис. грн, що на 55% більше, ніж у попередньому році. Значне зростання спостерігалось також у категорії інших операційних доходів (547 139 тис. грн), що у 2,6 раза перевищує відповідні надходження 2023 року. Інші фінансові доходи сягнули 96 160 тис. грн, що свідчить про покращення активного управління фінансовими інструментами.

Водночас витрати без урахування податку на прибуток становили 3 592 665 тис. грн, що відповідає 96% від плану та 108% до фактичного рівня 2023 року. У структурі витрат основну частину склали собівартість реалізованої продукції – 2

526 057 тис. грн. Адміністративні витрати досягли 774 111 тис. грн, а інші операційні витрати – 200 880 тис. грн.

Аналіз динаміки основних фінансових показників ДП «АМПУ» за останні роки засвідчує чітко виражену позитивну тенденцію. Зростання доходів, чистого прибутку та фінансових надходжень супроводжується стабільним рівнем витрат, що вказує на ефективне управління фінансовими потоками та стабільність в умовах воєнної економіки. Такий тренд також підтверджує результативність антикризових управлінських рішень, спрямованих на збереження та розвиток портової інфраструктури.

У структурі витрат домінує виробнича складова – витрати, пов'язані з утриманням та експлуатацією об'єктів інфраструктури. Частка собівартості реалізованої продукції у загальній структурі становила 70,3%, адміністративні витрати – близько 21,5%, а інші операційні – 5,6%. Це свідчить про пріоритетність забезпечення функціонування виробничих потужностей та виконання основних господарських завдань у роботі підприємства.

Збалансованість витратної частини бюджету підприємства у 2024 році є результатом зваженого підходу до управління ресурсами та оптимізації витрат на всіх рівнях організаційної структури.

Протягом 2024 року обсяг капітальних інвестицій ДП «АМПУ» склав 829 млн грн, що майже вдвічі перевищує заплановані показники (487 млн грн). Це дало змогу профінансувати критично важливі напрями, зокрема: капітальний ремонт та відновлення інфраструктурних об'єктів, зруйнованих або пошкоджених внаслідок ракетних атак; модернізацію причалів, під'їзних залізничних колій, внутрішньопортових доріг та будівель; проведення днопоглиблювальних робіт у найбільш навантажених акваторіях; придбання технічного флоту для забезпечення власної операційної діяльності.

Фінансування здійснювалося виключно за рахунок власних коштів підприємства, що свідчить про його фінансову самодостатність та ефективність управління доходами.

Капітальні вкладення здійснювалися відповідно до положень Стратегії розвитку морських портів України до 2038 року, затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 23 грудня 2020 року № 1634-р. У межах цієї стратегії у 2024 році також було прийнято план заходів щодо реформування ДП «АМПУ» та його подальшого перетворення в акціонерне товариство з часткою держави.

Перспективні напрями розвитку портової галузі України, включно з діяльністю державного підприємства «Адміністрація морських портів України» (ДП «АМПУ»), визначені Стратегією розвитку морських портів України на період до 2038 року, затвердженою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 23 грудня 2020 року № 1634-р. Цей стратегічний документ передбачає реалізацію трьох ключових пріоритетів: удосконалення системи управління портовим господарством, збалансований розвиток причальної інфраструктури у поєднанні з наземними шляхами сполучення, а також підвищення якості сервісів, що надаються в портах [36].

Окрім цього, вектори розвитку транспортної інфраструктури, включаючи портову галузь, деталізовані у Національній транспортній стратегії України на період до 2030 року, схваленій постановою Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2024 року № 1550. Згідно з положеннями цієї стратегії, у 2025–2027 роках передбачено реалізацію операційного плану заходів, спрямованих на забезпечення ефективного функціонування транспортної системи, інтеграцію до європейського простору та адаптацію до сучасних викликів [37].

Важливу роль у формуванні безпечного середовища функціонування портової галузі відіграє Стратегія морської безпеки України, затверджена рішенням Ради національної безпеки і оборони України від 17 липня 2024 року та введена в дію Указом Президента України № 468/2024. У подальшому, на її основі, розпорядженням Кабінету Міністрів України від 22 листопада 2024 року № 1162-р було затверджено План заходів з реалізації Стратегії морської безпеки [38].

Разом із тим, реалізація зазначених стратегічних документів ускладнена через повномасштабну збройну агресію Російської Федерації проти України,

внаслідок якої портова інфраструктура зазнала значних руйнувань. Частина морських портів у Запорізькій та Донецькій областях опинилася в умовах тимчасової окупації, а решта портів, розташованих на узбережжі Чорного моря, зокрема БДЛК (Бузько-Дніпровсько-Лиманський канал) та ХМК (Херсонський морський канал), не мають можливості повноцінно функціонувати через блокаду морських шляхів і мінування територіальних вод [29].

У зв'язку з цим припинили свою роботу філії ДП «АМПУ» в Бердянську, Маріуполі та Скадовську. Вказані порти були офіційно закриті наказом Міністерства інфраструктури України від 28 квітня 2022 року № 256, зареєстрованим у Міністерстві юстиції України 29 квітня 2022 року за № 470/37806 [39].

На цьому тлі зросло значення портів, розташованих у дельті річки Дунай (Ізмаїл, Рені, Усть-Дунайськ), які стали основними логістичними вікнами для експортно-імпортних операцій України. Враховуючи безпечніші умови навігації у дунайському регіоні, саме ці порти на певний час перехопили частину вантажопотоків з Чорноморського узбережжя.

Попри стабілізаційні тенденції у деяких регіонах, інфраструктура українських портів продовжує зазнавати руйнувань унаслідок постійних масованих ракетних та дронівих атак. Це вимагає реалізації масштабної програми відновлення портового господарства. Для забезпечення сталого функціонування галузі та її стратегічного відновлення необхідним є не лише фізичне відновлення зруйнованих об'єктів, але й впровадження нових інфраструктурних проєктів, що потребують гарантованого фінансування з державного бюджету та за підтримки міжнародних партнерів.

Перспективи розвитку портової галузі України, включаючи діяльність ДП «Адміністрація морських портів України», визначаються низкою стратегічних документів державного рівня. Головним орієнтиром є Стратегія розвитку морських портів України на період до 2038 року, затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 23 грудня 2020 року № 1634-р. У документі окреслено три ключові пріоритети: оптимізація системи управління портами, гармонійний

розвиток причальної інфраструктури з урахуванням наземних сполучень та покращення сервісного обслуговування в портах [40].

Додатково, постановою Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2024 року № 1550 схвалено Національну транспортну стратегію України на період до 2030 року разом з операційним планом її реалізації на 2025–2027 роки, що деталізує етапи розвитку транспортної мережі з урахуванням сучасних викликів [41].

З метою посилення безпеки на морі ухвалено Стратегію морської безпеки України, введену в дію Указом Президента України № 468/2024 та забезпечену планом заходів, затвердженим розпорядженням КМУ від 22 листопада 2024 року № 1162-р. Ця стратегія є відповіддю на зовнішні воєнні загрози та покликана гарантувати безперервність критично важливої логістики [42].

Утім, повномасштабна військова агресія Російської Федерації завдала значної шкоди українській портовій інфраструктурі. Частина портів, зокрема в Запорізькій та Донецькій областях, опинилась під тимчасовою окупацією. Порти Бердянськ, Маріуполь та Скадовськ припинили діяльність відповідно до наказу Мінінфраструктури від 28 квітня 2022 року № 256 [43]. Решта портів на узбережжі Чорного моря функціонують обмежено через блокаду морських шляхів та мінування акваторій. На тлі цих подій стратегічного значення набули порти, розташовані в дельті Дунаю (Ізмаїл, Рені, Усть-Дунайськ), що стали відносно безпечними воротами для зовнішньої торгівлі. Саме вони на певному етапі перехопили функції експорту-імпорту продукції.

З метою системного відновлення галузі, ДП «АМПУ» у 2024 році затвердило Стратегічний план розвитку на 2024–2028 роки та Інвестиційний план на 2024–2026 роки, що схвалені Міністерством інфраструктури. Основна мета – забезпечення операційної ефективності, відбудова зруйнованої інфраструктури та впровадження стандартів корпоративного управління.



Рис. 2.3.4 Реалізовані проекти міжнародного співробітництва АМПУ. Джерело: АМПУ

У 2024 році ДП «АМПУ» розширило міжнародну співпрацю з фінансовими установами та міжнародними фондами. Зокрема, підприємство отримало: 4 лоцманські катери (від USAID та Франції); захисні бар'єри, габіони, генератори (від USAID, HGBF, JICA); обладнання для посилення безпеки портів.

Крім того, у співпраці зі Світовим банком реалізується проєкт RELINC – «Відновлення критично важливої логістичної інфраструктури та мережевого сполучення». Згідно з Грантовою угодою (№ TF0C4970), підписаною 12 червня 2024 року, передбачається закупівля техніки на суму понад 34,5 млн доларів США: портових суден, буксирів, кранів, навантажувачів, програмного забезпечення, а також систем обліку та навігації.

У 2024 році ДП «АМПУ» активно брало участь у роботі логістичних платформ Європейської комісії в межах ініціативи «Шляхи солідарності» (DG MOVE), а також у засіданнях групи QUINT «Україна – ЄС». Це сприяло посиленню судноплавства на каналі Суліна (Румунія), організації місць стоянки суден на Дунаї та усуненню бар'єрів для експорту.

Важливим дипломатичним досягненням стало посилення позицій України в Дунайській комісії. Завдяки ініціативам АМПУ та МЗС України досягнуто рішень про виключення РФ з проєкту нової редакції Белградської конвенції, розширення ролі України у роботі Адміністрації Нижнього Дунаю та закріплення за нашою державою контролю над гирлом Бистре.



Рис. 2.3.5. Міжнародні партнери та передане обладнання в рамках співпраці з АМПУ Джерело: АМПУ

РОЗДІЛ 3. ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ШІ-СИСТЕМ ТА ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПОРТОВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ

3.1 Економічна ефективність та перспективи розвитку ШІ в портовій інфраструктурі

Однією з ключових економічних переваг впровадження технологій штучного інтелекту (ШІ) у світову портову інфраструктуру є істотне підвищення продуктивності портових операцій та скорочення витрат на логістичне обслуговування. Завдяки автоматизації ключових процесів, інтелектуальному плануванню маршрутів, а також широкому використанню систем прогнозного обслуговування, сучасні порти демонструють значне зростання ефективності на фоні зниження залежності від людського фактора.

На прикладі порту Роттердама чітко простежується економічна ефективність цифрових рішень. Завдяки використанню так званого *digital twin* (цифрового двійника порту), моделюються логістичні потоки в реальному часі, що дозволяє завчасно виявляти вузькі місця та оптимізувати послідовність обробки вантажів. Інтеграція алгоритмів ШІ у роботу автономних кранів і транспортних засобів забезпечила скорочення середнього часу обробки одного контейнера на 20%, а

витрати на логістичне планування – на 15–18% порівняно з традиційними схемами [44].

Одним із найпереконливіших прикладів економічно ефективного впровадження штучного інтелекту у портову інфраструктуру є Порт Сінгапуру, який активно інтегрує інноваційні технології з метою підвищення продуктивності та зменшення витрат. Зокрема, в межах цифрової трансформації було запроваджено понад 200 автономних електромобілів, обладнаних сенсорною системою та програмним забезпеченням на базі ШІ. Це дало змогу скоротити тривалість внутрішньопортових перевезень у пікові години приблизно на 30%, що, у свою чергу, сприяло зростанню пропускної здатності порту без необхідності додаткових капіталовкладень в інфраструктуру.

Одним із ключових технологічних рішень, що забезпечило відчутний економічний ефект, стала система OptETruck, яка оптимізує маршрути вантажівок і знижує кількість порожніх рейсів. Завдяки її впровадженню вдалося досягти істотного скорочення витрат на паливо, а також зменшити річний обсяг викидів CO₂ приблизно на 10 мільйонів кілограмів. Автоматизація процесів управління перевезеннями дала змогу мінімізувати кількість навігаційних помилок, що позитивно позначилося на точності та стабільності логістичних операцій[25].

Згідно з аналітичними оцінками, загальне скорочення логістичних витрат у результаті комплексного впровадження цифрових рішень становило близько 12–14%. Це, у поєднанні з підвищенням ефективності використання інфраструктури, забезпечило покращення економічної доцільності функціонування порту в умовах зростаючих обсягів торгівлі[45].

Зокрема, у порту Гамбурга функціонує інтелектуальна платформа *smartPORT*, яка дозволяє здійснювати постійний моніторинг стану інфраструктури та технічних систем. Завдяки цьому середні витрати на аварійний ремонт було знижено на 25%, а кількість незапланованих зупинок обладнання – майже на 50% [46].

Аналітична компанія Deloitte у своїх галузевих звітах підтверджує, що системи прогностичного технічного обслуговування можуть скоротити загальні

операційні витрати портів до 20% і подовжити життєвий цикл дороговартісного обладнання до 30% завдяки запобіганню надмірному зносу [47].

Важливою особливістю переходу до «розумних» портів є скорочення впливу людського фактора, що, окрім економічного ефекту, також знижує ризики нещасних випадків та підвищує загальний рівень безпеки. Автоматизовані крани, автономні транспортні засоби та системи ШІ, що керують потоками вантажів, дозволяють зменшити кількість персоналу, задіяного у фізичній роботі, що, у свою чергу, знижує витрати на оплату праці, охорону праці та навчання.

Усі ці технологічні інновації в сукупності формують нову економічну модель портової логістики, орієнтовану на цифрову стійкість, адаптивність до глобальних викликів (зокрема, пандемічних чи геополітичних), та довгострокову ефективність. Зниження витрат на 15–25%, підвищення продуктивності на 20–30%, скорочення аварійних зупинок та зменшення часу обробки вантажів – ці цифри демонструють очевидну економічну доцільність впровадження ШІ у портовий сектор [47].

Успішна цифровізація свідчить про здатність порту оперативно реагувати на виклики глобального ринку, включаючи затори, зміни ланцюгів постачання та збої через геополітичні чи природні катастрофи. Високий рівень автоматизації та використання ШІ створює передумови для більш передбачуваних, прозорих і швидких логістичних операцій, що підвищує рейтинг порту як надійного логістичного партнера.

Цифрова трансформація портової інфраструктури істотно змінює характер економічної взаємодії портів із зовнішнім середовищем.

Показовим прикладом є Порт Антверпен-Брюгге (Бельгія), який у 2021–2023 роках реалізував комплексну цифрову стратегію. Одним із ключових елементів стало впровадження інтелектуальної платформи NextPort, що інтегрує управління портовим трафіком, автоматизовані логістичні сервіси, інструменти прогнозного обслуговування та цифрової аналітики.

За оцінками, це сприяло зростанню зовнішніх інвестицій, які, за окремими галузевими джерелами, зросли приблизно на 20% у зазначений період – переважно

з боку енергетичних компаній та консорціумів, зацікавлених у розвитку водневої інфраструктури та зеленої логістики[49].

Економічна ефективність таких перетворень проявляється у кількох аспектах: зростання капіталовкладень у розвиток портової інфраструктури (зокрема, мультимодальних терміналів і зон з нульовим рівнем викидів); підвищення вартості контрактів з логістичними операторами за рахунок надання високотехнологічних сервісів; стимулювання зайнятості у високотехнологічному секторі.

Інший приклад – Порт Валенсії (Іспанія), який здійснив значну цифрову трансформацію шляхом впровадження нових технологій, зокрема, автоматизації контейнерних процесів та екологічних інновацій. Одним із ключових етапів цієї трансформації стало активування інвестицій на суму 1,564 мільйона євро для нового контейнерного терміналу, що включає цифрові та автоматизовані рішення. Згідно з офіційними даними, після реалізації цих ініціатив порт залучив стратегічні інвестиції від міжнародних операторів, зокрема, від компанії Maersk, що підтверджує інтерес до розвитку інфраструктури порту. За 18 місяців після цифрової модернізації контейнерообіг порту зріс на 12,8%, що свідчить про позитивний економічний ефект від реалізації цієї стратегії [50].

Згідно з аналітичними звітами Світового банку та OECD, цифровізація портової інфраструктури суттєво підвищує її ефективність та інвестиційну привабливість. Наприклад, у порту Котону (Бенін) після впровадження цифрової системи управління портовими процесами середній час перебування вантажівок зменшився з 269 годин до лише 3 годин, що дозволило значно пришвидшити обробку вантажів. У Нідерландах функціонування цифрової платформи Portbase дозволило бізнесу щорічно заощаджувати 245 мільйонів євро та скоротити обсяг внутрішніх вантажних перевезень на 30 мільйонів кілометрів. Це не лише покращило логістичні показники, а й сприяло зниженню екологічного навантаження. У порту Дубая цифровізація сприяла уникненню понад 12,7 мільйона фізичних візитів логістичних операторів, скороченню використання

понад 42 мільйонів паперових документів та зменшенню викидів CO₂ на 1 700 тонн [8, 51].

Також, згідно з рейтингом Container Port Performance Index (CPII) Світового банку, порти з високим рівнем цифровізації та автоматизації стабільно займають вищі позиції, що демонструє прямий вплив цифрових технологій на їх ефективність і конкурентоспроможність [51].

3.2 Шляхи впровадження технологій ШІ в портову інфраструктуру України

Впровадження технологій штучного інтелекту (ШІ) в портову інфраструктуру України розглядається не лише як технічне нововведення, а як ключовий елемент загальної цифрової трансформації транспортно-логістичної галузі. Цей процес вимагає стратегічного підходу, що базується на системному осмисленні цілей, визначенні пріоритетних напрямів та побудові узгодженої моделі модернізації національних портів.

Одним із першочергових завдань у цьому контексті є розробка загальної моделі цифрової трансформації портів України. На сьогодні цифрові ініціативи у вітчизняному транспортному секторі залишаються фрагментарними й неохоплюючими, тому виникає нагальна потреба в уніфікованому підході до модернізації. Така модель має враховувати інфраструктурну неоднорідність українських портів, де деякі об'єкти вже мають базову автоматизацію, тоді як інші продовжують функціонувати переважно вручну. Крім того, важливо враховувати значні відмінності у вантажообігу та функціональній спеціалізації портів (наприклад, зернові, контейнерні, нафтоналивні термінали), а також загрозу воєнних ризиків, що вимагає гнучкості в управлінських та технологічних рішеннях.

Запропонована модель цифрової трансформації має ґрунтуватися на низці ключових принципів. По-перше, це принцип інтероперабельності, тобто забезпечення взаємодії інформаційних систем між різними портами, митними органами, прикордонною службою та іншими зацікавленими структурами. По-

друге, впровадження інновацій має здійснюватися поетапно, з урахуванням технічних можливостей та фінансової спроможності кожного конкретного порту. По-третє, модель повинна мати відкриту архітектуру, яка дозволить інтегрувати різні технологічні рішення, зокрема продукти українських та міжнародних ІТ-компаній.

Практична реалізація такої моделі передбачає її трирівневу структуру. Базовий рівень передбачає автоматизацію та цифровізацію основних операцій, зокрема документообігу, моніторингу руху вантажів та контролю доступу. Наступний, аналітичний рівень, пов'язаний із впровадженням алгоритмів штучного інтелекту, які забезпечать прогнозування вантажопотоків, оптимізацію логістичних процесів та підтримку прийняття управлінських рішень. Нарешті, інтеграційний рівень передбачає об'єднання усіх портових систем у національну цифрову екосистему логістики, що дозволить забезпечити прозорість, оперативність та ефективність у взаємодії.

У процесі розробки та реалізації зазначеної трирівневої моделі доцільним є використання SWOT-аналізу, який дозволяє всебічно оцінити внутрішній потенціал портової інфраструктури до цифрової трансформації. Такий аналіз дає змогу виявити наявні сильні сторони, які можуть бути активізовані під час впровадження ІІІ, а також слабкі місця. Крім того, SWOT-аналіз допомагає ідентифікувати зовнішні можливості (зокрема, міжнародні інвестиції чи технологічні тренди), а також потенційні загрози – політичні, економічні або безпекові.

Сильні сторони (Strengths)	Слабкі сторони (Weaknesses)
Високий потенціал цифровізації логістичних процесів	Низький рівень цифрової грамотності персоналу
Наявність стратегічно важливих портів з великим вантажообігом	Застаріла інфраструктура в багатьох портах
Підвищений інтерес міжнародних партнерів до інвестування	Нерозвинена нормативна база щодо ІІІ у транспортній сфері
Можливість швидкого ефекту від автоматизації	Обмежене фінансування та нестабільність бюджетів
Можливості (Opportunities)	Загрози (Threats)
Приєднання до європейських ініціатив «розумної логістики»	Воєнні дії, що шкодять інфраструктурі

Підтримка цифрових проєктів ЄС, МФО, USAID	Опір змінам з боку персоналу, профспілок
Експортування рішень на інші транспортні галузі	Високі ризики кібербезпеки
Можливість створити унікальні українські AI-рішення	Відсутність єдиного центру координації

Серед сильних сторін варто виділити наявність об'єктивних передумов для цифровізації: великі вантажопотоки, стратегічне значення портів для економіки, а також потенціал для швидкого отримання ефекту від автоматизації. Додатковою перевагою є зацікавленість міжнародних партнерів, що відкриває шлях до інвестицій та технологічного партнерства.

Слабкі сторони зосереджені переважно у внутрішній організації: недостатній рівень цифрової компетентності працівників, фізична зношеність інфраструктури та фрагментарність правового регулювання у сфері ШІ. Обмежене фінансування додає труднощів у реалізації інноваційних ініціатив без зовнішньої підтримки.

Можливості полягають у залученні до європейських програм цифрової трансформації, розширенні підтримки з боку міжнародних фінансових організацій, а також у створенні власних конкурентоспроможних AI-рішень, які можуть масштабуватися на інші галузі.

Серед загроз особливе місце займають воєнні дії, які створюють пряму небезпеку для інфраструктури, а також кіберризики, що зростають паралельно з цифровізацією. Небезпеку становить також опір змінам із боку персоналу, а відсутність єдиного органу координації може призвести до дублювання рішень і неефективності впровадження.

Разом з тим, для оцінки зовнішніх факторів, що безпосередньо впливають на формування політики впровадження штучного інтелекту в портовому секторі, доцільно застосовувати PESTEL-аналіз. Цей інструмент дозволяє розглядати вплив політичних, економічних, соціальних, технологічних, екологічних та правових чинників, які формують загальне середовище реалізації цифрових стратегій. Зокрема, політична ситуація в країні, державна підтримка цифровізації, наявність освітніх програм, екологічні стандарти та відповідність законодавства

міжнародним нормам – усе це має безпосередній вплив на темпи та ефективність цифрової трансформації портової інфраструктури.

Фактор	Характеристика / Вплив на впровадження ШІ
Р – Політичний	Військовий стан та нестабільність впливають на інвестиційну привабливість портів. Однак існує сильна політична воля до цифровізації економіки (діяльність Мінцифри, Стратегія розвитку ШІ в Україні до 2030 року). Підтримка з боку міжнародних партнерів (ЄС, НАТО, USAID).
Е – Економічний	Порти – критично важливі об’єкти для експорту/імпорту, особливо в аграрному секторі. Є потреба зменшення витрат і підвищення ефективності – ШІ дає можливість економити ресурси. Нестача інвестицій може обмежувати повноцінне впровадження технологій.
С – Соціальний	Опір змінам з боку працівників, низький рівень цифрової культури. Потреба в перекваліфікації персоналу та навчальних програмах. Висока зацікавленість молоді у сфері ІТ і стартапів – потенціал для розвитку українських рішень.
Т – Технологічний	Швидкий розвиток AI-технологій у світі: комп’ютерний зір, дрони, машинне навчання, хмарні сервіси. Доступність open-source та low-cost рішень для пілотних проектів. Відсутність національного AI-хабу для транспорту.
Е – Екологічний	Європейський «зелений курс» вимагає зниження викидів у логістиці – ШІ допомагає оптимізувати маршрути, економити паливо. Контроль забруднення в портах можливий за допомогою екологічних AI-моніторингів.
Л – Правовий	Недостатньо розвинене законодавство щодо впровадження ШІ в інфраструктурні об’єкти. Потреба у створенні нормативних актів щодо обробки даних, відповідальності, безпеки алгоритмів. Необхідність адаптації українського права до європейських стандартів (наприклад, EU AI Act).

PESTEL-аналіз демонструє, що впровадження штучного інтелекту в портову інфраструктуру України відбувається в умовах складного, але потенційно сприятливого зовнішнього середовища. Політична воля до цифровізації та

підтримка з боку міжнародних партнерів створюють позитивний імпульс для змін, хоча воєнна нестабільність залишається суттєвим ризиком. Економічні фактори підкреслюють критичну важливість портів для країни та водночас вказують на обмеження у фінансуванні інновацій.

Соціальний аспект акцентує на необхідності навчання персоналу та подоланні опору змінам, тоді як технологічний прогрес і доступність сучасних рішень надають широкі можливості для їх поетапного впровадження. Екологічні вимоги та європейські стандарти стимулюють розвиток «зелених» AI-рішень у логістиці. Водночас слабкість правової бази вимагає її термінової модернізації для забезпечення безпечного та ефективного використання ІІІ в інфраструктурному секторі.

Для досягнення максимальної ефективності впровадження технологій штучного інтелекту в портову інфраструктуру України доцільно виокремити ті сфери, у яких застосування ІІІ забезпечить найвищий економічний та операційний ефект. Аналіз існуючих технологічних можливостей та специфіки роботи морських портів дозволяє визначити три ключові напрями: логістику та управління вантажопотоками, системи безпеки, а також цифровізацію документообігу.

Однією з основних сфер застосування ІІІ є логістика та управління вантажопотоками. Алгоритми штучного інтелекту можуть використовуватись для прогнозування прибуття суден, динамічного розподілу місць швартування, оптимізації черг на вантажно-розвантажувальні операції, а також для координації внутрішнього транспорту в межах порту та між його зонами. Завдяки автоматизованому аналізу реального часу й великого масиву даних, системи на базі ІІІ здатні передбачати пікові навантаження і відповідно розраховувати потребу в техніці (крани, навантажувачі), персоналі, часі простою тощо. За оцінками профільних досліджень, зменшення простою суден лише на 10% дозволяє порту щодня економити тисячі доларів, а впровадження інтелектуальної маршрутизації внутрішніх логістичних [52]

Цифровий двійник порту (досвід порту Роттердам, Нідерланди). У порту Роттердам реалізовано проєкт створення цифрового двійника порту – віртуальної

моделі, що відображає фізичну інфраструктуру й операції в реальному часі. Цей інструмент дозволяє моделювати вантажопотоки, прогнозувати затори, виявляти ризики логістичних збоїв та приймати проактивні рішення щодо управління портовими процесами.

Очікувані результати для українських портів:

- покращення точності логістичного планування;
- скорочення часу обробки суден і вантажів;
- зниження кількості затримок та операційних збоїв.

Масове впровадження IoT та сенсорних мереж (досвід порту Сінгапур). Сінгапурський порт є прикладом ефективного використання Інтернету речей (IoT) і сенсорних технологій для моніторингу температурних режимів, вологості, переміщення вантажів, технічного стану обладнання та екологічних параметрів. Дані з сенсорів інтегруються в єдину систему керування, що дозволяє оперативно реагувати на зміни в реальному часі.

Очікувані результати для українських портів:

- підвищення точності контролю за вантажами;
- зменшення втрат, пошкоджень та збоїв у логістиці;
- посилення оперативного управління ресурсами.

Автоматизація та автономний транспорт (досвід портів Яньтянь, Китай та Гамбург, Німеччина). Застосування автономних транспортних засобів (AGV), роботизованих кранів і систем штучного інтелекту для планування руху вантажів дозволило провідним портам досягти високого рівня ефективності та безпеки. Наприклад, у порту Яньтянь реалізовано повністю автоматизовану систему контейнерного перевантаження з використанням автономних тягачів.

Очікувані результати для українських портів:

- зменшення витрат на персонал;
- підвищення швидкості та безпеки вантажних операцій;
- зниження людського чинника в логістичних процесах.

Інтелектуальне технічне обслуговування (predictive maintenance) (досвід порту Гамбург, Німеччина). Використання алгоритмів машинного навчання для

аналізу технічного стану обладнання дозволяє прогнозувати можливі відмови ще до їх настання. У Гамбурзі це дозволило значно скоротити аварійність та витрати на термінові ремонти.

Очікувані результати для українських портів:

- запобігання незапланованим простоям;
- оптимізація графіків технічного обслуговування;
- зниження загальних експлуатаційних витрат.

Екологічна трансформація через ІІІ (досвід портів Лонг-Біч, США та Гетеборг, Швеція). ІІІ-технології дедалі активніше використовуються для зменшення впливу портової діяльності на довкілля. Йдеться про управління енерговитратами, моніторинг викидів парникових газів, використання електротранспорту та оптимізацію "зелених" маршрутів.

Очікувані результати для українських портів:

- зниження викидів CO₂ та інших забруднювачів;
- економія енерговитрат;
- покращення екологічного іміджу портів відповідно до стандартів ЄС.

Наступним критично важливим напрямом є використання ІІІ у системах безпеки та відеоаналітики. З огляду на посилення воєнних ризиків, зокрема у припортових територіях південних регіонів України, актуальним є застосування інтелектуальних систем комп'ютерного зору, здатних розпізнавати обличчя, номерні знаки, об'єкти та аномальні ситуації. Такі системи можуть автоматично реагувати на порушення, виявляти спроби вторгнення на охоронювані об'єкти, фіксувати надзвичайні події (наприклад, пожежу чи аварію), а також забезпечувати контроль за дотриманням техніки безпеки персоналом. В умовах гібридної війни та терористичної загрози функціонування таких систем є не розкішшю, а критичною умовою захисту інфраструктури та життя працівників.

Кібербезпека та цифрова стійкість (досвід порту Роттердам, Нідерланди). У порту Роттердам створено спеціалізований Центр кібербезпеки, що координує захист ІТ-інфраструктури порту. Центр використовує алгоритми машинного навчання для виявлення аномальної активності, аналізу вразливостей, управління

інцидентами безпеки та реагування на нові загрози в режимі реального часу. Комплексна система захищає як адміністративні, так і операційні цифрові платформи.

Очікувані результати для українських портів:

- підвищення рівня цифрової стійкості та захищеності;
- оперативне реагування на кіберзагрози;
- мінімізація ризиків втрати даних або зупинки критичних операцій.

Відеоаналітика та контроль доступу (досвід портів Азіатсько-Тихоокеанського регіону). У провідних портах Сінгапуру, Південної Кореї та Японії активно застосовуються системи відеоспостереження з елементами штучного інтелекту. Такі системи здатні автоматично виявляти вторгнення, залишені предмети, порушення периметру, підозрілу поведінку персоналу або відвідувачів. Відеоаналітика також інтегрується з біометричними системами контролю доступу для запобігання несанкціонованому проникненню.

Очікувані результати для українських портів:

- підвищення рівня фізичної безпеки;
- скорочення кількості порушень режиму доступу;
- ефективний моніторинг усієї території порту в реальному часі з автоматичними сповіщеннями про інциденти.

Третім пріоритетним напрямом є цифровізація документообігу, де технології ІІІ можуть значно спростити та прискорити обробку митної, супровідної та вантажної документації. Інтелектуальні системи здатні автоматично генерувати, перевіряти та передавати документи між портом, митницею, судновими агентами та іншими суб'єктами логістичного ланцюга. Завдяки інтеграції таких систем із базами даних Державної податкової служби, Державної митної служби України, а також із внутрішніми обліковими системами, вдається зменшити кількість людських помилок, мінімізувати дублювання інформації та забезпечити швидку верифікацію транзакцій. За оцінками експертів, сьогодні до 35% часу працівників втрачається через ручну обробку документів; натомість автоматизація документообігу з використанням ІІІ може скоротити цей показник на 50–70% [52].

Повна цифровізація логістичних документів (досвід порту Антверпен, Бельгія). Порт Антверпен активно впровадив цифрові платформи для обміну логістичними, митними та адміністративними документами між усіма учасниками ланцюга поставок. Електронний документообіг включає автоматичне генерування та перевірку накладних, дозволів, рахунків-фактур і контейнерних декларацій, з інтеграцією в митну систему.

Очікувані результати для українських портів:

- скорочення часу обробки документів та зменшення затримок вантажів;
- зниження рівня помилок та дублювання інформації;
- зменшення адміністративного навантаження на персонал.

Застосування блокчейн-технологій для документообігу (досвід порту Гамбург, Німеччина). У порту Гамбург впроваджено блокчейн-рішення для управління логістичними транзакціями. Система забезпечує безпечний обмін цифровими документами з повним ланцюгом перевірок і збереженням історії змін. Завдяки децентралізованій структурі гарантується неможливість фальсифікацій або несанкціонованого доступу.

Очікувані результати для українських портів:

- підвищення прозорості операцій;
- посилення довіри між сторонами контрактів (перевізниками, агентами, митницею);
- зменшення кількості паперових транзакцій та ризиків шахрайства.

Інтеграція цифрових платформ з системами ІІІ (досвід порту Сінгапур). У порту Сінгапур документообіг повністю інтегрований із системами ІІІ, які автоматично розпізнають, класифікують та маршрутизують вхідні документи, а також відстежують виконання процедур у реальному часі. Це дає змогу зменшити час оформлення вантажу та прискорити взаємодію між усіма суб'єктами логістичного ланцюга.

Очікувані результати для українських портів:

- автоматизація обробки документів;

- покращення зв'язку між портовими операторами, клієнтами та контролюючими органами;
- зменшення витрат на адміністративні процеси.

Успішне впровадження технологій штучного інтелекту в портову інфраструктуру України вимагає чіткого етапного підходу, який дозволяє мінімізувати фінансові та технологічні ризики, протестувати інноваційні рішення на обмежених ділянках, підготувати персонал до змін та адаптувати правове середовище до нових реалій. Такий підхід передбачає розподіл впровадження ШІ на три умовні фази: коротко-, середньо- та довгострокову, кожна з яких має свої стратегічні та практичні завдання.

На короткостроковому етапі, тривалістю 1–2 роки, основна увага має бути зосереджена на впровадженні пілотних проєктів у найпотужніших морських портах України, зокрема в Одеському, Чорноморському або Південному. Першочерговими кроками цього періоду є автоматизація ключових процедур документообігу, зокрема впровадження електронного логістичного паспорту, який містить усю необхідну інформацію про вантаж, його переміщення, митний статус тощо. Також доцільним є встановлення систем відеоаналітики на базі штучного інтелекту, які можуть забезпечити контроль доступу, моніторинг територій та оперативне виявлення загроз. Водночас необхідно розпочати системну підготовку персоналу, зокрема шляхом короткотермінових курсів і навчальних програм, орієнтованих на формування базових цифрових компетентностей серед працівників портової галузі.

Середньострокові цілі, які реалізуються протягом 3–5 років, передбачають розширення успішних пілотних рішень на інші морські порти країни. На цьому етапі ключовим завданням є створення інтегрованої національної платформи штучного інтелекту, що забезпечуватиме координацію даних між портами, митними органами, прикордонною службою та іншими зацікавленими структурами. Також передбачається впровадження систем інтелектуальної логістики на основі машинного навчання, які дозволять оптимізувати вантажні потоки, передбачати вузькі місця в логістичному ланцюгу та автоматично

адаптувати операційні сценарії. Важливим напрямом стане перехід до предиктивного обслуговування інфраструктури – використання сенсорних систем та ШІ для прогнозування технічних несправностей та планування техобслуговування без зупинок.

У довгостроковій перспективі (5 років і більше) стратегічною метою є повна цифрова інтеграція українських портів у загальноєвропейську логістичну систему. Це передбачає використання так званих «цифрових двійників» портів – віртуальних копій реальних об'єктів, які дозволяють в режимі реального часу відстежувати та прогнозувати їхню роботу, а також проводити моделювання різних сценаріїв розвитку. Водночас важливо забезпечити адаптацію портової інфраструктури до глобальних стандартів «розумного порту» (smart port), що охоплює повну автоматизацію процесів, високий рівень взаємодії з навколишнім середовищем, енергоефективність та безпеку.

3.3 Очікувані економічні результати впровадження ШІ в портову інфраструктуру України

У сучасних умовах глобалізації, цифровізації та постійного зростання обсягів міжнародної торгівлі, морські порти виступають критично важливими інфраструктурними вузлами, що забезпечують логістичну безперервність. Українські морські порти, зокрема Одеський порт, потребують впровадження інноваційних технологічних рішень, які дозволять не лише підтримати ефективність, а й значно підвищити конкурентоспроможність на міжнародному рівні.

У цьому контексті пілотний проєкт виступає як обмежена за масштабом ініціатива, яка дозволяє протестувати нову технологію чи управлінське рішення у реальних умовах. Такий формат дає змогу мінімізувати ризики, провести аналіз ефективності запропонованої моделі, а також виявити слабкі сторони до її масштабного впровадження.

Назва проєкту:

«Інтелектуальна система прогнозування прибуття суден та оптимізації швартування»

Мета проєкту: пілотний проєкт спрямовано на вирішення однієї з найгостріших проблем морських портів – неефективне управління процесами швартування та обробки суден, що призводить до значного простоювання, фінансових втрат і накопичення заторів у порту. Зокрема, мета ініціативи полягає у:

- Зменшенні простою суден шляхом точного прогнозування їхнього часу прибуття (ETA – Estimated Time of Arrival). Це дозволяє заздалегідь готувати причали, технічні служби та персонал до обслуговування, уникнувши затримок.
- Оптимізації черг на швартування та вантажно-розвантажувальні операції через впровадження автоматизованого планування розкладу постановки суден до причалів та управління портовими ресурсами.
- Скороченні витрат, пов'язаних із людським фактором, включаючи помилки диспетчерів, дублювання функцій, нераціональне використання часу роботи техніки та персоналу, шляхом використання сучасних цифрових рішень.

Технологічна основа пілотного проєкту: реалізація проєкту базується на застосуванні передових технологій штучного інтелекту, зокрема машинного навчання (ML) та комп'ютерного зору (CV), а також на глибокій інтеграції з існуючими цифровими інфраструктурами порту. Ключові компоненти включають:

1. Машинне навчання для прогнозування ETA

Алгоритми машинного навчання будуть тренуватися на великому масиві історичних даних про прибуття суден: включаючи GPS-треки, погодні умови, навантаження суден, тип вантажу, стан портової інфраструктури, а також середній час обробки аналогічних суден у минулому. Метою є побудова прогностичної моделі, яка дозволяє з високою точністю визначати ETA – фактичний час прибуття судна до входу в порт, що забезпечить оперативне планування логістичних ресурсів.

2. Комп'ютерний зір для моніторингу в режимі реального часу

Інтеграція систем комп'ютерного зору на базі камер спостереження (високої чіткості) дозволить:

- автоматично ідентифікувати прибуття судна до причалу;
- контролювати процес швартування, завантаження та розвантаження;
- визначати простой та нештатні ситуації (затримки, неправильне розміщення вантажів тощо).

Це забезпечить повну візуалізацію операцій порту та дозволить диспетчерам і системам штучного інтелекту реагувати на зміни в реальному часі.

3. Інтеграція з існуючими інформаційними системами порту

Для реалізації пілотного проєкту «Інтелектуальна система прогнозування прибуття суден та оптимізації швартування» необхідною умовою є ефективна інтеграція з діючими цифровими платформами, що функціонують у морському порту Одеса. Така інтеграція дозволить забезпечити оперативний обмін даними, автоматизацію процесів планування, мінімізацію дублювання та зниження впливу людського фактору.

У рамках проєкту передбачається синхронізація з трьома ключовими інформаційними системами:

1. Port Community System (PCS)

PCS – це цифрова платформа для координації дій усіх учасників портової логістики: адміністрації, агентів, перевізників, митниці, терміналів, прикордонників тощо. Впровадження PCS в Україні активно просувається в межах проєкту e-PORT, що реалізується Адміністрацією морських портів України (АМПУ) спільно з Міністерством інфраструктури та Європейським інвестиційним банком (EIB) відповідно до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року.

PCS у порту Одеса забезпечує:

- подачу заявок на швартування в електронному форматі;
- координацію між митними та прикордонними службами;
- обмін статусами суден, вантажів і техніки.

Згідно з офіційною інформацією АМПУ, система PCS є ключовим компонентом цифрової трансформації українських портів, що відповідає міжнародним рекомендаціям Європейської організації морських портів (ESPO) та вимогам ЄС щодо прозорості та швидкості обробки вантажів.

2. Terminal Operating System (TOS)

TOS – це програмна система для управління всіма внутрішніми процесами портового терміналу: планування прибуття суден, операцій із кранами та перевезення контейнерів, оптимізації складських площ тощо. У порту Одеса використовується TOS-система Navis N4, що обслуговує, зокрема, DP World TIS Container Terminal, один із найбільших контейнерних терміналів України.

Ця система дозволяє:

- керувати ресурсами терміналу в реальному часі;
- координувати логістику вантажів між різними видами транспорту;
- зменшити час перебування суден біля причалу.

Інтеграція з TOS дає змогу нашій системі на основі ІІІ адаптувати розклади швартування та вантажних операцій до фактичного завантаження терміналів, що прямо впливає на зниження витрат і простоїв. За даними сайту DP World Ukraine, компанія вже реалізує автоматизовані рішення класу TOS, що дозволяє інтегрувати нові цифрові модулі без необхідності створення інфраструктури з нуля.

3. Automatic Identification System (AIS)

AIS (автоматична система ідентифікації суден) є міжнародним стандартом, визначеним Конвенцією SOLAS, Глава V, Правило 19, ухваленою Міжнародною морською організацією (IMO). AIS транслює в реальному часі дані про:

- геолокацію судна;
- швидкість і курс;
- пункт призначення;
- ідентифікаційні характеристики.

Ці дані є ключовим джерелом інформації для машинного навчання – на їх основі система зможе прогнозувати ETA (estimated time of arrival) з високою точністю.

В Україні AIS-дані активно використовуються для моніторингу суден на підходах до портів. Доступ до цих даних здійснюється через:

- платформи з відкритим доступом, зокрема MarineTraffic та FleetMon;
- технічні комплекси ДП «АМПУ», які використовують AIS-дані для диспетчеризації (див. офіційний сайт АМПУ).

Це дозволяє забезпечити безперервний обмін даними між усіма залученими структурами – від портових служб і митниці до агентів і судновласників. Такий підхід сприяє уніфікації даних, автоматизації прийняття рішень і зменшенню часу на оформлення процедур.

Обґрунтування актуальності:

1. Національний рівень:

Відповідно до Стратегії розвитку морських портів України на період до 2038 року, затвердженої розпорядженням КМУ від 11 липня 2013 р. № 548-р (у редакції від 23 грудня 2020 р. № 1634-р), одним із пріоритетів є:

- цифровізація портової інфраструктури;
- запровадження автоматизованих та інтелектуальних систем управління;
- інтеграція українських портів у глобальні логістичні мережі через сучасні цифрові рішення.

2. Локальний рівень:

Звід звичаїв морського порту Одеса визначає низку ручних процедур і залежність від людського фактора, зокрема:

- подання заявок на постановку до причалу;
- черговість обслуговування суден;
- умови перешвартування та звільнення причалу.

Наявність такої регламентованої, але неавтоматизованої процедури вказує на потребу в оптимізації через інтелектуальне планування, яке дозволить значно скоротити час очікування, підвищити прозорість черговості та зменшити кількість людських помилок.

Для проведення розрахунків ефективності впровадження штучного інтелекту в інфраструктуру Одеського морського порту було використано актуальні офіційні

показники його фінансово-господарської діяльності за 2024 рік. Ці дані є основою для моделювання економічного ефекту від реалізації інноваційного проєкту.

Зокрема, було враховано:

Показник	Значення	Джерело
Вантажообіг Одеського морського порту	18,3 млн тонн	GMK Center
Чистий прибуток підприємства	140,73 млн ₴	Opendatabot
Доходи підприємства	381,78 млн ₴	Opendatabot
Загальні активи (на кінець року)	2,80 млрд ₴	Opendatabot
Бухгалтерський прибуток за I півріччя	36 млн ₴	Офіційний сайт ДП «ОМТП»
Інфляція (річна)	3,5 %	Державна служба статистики України (індекс споживчих цін за 2024 рік)
Податкове навантаження	18 % (податок на прибуток) + 5 % (військовий збір)	Податковий кодекс України
Ставка дисконту	11 %	Міністерство фінансів України / середній IRR для держінфраструктурних проєктів
Термін розрахунку	5 років	Типове фінансове планування для інфраструктурних проєктів у портовій сфері
Модель інвестування	Одноразова (капітальні витрати)	Уся сума інвестується на початку реалізації проєкту

Також для оцінки витрат на реалізацію ІІІ-рішення було прийнято середній інвестиційний бюджет у розмірі 658 млн грн, розрахований як середнє арифметичне між наявним планом модернізації (487 млн грн) та оновленими оцінками необхідних витрат (829 млн грн). Такий підхід дозволяє уникнути як надмірного оптимізму, так і заниження реальних потреб проєкту.

Зазначені дані стали базою для побудови фінансової моделі, що включає розрахунок ROI, NPV, терміну окупності та оцінки потенційної економії або додаткового прибутку від упровадження штучного інтелекту.

Запровадження інтелектуальних технологій у портовій галузі передбачає не лише технологічну модернізацію, але й інвестиційну доцільність. З метою обґрунтування ефективності проєкту впровадження ІІІ в Одеському морському порту було здійснено розрахунок ключових фінансово-економічних показників на базі наявних статистичних та аналітичних даних.

Вихідні припущення:

У моделі враховано такі значення:

- Річні поточні витрати на обслуговування, підтримку та оновлення ІІІ-систем – 5 млн грн.
- Інвестиції в проєкт (капітальні витрати на впровадження ІІІ) – 50 млн грн (одноразово).
- Податкове навантаження: 18% податку на прибуток + 5% військового збору = 23%.
- Резервне відрахування з чистого прибутку на технічні потреби – 10%, тобто до розрахунку включено 90% прибутку як доступного.
- Ставка дисконту – 11% (згідно з середнім IRR для держінфраструктурних проєктів).
- Інфляція – 3,5% річних (для переведення грошових потоків у реальні ціни).
- Термін оцінки – 5 років (типовий горизонт для інфраструктурних інвестпроєктів).
- Етапи розрахунку:

Пілотне впровадження штучного інтелекту (ІІІ) в Одеському порту передбачає комплексну цифрову трансформацію виробничо-логістичних процесів, яка включає модернізацію інфраструктури, впровадження нового програмного забезпечення та навчання персоналу. Для розрахунку економічної доцільності інвестицій було проведено експертне оцінювання основних статей витрат, що формують капітальні інвестиції (CAPEX).

Стаття витрат	Орієнтовна сума, млн ₴
Цифровізація вантажопотоків (сканери, датчики, системи обліку)	35
Модернізація логістики (оптимізація роботи кранів, диспетчеризація, IoT)	50
Серверне/програмне забезпечення (AI-модулі, платформи, інтеграція)	25
Навчання персоналу (тренінги з роботи з новими ІТ-системами)	10
Усього капітальні витрати (CAPEX)	120 млн ₴

Ці суми враховують ринкові ціни на відповідне обладнання, типові витрати на впровадження інформаційних систем у державному секторі та заробітну плату кваліфікованих тренерів.

Дохід: Очікується приріст доходу на 5% у перший рік завдяки підвищенню ефективності вантажопереробки внаслідок впровадження ІІІ. У наступні роки приріст стабілізується на рівні 3,5% щорічно через поступове вичерпання ефекту новизни.

Витрати: Незважаючи на зниження частини змінних витрат, загальні витрати зростають на 3,5% щороку через розширення обсягів роботи та потребу в обслуговуванні нових технологій. Цей приріст враховує також підвищене навантаження на інфраструктуру.

$$R_1 = R_{\text{баз}} \times (1+r), r = 0,05 \quad (3.3.1)$$

Очікується, що в перший рік після впровадження ІІІ ефективність вантажопотоку зросте на 5%, що напряду збільшить дохід підприємства.

$$R_n = R_{n-1} \times (1+g), g = 0,035 \quad (3.3.2)$$

Накопичений ефект ІІІ-систем дозволить щорічно нарощувати доходи на 3,5% внаслідок глибшої оптимізації та вдосконалення процесів.

$$C_{\text{баз}} = R_{\text{баз}} - Pr_{\text{баз}} \quad (3.3.3)$$

$$C_{\text{баз}} = 381,78 - 140,73 = 241,05 \text{ млн } \text{€}$$

$$C_1 = C_{\text{баз}} \times (1-s) \quad (3.3.4)$$

Економія на етапі впровадження ІІІ виникає завдяки усуненню дублюючих процесів, підвищенню точності планування та скороченню простоїв техніки.

$$C_n = C_{n-1} \times 1,035 \quad (3.3.5)$$

Хоча технології ІІІ скорочують витрати, з часом збільшення обсягів вантажопотоку потребує більше ресурсів. Тому витрати щорічно зростають на 3,5%.

$$Pr^{\text{баланс}} = R - C \quad (3.3.6)$$

Цей показник відображає прибуток до оподаткування, який підприємство отримує після покриття всіх операційних витрат.

$$\text{Податок} = 0,23 \times Pr^{\text{баланс}} \quad (3.3.7)$$

Ставка податку на прибуток в Україні становить 23% (18% + 5% військовий збір). Відповідно, ця величина вираховується із балансового прибутку.

$$Pr^{чис} = Pr^{баланс} - \text{Податок} \quad (3.3.8)$$

Чистий прибуток – це фінансовий результат, який залишається у розпорядженні підприємства після сплати податків.

Рік	Формула доходів	Доходи (млн ₴)	Формула витрат	Витрати (млн ₴)	Балансовий прибуток (млн ₴)	Податок 23% (млн ₴)	Чистий прибуток (млн ₴)
1	381,78 × 1,05 = 400,87	400,87	241,05 × 0,96 = 231,30	231,30	400,87 – 231,30 = 169,57	169,57 × 0,23 = 38,00	169,57 – 38,00 = 131,57
2	400,87 × 1,035 = 414,89	414,89	231,30 × 1,035 = 239,40	239,40	414,89 – 239,40 = 175,49	175,49 × 0,23 = 40,36	175,49 – 40,36 = 135,13
3	414,89 × 1,035 = 429,41	429,41	239,40 × 1,035 = 247,77	247,77	429,41 – 247,77 = 181,64	181,64 × 0,23 = 41,78	181,64 – 41,78 = 139,86
4	429,41 × 1,035 = 444,45	444,45	247,77 × 1,035 = 256,44	256,44	444,45 – 256,44 = 187,99	187,99 × 0,23 = 43,24	187,99 – 43,24 = 144,75
5	444,45 × 1,035 = 460,01	460,01	256,44 × 1,035 = 265,44	265,44	460,01 – 265,44 = 194,57	194,57 × 0,23 = 44,75	194,57 – 44,75 = 149,82

Для аналізу економічної доцільності впровадження штучного інтелекту (ШІ) у портову інфраструктуру використано метод дисконтованих грошових потоків. Цей метод враховує зміну вартості грошей у часі через застосування коефіцієнта дисконтування.

Формула для приведення майбутнього грошового потоку до теперішньої вартості:

$$\alpha_t = 1 / (1+r)^t \quad (3.3.8)$$

де:

$r = 0,11$ – ставка дисконту (враховує вартість капіталу, ризики та альтернативну вартість інвестицій);

α_t – коефіцієнт дисконтування на рік t .

Дисконтований грошовий потік у кожному періоді обчислюється за формулою:

$$D_t = CF_t \cdot \alpha t \quad (3.3.9)$$

де:

D_t – дисконтований грошовий потік у період t ;

CF_t – грошовий потік у період t .

Рік	Грошовий потік (млн ₴)	Коеф. дисконту αt	Дисконтований потік (млн ₴)
1	118,41	$1(1,11)^1=0,9009$	$118,41 \times 0,9009=106,65$
2	121,62	$1(1,11)^2=0,8116$	$121,62 \times 0,8116=98,80$
3	125,87	$1(1,11)^3=0,7312$	$125,87 \times 0,7312=92,01$
4	130,28	$1(1,11)^4=0,6587$	$130,28 \times 0,6587=85,82$
5	134,84	$1(1,11)^5=0,5935$	$134,84 \times 0,5935=80,02$

Для визначення загальної доцільності інвестицій у проєкт застосовується формула чистої теперішньої вартості:

$$NPV = \sum DCF_t - CAPEX \quad (3.3.10)$$

де DCF_t – дисконтовані грошові потоки за рік t ;

$$\sum DCF = 106,65 + 98,80 + 92,01 + 85,82 + 80,02 = 463,30 \text{ млн } \text{₴}$$

$$NPV = 463,30 - 120 = 343,3 \text{ млн } \text{₴}$$

Висновок: показник NPV є позитивним, що свідчить про економічну доцільність проєкту. Інвестиції в III окупляться.

Для доповнення аналізу оцінюються ключові фінансово-економічні показники ефективності, розраховані на основі першого прогностного року.

Показник	Формула	Розрахунок	Значення
Рентабельність перевезень	Чистий прибуток/Доходи $\times 100\%$ (3.3.11)	$131,57/400,87 \times 100\%$	$\approx 32,8\%$
Капіталомісткість	Активи/Доходи (3.3.12)	$2800/400,87$	$\approx 6,99$
Капіталовіддача	Доходи/Активи (3.3.13)	$400,87/2800$	$\approx 0,143$
Рентабельність капіталу	Чистий прибуток/Активи (3.3.14)	$131,57/2800$	$\approx 4,7$

$$A = CAPEX \times a \quad (3.3.15)$$

де:

A – річна сума амортизації, млн ₴;

$a = 7,5\%$ – середньорічна норма амортизації (типова для високотехнологічного обладнання).

$$A = 120 \times 0,075 = 9 \text{ млн } \text{€}$$

Таким чином, підприємство щороку списуватиме 9 млн € вартості обладнання через амортизацію.

Щоб оцінити, скільки коштів накопичиться внаслідок амортизації з урахуванням їх капіталізації, розраховується сума накопиченого фонду.

$$F = A \times \frac{(1+r)^n - 1}{r} \quad (3.3.16)$$

де:

F – фонд накопичення, млн €;

$r = 0,11$ – ставка капіталізації (дорівнює ставці дисконту);

$$F = 9 \times (1+0,11)^5 - 10,11 = 9 \times 6,227 = 33,17 \text{ млн } \text{€}$$

Висновок: після п'яти років експлуатації підприємство накопичить фонд розміром 33,17 млн €, що дозволить забезпечити часткове оновлення або модернізацію активів без залучення додаткових інвестицій.

Під час довгострокового планування слід враховувати вплив інфляції, який може змінювати реальну вартість доходів, витрат та активів. Для оцінки цього впливу розраховується індекс інфляції.

$$IN = 1 + i \quad (3.3.17)$$

де:

– IN – інфляційний індекс;

– $i = 0,035$ – середній річний рівень інфляції (3,5%).

$$IN = 1 + 0,035 = 1,035$$

Рік	Чистий прибуток (номінальний), млн €	Індекс $(1.035)^t$	Реальний потік (млн €)
1	131,57	1.035	$131,57/1.035 \approx 127.16$
2	135,13	1.071	$135,13/1.071 \approx 126.09$
3	139,86	1.108	$139,86/1.108 \approx 126.22$
4	144,75	1.147	$144,75/1.147 \approx 126.15$

5	149,82	1.187	149,82/1.187≈126.21
---	--------	-------	---------------------

Впровадження ШІ в Одеському порту є фінансово доцільним, оскільки проєкт демонструє позитивне NPV у 343,3 млн грн та окупність менш ніж за два роки. Рівень рентабельності підтверджує ефективність інвестицій, а стабільні грошові потоки свідчать про довгострокову вигоду.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Основні визначення і завдання охорони праці. Заходи, що спрямовані на збереження життя, здоров'я та працездатності людини в процесі трудової діяльності.

Верховною Радою України прийнятий Закон України \"Про охорону праці\" (в редакції Закону № 229-IV від 21.11.2002. - ВВР. -2003. - № 2. - ст. 10). Цей Закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їхнього життя та здоров'я в процесі трудової діяльності, на належні, безпечні та здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної

влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Згідно зі ст. 1 визначені поняття та терміни[53].

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності людини в процесі трудової діяльності.

Роботодавець – власник підприємства, установи, організації або уповноважений ним орган, незалежно від форм власності, виду діяльності, господарювання, і фізична особа, яка використовує найману працю.

Працівник – особа, яка працює на підприємстві, в організації, установі та виконує обов'язки або функції згідно з трудовим договором (контрактом). Дія цього Закону поширюється на всіх юридичних і фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, та на всіх працюючих.

Охорона праці містить три основних складових частини: правові норми трудового законодавства, виробничу санітарію, гігієну та техніку безпеки, а також протипожежний захист і електробезпеку.

Мета охорони праці – забезпечення безпечних, нешкідливих і сприятливих умов праці через вирішення багатьох складних завдань, основними з яких є:

- проектування підприємств, технологічних процесів і конструювання обладнання з обов'язковим виконанням вимог охорони праці;
- знаходження оптимальних співвідношень між різними факторами виробничого середовища, що дозволяє забезпечити мінімум несприятливого впливу їх на здоров'я працівників;
- встановлення, законодавче оформлення визначених норм кожного з несприятливих або небезпечних факторів, систематичний контроль за їх застосуванням;

- розробка конкретних заходів щодо покращення умов праці та забезпечення її безпеки на основі застосування у виробництві новітніх досягнень науки і техніки;
- застосування раціональних засобів захисту працівників від впливу несприятливих факторів виробничого середовища, а також втілення організаційних заходів, які нейтралізують або послаблюють ступінь їх впливу на організм людини;
- розробка та застосування методів і засобів оцінки ефективності заходів з охорони праці, що плануються і здійснюються.

Система охорони праці в Україні ґрунтується на чинній нормативно-правовій базі, яка встановлює чіткі вимоги до організації безпечних умов праці та відповідальність роботодавців за їх дотримання. Основоположним документом у цій сфері є Закон України «Про охорону праці», що визначає основні принципи державної політики у сфері охорони праці, зокрема обов'язки роботодавців щодо створення здорових і безпечних умов для всіх працівників, проведення інструктажів, медичних оглядів, забезпечення засобами захисту та профілактики професійних захворювань.

Поряд із цим, положення Кодексу законів про працю України (КЗпП) регламентують трудові відносини між працівником і роботодавцем, зокрема гарантії права на безпечну працю, порядок зупинення роботи в разі загрози життю чи здоров'ю, а також передбачають колективну та індивідуальну відповідальність за порушення вимог охорони праці[54].

Доповненням до загальнодержавних актів є галузеві інструкції, нормативи й положення, які враховують специфіку окремих видів діяльності (будівництво, медицина, хімічна промисловість, освіта тощо). Ці документи деталізують правила безпеки на кожному конкретному робочому місці, адаптуючи їх до умов виробництва, використовуваного обладнання та рівня ризиків.

Комплекс заходів із охорони праці відіграє ключову роль у формуванні безпечного виробничого середовища, де кожен працівник має змогу виконувати свої функції без загрози для здоров'я та життя. Ці заходи умовно поділяються на

кілька основних типів, кожен із яких виконує свою функцію у загальній системі безпеки праці.

Одним із базових напрямів є організаційні заходи, які забезпечують чітку регламентацію, планування та контроль охоронної діяльності на підприємстві. До них належить проведення різних видів інструктажів з охорони праці: вступного (при прийомі на роботу), первинного (безпосередньо на робочому місці), повторного (через визначені періоди), а також позапланового та цільового. Організаційна складова також передбачає розробку та впровадження інструкцій за професіями та видами робіт, які відповідають чинному законодавству, а також проведення щорічного Тижня охорони праці, спрямованого на підвищення поінформованості працівників. Важливим елементом є ведення обов'язкової документації: журналів обліку інструктажів, актів перевірок та планів профілактичних заходів[55].

Наступним видом є технічні заходи, які ґрунтуються на впровадженні інженерних рішень і новітніх технологій для зниження рівня професійного ризику. До таких заходів належить модернізація виробничого обладнання та заміна застарілих механізмів на безпечніші аналоги. Крім того, доцільним є встановлення спеціальних засобів інженерного захисту, як-от екрани, вентиляційні витяжки, шумопоглинальні панелі. У деяких випадках ефективним є повний перехід на автоматизоване або дистанційне керування небезпечними процесами, що мінімізує безпосередню участь працівника в зонах підвищеного ризику.

Особливу роль відіграють санітарно-гігієнічні заходи, які спрямовані на підтримання належних умов праці відповідно до гігієнічних стандартів. Йдеться насамперед про забезпечення ефективної вентиляції, достатнього природного й штучного освітлення, оптимального температурного режиму на робочому місці. Також важливим є створення зручної санітарно-побутової інфраструктури: облаштування душових, роздягалень, їдалень. Працівники, особливо ті, що мають справу з шкідливими або небезпечними умовами праці, повинні регулярно проходити медичні огляди – як попередні, так і періодичні.

Засоби захисту – це матеріальні елементи системи охорони праці, які безпосередньо спрямовані на запобігання травмам, професійним захворюванням та іншим ризикам у виробничому середовищі. Їх застосування є обов’язковим на всіх підприємствах, де працівники можуть зазнавати впливу небезпечних чи шкідливих факторів.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) охоплюють весь спектр спеціального екіпірування, яке надається конкретному працівнику. До них належать: спецодяг (захисні халати, комбінезони, куртки), захисне взуття, рукавиці, каски, респіратори, протигази, захисні окуляри, навушники, щитки та інші пристрої, які захищають органи дихання, зору, слуху, шкіру та опорно-руховий апарат. Вибір ЗІЗ здійснюється відповідно до характеру небезпеки та стандартів, передбачених чинними нормативно-правовими актами.

Засоби колективного захисту мають на меті забезпечення безпеки не лише окремих працівників, а й усього трудового колективу або робочої ділянки. Вони включають інженерні конструкції та технічні системи, призначені для зменшення впливу небезпечних факторів у масштабі об’єкта. Серед таких засобів – технологічні огороження рухомих частин машин, витяжні вентиляційні системи, шумозаглушувальні кабінки, світлова та звукова сигналізація, аварійне освітлення, системи аварійного зупинення обладнання, а також комплексні системи пожежогасіння.

Раціональне та своєчасне використання індивідуальних і колективних засобів захисту є обов’язком як роботодавця (забезпечення), так і працівника (користування відповідно до інструкцій), і входить до культури безпечної праці на підприємстві.

Одним із ключових напрямів профілактики виробничого травматизму є постійне навчання персоналу правилам охорони праці. Без належного рівня обізнаності працівників будь-які технічні та організаційні заходи втрачають свою ефективність.

Навчання з охорони праці повинні проходити всі працівники, незалежно від посади чи стажу роботи. Особливе місце займає підвищення кваліфікації посадових

осіб, відповідальних за безпеку – інженерів, керівників структурних підрозділів, майстрів. Вони зобов'язані періодично проходити спеціалізовані курси, що охоплюють нормативну базу, методи аналізу ризиків, дії у випадку аварій, правила евакуації тощо[56].

Ефективним інструментом у системі підготовки є тренінги та практичні навчання, зокрема: відпрацювання навичок з надання домедичної допомоги, евакуації при пожежі, поводження з електрообладнанням у надзвичайних ситуаціях. Такі заходи формують відповідальне ставлення до безпеки як особистої, так і колективної.

Крім формального навчання, велике значення має інформаційно-роз'яснювальна робота, що включає розміщення наочної агітації (стендів, плакатів), публікацію бюлетенів з охорони праці, організацію тематичних семінарів, конкурсів, зустрічей з представниками Держпраці чи МНС.

Залежно від особливостей технологічних процесів, рівня ризику та категорії працівників, заходи з охорони праці адаптуються до конкретної галузі діяльності. Кожна сфера передбачає унікальний підхід до організації безпеки праці.

У будівництві першочергове значення мають індивідуальні засоби захисту (каска, страхувальні пояси, захисне взуття), а також заходи з організації безпечної роботи на висоті. Тут важливу роль відіграють попередні інструктажі, дозвіл на виконання окремих робіт, перевірка технічного стану механізмів і ліфтового обладнання.

У медичній сфері охорона праці орієнтована на захист від біологічних факторів. Працівники забезпечуються антисептичними засобами, індивідуальним медичним захистом (маски, халати, рукавички, захисні костюми), працюють в умовах суворого дотримання санітарного контролю та зонування (стерильні зони, інфекційні бокси).

У освітньому середовищі основними заходами є організація евакуаційних тренувань, навчання учнів правилам безпечної поведінки, контроль стану приміщень та пожежної безпеки. Працівники закладів освіти також проходять навчання з безпеки праці, зокрема в межах внутрішніх інструктажів та атестацій.

4.2 Освітленість, вентиляція і кондиціонування суднових приміщень.

Однією з ключових умов забезпечення безпечної праці на морських судах є створення оптимального мікроклімату у внутрішніх приміщеннях, що має вирішальне значення для фізичного та психологічного самопочуття членів екіпажу, особливо в умовах тривалого плавання, ізоляції та змінного графіка роботи. Відповідно до положень Міжнародного кодексу з охорони праці на судах, який слугує глобальним стандартом у сфері морської безпеки, особливе значення надається освітленню, вентиляції та кондиціонуванню повітря як критично важливим елементам загальної системи гігієни та профілактики професійних ризиків[57].

Забезпечення належних умов мікроклімату дозволяє знизити ризик розвитку захворювань, пов'язаних із перепадами температур, підвищеною вологістю або поганою якістю повітря, а також сприяє підвищенню концентрації, витривалості та загального рівня працездатності. Освітлення повинно відповідати характеру виконуваних робіт і часу доби; вентиляція – забезпечувати постійний повітрообмін без протягів і шуму; а кондиціонування – підтримувати стабільний температурно-вологісний режим відповідно до зони плавання. Усі ці фактори в сукупності створюють комфортне й безпечне середовище, що дозволяє уникнути перевтоми, помилок в управлінні та аварійних ситуацій на борту.

Освітленість суднових приміщень повинна бути такою, щоб гарантувати комфортні умови праці та пересування у будь-який час доби й за будь-яких погодних умов. Згідно з Міжнародним кодексом з охорони праці на судах, кожне судно має бути обладнане системою освітлення, яка включає природне денне світло (за можливості) та штучне електричне освітлення з відповідним рівнем яскравості й направленням світлового потоку. Освітлення повинно бути рівномірним, не створювати різких тіней або засліплення, особливо в машинних приміщеннях, на містках управління, у камбузах, майстернях, медичних кабінетах, а також у місцях підвищеної небезпеки.

У нічний час доби або при поганій видимості використовуються аварійні джерела світла, які здатні функціонувати автономно у випадку зникнення основного живлення. Вони забезпечують мінімально необхідний рівень освітлення для евакуації, навігаційного контролю, підтримки життєво важливих систем та безпечного перебування на судні.

Не менш важливою є вентиляція суднових приміщень, що має забезпечувати стабільний обмін повітря між внутрішнім середовищем судна та зовнішнім простором. У замкнених середовищах, таких як машинні відсіки, комори, пральні, санітарно-гігієнічні зони (гальюни), за відсутності ефективної вентиляції може накопичуватись волога, вуглекислий газ, пари пального чи мастильних матеріалів, що створює ризик отруєння, вибуху або погіршення здоров'я членів екіпажу.

Суднова вентиляція має бути безперервною, енергоефективною, низькошумною і не створювати дискомфорту у вигляді протягів. Вона повинна регулюватися залежно від типу приміщення, температури за бортом, щільності перебування людей у приміщенні, а також характеру виконуваної роботи. Обов'язковою умовою є наявність систем аварійного провітрювання, особливо в зонах, де можливе накопичення токсичних або вибухонебезпечних речовин.

Крім базової вентиляції, на більшості сучасних суден функціонує система кондиціонування повітря, яка дозволяє підтримувати оптимальні параметри мікроклімату – температуру, вологість і чистоту повітря. Це особливо важливо для суден, що експлуатуються в тропічних або арктичних регіонах, а також для суден із великою кількістю персоналу на борту. Кондиціонери не лише охолоджують або підігрівають повітря, а й фільтрують його, зменшуючи вміст пилу, мікроорганізмів, алергенів і парів.

Кондиціонування повітря є важливим компонентом системи забезпечення мікрокліматичного комфорту на суднах, особливо у випадках, коли йдеться про тривалі рейси в умовах різких кліматичних змін. Найбільш активно системи кондиціонування застосовуються на пасажирських, вантажних (торгових) та технічних суднах, де екіпаж перебуває в замкнених приміщеннях протягом тривалого часу, включаючи нічні зміни та чергування в машинних відсіках.

Сучасне суднове кондиціонування повітря виконує кілька ключових функцій: регулювання температури, вологості, руху повітряних мас, а також очищення повітря від пилу, солей, мікроорганізмів та інших забруднень. Відповідно до вимог Міжнародної морської організації (ІМО), параметри повітря у житлових і робочих приміщеннях мають відповідати фізіологічним потребам людини та залежати від зони плавання судна (тропіки, помірний пояс, арктичні широти тощо). Кондиціонування дозволяє уникнути теплових перевантажень, переохолоджень, гіпоксичних станів та інших порушень функціонального стану організму.

Слід наголосити, що відсутність або несправність систем кондиціонування, вентиляції чи освітлення може спричинити не лише фізичний дискомфорт, а й пряму загрозу для здоров'я і життя екіпажу. Так, у разі порушення вентиляції у замкнених просторах може спостерігатися накопичення шкідливих парів, підвищення рівня вуглекислого газу або небезпечних газів, що може призвести до отруєнь, втрати свідомості або пожежонебезпечних ситуацій. Недостатня освітленість, у свою чергу, негативно впливає на зорове навантаження, знижує концентрацію уваги, уповільнює реакцію, що в критичних умовах може мати фатальні наслідки[58].

4.3 Правила техніки безпеки при роботі з небезпечними речовинами.

Отруйні речовини – це хімічні сполуки, які, потрапляючи в організм людини, спричиняють виражені фізіологічні зміни та порушують нормальне функціонування життєво важливих систем.

У зв'язку з цим транспортування, зберігання та робота з токсичними й сильнодіючими речовинами, зокрема органічними та мінеральними кислотами, азотом, киснем, галогенами, фосфорорганічними сполуками тощо, вимагають суворого дотримання спеціальних правил безпеки.

Виконання робіт, пов'язаних із виробництвом, переробкою, розподілом та застосуванням шкідливих речовин 1, 2 і 3 класів небезпеки, а також аміаку, водню й продуктів розділення повітря, допускається лише за наявності відповідного

дозволу органів Держпраці. Додатково, операції із сильнодіючими отруйними речовинами (СДОР) потребують окремого дозволу органів внутрішніх справ.

До робіт, пов'язаних із використанням СДОР, у тому числі до транспортування та прибирання приміщень, де вони застосовуються, можуть бути допущені лише особи, які відповідають таким вимогам[59]:

- досягли віку 18 років;
- пройшли попередній медичний огляд при працевлаштуванні та періодичні медичні обстеження;
- не мають медичних протипоказань;
- пройшли навчання з безпечних методів роботи;
- атестовані відповідною комісією та мають посвідчення на право виконання робіт із СДОР;
- пройшли інструктаж з питань охорони праці та техніки безпеки.

Перелік працівників, допущених до роботи з СДОР, затверджується наказом керівника підприємства та підлягає щорічному перегляду.

До участі в роботах із СДОР не допускаються неповнолітні особи (віком до 18 років), вагітні жінки та жінки з підтвердженим фактом вагітності.

Керівники структурних підрозділів зобов'язані щороку організовувати заняття за затвердженою навчальною програмою для працівників, які контактують із СДОР. У разі непроходження навчання та перевірки знань упродовж календарного року, працівники відсторонюються від виконання відповідних обов'язків.

Відповідальність за облік, зберігання, витрачання, а також за організацію робіт, пов'язаних із використанням сильнодіючих отруйних речовин, покладається на керівників підприємств. У разі наявності структурних підрозділів – відповідальність несуть начальники підрозділів, а за їх відсутності – особи, уповноважені виконувати їхні обов'язки.

Після прибуття на підприємство СДОР передаються особі, відповідальній за зберігання, у присутності спеціально призначеної комісії. До складу комісії входять представники служби безпеки, охорони праці та відділу постачання. Комісія

складає акт приймання, в якому зазначаються кількість, стан тари, наявність пломб та маркування.

Підприємства та структурні підрозділи, що застосовують СДОР, зобов'язані вести облік цих речовин у пронумерованій та скріпленій печаткою книзі обліку. Облік має здійснюватися таким чином, щоб щоденно можна було встановити фактичну наявність СДОР. Облікові записи ведуться за такими напрямками:

- у книзі обліку надходжень і витрат на центральному складі (відповідальний – завідувач складу);
- у книзі обліку в межах підрозділу (відповідальні особи – зберігачі СДОР);
- на підставі актів на списання витрачених або знищених СДОР.

Уся документація, пов'язана з обліком СДОР (накладні, акти, вимоги, книги, картотеки), зберігається не менше трьох років.

Зберігання СДОР здійснюється в спеціалізованих складах, ізольованих від виробничих приміщень і обладнаних охоронною сигналізацією. Заборонено передавати СДОР з одного підприємства на інше без відповідного дозволу органів внутрішніх справ.

Склади для зберігання СДОР повинні відповідати таким вимогам:

- металеві або оббиті залізом двері, що зачиняються на зовнішні замки;
- віконні прорізи повинні бути обладнані металевими ґратами;
- мінімум три окремі приміщення: для зберігання і видачі СДОР; для засобів індивідуального захисту та першої допомоги; для знезараження тари.

Склад має бути оснащений раковиною з підведенням гарячої та холодної води з ножним керуванням. Розфасування СДОР здійснюється у витяжній шафі з фільтрацією повітря. Також обов'язковими є спеціальний одяг, засоби індивідуального захисту та комплекти дегазації[60].

СДОР повинні зберігатися:

- у скляних ємностях з притертими пробками, які додатково герметизуються парафіном і розміщуються в металевих футлярах;
- у герметичних металевих контейнерах;
- у заводській упаковці.

У разі використання малих кількостей СДОР (до 3 кг) у виробничих підрозділах, дозволено зберігання в металевих сейфах, розташованих під витяжною установкою з фільтром. На сейфі має бути позначка “Отрута”, а після завершення зміни сейф опечатується. Ключі зберігаються у відповідальній особи (начальника цеху, майстерні або ділянки).

Роботи із застосуванням сильнодіючих отруйних речовин дозволяється виконувати лише за погодженням з особою, відповідальною за організацію та контроль використання СДОР на підприємстві.

Приміщення, в яких проводяться роботи із СДОР, мають відповідати таким вимогам:

- дотримання санітарно-гігієнічних норм і правил;
- наявність раковини з підведенням гарячої та холодної води;
- оснащення аптечкою з медикаментами для надання першої медичної допомоги;
- забезпечення достатньої кількості знешкоджуючих розчинів;
- наявність роздільних шаф для зберігання особистого одягу та засобів індивідуального захисту.

Технологічні операції з використанням СДОР (зважування, приготування розчинів, подрібнення, нагрівання, фільтрування тощо) слід виконувати виключно у витяжних шафах або спеціальних ваннах, обладнаних бортовими схилами, фільтрами та кришками, які відкриваються лише на час завантаження або вивантаження матеріалів.

Вентиляційна система приміщення повинна забезпечувати не менше ніж 15-кратний повітрообмін на годину та створювати розрядження по відношенню до суміжних приміщень, щоб запобігти поширенню токсичних випарів.

Газоподібні та пароподібні залишки СДОР, які не використовуються в роботі, мають затримуватись спеціальними поглиначами на виході з приладів або установок. Їх випуск у вентиляційну систему без попереднього фільтрування заборонений.

Увесь лабораторний посуд, що використовується під час роботи з СДОР, має бути промаркований відповідними етикетками з написом «Отрута» та назвою речовини. Після завершення роботи залишки речовин передаються відповідальній особі, а забруднений посуд підлягає знешкодженню.

Прання спеціального одягу, що використовувався при роботі з СДОР, повинно здійснюватися лише у спеціалізованих пральнях.

Категорично забороняється:

- виконання робіт, не передбачених технологічною документацією;
- перебування однієї особи в приміщенні без нагляду;
- куріння, споживання їжі або напоїв під час роботи;
- зливання розчинів, забруднених СДОР, до загальної каналізаційної системи без попереднього знешкодження;
- зберігання робочого та особистого одягу в одній шафі.

Після завершення роботи з СДОР працівник зобов'язаний ретельно вимити руки з милом, прополоскати ротову порожнину водою, а також обробити руки дегазуючим розчином, зокрема:

- 3–5% розчином аміаку;
- хлораміном;
- 0,5% розчином перманганату калію[61].

Приміщення, де виконуються роботи з використанням СДОР, повинні бути обладнані автоматичними сигналізаторами, що фіксують перевищення гранично допустимих концентрацій у повітрі. Сигналізатори повинні мати як звукову, так і світлову індикацію для своєчасного оповіщення персоналу про небезпеку.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було досліджено світовий досвід застосування технологій штучного інтелекту (ШІ) у сфері портової логістики, а також оцінено перспективи їхнього впровадження в умовах української портової інфраструктури.

У результаті дослідження досягнуто поставленої мети – проаналізовано ключові практики використання ШІ в міжнародних портах, охарактеризовано сучасний стан українських морських портів та виявлено можливості для трансформації їх операційної діяльності на основі цифрових технологій.

Проведено огляд сутності та етапів розвитку технологій штучного інтелекту, що дозволило визначити його міждисциплінарну природу та практичну цінність для логістичних систем. Встановлено, що ШІ охоплює широкий спектр інструментів: від машинного навчання до прогнозної аналітики та автономного управління технічними об'єктами.

Аналіз міжнародного досвіду впровадження ШІ в портах показав, що провідні логістичні хаби світу активно використовують інтелектуальні системи для:

- оптимізації графіків прибуття суден (ETA),
- автоматизації навантажувально-розвантажувальних операцій,
- інтеграції даних між морськими та сухопутними перевізниками,
- підвищення екологічної ефективності портів.

Систематизовано приклади успішного впровадження концепції «розумного порту» (smart port), де функціонують автономні крани, цифрові платформи обміну даними, системи прогнозного обслуговування та кібербезпеки.

Виявлено, що стан портової інфраструктури України значно поступається провідним світовим практикам з точки зору цифровізації. В українських портах досі не впроваджено комплексних систем ШІ, натомість існує значний потенціал для їх розвитку.

Окреслено основні бар'єри на шляху до впровадження ШІ в Україні: фрагментована інфраструктура, нестача інвестицій, відсутність єдиної цифрової платформи, слабка нормативно-правова база та дефіцит фахівців з цифрових технологій у морській логістиці.

У межах дослідження розроблено рекомендації щодо практичного впровадження ШІ в українські порти, зокрема:

- запровадження пілотних проєктів на базі найбільш завантажених портів (наприклад, портів Одеси або Південного),
- модернізація інформаційної інфраструктури та впровадження стандартів обміну даними,
- створення національної стратегії цифровізації морських перевезень,
- залучення іноземних інвестицій і партнерств для розробки ШІ-рішень у галузі портової логістики,
- формування освітніх програм для підготовки фахівців з цифрового управління портами.

Таким чином, штучний інтелект є стратегічним інструментом трансформації портової галузі. Його впровадження дозволить українським портам підвищити ефективність роботи, скоротити витрати, забезпечити екологічну сталість і зміцнити позиції України на міжнародному логістичному ринку. Проведене дослідження підтверджує доцільність і перспективність розвитку інтелектуальної портової інфраструктури як одного з напрямів цифрової модернізації національної економіки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. McCarthy J. What is Artificial Intelligence? [Електронний ресурс] / John McCarthy.
– Режим доступу: <http://jmc.stanford.edu/articles/whatisai/whatisai.pdf>.
2. Річ Е. Штучний інтелект. – Нью-Йорк : McGraw-Hill, 1983. – 512 с.

3. Рассел С., Норвіг П. Штучний інтелект: сучасний підхід. – 2-ге вид. – Прентіс-Хол, 2003. – 1080 с.
4. Яковенко В. С. Використання засобів штучного інтелекту у логістичних системах дистриб'юторських компаній / ред. кол.: Ю. Г. Лисенко (голова). – 2010. – С. 118. – Режим доступу: https://eco-science.net/wp-content/uploads/2021/12/9-10.21_topik_Kyrlyk-N.Yu_59-66.pdf.
5. OECD. Economic Outlook 2025 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.oecd.org/economic-outlook/>.
6. UkraineInvest. Інфраструктура та логістика в Україні 2025 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukraineinvest.gov.ua/wp-content/uploads/2025/01/infrastruktura-ta-logistyka.pdf>.
7. Onyx Trade. Майбутнє логістики: основні тренди та прогнози на 2025 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://onyx-trade.com/blog/majbutne-logistiki-osnovni-trendi-ta-prognozi-na-2025-rik>.
8. Національний банк України. Макроекономічний та монетарний огляд, березень 2025 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://bank.gov.ua/admin_uploads/article/MMR_2025-03.pdf.
9. Haski.ua. Тренди логістики в 2025 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://haski.ua/blog/trendy-logistyky-v-2025-rocz>.
10. McKinsey & Company. The future of ports: How AI and automation are reshaping maritime logistics. – 2021. – Режим доступу: <https://www.mckinsey.com/industries/travel-logistics-and-infrastructure/our-insights/the-future-of-ports>.
11. Synex Logistics. Робототехніка в логістиці: скільки компанії інвестують у роботів? [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: <https://synexlogistics.com>
12. 8 способів, як штучний інтелект змінить логістику [Електронний ресурс] // Fialan.ua. – Режим доступу: <https://fialan.ua/ua/news/vagno-znat/8-sposobiv-yak-shtuchnij-intelekt-zminit-logistiku/>.

- 13.Перспективи штучного інтелекту у логістиці [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://trans.info/ua/chatgpt-perspektyvy-shtuchoho-intelektu-u-lohistytsi-367769>.
- 14.Лопатін А., Іщенко Н. Значення використання штучного інтелекту при виборі постачальника у сучасних логістичних системах. // Грааль науки. – 2021. – С. 51–54.
- 15.Використання штучного інтелекту в логістиці [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/9872690/page:3/>.
- 16.UNCTAD. Review of Maritime Transport 2024. – Geneva : United Nations, 2024. – Режим доступу: <https://unctad.org>.
- 17.World Bank. Port Reform Toolkit: Modernization Strategies for Ports. – Washington, D.C., 2023.
- 18.OECD. Digitalisation and Ports: A Policy Brief. – Paris : OECD Publishing, 2023.
- 19.Port of Rotterdam Authority. Smart Port Strategy and Implementation Report. – Rotterdam, 2022.
- 20.World Bank. Port Reform Toolkit: Effective Support for Policymakers and Practitioners. – Washington, D.C. : World Bank, 2020. – Режим доступу: <https://ppiaf.org/port-reform-toolkit>.
- 21.European Commission. Smart and Sustainable Ports Initiative. – Ініціатива Європейської Комісії, спрямована на підтримку цифрової та екологічної трансформації портів ЄС. – Режим доступу: https://ec.europa.eu/transport/themes/sustainable-transport/smart-and-sustainable-ports-initiative_en.
- 22.Port of Rotterdam Authority. Annual Report 2022: Embracing Digital Transformation. – Rotterdam : Port of Rotterdam Authority, 2023. – Режим доступу: <https://www.portofrotterdam.com/en/annual-report-2022>.
- 23.International Transport Forum. Big Data and Transport: Understanding and Assessing Options. – Paris : OECD Publishing, 2016. – 120 с. – Режим доступу: <https://www.itf-oecd.org/big-data-and-transport>.

24. Maritime and Port Authority of Singapore. Green and Smart Port Strategy. – Режим доступу: <https://www.mpa.gov.sg>.
25. PSA Singapore. PSA innovates with OptETruck – A digital solution for Singapore’s haulier sector to achieve fleet optimisation and a greener footprint [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.singaporepsa.com/2023/07/26/psa-innovates-with-optetruck-a-digital-solution-for-singapores-haulier-sector-to-achieve-fleet-optimisation-and-a-greener-footprint>.
26. PwC. Smart Ports: Transforming Port Operations through Digitalization. – PwC Global, 2021. – Режим доступу: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/transportation-logistics/publications/smart-ports.html>.
27. Hamburg Port Authority. smartPORT Initiative. – Режим доступу: <https://www.hamburg-port-authority.de/en/smartport>.
28. Морські порти України: потужності, втрати, перспективи [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dif.org.ua/article/morski-porti-ukraini-potuzhnosti-vtrati-perspektivi>.
29. Адміністрація морських портів України. Звіт про управління за 2024 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.uspa.gov.ua/wp-content/uploads/2025/04/zvit-pro-upravlinnya.pdf>.
30. CFTS. Вантажообіг українських портів у 2024 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cfts.org.ua>.
31. Про морські порти : Закон України від 17.05.2012 № 4709-VI. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4709-17>.
32. Про відновлення єдиної системи пошуку та рятування на морі : Постанова Кабінету Міністрів України від 24.02.2016 № 158.
33. Статут ДП «АМПУ», затверджений наказом Міністерства інфраструктури України від 25.03.2016 № 119 (в редакції від 11.01.2017 № 7).
34. Про затвердження Положення про адміністрацію морських портів України : Наказ Міністерства інфраструктури України від 17.05.2013 № 301 (редакція від 19.07.2023 № 621).

- 35.Адміністрація морських портів України. Звіт про управління за 2024 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.uspa.gov.ua/wp-content/uploads/2025/04/zvit-pro-upravlinnya.pdf>
- 36.Про схвалення Стратегії розвитку морських портів України на період до 2038 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 23.12.2020 № 1634-р.
- 37.Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року : Постанова Кабінету Міністрів України від 27.12.2024 № 1550.
- 38.Про введення в дію рішення РНБО України щодо Стратегії морської безпеки України : Указ Президента України від 17.07.2024 № 468/2024.
- 39.Про закриття морських портів : Наказ Міністерства інфраструктури України від 28.04.2022 № 256.
- 40.Про схвалення Стратегії розвитку морських портів України на період до 2038 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 23.12.2020 № 1634-р.
- 41.Про схвалення Національної транспортної стратегії України : Постанова Кабінету Міністрів України від 27.12.2024 № 1550.
- 42.Про введення в дію рішення РНБО щодо морської безпеки : Указ Президента України № 468/2024 від 17.07.2024.
- 43.Про закриття морських портів : Наказ Міністерства інфраструктури України від 28.04.2022 № 256.
- 44.IBM. Port of Rotterdam: A digital twin for smarter port operations [Електронний ресурс]. – IBM Internet of Things Blog, 2020. – Режим доступу: <https://www.ibm.com/blog/iot-digital-twin-rotterdam>.
- 45.Sustainability Times. 65 million containers per year: this massive automated port will transform global shipping forever [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sustainability-times.com/impact/65-million-containers-per-year-this-massive-automated-port-will-transform-global-shipping-forever>.
- 46.KPMG. The Future of Ports: Smart Port Strategies and Digital Transformation. – KPMG International, 2022. – Режим доступу: <https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2022/03/future-of-ports.html>.

47. Deloitte. Digital Transformation in Ports: The Future of Port Operations. – Deloitte Insights, 2020. – Режим доступу: <https://www2.deloitte.com/global/en/insights/industry/public-sector/digital-transformation-in-ports.html>.
48. PwC. Reimagining the Future of Ports [Електронний ресурс]. – PwC Middle East, 2022. – Режим доступу: <https://www.pwc.com/m1/en/publications/documents/reimagining-land-border-ports.pdf>.
49. NxtPort. NxtPort is building the next digital link in the digital port infrastructure of the Port of Antwerp Bruges [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://nxtport.com/>.
50. Valenciaport. The Port of Valencia activates an investment of €1,564 million for its new container terminal [Електронний ресурс] // Valenciaport Official Website. – 2022. – Режим доступу: <https://www.valenciaport.com/en/the-port-of-valencia-activates-an-investment-of-1564-million-euros-for-its-new-container-terminal>.
51. Advantages of intelligent document processing [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://datasemantics.co/advantages-of-intelligent-document-processing/?utm_source=chatgpt.com.
52. OECD. Artificial Intelligence in Society. – Paris : OECD Publishing, 2019. – 151 с. – DOI: <https://doi.org/10.1787/eedfee77-en>.
53. Закон України «Про охорону праці» № 2694-XII від 14.10.1992 р. (в редакції 2023 р.) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>.
54. Кодекс законів про працю України. – Офіц. текст. – Київ : Парлам. вид-во, 2023. – 192 с.
55. Основи охорони праці : навч. посіб. / за ред. В. М. Жидецького. – Львів : Афіша, 2021. – 324 с.
56. Навчання з питань охорони праці : презентаційні матеріали [Електронний ресурс] / Офіц. портал Запорізької міської ради. – Режим доступу: https://zp.gov.ua/upload/editor/navchannya_z_pitan_ohoroni_praci.pdf.

57. Міжнародний кодекс з охорони праці на суднах : рекомендації щодо безпеки, гігієни та добробуту моряків та профілактики професійних ризиків [Електронний ресурс]. – Женева : МОП, 2005. – Режим доступу: <https://www.ilo.org>.
58. Охорона праці в Україні : нормативна база, права працівника, обов'язки роботодавця [Електронний ресурс] / Нац. центр правничої науки. – Режим доступу: https://ncpn.net.ua/oxrana_truda.html.
59. Управління Держпраці у Миколаївській області. Вимоги безпеки при роботі з сильнодіючими отруйними речовинами [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mk.dsp.gov.ua/vymohy-bezpeky-pry-roboti-z-sylnodijuchymy-otrujnymy-rechovynamy/>.
60. Закон України «Про охорону праці» № 2694-ХІІ від 14.10.1992 р. (в редакції 2023 р.) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>
61. Вимоги безпеки при роботі з сильнодіючими отруйними речовинами [Електронний ресурс] // Охорона праці і пожежна безпека. – Режим доступу: <https://oppb.com.ua/news/vymogy-bezpeky-pry-roboti-z-sylnodiyuchymy-otruynymy-rechovynamy>.