

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

Кафедра менеджменту та економіки морського транспорту
Кафедра економічної теорії та підприємництва на морському транспорті

Швець Євгеній Олександрович

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

НА ТЕМУ

ІННОВАЦІЇ В КОНТЕЙНЕРНИХ ТЕРМІНАЛАХ ПОРТІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА
ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Спеціальність – 073 «Менеджмент»

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

Науковий керівник
К.е.н., доцент
Лисенко Н.С.

Здобувач вищої освіти _____

Науковий керівник _____

Завідуючий кафедрою _____

Нормоконтроль _____

Одеса 2025

ЗАВДАННЯ

на розробку кваліфікаційної роботи бакалавра

за темою:

ІННОВАЦІЇ В КОНТЕЙНЕРНИХ ТЕРМІНАЛАХ ПОРТІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

	Зміст окремих частин дослідження	Строк виконання	Фактично виконано
1	2	3	4
1	Мета дослідження: обґрунтування впливу інноваційних технологій на ефективність функціонування контейнерних терміналів та розробка рекомендацій щодо вдосконалення інноваційної діяльності в морських портах України.	18.11.24	18.11.24
2	Об'єкт дослідження – процес управління контейнерними перевезеннями в морських портах.	18.11.24	18.11.24
3	Предмет дослідження – інноваційні підходи та технології, що впливають на ефективність функціонування контейнерних терміналів, а також соціально-економічні механізми їх впровадження.	18.11.24	18.11.24
4	ВСТУП	25.11.24	20.11.24
5	РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ІННОВАЦІЙ У КОНТЕЙНЕРНИХ ТЕРМІНАЛАХ ПОРТІВ	10.01.25	10.01.25
6	РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ІННОВАЦІЙ У	30.01.25	20.01.25

	КОНТЕЙНЕРНИХ ТЕРМІНАЛАХ ПОРТІВ УКРАЇНИ І СВІТУ		
7	РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ ІННОВАЦІЙ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У ПОРТАХ	10.02.25	05.02.25
8	РОЗДІЛ 4. ПРОПОЗИЦІЇ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ КОНТЕЙНЕРНИХ ТЕРМІНАЛІВ	30.02.25	30.02.25
9	ВИСНОВКИ	15.03.25	15.03.25
10	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	15.03.25	15.03.25
11	Анотація	15.03.25	15.03.25
12	Формування ілюстративного матеріалу	20.03.25	17.03.25
13	Відгук керівника	12.06.24	
14	Рецензування	13.06.25	
15	Дата захисту	17.06.25	

Здобувач вищої освіти – Швець Євгеній Олександрович

Керівник - Лисенко Н.С.

Завідувач кафедри - Сотниченко Л.Л.

ЗМІСТ

	с
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ІННОВАЦІЙ У КОНТЕЙНЕРНИХ ТЕРМІНАЛАХ ПОРТІВ	9
1.1. Роль контейнерних терміналів у транспортно-логістичному комплексі	9
1.2. Види інновацій у морських портах	16
1.3. Особливості організації контейнерних перевезень та їх ефективність	22
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ІННОВАЦІЙ У КОНТЕЙНЕРНИХ ТЕРМІНАЛАХ ПОРТІВ УКРАЇНИ І СВІТУ	29
2.1. Інновації в контейнерних терміналах світових портів	29
2.2. Сучасний стан розвитку контейнерних терміналів в Україні	35
2.3. Порівняння ефективності контейнерних перевезень у світових і українських портах	42
РОЗДІЛ 3. ПРОПОЗИЦІЇ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ КОНТЕЙНЕРНИХ ТЕРМІНАЛІВ	50
3.1. Рекомендації щодо вдосконалення інфраструктури контейнерних терміналів	50
3.2. Оцінка економічної ефективності інноваційних рішень.....	56
3.3. Стратегії з підвищення ефективності контейнерних перевезень...	63
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	80
4.1. Виробничий стрес.....	80
4.2. Шкідливі та небезпечні виробничі фактори, класифікація за джерелами та властивостями.....	83
4.3. Причини та джерела пожегів на судні	89

4.4. Розробка системи незараження і очищення стічних вод з судна...	92
ВИСНОВКИ	97
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	100

ВСТУП

У сучасних умовах глобалізації світової економіки та стрімкого зростання обсягів міжнародної торгівлі ключову роль у забезпеченні ефективного функціонування логістичних ланцюгів відіграють морські порти, а зокрема — контейнерні термінали. Саме вони забезпечують високий рівень мобільності товаропотоків, обслуговування великих обсягів вантажів і інтеграцію між різними видами транспорту. Проте традиційні моделі управління та організації перевантажувальних процесів поступово вичерпують свій потенціал. Застарілі підходи до обробки контейнерів, обмеженість інфраструктури та людського ресурсу, повільна цифровізація — все це створює значні бар'єри для зростання ефективності перевезень.

У цьому контексті особливої уваги набуває впровадження інноваційних технологій в контейнерних терміналах. Серед таких інновацій — автоматизовані крани і склади, блокчейн-технології, системи штучного інтелекту для планування та обліку перевезень, цифрові платформи управління вантажопотоками. Вони дозволяють не лише скоротити витрати часу та ресурсів, а й підвищити точність, прозорість і безпечність перевезень. Водночас в Україні, попри наявність сучасних портів, процес впровадження таких технологій відбувається повільно, що обмежує конкурентоспроможність на міжнародному ринку.

Проблема, яка потребує вирішення, полягає у відставанні українських контейнерних терміналів від світових стандартів автоматизації та цифровізації, що призводить до зниження загальної ефективності морських перевезень. Незважаючи на наявність окремих ініціатив, системного підходу до модернізації терміналів в Україні поки що немає. Отже, існує нагальна потреба у вивченні кращих світових практик, адаптації інноваційних рішень до

українських умов та розробленні рекомендацій щодо підвищення ефективності перевезень за допомогою інновацій.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи зумовлена необхідністю пошуку ефективних рішень у сфері управління контейнерними перевезеннями, що базуються на використанні новітніх технологій. Дослідження сприятиме покращенню логістичної діяльності морських портів України, зниженню витрат на перевезення, підвищенню інвестиційної привабливості портової інфраструктури та забезпеченню конкурентоспроможності українських терміналів на глобальному ринку.

Мета дослідження — обґрунтування впливу інноваційних технологій на ефективність функціонування контейнерних терміналів та розробка рекомендацій щодо вдосконалення інноваційної діяльності в морських портах України.

Завдання дослідження:

- визначити роль контейнерних терміналів у транспортно-логістичній системі;
- проаналізувати види інновацій, що впроваджуються в портах світу та України;
- дослідити вплив автоматизації та цифрових рішень на ефективність перевезень;
- здійснити порівняльну оцінку продуктивності українських і світових терміналів;
- надати практичні рекомендації щодо підвищення ефективності контейнерних перевезень в Україні.

Об'єктом дослідження є процес управління контейнерними перевезеннями в морських портах.

Предметом дослідження є інноваційні підходи та технології, що впливають на ефективність функціонування контейнерних терміналів, а також соціально-економічні механізми їх впровадження.

Методи дослідження, використані у роботі, включають: порівняльний аналіз (для зіставлення терміналів України та світу), системний підхід (для вивчення елементів інноваційної інфраструктури), графоаналітичні методи (для побудови схем, діаграм, трендів), SWOT-аналіз, а також елементи економічного обґрунтування.

Таким чином, дослідження дозволяє комплексно оцінити інноваційний потенціал українських контейнерних терміналів та визначити напрями їх подальшого розвитку з урахуванням міжнародного досвіду.

РОЗДІЛ 1.

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ІННОВАЦІЙ У КОНТЕЙНЕРНИХ ТЕРМІНАЛАХ ПОРТІВ

1.1. Роль контейнерних терміналів у транспортно-логістичному комплексі

Контейнеризація стала однією з найбільш революційних змін у сфері міжнародних перевезень у другій половині XX століття. Вона змінила не лише спосіб транспортування товарів, але й вимоги до інфраструктури портів. У цьому контексті контейнерні термінали відіграють ключову роль як центральні логістичні вузли, через які проходять мільйони тонн вантажів щороку.

Контейнерний термінал — це спеціалізований комплекс в межах морського порту або логістичного центру, призначений для виконання операцій з прийому, обробки, зберігання, перевалки, завантаження і вивантаження контейнерів. Його функціонування базується на суворій координації технологічних процесів, використанні високопродуктивного устаткування та застосуванні інформаційних систем для управління вантажопотоками[8, 14].

Основу ефективної роботи контейнерного терміналу становить виконання таких базових функцій:

1. Прийом контейнерів з різних видів транспорту: термінал приймає контейнери, що прибувають морем, залізницею або автомобільним транспортом, і забезпечує їх первинну ідентифікацію, маркування, сканування, зважування тощо.

2. Складське зберігання: контейнерні термінали мають спеціальні зони для тимчасового зберігання контейнерів (stacking areas), де вантажі розміщуються відповідно до логіки обробки, відправки та митного статусу.

3. Вантажно-розвантажувальні операції: включають використання кранового парку (STS – ship-to-shore, RMG – rail-mounted gantry, RTG – rubber-tired gantry), а також термінальних тягачів, контейнерних ричтраків, мобільних кранів тощо. Важливими є не лише фізичні характеристики техніки, а й рівень її автоматизації.

4. Перевалка контейнерів: це комплекс операцій із переміщення контейнера з одного виду транспорту на інший. У багатьох портах термінали є мультимодальними — тобто здійснюють перевалку з морського транспорту на залізничний або автомобільний.

5. Облік, супровід та контроль: термінал веде електронний облік усіх вантажів, контролює наявність пломб, стан контейнерів, оформлює документи через системи типу TOS (Terminal Operating System) і взаємодіє з портовими та митними системами.

6. Інтеграція з зовнішніми інформаційними системами: сучасні термінали працюють у цифровому середовищі, яке включає автоматизований облік вантажів, електронний документообіг, онлайн-сервіси для клієнтів, GPS-моніторинг, системи прогнозування та планування.

В таблиці 1.1 систематизовано основні функції контейнерного терміналу.

Таблиця 1.1

Ключові функції сучасного контейнерного терміналу

№	Функція	Суть функції	Засоби реалізації
1	Прийом контейнерів	Приймання вантажів з кораблів, залізничних платформ, автотранспорту	Крани STS, автопорти, тягачі
2	Зберігання контейнерів	Тимчасове розміщення вантажів з урахуванням їх пріоритетності та призначення	Контейнерні площі, RMG/RTG крани
3	Перевантаження	Зміна виду транспорту для подальшого переміщення контейнера	Портальні крани, reach stackers
4	Облік і контроль	Ідентифікація, сканування, ваговий контроль, митні процедури	TOS-система, сканери, ваги

Продовження табл. 1.1.

5	Документообіг	Оформлення супровідної документації, взаємодія з державними службами	EDI, e-Customs, PCS (Port Community System)
6	Моніторинг та планування	Управління потоками у реальному часі, контроль навантаження техніки	IoT-технології, аналітика, AI-системи

Джерело: розроблено автором на основі [8,14]

Слід зазначити, що ефективність кожної функції прямо впливає на швидкість та якість обробки вантажу, витрати клієнта і конкурентоздатність усього порту. Саме тому провідні світові термінали, як-от Maasvlakte II (Rotterdam), PSA (Singapore) чи Yangshan (Shanghai), масово впроваджують інноваційні рішення – від автономних кранів до штучного інтелекту в диспетчеризації.

Крім технічного аспекту, важливим стає організаційний і цифровий рівень розвитку, що включає автоматизацію, системне планування, уніфікацію процедур, інтеграцію з клієнтськими платформами та розширену аналітику.

У світовій економіці, що ґрунтується на взаємозалежності країн, логістика є визначальним фактором забезпечення безперебійного руху товарів. Контейнерні термінали виступають стратегічно важливими елементами транспортно-логістичних ланцюгів, забезпечуючи фізичне і цифрове переміщення вантажів між етапами виробництва, складування, транспортування та споживання. Їх роль особливо важлива в умовах глобальної контейнеризації вантажопотоків, яка дозволяє зменшити вартість перевезень, підвищити безпеку і стандартизувати логістичні процеси[9, 10].

Контейнерний термінал є ключовою ланкою між морським і сухопутним транспортом. Він функціонує як вузол перевалки, де вантаж переміщується з одного виду транспорту на інший. Окрім цього, термінал виконує роль митного шлюзу, платформи консолідації вантажів і цифрового комунікаційного вузла

між усіма учасниками логістичного процесу (перевізниками, експедиторами, митними органами, клієнтами).

Залежно від своєї позиції в логістичному ланцюгу, термінал може виконувати різні функції:

- експортно-орієнтований вузол — забезпечує відправку товару;
- транзитний хаб — здійснює перевалку між суднами (transshipment);
- імпорتنний шлюз — є точкою входу товарів до внутрішнього ринку країни.

Особливої ваги набуває мультимодальна інтеграція терміналів. Це здатність працювати одночасно з декількома видами транспорту — морським, залізничним, автомобільним і навіть річковим. Мультимодальні термінали дозволяють скоротити час доставки, зменшити логістичні витрати та оптимізувати вантажопотоки[43].

В Україні морські контейнерні термінали розташовані в основному у великих портах Чорноморського басейну — Одеса, Чорноморськ, Південний. Вони відіграють важливу роль у зовнішній торгівлі, особливо в імпорті споживчих товарів, техніки, продуктів харчування, а також у перевезенні зернових у контейнерах[54-56].

Проте, на відміну від провідних світових терміналів, українські все ще обмежені в інтеграції із залізничним транспортом, а цифровізація багатьох процесів перебуває на початковому рівні. Це обмежує здатність портів ефективно виконувати транзитну функцію та знижує привабливість країни як логістичного хабу між Європою та Азією.

Таблиця 1.2

Порівняльна характеристика ролі терміналів у логістичному ланцюгу
(світ / Україна)

Ознака	Світові термінали (Rotterdam, Shanghai)	Українські термінали (Одеса, Чорноморськ)
Рівень цифровізації	Високий (TOS, API, AI)	Середній / низький
Інтеграція із залізницею	Повна (багатоколіїні платформи, shuttle trains)	Часткова, фрагментарна
Мультимодальність	Морський, авто, залізничний, іноді річковий	Переважно морський та автомобільний
Пропускна здатність	10–30 млн TEU	<1 млн TEU
Швидкість обробки контейнерів	Висока (3–5 хв/контейнер)	Середня (8–15 хв/контейнер)

Джерело: розроблено автором на основі [44, 48, 54-56]

Таким чином, у глобальному масштабі контейнерні термінали відіграють роль високотехнологічних логістичних хабів, тоді як в Україні вони ще лише наближаються до цього рівня. Потенціал українських терміналів значний, однак для його реалізації потрібні інвестиції в цифрові рішення, інфраструктуру та залізничну інтеграцію.

Контейнерні термінали займають центральне місце в логістичних ланцюгах, оскільки забезпечують ефективну інтеграцію морських і сухопутних перевезень, зберігання та перевалку вантажів. У глобальній практиці вони перетворились на цифрові хаби, які не лише обробляють вантажі, але й координують складні логістичні мережі в режимі реального часу. Для України контейнерні термінали становлять ключову інфраструктурну ланку зовнішньої торгівлі, але потребують технологічного оновлення та стратегічного розвитку, щоб посісти гідне місце в регіональних і глобальних перевізних ланцюгах.

Функціонування контейнерного терміналу як логістичного вузла є неможливим без постійної та скоординованої взаємодії з іншими елементами логістичної інфраструктури. Ефективність такого взаємозв'язку визначає пропускну здатність порту, швидкість обробки вантажів, рівень витрат і, в кінцевому підсумку, конкурентоспроможність усього національного логістичного комплексу[8, 9].

Контейнерний термінал є центральною ланкою у структурі взаємодії між учасниками ланцюга постачання. Його взаємодія охоплює три основні рівні:

1. Фізична інфраструктура — транспорт (автомобільний, залізничний, річковий), склади, логістичні парки.

2. Інформаційна інфраструктура — цифрові платформи управління, бази даних, системи моніторингу, електронний документообіг.

3. Інституційна взаємодія — митні органи, екологічні та ветеринарні служби, контролюючі інстанції.

Контейнерний термінал взаємодіє з такими ключовими партнерами:

Автомобільний транспорт — найгнучкіший, але обмежений у масштабах. Забезпечує доставку до 70% вантажів у межах «останніх кілометрів». Ефективність залежить від розвиненої дорожньої мережі та пропускної здатності портових під'їздів.

Залізнична інфраструктура — ключова для перевезень у глиб країни або транзитом. Високий ступінь взаємодії з терміналом можливий лише за наявності внутрішньопортових залізничних колій та спеціальних майданчиків (intermodal yards).

Склади тимчасового зберігання (СТЗ) — приймають вантажі до або після перевалки. Можуть бути частиною терміналу або розміщуватися в індустріальних зонах. Забезпечують сортування, пакування, маркування, формування партій.

Митні та контролюючі органи — надають дозволи, здійснюють огляди та погодження. Без електронної взаємодії між митницею та терміналом виникають затримки та черги, що суттєво знижує ефективність перевезень.

Портові цифрові системи — Port Community System (PCS), Terminal Operating System (TOS), платформи типу NaviPort, e-Port, а також API-інтеграції з клієнтами та транспортними компаніями. Саме ці системи забезпечують передачу даних, планування навантаження, попереднє оформлення контейнерів[41].

У таблиці 1.3 узагальнено типи взаємодії терміналу з партнерами

Таблиця 1.3

Основні типи взаємодії контейнерного терміналу з логістичними
суб'єктами

Партнер	Суть взаємодії	Інструменти / засоби
Автотранспортні компанії	Подача автотранспорту під завантаження	GPS, е-пропуски
Залізничні оператори	Перевалка контейнерів на платформи	Shuttle trains, TOS
Склади та логістичні хаби	Розміщення вантажів до/після перевалки	WMS, облік партій
Митниця	Електронне оформлення, перевірки	e-Declaration, ЕДО
Морські лінії та агенти	Вхід-вихід суден, планування швартування	PCS, Schedule API
Клієнти / експедитори	Замовлення послуг, отримання інформації	Онлайн-кабінети, CRM

Джерело: розроблено автором на основі [41, 31, 36]

Контейнерні термінали є не ізольованими об'єктами, а системними вузлами у мережі логістичної інфраструктури. Їх взаємодія з автотранспортом, залізницею, складами, митними органами та цифровими платформами визначає ефективність перевезень на всіх етапах. Успішні світові практики доводять, що лише інтегровані системи управління логістикою, засновані на цифровізації, стандартизації та партнерстві, здатні забезпечити високу продуктивність та конкурентоспроможність контейнерних терміналів у сучасних умовах.

Таким чином, контейнерні термінали є ключовим елементом транспортно-логістичного комплексу, який забезпечує безперервність вантажопотоків між різними видами транспорту. Вони виконують комплекс критично важливих функцій — від перевалки та зберігання контейнерів до їх цифрового супроводу й інтеграції з митними, транспортними та інформаційними структурами. Саме рівень розвитку терміналів та ефективність їх взаємодії з іншими логістичними суб'єктами визначає загальну продуктивність морських перевезень і конкурентоспроможність портів у глобальній системі постачання.

1.2. Види інновацій у морських портах

У відповідь на виклики глобальної конкуренції, збільшення обсягів контейнерних перевезень та необхідність зниження витрат, сучасні морські порти активно впроваджують технологічні інновації. Йдеться насамперед про модернізацію обладнання, автоматизацію перевантажувальних процесів, застосування інтелектуальних систем управління технікою та розвиток екологічних рішень.

Серед ключових напрямів технологічних інновацій у контейнерних терміналах можна виокремити[35-40]:

- Автоматизовані крани – використання STS (Ship-to-Shore) кранів із дистанційним керуванням, RTG (Rubber-Tyred Gantry) і RMG (Rail-Mounted Gantry) із GPS-навігацією та функцією автозахоплення контейнера значно підвищує швидкість та точність перевантажень;

- Автономні транспортні засоби – впровадження AGV (Automated Guided Vehicles), які переміщують контейнери всередині терміналу без участі водія, знижує ризик людських помилок і скорочує витрати на персонал;

- Інтелектуальні системи планування – штучний інтелект застосовується для оптимізації черговості операцій, мінімізації простоїв техніки та прогнозування пікових навантажень;

- Інновації в системах зберігання – вертикальні автоматизовані системи складування, як-от система VoxBay (пілот у порту Дубаї), дозволяють ефективніше використовувати територію та зменшити кількість переміщень;

Зелена енергетика та екологічна модернізація – поширюються shore-to-ship power системи (електропостачання суден у порту), гібридні крани, сонячні панелі, електротягачі, що дозволяє значно зменшити викиди CO₂.

Сучасні контейнерні термінали у провідних світових портах активно впроваджують технологічні інновації, спрямовані на підвищення

продуктивності, енергоефективності та безпеки. Ці інновації включають автоматизовані крани, автономні транспортні засоби, інтелектуальні системи планування та вертикальні склади нового покоління. Усі вони дозволяють не лише оптимізувати використання площі терміналів, а й істотно скоротити час обробки вантажів. У таблиці 1.4 наведено приклади таких інноваційних рішень, їхнє практичне застосування та досягнуті результати.

Таблиця 1.4

Приклади технологічних інновацій у світових контейнерних терміналах

Вид інновації	Приклад впровадження	Результат
Автоматизовані STS-крани	Port of Rotterdam, Maasvlakte II	До 40 контейнерів/год, зменшення витрат на 25%
AGV – автономні візки	Port of Hamburg, Singapore PSA	Зниження простоїв, покращення безпеки
Інтелектуальне планування	Port of Los Angeles – IBM AI	Прогнозування пікових навантажень, зниження черг
Вертикальне зберігання	BoxBay, Jebel Ali Terminal (DP World, Dubai)	Утричі більша ємність на одиницю площі
Shore power	Port of Gothenburg, Sweden	Зменшення викидів CO ₂ на 50–70%

Джерело: розроблено автором на основі [35-40]

Ці приклади демонструють, що технологічні нововведення мають не лише ефект у вигляді підвищення швидкості обробки вантажів, але й значно знижують собівартість операцій, підвищують рівень безпеки праці, а також дозволяють порту відповідати сучасним екологічним стандартам. Впровадження автономних і роботизованих рішень дозволяє також масштабувати діяльність терміналів без пропорційного збільшення персоналу.

У межах українських терміналів технологічні інновації ще не набули системного характеру. Окремі підприємства в портах Одеси та Південного реалізують програми оновлення кранового господарства, однак відсутність державної підтримки та повільна інтеграція залізничної складової значно гальмують модернізаційні процеси.

Технологічні інновації є ключовим фактором ефективності сучасного контейнерного терміналу. Автоматизація, автономний транспорт, інтелектуальне планування та “зелені” технології дозволяють портам не лише скоротити витрати й підвищити продуктивність, але й досягти високого рівня конкурентоспроможності на глобальному ринку. Світова практика демонструє успішність інвестицій у технології, тоді як для України актуальним є завдання — подолати інфраструктурні обмеження та поступово інтегрувати провідні технологічні рішення.

У сучасній логістиці ефективність контейнерного терміналу залежить не лише від механічного устаткування, а й від рівня цифрової інтеграції. В умовах високої конкуренції та динамічної торгівлі стрімко зростає роль інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), які забезпечують прозорість, оперативність та синхронність логістичних процесів. До ключових цифрових рішень у морських портах відносяться системи управління терміналом (TOS), портові комунікаційні платформи (PCS), технології Інтернету речей (IoT), блокчейн, а також програмні інструменти, що дозволяють прогнозувати навантаження та маршрутизацію.

Ці інновації впроваджуються на рівні портової інфраструктури з метою забезпечення електронного документообігу, моніторингу контейнерів у режимі реального часу, автоматичного планування ресурсів, а також для підвищення рівня взаємодії між усіма учасниками логістичного процесу — від вантажовласника до митниці.

Для кращого розуміння масштабів та напрямів впровадження ІКТ в контейнерних терміналах світу, в таблиці 1.5 наведено приклади типових цифрових інновацій і результатів їх застосування.

Таблиця 1.5

Інформаційно-комунікаційні інновації в роботі контейнерних терміналів

Цифрова технологія	Суть та функції	Приклад впровадження	Ефект від застосування
TOS (Terminal Operating System)	Керує всіма процесами: прийом, зберігання, перевантаження, облік	Navis N4 у порту Гамбурга	Скорочення часу перевалки на 15–20%
PCS (Port Community System)	Платформа для обміну даними між портом, агентами, митницею, перевізниками	PortBase у Нідерландах	Прискорення обробки документів на 30–40%
IoT (Інтернет речей)	Система сенсорів для відстеження контейнерів, температури, безпеки	Port of Los Angeles	Підвищення безпеки вантажів, зменшення крадіжок
Блокчейн	Надійне зберігання даних про вантажі, транзакції, документи	TradeLens (Maersk + IBM)	Зменшення кількості помилок та витрат на аудит
API / Хмарні сервіси	Інтеграція з CRM, ERP та транспортними системами в реальному часі	Hutchison Ports	Оптимізація планування рейсів і навантаження суден

Джерело: розроблено автором на основі [41, 46, 47]

Використання ІКТ дозволяє терміналам перейти від класичної моделі перевалки до цифрової екосистеми, де всі процеси — від заявки клієнта до випуску вантажу — автоматизовані. Особливу роль у цьому відіграють:

- TOS-системи, які відстежують кожен контейнер у режимі 24/7, дозволяють керувати ресурсами кранів і складів, скорочують простой;
- PCS-платформи, що забезпечують єдине інформаційне середовище для всіх суб'єктів у порту;
- системи на базі IoT, які контролюють місцезнаходження, вагу, стан контейнера, забезпечують віддалене реагування на порушення (відкриття дверей, пошкодження пломб);
- блокчейн, який забезпечує незмінність, прозорість і безпеку документів у міжнародних вантажних перевезеннях.

Слід зазначити, що в Україні впровадження подібних інструментів лише починається. Серед позитивних прикладів — платформа e-Container для реєстрації контейнерів в Одеському порту, а також експериментальні інтеграції TOS на терміналі «Бруклін-Київ». Проте масштабні цифрові рішення залишаються фрагментарними через недостатню синхронізацію державних та приватних систем, відсутність обов'язкових стандартів цифрової взаємодії, обмежене фінансування та низьку залученість до глобальних систем (як-от TradeLens).

Інформаційно-комунікаційні інновації радикально змінюють функціонування контейнерних терміналів, забезпечуючи повну цифрову інтеграцію логістичних процесів. Вони дозволяють скоротити час обробки, зменшити ризики помилок, оптимізувати маршрути, а головне — створити прозору, взаємопов'язану екосистему учасників перевезень. Для України цифрова трансформація портової інфраструктури має стратегічне значення, адже без активного впровадження ІКТ неможливе повноцінне інтегрування у глобальні логістичні ланцюги[46, 47].

Окрім технічного та інформаційного оновлення, важливу роль у підвищенні ефективності контейнерних терміналів відіграють організаційно-управлінські інновації. Вони стосуються зміни підходів до управління операціями, персоналом, стратегічного планування, взаємодії із зацікавленими сторонами, а також адаптації до сучасних стандартів екологічної та соціальної відповідальності. Основна мета таких інновацій — досягти максимального узгодження між технічними можливостями терміналу, вимогами клієнтів і стратегічними завданнями логістичної системи в цілому.

Одним із ключових напрямів організаційних змін є впровадження концепції "розумного порту" (smart port) — тобто комплексної системи управління, яка поєднує цифрові платформи, автоматизоване планування, гнучку логістику та відкриту взаємодію з усіма учасниками процесу. Також поширеними є інновації в моделюванні та оптимізації логістичних процесів (digital twin, симуляція вантажопотоків), впровадження KPI-управління,

індексація ефективності на основі екологічних та соціальних показників (ESG-метрики) [46, 47].

Для ілюстрації основних організаційно-управлінських новацій у світових портах, у таблиці 1.6 наведено порівняльні приклади та їхній вплив на ефективність термінальної діяльності.

Таблиця 1.6

Приклади організаційно-управлінських інновацій у портах світу

Напрямок інновацій	Суть управлінського рішення	Приклад впровадження	Отриманий ефект
Концепція «Smart Port»	Інтеграція цифрових рішень у всі рівні операційної діяльності	Порт Роттердам	Єдина система управління, зменшення затримок на 30%
Digital Twin (цифровий двійник)	Моделювання логістичних сценаріїв та операцій терміналу	Порт Антверпен	Підвищення точності планування та навантаження ресурсів
KPI-управління	Система ключових показників ефективності роботи	Hutchison Ports, Гонконг	Мотивація персоналу, зростання продуктивності на 12%
ESG-менеджмент	Інтеграція екологічних і соціальних стандартів у стратегію розвитку	Port of Los Angeles	Поліпшення міжнародного іміджу, доступ до зеленого фінансування
Оптимізація логістичних маршрутів	Автоматичний розрахунок ефективного маршруту доставки вантажу	DP World, Дубай	Скорочення витрат пального та часу на транспортування

Джерело: розроблено автором на основі [52, 29, 30, 31]

Організаційні інновації також стосуються внутрішньої структури підприємств, що керують терміналами. Все частіше функції управління поділяються між відділами стратегії, аналітики, цифрової трансформації, безпеки та екології. Замість ієрархічних систем впроваджуються матричні або процесні моделі, які дозволяють швидше адаптуватися до змін попиту, оновлювати процеси та впроваджувати нові послуги.

Для України організаційні інновації у сфері портового управління залишаються малодослідженими, але перспективними. В окремих терміналах (наприклад, «Контейнерний термінал Одеса») розпочато впровадження KPI-системи для операторів і диспетчерів. Однак більшість підприємств діють за

традиційними схемами, що не враховують сучасних вимог до прозорості, клієнтоорієнтованості та динамічного планування.

Аналіз видів інновацій у морських портах показує, що ефективність функціонування контейнерних терміналів у сучасних умовах безпосередньо залежить від рівня їхньої технологічної, цифрової та управлінської модернізації. Технологічні інновації забезпечують автоматизацію перевантажувальних операцій, впровадження автономного транспорту та оптимізацію просторового використання терміналу. Інформаційно-комунікаційні рішення, зокрема TOS, PCS, IoT і блокчейн, дозволяють налагодити безперервний обмін даними, мінімізувати ризики людських помилок та підвищити прозорість логістичних процесів. Організаційно-управлінські інновації — впровадження концепції smart port, цифрового моделювання, KPI-управління — формують стратегічну основу для сталого розвитку терміналів у відповідності до міжнародних стандартів. Для українських портів надзвичайно важливо адаптувати ці практики з урахуванням національних реалій та поступово інтегруватися у глобальні логістичні ланцюги через інноваційний розвиток.

1.3. Особливості організації контейнерних перевезень та їх ефективність

Контейнерні перевезення є найбільш поширеною формою транспортування вантажів у міжнародній логістиці, забезпечуючи високу стандартизацію, безпеку та зручність обробки. Ефективна організація контейнерного перевезення базується на дотриманні низки принципів, які дозволяють мінімізувати логістичні витрати та забезпечити швидкість і надійність доставки.

Перший етап організації полягає у виборі оптимального маршруту доставки, з урахуванням типу вантажу, регіональних обмежень, тарифів і

доступності транспорту. Перевага часто надається мультимодальним схемам доставки, які поєднують морські, залізничні та автомобільні перевезення. Далі відбувається вибір типу контейнера, залежно від особливостей вантажу (звичайний 20' або 40', рефрижератор, флет-рек, танк-контейнер тощо).

Важливою частиною процесу є упакування, маркування вантажу та його розміщення в контейнері з урахуванням вагових обмежень, центру тяжіння, кріплень і збереження цілісності продукції. Після цього відбувається заповнення супровідної документації, яка включає інвойс, пакувальний лист, коносамент (Bill of Lading), сертифікати відповідності або походження, а також митні декларації.

Для кращого розуміння етапів організації контейнерного перевезення наводимо узагальнену схему логістичного процесу на рисунку 1.1.



Рис. 1. 1. Типова схема організації контейнерного перевезення

Джерело: розроблено автором на основі [8, 14]

Особливу роль у цьому процесі відіграє узгоджена координація дій між усіма учасниками — експедитором, перевізником, митницею, портовими операторами та вантажоодержувачем. Сучасні компанії дедалі частіше звертаються до операторів повного логістичного циклу (end-to-end), які забезпечують увесь ланцюг доставки за єдиним договором.

У разі експортного перевезення організація включає також отримання експортного контролю, погодження сертифікатів та попередню подачу електронної декларації, а при імпорті — процедури митного оформлення, перевірки документів, сплати митних платежів і доставки «до дверей».

Організація контейнерного перевезення є багатоступеневим процесом, що вимагає точності, узгодженості та високої логістичної компетенції. Правильне планування маршруту, вибір типу контейнера, підготовка вантажу та оформлення документів є критично важливими для забезпечення своєчасної доставки та зниження витрат. Ефективність кожного з етапів залежить як від технологічного рівня учасників перевезення, так і від ступеня їх координації в межах єдиного логістичного ланцюга.

Ефективність контейнерних перевезень є комплексною характеристикою, яка визначає здатність логістичної системи забезпечити швидке, надійне та економічно обґрунтоване транспортування вантажів у контейнерах. Цей показник залежить від багатьох зовнішніх і внутрішніх факторів, які охоплюють інфраструктурні, технічні, організаційні, правові та економічні аспекти[7].

До ключових чинників належать: стан портової та залізничної інфраструктури, рівень автоматизації терміналів, тривалість митного оформлення, якість координації між учасниками перевезення, доступність контейнерного парку, впровадження цифрових сервісів, а також зовнішні ризики, пов'язані з геополітичною ситуацією, кліматичними умовами чи заторами в глобальних портах.

Для систематизації основних факторів, які найбільше впливають на ефективність контейнерних перевезень, у таблиці 1.7 представлено їх поділ за характером впливу — позитивним або обмежувальним.

Таблиця 1.7

Основні фактори впливу на ефективність контейнерних перевезень

Фактор	Характер впливу	Коментар
Розвинена інфраструктура порту	Позитивний	Зменшує час обробки, збільшує пропускну здатність
Автоматизація терміналу	Позитивний	Скорочення людського фактору, зменшення витрат
Надійна взаємодія між учасниками	Позитивний	Узгоджені дії знижують ризик затримок
Високий рівень цифровізації	Позитивний	Прозорість, онлайн-доступ до даних, електронний документообіг
Тривалість митного оформлення	Негативний	Уповільнює процес вивантаження, створює черги
Обмежений парк контейнерів	Негативний	Провокує затримки через нестачу тари
Вартість пального та перевезень	Негативний	Збільшує загальну собівартість логістики
Затори в портах (глобальні/локальні)	Негативний	Порушення графіків доставок
Геополітична нестабільність	Негативний	Може блокувати шляхи, створювати непередбачувані затримки

Джерело: розроблено автором на основі [8, 43, 49]

Як показано в таблиці 1.7, на ефективність контейнерного перевезення впливають не лише технічні характеристики терміналів, а й організаційні взаємодії, рівень нормативного регулювання, енергетичні витрати, а також непередбачувані зовнішні обставини. Наприклад, перебої у роботі Суецького каналу або бойові дії в Чорноморському регіоні можуть повністю змінити логіку маршрутів і час транспортування.

Важливо також враховувати людський чинник — компетентність персоналу, гнучкість логістичних компаній, наявність альтернативних рішень у випадку порушення графіків. Високий рівень цифровізації дозволяє частково

нівелювати ці ризики за рахунок прогнозування, попереднього узгодження дій і мультиваріантного планування.

Ефективність контейнерних перевезень формується під впливом цілого комплексу факторів — від технічної оснащеності терміналів до здатності учасників логістичного ланцюга швидко взаємодіяти та адаптуватися до змін. У сучасних умовах особливе значення мають цифровізація процесів, автоматизація, розвинена інфраструктура та наявність надійного нормативного середовища. Водночас загрози у вигляді заторів, адміністративних бар’єрів чи геополітичної нестабільності залишаються ключовими викликами для глобальної контейнерної логістики[49].

Для забезпечення конкурентоспроможності контейнерних перевезень необхідним є постійний моніторинг їх ефективності. Такий моніторинг дозволяє виявляти слабкі місця у логістичному процесі, приймати обґрунтовані управлінські рішення, оптимізувати маршрути, розклад і використання ресурсів. Ефективність перевезень визначається комплексом кількісних і якісних показників, які охоплюють часові, технічні, фінансові та сервісні аспекти.

Серед найбільш вживаних показників можна виокремити: час обробки контейнера в терміналі, рівень використання контейнерної ємності, пропускну здатність терміналу, коефіцієнт оборотності, собівартість перевезення одиниці вантажу, відсоток простоїв, рівень своєчасної доставки (on-time delivery rate).

Для узагальнення основних індикаторів ефективності, їх призначення та способу розрахунку, у таблиці 1.8 наведено ключові показники оцінювання діяльності у сфері контейнерних перевезень.

Таблиця 1.8

Основні показники ефективності контейнерних перевезень

Показник	Суть та призначення	Спосіб розрахунку / вимірювання
Час обробки контейнера (Turnaround Time)	Показує, скільки часу витрачається на обробку одного контейнера	хвилини/години від прибуття до вивантаження

Оборотність контейнерів	Визначає, скільки разів контейнер використовується за період	Кількість рейсів на 1 контейнер на рік
Коефіцієнт завантаження контейнера	Показує ефективність використання внутрішнього об'єму	Фактична вага / номінальна місткість (%)
Собівартість перевезення TEU	Витрати на 1 двадцятифутовий еквівалент	грн або \$ / 1 TEU
Коефіцієнт простоїв	Частка часу, коли контейнер очікує обробки	Час простою / загальний час логістики (%)
Пунктуальність доставки	Частка контейнерів, доставлених згідно з графіком	Кількість доставлених вчасно / загальна кількість (%)
Пропускна здатність терміналу	Максимальна кількість контейнерів, яку термінал здатен обробити	TEU / рік або TEU / добу

Джерело: розроблено автором на основі [45, 49, 22]

Як видно з таблиці 1.8, більшість показників мають операційний характер, однак у сукупності дозволяють оцінити і економічну, і логістичну ефективність усієї системи перевезень. Окрім загальних індикаторів, великі компанії використовують інтегровані KPI-системи, які включають специфічні внутрішні метрики, адаптовані до маршруту, виду вантажу, сезону тощо.

Оцінка ефективності не може бути повною без порівняння фактичних результатів із плановими, що дозволяє будувати план-факт аналіз та обґрунтовувати доцільність змін. Зростання оборотності контейнерів, зниження собівартості або зменшення простоїв — це прямі показники підвищення якості організації перевезень.

Ефективність контейнерних перевезень є результатом взаємодії великої кількості логістичних змінних. Для її об'єктивного вимірювання використовуються комплексні показники, які охоплюють часові, економічні та технічні параметри. Регулярний аналіз таких показників дозволяє не лише покращити внутрішню логістику підприємства, а й підвищити конкурентоспроможність терміналу або перевізника на глобальному ринку. Системна оцінка ефективності має стати обов'язковим елементом управління контейнерними потоками в сучасних портах.

Проведене теоретичне дослідження підтвердило, що контейнерні термінали є ключовим структурним елементом сучасної логістичної системи, від ефективності функціонування якого залежить ритмічність міжнародних

перевезень, оптимізація транспортних витрат та швидкість доставки вантажів. У процесі аналізу було з'ясовано, що термінали виконують широкий спектр операцій — від перевалки й зберігання до цифрового супроводу вантажів — і водночас виступають комунікаційним вузлом між морським, залізничним, автомобільним транспортом та інформаційними платформами.

Узагальнення світового досвіду показало, що ефективність діяльності контейнерних терміналів значною мірою залежить від рівня впровадження інновацій. Технологічні рішення (автоматизовані крани, автономні візки), інформаційно-комунікаційні системи (TOS, PCS, блокчейн, IoT) та організаційно-управлінські підходи (KPI, smart-port, digital twin) формують нову модель портової логістики, орієнтовану на швидкість, точність і сталість. Водночас в Україні впровадження таких рішень ще перебуває на етапі становлення, що зумовлює необхідність дослідження їхнього практичного застосування в глобальному та національному контексті.

Окрему увагу було приділено організації контейнерних перевезень та чинникам, що впливають на їхню ефективність. Визначено, що якість обслуговування, тривалість логістичних операцій, технічний рівень інфраструктури, доступність цифрових сервісів та здатність системи реагувати на зміни — є ключовими параметрами, які формують результативність контейнерної логістики. Системна оцінка цих параметрів дає змогу виявляти резерви підвищення ефективності та приймати обґрунтовані управлінські рішення щодо вдосконалення діяльності терміналів.

РОЗДІЛ 2.

АНАЛІЗ ІННОВАЦІЙ У КОНТЕЙНЕРНИХ ТЕРМІНАЛАХ ПОРТІВ УКРАЇНИ І СВІТУ

2.1. Інновації в контейнерних терміналах світових портів

Інновації в контейнерних терміналах провідних світових портів стали відповіддю на виклики стрімкого зростання обсягів перевезень, потреби в підвищенні ефективності та дотримання екологічних стандартів. Автоматизація, цифровізація та нові управлінські підходи трансформують логістичну інфраструктуру, перетворюючи традиційні термінали на високотехнологічні логістичні хаби. У цьому підпункті розглянуто практичний досвід впровадження інновацій у таких портах, як Роттердам, Сінгапур та Шанхай, які є світовими лідерами у сфері контейнерної логістики.

Порт Роттердам є визнаним лідером серед європейських морських хабів і одним із найінноваційніших портів світу. Його контейнерний термінал Maasvlakte II вважається еталоном повної автоматизації портової логістики, де основні операції виконуються без участі людини. Це стало можливим завдяки впровадженню комплексу технологічних рішень, що поєднують автоматизовану техніку, цифрові системи управління, "зелені" джерела енергії

та штучний інтелект. Основна особливість Maasvlakte II — це повна автономність перевантажувальних операцій: завантаження і розвантаження суден виконується кранами з дистанційним управлінням, а переміщення контейнерів здійснюють AGV (Automated Guided Vehicles) — автоматичні безпілотні візки, які слідують прокладеним маршрутам без втручання оператора[24].

Важливу роль у координації всіх процесів відіграє TOS-система нового покоління, яка дозволяє контролювати техніку, планувати ресурси, моніторити завантаження та інтегрувати всі ланки ланцюга поставок у реальному часі. Крім того, Maasvlakte II використовує shore power для суден, електричні крани та енергоефективне освітлення, що відповідає європейським екологічним стандартам.

Щоб наочно продемонструвати вплив технологічних рішень на роботу терміналу Maasvlakte II, у таблиці 2.1 наведено порівняння його показників із традиційними портами.

Таблиця 2.1

Порівняння Maasvlakte II з традиційними контейнерними терміналами

Показник	Maasvlakte II (автоматизований)	Традиційний термінал
Середній час обробки контейнера	3–5 хв	8–12 хв
Частка операцій без участі людини	95%	30–40%
Кількість персоналу на 1 TEU	0,05	0,12–0,15
Викиди CO ₂ на 1 TEU	знижено на 45%	високі
Кількість аварій/інцидентів	мінімальна	середня/висока
Потужність обробки (TEU/рік)	понад 4,5 млн	до 2 млн

Джерело: розроблено автором на основі [24, 44,53-55]

Як видно з таблиці 2.1, автоматизація терміналу дозволила суттєво скоротити час перевалки, зменшити кількість персоналу, оптимізувати витрати та одночасно знизити екологічне навантаження. Такий результат став можливим завдяки комплексному підходу до впровадження інновацій — не лише на рівні техніки, а й через цифрову інфраструктуру та стратегічне управління.

Порт Роттердам також активно працює над розширенням платформи PORTXchange, яка забезпечує координацію всіх учасників доставки — від судновласників до вантажоодержувачів — і дозволяє синхронізувати прибуття суден, зменшуючи затримки та черги біля причалів[24, 44].

Досвід терміналу Maasvlakte II в Роттердамі доводить, що технологічна автоматизація контейнерного терміналу є ефективним інструментом для підвищення продуктивності, зниження витрат та забезпечення екологічної відповідальності. Використання AGV, роботизованих кранів, сучасних TOS-систем і цифрових платформ значно покращує логістичну синхронізацію та відкриває нові можливості для масштабування. Цей приклад може слугувати орієнтиром для модернізації контейнерних терміналів у країнах, які прагнуть інтегруватися у глобальні логістичні ланцюги.

Порт Сінгапуру, що управляється компанією PSA International, є одним із найпотужніших контейнерних вузлів у світі, обробляючи понад 37 млн TEU на рік. Його успіх базується не лише на зручному географічному розташуванні, а насамперед — на глибокій цифровізації логістичних процесів. PSA Singapore виступає прикладом "розумного" порту, в якому впроваджено інтегровану цифрову інфраструктуру, що поєднує всі рівні управління — від планування перевалки до взаємодії з митницею та клієнтами в реальному часі[29].

Ключовим цифровим інструментом, що використовується в порту, є PortNet — національна портова інформаційна система, яка об'єднує перевізників, експедиторів, агентів, логістичні компанії, портові служби та державні органи. Через цю платформу здійснюється понад 90% усіх логістичних операцій, у тому числі заяви на швартування, оформлення документів, координація навантаження та електронні платежі.

Окрім цього, PSA активно використовує цифрових двійників (Digital Twin) для моделювання вантажопотоків, системи штучного інтелекту для прогнозування пікових навантажень та оптимізації розкладів, а також мобільні додатки для операторів і клієнтів, що дозволяють відстежувати статус контейнерів і планувати логістичні дії в реальному часі.

Для систематизації цифрових рішень, запроваджених у PSA Singapore, у таблиці 2.2 наведено їх основні характеристики та функціональні переваги.

Таблиця 2.2

Цифрові інновації у PSA Singapore

Інновація / рішення	Функція	Результат / ефект
PortNet	Єдина цифрова платформа для всіх учасників логістики	Скоординоване планування, скорочення часу оформлення
Digital Twin	Віртуальна модель терміналу та потоку вантажів	Прогнозування навантаження, моделювання сценаріїв
AI-модуль планування	Розподіл ресурсів, розрахунок черг і перевантажень	Зниження простоїв на 25%, підвищення точності графіків
Мобільний додаток PSA	Відстеження статусу контейнерів та онлайн-комунікація	Прозорість, швидкість обслуговування клієнтів
Інтеграція з митницею (e-Customs)	Автоматичне погодження документів з державними органами	Скорочення часу оформлення на 30–40%

Джерело: розроблено автором на основі [29]

Як видно з таблиці 2.2, PSA Singapore впровадила широкий спектр інформаційно-комунікаційних рішень, кожне з яких має чітке функціональне призначення та вимірюваний результат. Платформа PortNet забезпечує централізовану координацію між усіма учасниками логістичного ланцюга, що дозволяє зменшити операційні затримки та втрати часу на погодження дій. Впровадження цифрового двійника терміналу дало змогу моделювати реальні логістичні процеси у віртуальному середовищі, прогнозувати вузькі місця і запобігати простоям[29].

Використання штучного інтелекту у плануванні логістичних ресурсів дало змогу не лише підвищити точність розрахунків, але й адаптувати планування до змін у реальному часі — зокрема, до затримок суден, зміни погодних умов, сезонних коливань. Мобільний додаток PSA є прикладом клієнтоорієнтованості: він дозволяє учасникам процесу стежити за своїми вантажами безпосередньо зі смартфона, що зменшує потребу в фізичних зверненнях до адміністрації порту. Особливо важливою є інтеграція з митними службами, яка забезпечує оформлення вантажів у режимі реального часу без залучення паперових процедур.

Загалом, усі ці рішення працюють в єдиній екосистемі, що формує цілісний цифровий простір управління портом.

Цифрові інновації, впроваджені у PSA Singapore, наочно демонструють, як повна інтеграція цифрових інструментів в операційну діяльність порту дозволяє досягти нових рівнів ефективності, прозорості та зручності для клієнтів. Вони не лише скорочують витрати часу та ресурсів, але й забезпечують гнучкість логістичної системи в умовах динамічного глобального середовища. PSA Singapore виступає прикладом того, як цифрова трансформація змінює не лише технології, а й філософію управління логістичними процесами в портах світового масштабу.

Порт Шанхай є найбільшим контейнерним портом світу за обсягами обробки вантажів: у 2023 році він перевищив 47 млн TEU. Його головна особливість — здатність забезпечувати стабільну й ефективну роботу при надзвичайно високому навантаженні, що вимагає досконалого управління інфраструктурою, ресурсами та інформаційними потоками. Для цього в Шанхаї впроваджено масштабні цифрові та технічні рішення, адаптовані до умов великої щільності перевезень і потреби в точній координації[8, 14].

Центральним об'єктом інновацій є термінал Yangshan Deep-Water Port — повністю автоматизований глибоководний термінал, розташований на штучному острові. Його операції керуються інтелектуальною диспетчерською

системою, яка координує тисячі кранів, платформ і AGV, обробляючи дані з понад 30 джерел у режимі реального часу.

Щоб узагальнити основні інноваційні рішення, впроваджені у порту Шанхай, у таблиці 2.3 наведено ключові характеристики та їхній вплив на стабільність і продуктивність роботи.

Таблиця 2.3

Масштабні інноваційні рішення у порту Шанхай

Напрямок інновацій	Конкретне рішення / приклад	Ефект / результат
Автоматизація терміналу	Термінал Yangshan: 130 автоматизованих кранів та AGV	Стабільна обробка до 100 тис. TEU на добу
Цифрова диспетчеризація	AI-система обліку та планування вантажів	Своєчасність доставки > 96%, зниження перевантаження
Хмарна система обліку	Єдина база даних для всіх учасників	Прозорість, зменшення часу на погодження документів
Енергоефективні рішення	Використання гібридних кранів, заряджання від вітрових джерел	Скорочення викидів CO ₂ на 50% порівняно з аналогами
Адаптація до пікових навантажень	Моделі прогнозування сезонного попиту	Відсутність простоїв навіть під час святкових періодів

Джерело: розроблено автором на основі [40]

Як показано в таблиці 2.3, порт Шанхай базує свою стратегію розвитку на комплексному впровадженні масштабованих рішень, які дозволяють зберігати високу ефективність при великому потоці вантажів. Повна автоматизація терміналу Yangshan забезпечує обробку вантажів без втрати якості навіть у пікові періоди. Індивідуальну увагу заслуговує система інтелектуального планування з використанням AI, яка дозволяє оперативно реагувати на затори, зміни у розкладі суден або метеоумови[40].

Крім того, впровадження екологічних стандартів стало невід’ємною частиною стратегії — порт прагне поєднати масштабні логістичні потоки із

принципами сталого розвитку. Хмарна система даних, що об'єднує всіх учасників (термінали, митницю, перевізників), забезпечує синхронізацію процесів у реальному часі, що мінімізує ризики затримок і людських помилок.

Порт Шанхай демонструє, що навіть за умов надвисоких навантажень можна забезпечити стабільну, прогнозовану та екологічно відповідальну роботу терміналу. Завдяки системному підходу до автоматизації, впровадженню штучного інтелекту, цифрової диспетчеризації та прогнозних моделей порт успішно витримує колосальні обсяги перевезень і задає стандарт масштабної ефективності у світовій контейнерній логістиці. Цей досвід є важливим орієнтиром для країн, що прагнуть поєднати продуктивність з цифровою стійкістю[40].

Проведене дослідження показало, що провідні світові порти, зокрема Роттердам, Сінгапур і Шанхай, активно впроваджують інновації, які охоплюють усі аспекти функціонування контейнерних терміналів — від технологічного переоснащення до повної цифрової інтеграції логістичних процесів. У Роттердамі пріоритет надано автоматизації техніки та скороченню людського втручання; у Сінгапурі — створенню цифрової екосистеми на основі інтегрованих платформ, а в Шанхаї — масштабуванню операцій при максимальному навантаженні за рахунок штучного інтелекту, хмарних систем та енергозбереження.

Успіх цих терміналів ґрунтується не лише на технічних рішеннях, а й на системному, стратегічному підході до управління, де інновації інтегруються у всі рівні логістики. Такий досвід доводить: ефективність, швидкість, надійність та екологічність сучасного порту — це прямий результат інвестицій в інновації та цифрову трансформацію. Отже, саме ці підходи мають стати орієнтиром для модернізації контейнерних терміналів інших країн, включаючи Україну.

2.2. Сучасний стан розвитку контейнерних терміналів в Україні

Незважаючи на складну безпекову ситуацію та обмеження, пов’язані з воєнними діями, українські морські порти продовжують обробляти контейнерні вантажі, демонструючи поступове відновлення. Основними центрами контейнерної логістики залишаються порти Одеса, Чорноморськ та Південний, які забезпечують більшість контейнерного обігу країни.

З метою систематизації інформації про ці порти, у таблиці 2.4 наведено ключові показники їхньої діяльності.

Таблиця 2.4

Основні українські порти, що обробляють контейнерні вантажі

Порт	Потужність обробки (TEU/рік)	Обсяг перевалки 2024 (TEU)	Частка від загального обсягу (%)	Коментарі
Одеса	850 000	671 532	65,7	Лідер за обсягами перевалки; активне залучення нових контейнерних ліній.
Чорноморськ	1 885 000	112 200	11	Має сучасний контейнерний термінал; потенціал для розвитку.
Південний	600 000	238 608	23,3	Глибоководний порт; активно розвивається, зокрема завдяки інвестиціям DP World.

Джерело: розроблено автором на основі [54-56]

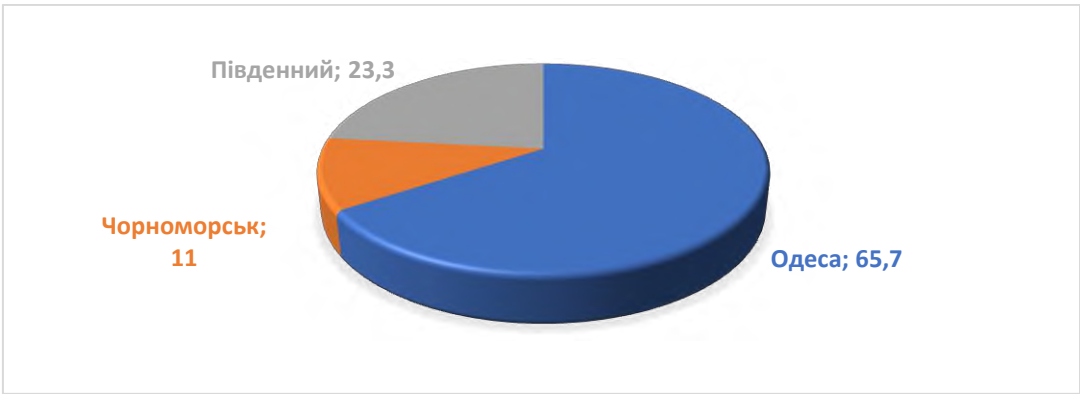


Рис. 2.1. Частка українських портів від загального обсягу

Як видно з таблиці 2.4, порт Одеса залишається лідером серед українських портів за обсягами перевалки контейнерів, обробивши у 2024 році 671 532 TEU, що становить 65,7% від загального обсягу. Це стало можливим завдяки активному залученню нових контейнерних ліній, таких як COSCO Shipping Lines та Yang Ming, а також розширенню співпраці з компанією ZIM.

Порт Чорноморськ має найбільшу потужність обробки контейнерів серед українських портів (1 885 000 TEU/рік), проте фактичний обсяг перевалки у 2024 році склав лише 112 200 TEU. Це свідчить про значний потенціал для розвитку, який може бути реалізований за умови залучення інвестицій та модернізації інфраструктури[54].

Порт Південний демонструє стабільне зростання обсягів перевалки контейнерів, обробивши у 2024 році 238 608 TEU. Завдяки глибоководним причалам та інвестиціям з боку компанії DP World, порт має всі передумови для подальшого розвитку та збільшення обсягів перевалки[55].

Аналіз діяльності основних українських портів, що обробляють контейнерні вантажі, свідчить про поступове відновлення та наявність значного потенціалу для розвитку. Порт Одеса утримує лідерські позиції завдяки активній роботі з міжнародними контейнерними лініями. Чорноморськ має найбільшу потужність обробки, проте потребує модернізації та залучення інвестицій для повного використання свого потенціалу. Південний, завдяки глибоководним причалам та стратегічним інвестиціям, демонструє стабільне зростання та має перспективи стати одним з ключових гравців у контейнерній логістиці України.

Ефективність роботи контейнерних терміналів безпосередньо залежить від рівня їхнього технічного оснащення та впровадження сучасних цифрових рішень. В українських портах наявна інфраструктура є функціональною, проте її модернізація відбувається нерівномірно і часто фрагментарно. Основна частина перевантажувального обладнання — це кранова техніка, тягачі, платформи, вагові комплекси, частина з яких фізично або морально застаріла. Водночас спостерігаються позитивні зрушення у сфері цифровізації, зокрема

впровадження TOS-систем, електронного документообігу та GPS-моніторингу[54-56].

Щоб проілюструвати реальний стан технічного і цифрового забезпечення провідних контейнерних терміналів в Україні, у таблиці 2.5 наведено порівняльну характеристику за ключовими критеріями.

Таблиця 2.5

Поточний рівень технічного та цифрового забезпечення українських терміналів

Порт	Технічне забезпечення (крани, AGV, RTG)	Наявність TOS	Цифрові сервіси (GPS, е-документи)	Коментар
Одеса	STS-крани, reachstackers, тягачі (середній вік – 10 років)	Впроваджено Navis N4	e-Container, митне API	Найбільш цифровізований термінал
Чорноморськ	Крани Kalmar, мобільні порталні крани	Обмежено	частковий GPS, локальні CRM	Потребує оновлення техніки
Південний	Сучасні STS та RTG, нові тягачі DP World	Так	Інтеграція з платформою NaviPort	Активна модернізація

Джерело: розроблено автором на основі [54-56]

Як показано в таблиці 2.5, порт Одеса є найбільш просунутим у сфері цифровізації — тут використовується TOS Navis N4, діє сервіс e-Container для електронної реєстрації контейнерів, а також запроваджено інтеграцію з митними службами через API. Технічне оснащення перебуває у задовільному стані, проте частина кранового обладнання вже перевищує 10-річний строк експлуатації.

У порту Чорноморськ технічне обладнання частково модернізоване, однак система управління терміналом лише частково автоматизована.

Відсутність повноцінної TOS-системи, слабка цифрова інтеграція з іншими учасниками логістичного ланцюга і локальні CRM-рішення свідчать про необхідність оновлення як техніки, так і цифрових процесів[54].

Найдинамічніше розвивається порт Південний, де компанія DP World інвестувала в нові STS-крани, RTG та тягачі. У терміналі активно використовується платформа NaviPort, яка дозволяє клієнтам відстежувати статус контейнерів, взаємодіяти з адміністрацією онлайн і формувати заявки на завантаження/розвантаження без участі оператора[55].

Рівень технічного та цифрового забезпечення контейнерних терміналів в Україні є неоднорідним. Найвищий ступінь цифровізації та автоматизації спостерігається у портах Одеси та Південного, де активно впроваджуються сучасні TOS-системи, електронні сервіси та новітнє обладнання. Водночас у порту Чорноморськ зберігається потреба в оновленні як техніки, так і інформаційної інфраструктури. Загалом, тенденція до цифровізації поступово посилюється, однак вимагає системної підтримки, стандартизації та стратегічного підходу на державному рівні. Незважаючи на наявність стратегічно важливих морських портів і певний прогрес у сфері цифровізації, контейнерна інфраструктура України продовжує функціонувати в умовах системних викликів[54-56].

Обмеження, з якими стикаються вітчизняні термінали, мають комплексний характер — технічний, організаційний, правовий і геополітичний. Вони не лише стримують темпи розвитку логістичних вузлів, а й знижують конкурентоспроможність України на глобальному ринку морських перевезень. Основні проблеми стосуються застарілості техніки, фрагментарної цифровізації, обмеженої залізничної інфраструктури, високої залежності від людського фактора, нестачі інвестицій та наслідків воєнних дій. У таблиці 2.6 узагальнено ключові обмеження, їхній вплив на ефективність та можливі наслідки.

Основні проблеми контейнерної інфраструктури України

Категорія проблеми	Конкретний прояв	Вплив на ефективність	Наслідки для ринку
Технічні обмеження	Зношені крани, тягачі, відсутність AGV	Затримки, збільшення витрат на обробку вантажів	Зниження швидкості та обсягів перевалки
Інфраструктурні бар'єри	Відсутність контейнерних поїздів, вузькі залізничні під'їзди	Неможливість швидкої доставки у глиб країни	Втрата транзитного потенціалу
Цифровий розрив	Відсутність єдиної платформи, локальні CRM	Висока вартість комунікації, дублювання дій	Низький рівень взаємодії з клієнтами
Інституційні фактори	Відсутність державної стратегії розвитку терміналів	Нестабільність правил, слабка підтримка	Недовіра з боку інвесторів
Воєнні ризики	Загроза безпеці портів, пошкодження інфраструктури	Часткова зупинка роботи портів	Перенаправлення вантажів у порти інших країн

Джерело: розроблено автором на основі[54-56]

Як показано в таблиці 2.6, проблеми розвитку контейнерної інфраструктури в Україні мають системний і взаємопов'язаний характер. Найбільш критичними є технічна зношеність обладнання та слабка інтеграція із залізничною мережею, що суттєво знижує швидкість обробки контейнерів та обмежує географію доставки. Додатковим ускладненням є відсутність централізованих цифрових платформ, що унеможливлює ефективну взаємодію між терміналами, перевізниками, митницею та клієнтами.

Інституційні бар'єри також відіграють значну роль: відсутність національної стратегії розвитку портової логістики знижує прогнозованість умов роботи та стримує інвесторів. Особливу загрозу становлять воєнні ризики, які не тільки ускладнюють фізичну роботу терміналів, а й призводять до перенаправлення вантажопотоків у конкуренти — порти Румунії, Польщі, Туреччини. Таким чином, слабкі сторони української системи посилюються під впливом зовнішніх загроз, що потребує цілеспрямованого державного втручання та міжнародної підтримки.

Для глибокої аналітичної оцінки нижче представлено короткий SWOT-аналіз стану української контейнерної інфраструктури.

STRENGTHS (СИЛЬНІ СТОРОНИ): - Географічне положення на перетині транспортних коридорів - Наявність глибоководних портів (Південний) - Досвід міжнародного	WEAKNESSES (СЛАБКІ СТОРОНИ): - Зношена техніка, обмежена автоматизація - Фрагментарна цифровізація - Недостатній рівень залізничної
---	---

OPPORTUNITIES (МОЖЛИВОСТІ):	THREATS (ЗАГРОЗИ):
- Участь у відбудові після війни - Приєднання до ініціативи «Зеленого коридору» ЄС - Залучення інвесторів через концесії	- Військові дії поблизу портів - Зростання конкуренції з портами Польщі, Румунії, Туреччини - Відтік логістичних компаній за кордон

Рис. 2.2. SWOT-аналіз розвитку контейнерних терміналів України

Джерело: розроблено автором на основі [54-56]

SWOT-аналіз дозволяє комплексно оцінити стан українських контейнерних терміналів у координатах внутрішніх можливостей і загроз зовнішнього середовища. Серед сильних сторін варто відзначити географічне положення України, що забезпечує вихід до Чорного моря та з'єднання з Пан'європейськими транспортними коридорами, а також наявність глибоководних терміналів — рідкісного ресурсу в регіоні. Крім того, наявність досвіду взаємодії з міжнародними операторами, зокрема DP World, свідчить про відкритість до світової логістичної інтеграції.

Водночас слабкі сторони (зношена техніка, фрагментарна цифровізація, слабка залізнична логістика) значно звужують операційну гнучкість і швидкість реакції на змінні потреби ринку. До загроз відносяться не лише військові дії, а й посилення конкуренції з боку сусідніх портів, які мають стабільніші політичні та економічні умови. Проте серед можливостей — участь у повоєнній відбудові, створення нової логістичної архітектури на базі «зелених» коридорів, поглиблення партнерства з ЄС та потенційне залучення концесійних і грантових механізмів фінансування.

Таким чином, SWOT-аналіз підтверджує: при системному підході до вирішення наявних проблем та за підтримки міжнародних партнерів,

українська контейнерна логістика може перейти з фази відновлення у фазу модернізації та розвитку.

Аналіз сучасного стану розвитку контейнерних терміналів в Україні свідчить про наявність важливих базових передумов для ефективного функціонування контейнерної логістики, зокрема вигідне географічне положення, наявність глибоководних портів та досвід міжнародного співробітництва. Разом з тим, рівень технічного та цифрового забезпечення вітчизняних терміналів є неоднорідним: якщо Одеса й Південний демонструють поступ у впровадженні сучасних TOS-систем і модернізації обладнання, то Чорноморськ потребує значного оновлення інфраструктури.

Контейнерна галузь стикається з низкою системних проблем — зношеністю техніки, обмеженнями залізничного сполучення, фрагментарною цифровізацією, відсутністю державної стратегії та загрозами воєнного характеру. Ці чинники обмежують можливості швидкої адаптації українських терміналів до міжнародних стандартів та знижують конкурентоспроможність у Чорноморському регіоні.

Водночас SWOT-аналіз засвідчує, що в умовах цілеспрямованої політики, залучення інвестицій та міжнародної підтримки, українські порти можуть не лише відновити довоєнні показники, а й зайняти сильніші позиції в глобальній контейнерній логістиці, використовуючи нові формати співпраці та цифрові технології.

2.3. Порівняння ефективності контейнерних перевезень у світових і українських портах

У сучасних умовах зростаючої глобалізації ефективність контейнерних перевезень виступає ключовим фактором конкурентоспроможності національної логістичної системи. Порти відіграють роль критичних вузлів у

ланцюгах постачання, де швидкість, точність та надійність обробки вантажів напряду впливають на рівень обслуговування клієнтів і витрати перевізників. У цьому контексті порівняння між показниками провідних світових терміналів і українських портів дозволяє оцінити глибину наявного відставання, визначити основні обмеження та окреслити напрями для адаптації міжнародного досвіду. У межах цього пункту розглядаються ключові показники ефективності, реальний стан справ в Україні та аналітичне співставлення із світовими практиками.

Ефективність контейнерних перевезень у світових портах оцінюється за низкою комплексних показників, які охоплюють технічну, цифрову та організаційну складові. Ці критерії дають змогу вимірювати реальні операційні результати терміналів, рівень автоматизації, точність виконання графіків, якість обслуговування клієнтів та екологічну сталість логістичних процесів.

У світовій практиці основними показниками ефективності вважаються:

- Час обробки одного контейнера (Turnaround Time);
- Рівень автоматизації перевалки;
- Пунктуальність доставки (On-Time Delivery Rate);
- Пропускна здатність терміналу (TEU/рік);
- Інтеграція цифрових систем (TOS, PCS, API);
- Екологічні показники (скорочення викидів, використання shore power).

Ці критерії активно застосовуються у таких портах, як Роттердам, Сінгапур, Шанхай, Антверпен, Гамбург, Дубай, де кожен із них є не лише індикатором якості, а й конкурентною перевагою.

Для ілюстрації застосування ключових показників ефективності у світових терміналах нижче наведено узагальнену таблицю 2.7.

Таблиця 2.7

Основні показники ефективності в провідних контейнерних портах світу

Порт	Час обробки (хв/контейнер)	Автоматизація (%)	Продуктивність (TEU/рік)	Пунктуальність доставки (%)	Наявність TOS / PCS
Роттердам	4–5	90–95	~14 млн	97	Navis N4 + PortBase
Сінгапур	6–7	85–90	~37 млн	96	PortNet
Шанхай	5–6	95	~47 млн	94	AI + Cloud TOS
Антверпен	6–8	80–85	~12 млн	93	NxtPort
Гамбург	7–9	70–75	~9 млн	91	DAKOSY

Джерело: розроблено автором на основі [40, 52, 53, 30, 32]

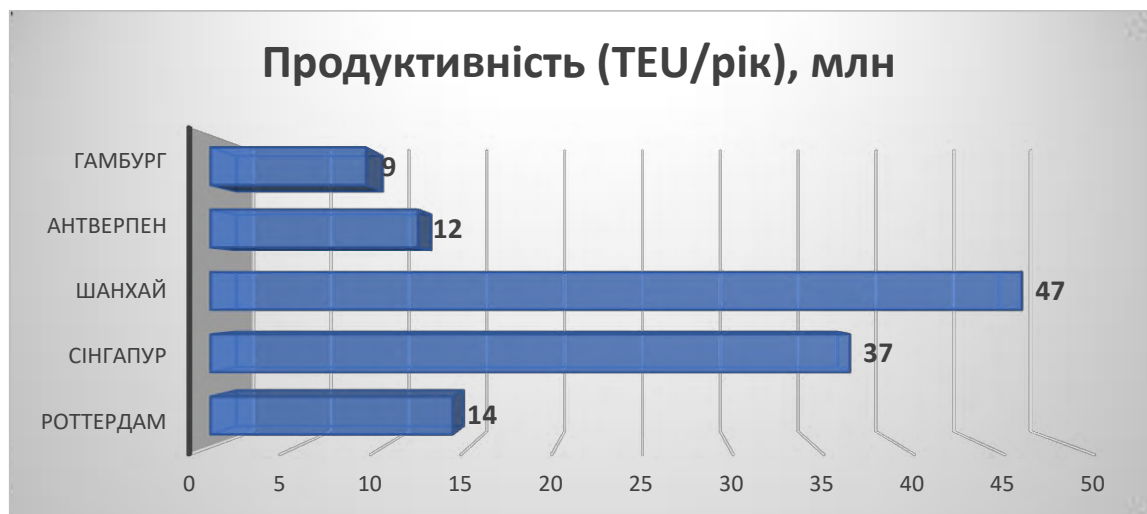


Рис. 2.3. Продуктивність провідних контейнерних портів світу, млн

Як видно з таблиці, всі провідні порти світу мають високий рівень автоматизації перевалки, що дозволяє мінімізувати час обробки контейнерів. Наприклад, у Роттердамі завдяки AGV та інтелектуальним кранам обробка одного контейнера займає лише 4–5 хвилин. Аналогічно, порт Шанхай досягнув показника понад 95% автоматизації завдяки масштабному впровадженню цифрових диспетчерських систем і глибокій інтеграції AI.

Особливу увагу приділяють цифровим системам управління: у Сінгапурі через PortNet відбувається понад 90% логістичних операцій, а в Антверпені – всі дії синхронізуються через платформу NxtPort, яка об'єднує митницю, перевізників, термінали та клієнтів. Завдяки цьому пунктуальність доставки

перевищує 90% у всіх наведених портах, що в умовах глобальних логістичних ланцюгів є надзвичайно важливим фактором стабільності.

Продуктивність терміналів варіюється залежно від масштабу, однак усі порти демонструють високу пропускну здатність, що підтверджує їхню здатність обслуговувати значні обсяги контейнерів без втрати ефективності.

У провідних контейнерних портах світу ефективність перевезень досягається завдяки високому рівню автоматизації, глибокій цифровізації та застосуванню сучасних TOS- і PCS-платформ. Основні показники — час обробки, продуктивність, пунктуальність доставки — знаходяться на стабільно високому рівні, що забезпечує цим терміналам конкурентну перевагу в глобальному транспортному ринку. Такий досвід є орієнтиром для країн, що прагнуть інтегруватися у міжнародні логістичні ланцюги й нарощувати ефективність своєї контейнерної інфраструктури[34].

Контейнерні перевезення в Україні зосереджені переважно в портах Одеси, Південного та Чорноморська, які, незважаючи на складну безпекову ситуацію, продовжують здійснювати обробку контейнерних вантажів. Проте рівень ефективності термінальної роботи суттєво відрізняється від світових стандартів, що пов’язано з низкою факторів: застарілою технікою, низьким рівнем автоматизації, фрагментарною цифровізацією, обмеженою пропускнуою здатністю та впливом воєнного стану.

У таблиці 2.8 наведено узагальнені показники роботи трьох основних контейнерних портів України за 2023–2024 роки для оцінки їх реального функціонального рівня.

Таблиця 2.8

Показники ефективності контейнерних перевезень в українських портах

Порт	Середній час обробки контейнера (хв)	Автоматизація перевалки (%)	Продуктивність (TEU/рік)	Цифрова інтеграція	Пунктуальність доставки (%)
------	--------------------------------------	-----------------------------	--------------------------	--------------------	-----------------------------

Одеса	10–12	35–40	~650 тис.	часткова (Navis N4 + e-Container)	78%
Південний	8–10	45–50	~300–500 тис.	так (NaviPort)	82%
Чорноморськ	12–14	25–30	~100–150 тис.	обмежена	70–73%

Джерело: розроблено автором на основі [54-56]

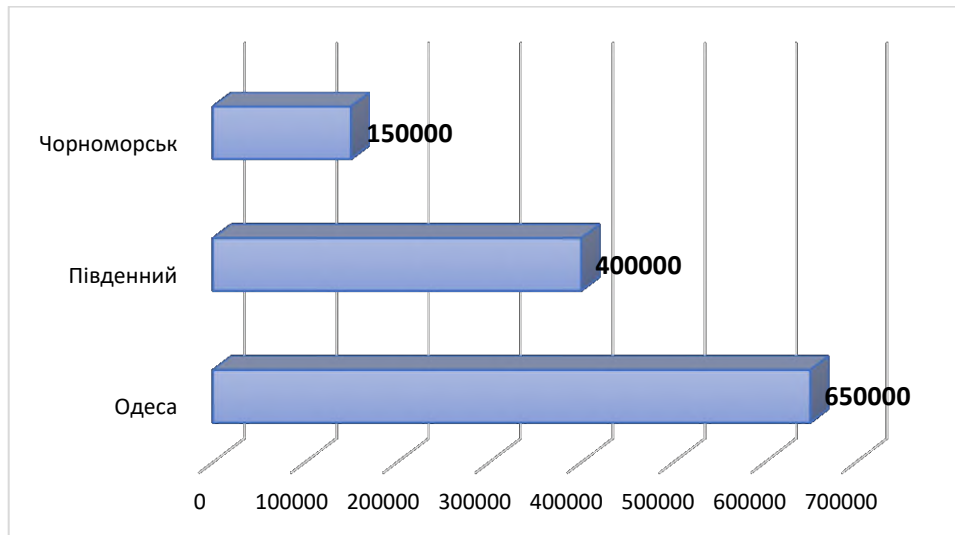


Рис. 2.4. Продуктивність (TEU/рік) контейнерних перевезень в українських портах

Як показано в таблиці, українські порти значно поступаються світовим гравцям за всіма ключовими критеріями. Так, час обробки одного контейнера перевищує 10 хвилин у більшості випадків, тоді як у провідних портах світу він становить 4–6 хвилин. Відставання також простежується за рівнем автоматизації: максимальні значення в Україні досягають лише 50%, що вдвічі менше за середні показники в Роттердамі чи Сінгапурі.

Порт Південний демонструє найкращі результати серед українських терміналів, що пов'язано з активними інвестиціями з боку DP World та впровадженням платформи NaviPort, яка забезпечує часткову цифрову взаємодію з клієнтами. Порт Одеса має найвищу продуктивність, проте йому бракує гнучкої цифрової інфраструктури, яка могла б знизити навантаження на персонал і оптимізувати операційні витрати. Найгірші показники фіксуються у Чорноморську, що свідчить про потребу у модернізації термінального обладнання та цифрових сервісів[54-56].

Показник пунктуальності доставки в українських портах коливається в межах 70–82%, що значно нижче за рівень світових лідерів (95–97%), і свідчить про залежність від зовнішніх факторів — погодних, адміністративних і воєнних.

Українські контейнерні порти функціонують в умовах обмежених технічних та цифрових ресурсів, що безпосередньо впливає на їх ефективність. Застаріла техніка, низький рівень автоматизації, фрагментована цифрова взаємодія і воєнні ризики знижують здатність терміналів до стабільної, прогнозованої та конкурентної роботи. Проте приклад Південного показує, що навіть в умовах обмежень поступова модернізація та впровадження цифрових рішень дають позитивний результат. Це створює потенційну основу для масштабніших змін у галузі, якщо буде забезпечено цілеспрямовану підтримку з боку держави й інвесторів[54-56].

Порівняння ключових показників ефективності контейнерних перевезень у світових і українських портах дозволяє виявити глибокі структурні розбіжності, що впливають на рівень конкурентоспроможності українських терміналів.

Для чіткої ілюстрації розриву між провідними світовими терміналами та українськими портами в таблиці 2.9 узагальнено ключові напрями стратегічного відставання.

Таблиця 2.9

Стратегічні розриви в ефективності контейнерних перевезень

Критерій	Світові порти (в середньому)	Українські порти (в середньому)	Розрив / Коментар
Час обробки 1 контейнера (хв)	5–6	10–12	В 2 рази повільніше
Рівень автоматизації (%)	85–95	30–50	Залежність від ручної праці
Цифрова інтеграція (TOS, PCS)	Повна	Часткова	Відсутність єдиної державної платформи
Продуктивність терміналу (TEU/рік)	10–40 млн	до 0,7 млн	В десятки разів менше
Пунктуальність доставки (%)	95–97	70–82	Низька гнучкість та нестабільність ланцюгів

Митна синхронізація	Електронна, автоматизована	Часткова або ручна	Бар'єри для швидкого оформлення вантажів
---------------------	-------------------------------	-----------------------	---

Джерело: розроблено автором на основі [33-34]

Проведене порівняння ефективності контейнерних перевезень у провідних світових і українських портах виявило системне та багатоаспектне відставання вітчизняної контейнерної логістики. Світова практика засвідчує, що стабільна висока ефективність досягається через впровадження автоматизації, цифрових платформ, синхронізованих логістичних рішень та інтеграції з митними й клієнтськими системами. Такі порти, як Роттердам, Сінгапур і Шанхай, працюють із точністю, швидкістю та масштабом, що дозволяє їм залишатися ключовими вузлами глобального ланцюга поставок.

Українські термінали, зокрема Одеса, Південний та Чорноморськ, демонструють окремі позитивні тенденції — модернізацію техніки, впровадження цифрових рішень та участь у міжнародних логістичних ініціативах. Проте загальний рівень ефективності залишається нижчим: тривалість обробки вантажів удвічі більша, рівень автоматизації не перевищує 50%, а показники пунктуальності доставки є нестабільними.

Отже, розрив між Україною та провідними морськими хабами — це не лише результат технічного відставання, а й наслідок відсутності державної логістичної стратегії, фрагментарної цифровізації та впливу зовнішніх загроз, зокрема воєнного характеру. Проте наявність успішних кейсів, міжнародна підтримка та географічна привабливість дозволяють говорити про реальну можливість поступового вирівнювання цього відставання за умови системного підходу.

Аналіз ключових показників ефективності у сфері контейнерних перевезень засвідчив, що українські порти суттєво відстають від провідних світових терміналів за більшістю стратегічних критеріїв. У таких портах, як Роттердам, Сінгапур, Шанхай, досягнуто високого рівня автоматизації, цифрової інтеграції, оперативного управління ресурсами та координації з усіма

учасниками логістичного ланцюга. Час обробки контейнера в цих портах становить 4–6 хвилин, а продуктивність — десятки мільйонів TEU на рік[34].

В Україні, натомість, середній час обробки перевищує 10 хвилин, рівень автоматизації здебільшого не перевищує 50%, а пропускна здатність терміналів залишається обмеженою. Цифрові сервіси впроваджені фрагментарно, часто без належної інтеграції з державними системами, митницею та залізничним транспортом. Це знижує точність, швидкість та прогнозованість логістичних процесів.

Разом з тим, досвід портів Одеса та Південний демонструє, що інвестиції в цифрові рішення та модернізацію техніки вже сьогодні дозволяють частково скоротити розрив з міжнародними стандартами. Українські термінали мають значний потенціал розвитку — за умови запровадження єдиної стратегії цифрової трансформації, залучення іноземних партнерів і усунення інфраструктурних обмежень.

Таким чином, порівняльний аналіз не лише виявив масштаб відставання, а й окреслив можливі шляхи його подолання: від технологічного оновлення до глибокої інтеграції у міжнародні логістичні ланцюги з опорою на кращі світові практики.

РОЗДІЛ 3.

ПРОПОЗИЦІЇ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ КОНТЕЙНЕРНИХ ТЕРМІНАЛІВ

3.1. Рекомендації щодо вдосконалення інфраструктури контейнерних терміналів

Автоматизація є ключовим трендом розвитку сучасних контейнерних терміналів. Вона спрямована на зменшення залежності від людського ресурсу, скорочення часу обробки вантажів, підвищення точності логістичних операцій та зниження експлуатаційних витрат. Найефективніші порти світу — Роттердам, Сінгапур, Шанхай — вже повністю або частково інтегрували автоматизовані технології, які змінили підхід до перевантаження та управління контейнеропотоками.

Ключові напрями автоматизації включають:

1. Автоматизовані вантажні крани: Це крани типу STS (Ship-to-Shore), RTG (Rubber-Tyred Gantry) та RMG (Rail-Mounted Gantry), оснащені системами GPS-навігації, автозахоплення та дистанційного управління. Вони дозволяють: скоротити тривалість операцій з навантаження/вивантаження до 3–5 хвилин на контейнер; мінімізувати помилки завдяки точному позиціонуванню; працювати в умовах недостатньої видимості або вночі без втрати продуктивності.

2. Автономні транспортні засоби (AGV): Автоматизовані візки (AGV — Automated Guided Vehicles) самостійно транспортують контейнери від причалу до складу, рухаючись за заданими маршрутами без участі оператора. Вони: повністю виключають людський фактор; забезпечують цілодобову роботу терміналу; значно знижують витрати на паливо і обслуговування.

3. Вертикальні автоматизовані системи складування: Технології на зразок VoxBay (впроваджена в порту Джебель-Алі, Дубай) дозволяють зберігати контейнери у вертикальному шаховому порядку без потреби переміщення сусідніх контейнерів. Це: у 3 рази підвищує ємність терміналу на одиницю площі; зменшує кількість внутрішніх переміщень; підвищує швидкість обробки замовлень на вивезення вантажів.

4. Інтелектуальні системи диспетчеризації: Штучний інтелект застосовується для: оптимізації розкладу кранів і транспорту; прогнозування пікових навантажень; моделювання логістичних сценаріїв на основі історичних і поточних даних.

Таблиця 3.1

Узагальнення основних технологій

Напрямок автоматизації	Технологія / приклад	Ефект / результат
Автоматизовані крани	STS, RTG, RMG	До 40 контейнерів/год, точність, дистанційне керування
Автономні транспортні засоби	AGV (Rotterdam, PSA Singapore)	Зменшення простоїв, зниження витрат, безпека
Вертикальні склади	VoxBay (Jebel Ali, Дубай)	Утричі більша ємність на площу, менше переміщень
Системи планування і AI	IBM AI, Digital Twin, Predictive AI	Прогноз навантажень, зниження черг, гнучке управління

Джерело: узагальнено за даними розділів 1.2 та 2.1 роботи.

Автоматизація контейнерних терміналів — це не просто заміна людської праці машинами. Це фундаментальна трансформація логістичного процесу, що дозволяє терміналам: досягати високої пропускної здатності; скорочувати витрати на одиницю вантажу; підвищувати надійність і безпеку перевезень; адаптуватися до змін ринку в режимі реального часу[35].

У сучасних умовах автоматизація стала не просто технологічним трендом, а невід’ємною складовою ефективного функціонування контейнерних терміналів. Її впровадження докорінно змінює логіку організації вантажообробки, сприяє скороченню витрат часу й ресурсів, підвищенню безпеки та стабільності логістичних операцій. Найбільш відчутний вплив автоматизації спостерігається в покращенні продуктивності, яку можна виміряти через систему кількісних та якісних показників.

Одним із найпоказовіших є середній час обробки контейнера, що визначає швидкість перевалки і впливає на загальну пропускну здатність терміналу. В умовах високої конкуренції між портами, здатність швидко обробляти контейнеропотоки є вирішальною перевагою. Так, у традиційних терміналах цей показник становить у середньому від 8 до 12 хвилин на контейнер, що є результатом використання переважно ручного або напівмеханізованого обладнання. Водночас автоматизовані комплекси, такі як Maasvlakte II у порту Роттердам, здатні обробляти контейнери в середньому за 3–5 хвилин, що забезпечує майже двократне скорочення часу завдяки злагодженій роботі дистанційно керованих кранів, автономних транспортних візків та інтелектуальних диспетчерських систем[37].

Ще одним важливим показником є частка операцій, що здійснюються без участі людини. У провідних світових терміналах цей показник сягнув 90–95%, що значно перевищує аналогічні дані для традиційних об’єктів (30–40%). Зменшення залежності від людського ресурсу не тільки підвищує надійність логістичного процесу, а й мінімізує ризики пов’язані з помилками, затримками та нещасними випадками. Таким чином, автоматизація не лише підвищує ефективність, але й створює безпечніше і передбачуваніше виробниче середовище.

Для кращого розуміння відмінностей у продуктивності між автоматизованими та традиційними терміналами доцільно проаналізувати порівняльні дані, що узагальнені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Порівняльна характеристика продуктивності автоматизованого та
традиційного контейнерного терміналу

Показник	Maasvlakte II (автоматизований)	Традиційний термінал
Середній час обробки контейнера	3–5 хв	8–12 хв
Частка автоматичних операцій	95%	30–40%
Персонал на 1 TEU	0,05	0,12–0,15
Викиди CO ₂ на 1 TEU	знижено на 45%	високі
Показник	Maasvlakte II (автоматизований)	Традиційний термінал
Потужність обробки (TEU/рік)	понад 4,5 млн	до 2 млн
Аварійність	мінімальна	середня–висока
Енергоефективність	висока (shore power, LED, AI)	низька, залежність від дизеля

Джерело: розроблено автором на основі [28-30, 34]

Проведене порівняння чітко демонструє, що автоматизовані термінали мають значну перевагу за всіма ключовими параметрами, що свідчить про якісний перехід до нової парадигми портового управління. Зокрема, завдяки широкому використанню роботизованих кранів, автоматичних транспортних платформ (AGV) та систем штучного інтелекту для планування логістичних процесів, Maasvlakte II досягає більш ніж удвічі вищої річної пропускної здатності, витрачаючи при цьому значно менше енергії й людських ресурсів. Зниження рівня викидів CO₂ на 45% також підтверджує екологічну ефективність автоматизації, що особливо актуально у світлі зростаючої уваги до ESG-метрик та сталого розвитку[19].

Важливу роль відіграє і інтеграція цифрових систем управління, зокрема TOS (Terminal Operating System), PCS (Port Community System), технологій IoT (Internet of Things) та хмарних платформ. Їхнє впровадження дозволяє здійснювати точне відстеження вантажів, координувати роботу кранів і транспортних засобів, здійснювати попереднє оформлення контейнерів і синхронізувати всі дії в реальному часі. Наприклад, у PSA Singapore всі логістичні суб'єкти — від агентів до митниці — підключені до єдиної цифрової

системи PortNet, що дозволяє зменшити затримки на 30–40% і підвищити рівень обслуговування клієнтів[22, 23, 47].

Отже, автоматизація контейнерних терміналів беззаперечно впливає на підвищення продуктивності портової логістики. Зменшення часу обробки, збільшення обсягів перевалки, зниження витрат на персонал і енергію, скорочення кількості аварійних ситуацій — усе це доводить стратегічну ефективність автоматизації. Результати порівняння демонструють, що найбільш інноваційні порти світу не лише досягли якісного зростання операційних показників, але й сформували нову модель цифрового логістичного вузла, в якому ефективність, стійкість і технологічна інтеграція поєднуються у єдину систему. Для українських терміналів така трансформація є не лише бажаною, але й необхідною умовою інтеграції до глобальних ланцюгів постачання.

Попри загальновизнані переваги автоматизації, впровадження інноваційних технологій у контейнерних терміналах України відбувається повільно і нерівномірно. Вітчизняна портова інфраструктура перебуває на етапі структурної трансформації, однак її потенціал значною мірою стримується комплексом проблем: технічних, інфраструктурних, цифрових, інституційних і геополітичних. Розглянемо ці бар’єри більш детально.

В Україні лише окремі термінали, як-от порти Одеса та Південний, демонструють позитивну динаміку у напрямку модернізації. Наприклад, у Південному завдяки інвестиціям компанії DP World впроваджено сучасні STS-крани, RTG-техніку, а також платформу NaviPort, яка забезпечує цифрову взаємодію з клієнтами та автоматизоване формування заявок. Водночас у Чорноморську лише частина техніки оновлена, а TOS-система впроваджена лише фрагментарно, що знижує ефективність функціонування терміналу.

Таблиця 3.3

Ключові обмеження автоматизації контейнерних терміналів в Україні

Категорія проблеми	Конкретний прояв	Вплив на ефективність	Наслідки для ринку
--------------------	------------------	-----------------------	--------------------

Технічні обмеження	Зношені крани, тягачі, відсутність AGV	Затримки, зростання витрат на обробку	Зниження швидкості та обсягів перевалки
Інфраструктурні бар'єри	Вузькі залізничні під'їзди, відсутність мультимодальних хабів	Обмежена доставка у глибокі країни	Втрата транзитного потенціалу
Цифровий розрив	Відсутність єдиної TOS-платформи, локальні CRM	Повільна взаємодія, дублювання дій	Зниження якості сервісу, незадоволеність клієнтів
Інституційні бар'єри	Відсутність національної стратегії розвитку	Нестабільність правил, слабе стимулювання	Низька привабливість для інвесторів
Воєнні ризики	Пошкодження інфраструктури, обмеження експорту	Порушення логістики, ризик втрат	Ріст вартості страхування, втрата партнерів

Джерело: систематизація за матеріалами розділу 2.2 та таблиць 2.5, 2.6, 2.8 дипломної роботи

Ці фактори мають кумулятивний ефект: технічна зношеність обмежує швидкість обробки, інфраструктурна відсталість — гальмує внутрішню логістику, цифрова фрагментарність — унеможливорює прозору координацію, а відсутність державної стратегії — демотивує інвесторів. Додатковим тягарем є наслідки воєнних дій, що не лише ускладнюють операційну діяльність портів, а й підривають загальну довіру до стабільності галузі.

Підтвердженням цьому є й узагальнені показники продуктивності. Так, згідно з таблицею 2.8, в українських портах середній рівень автоматизації не перевищує 50%, а час обробки одного контейнера залишається в межах 10–14 хвилин, що вдвічі гірше, ніж у провідних портах світу.

Таблиця 3.4

SWOT-аналіз перспектив автоматизації контейнерних терміналів в Україні

Сильні сторони (Strengths)	Слабкі сторони (Weaknesses)
Вигідне географічне положення	Зношена техніка, слабка цифровізація
Наявність глибоководних портів	Нестача AGV, відсутність централізованої TOS
Потенціал співпраці з міжнародними операторами	Фрагментарність модернізації, кадрові проблеми
Можливості (Opportunities)	Загрози (Threats)
Повоєнна відбудова інфраструктури	Воєнні ризики, обмеження для страхування

Доступ до грантів ЄС та міжнародних фінансових програм	Посилення конкуренції з боку портів Румунії, Польщі, Туреччини
Створення «зелених» логістичних коридорів	Висока вартість кредитних ресурсів

SWOT-аналіз чітко окреслює подвійний характер перспектив автоматизації контейнерних терміналів в Україні. З одного боку, існують сильні внутрішні сторони — насамперед вигідне географічне розташування та наявність глибоководних портів, що формують основу для розвитку міжнародної логістики. Крім того, зростає зацікавленість міжнародних операторів у співпраці з українськими портами, особливо в контексті післявоєнного відновлення та формування нових торговельних маршрутів.

З іншого боку, слабкі сторони у вигляді застарілої інфраструктури, нестачі автоматизованої техніки та обмеженого використання цифрових систем управління суттєво знижують конкурентоспроможність вітчизняних терміналів. Вони посилюються зовнішніми загрозами, серед яких — ризики безпеки, нестабільність валютного середовища, обмежений доступ до фінансування та зростаюча конкуренція з боку портів сусідніх країн.

Таким чином, SWOT-аналіз не лише фіксує поточні бар'єри, а й окреслює реалістичні шляхи подолання технологічного відставання, що дозволяє перейти до етапу активної модернізації контейнерних терміналів України.

Україна володіє стратегічним потенціалом для розвитку сучасної контейнерної логістики, однак цей потенціал залишається значною мірою нереалізованим через низку взаємопов'язаних бар'єрів. Низький рівень технічного оснащення, обмежена цифровізація, слабка залізнична інтеграція та нестача державного бачення розвитку контейнерних терміналів — усе це не дозволяє портам функціонувати за стандартами світових логістичних хабів. Разом із тим, поступова модернізація, міжнародні партнерства та можливості повоєнної відбудови створюють передумови для масштабної цифрової трансформації.

3.2. Оцінка економічної ефективності інноваційних рішень

У сучасній контейнерній логістиці важливість фізичної інфраструктури дедалі більше врівноважується значенням цифрових рішень. Термінали, що ще 10–15 років тому функціонували переважно в режимі ручного керування й паперового документообігу, нині стрімко трансформуються в цифрові хаби, де ключові функції забезпечуються за допомогою спеціалізованих програмних систем, сенсорних технологій, інтеграцій з митними та клієнтськими платформами. В основі цієї трансформації лежать такі ключові інформаційні технології, як TOS (Terminal Operating System), PCS (Port Community System), технології Інтернету речей (IoT), блокчейн та API-інтеграції з логістичними суб'єктами.

В таблиці 3.5 наведено огляд основних IT-рішень, що наразі використовуються у провідних морських портах світу.

Таблиця 3.5

Основні IT-рішення, що наразі використовуються у провідних морських портах світу

Цифрова технологія	Суть та функції	Приклад впровадження	Ефект від застосування
TOS (Terminal Operating System)	Управління кранами, контейнерами, складуванням, графіками прибуття та розвантаження	Navis N4 (порт Гамбург)	Скорочення часу перевалки на 15–20%
PCS (Port Community System)	Єдина інформаційна платформа для взаємодії всіх суб'єктів порту	PortBase (Нідерланди)	Прискорення оформлення документів на 30–40%
IoT	Сенсори, RFID, GPS, датчики температури та удару	Port of Los Angeles	Підвищення безпеки вантажів, моніторинг у реальному часі
Блокчейн	Безпечне зберігання та обмін інформацією, транзакціями, сертифікатами	TradeLens (Maersk + IBM)	Зменшення помилок і витрат на аудит
API / Хмарні сервіси	Об'єднання клієнтських CRM, ERP з портовими системами	Hutchison Ports	Оптимізація завантаження, реєстрації, планування рейсів

Джерело: узагальнено на основі таблиць 1.3, 1.5 та аналітичного огляду з тексту дипломної роботи.

Як видно з таблиці 3.5, кожна інформаційна система виконує окрему функцію в межах єдиного цифрового ланцюга. Наприклад, TOS є «серцем» терміналу: вона дозволяє здійснювати точне управління кожним контейнером на території, координувати переміщення техніки, управляти черговістю навантаження/розвантаження, а також інтегруватися з іншими платформами, зокрема PCS. У свою чергу, PCS виконує роль «центру обміну інформацією» між усіма учасниками порту — судновими агентами, митницею, перевізниками, експедиторами. Завдяки ній значно зменшується час очікування оформлення, скорочується кількість помилок у документах, автоматизується процес планування швартування.

Використання IoT-систем забезпечує постійний контроль за місцезнаходженням та станом контейнерів, температурними режимами, наявністю або пошкодженням пломб. Це особливо актуально при перевезенні небезпечних або швидкопсувних вантажів. Блокчейн-рішення, такі як TradeLens, гарантують прозорість операцій, унеможливають підміну документів та суттєво спрощують аудит.

У свою чергу, API-зв'язки та хмарні сервіси забезпечують інтеграцію з клієнтськими платформами (CRM, ERP), що дозволяє працювати в єдиному цифровому середовищі, уникати дублювання інформації та оперативно реагувати на зміни логістичних планів.

Порт Сінгапуру, яким керує компанія PSA International, є зразком повністю цифровізованого контейнерного хабу. У ньому функціонує платформа PortNet, яка поєднує перевізників, митницю, логістів та клієнтів в єдину інформаційну мережу. Через неї проходить понад 90% усіх операцій, включно з подачею заявок на швартування, оформленням документів, контролем контейнерного обігу та здійсненням платежів. Також застосовуються мобільні

додатки, цифрові двійники (Digital Twin) та AI-алгоритми для прогнозування заторів і оптимізації планування[29].

Інформаційні технології стали стрижневим елементом функціонування контейнерних терміналів у світі. Завдяки системам TOS, PCS, IoT, блокчейн та хмарним інструментам, термінали трансформуються в повноцінні цифрові екосистеми, де кожен крок — від заявки до доставки — координується автоматизовано. Їхнє впровадження дозволяє: суттєво скоротити операційний цикл; зменшити людський фактор; забезпечити прозорість, прогнозованість і безпеку логістичного процесу[36-37].

Інформаційні технології перетворюють контейнерні термінали з об'єктів інтенсивної фізичної праці на високотехнологічні логістичні вузли. Впровадження цифрових платформ, автоматизованих систем управління, сенсорного моніторингу та аналітичних інструментів забезпечує зростання операційної ефективності, прозорості, адаптивності й швидкості реагування на змінні умови ринку[41].

1. Скорочення часу логістичних операцій

Одним із головних ефектів цифрової трансформації є зменшення часу обробки вантажу. Наприклад, завдяки системам TOS і PCS:

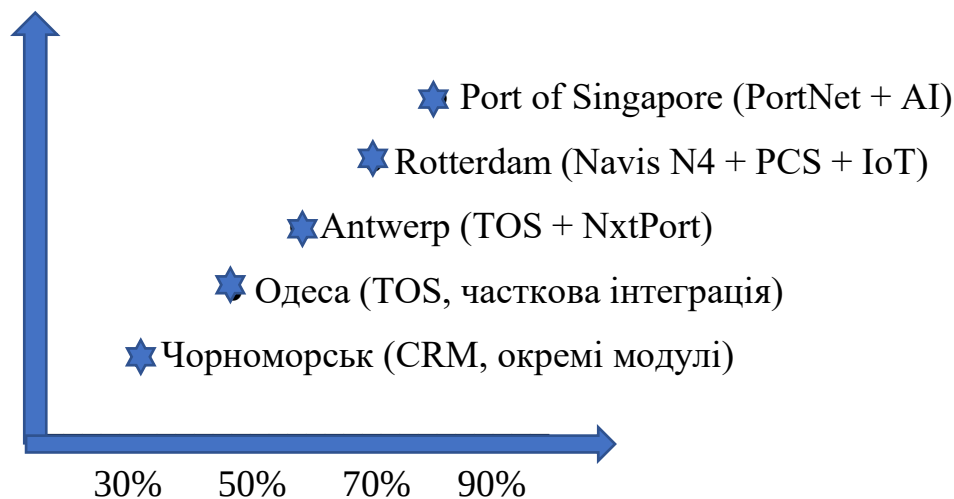
- час обробки заявки скорочується на 30–50%;
- оформлення вантажу митними органами відбувається у режимі реального часу (через e-Customs API);
- завдяки попередньому плануванню та диспетчеризації, рух контейнерів у межах терміналу координується без простоїв і дублювання дій.

2. Прозорість і зменшення людського фактору

Цифрові інструменти забезпечують повну видимість логістичного процесу — як для адміністрації терміналу, так і для клієнтів. Це включає: онлайн-відстеження статусу контейнера через мобільні додатки; цифрову верифікацію документів без ризику фальсифікацій; автоматичні повідомлення про прибуття, затримки або зміну маршруту.

У PSA Singapore, наприклад, цифрова інтеграція з митницею дозволила зменшити кількість фізичних контактів на 80% і одночасно підвищити точність обліку до 99%.

Швидкість обробки контейнера



Рівень цифровізації

Рис. 3.2 Залежність між рівнем цифровізації та швидкістю логістичних процесів (умовна модель)

Примітка: побудовано на основі узагальнених даних табл. 1.5, 2.7, 2.8

3. Оптимізація використання ресурсів

Цифрові платформи дозволяють не лише відслідковувати, а й аналізувати процеси, формувати аналітику та моделювати сценарії. Наприклад:

AI-модулі в терміналах Сінгапуру дозволяють розподіляти кранові ресурси відповідно до графіків прибуття суден;

цифровий двійник (Digital Twin) моделює логістичні вузькі місця і запобігає заторам;

IoT-датчики сигналізують про перегрів, розгерметизацію або пошкодження контейнера до моменту його розвантаження.

У результаті — зниження експлуатаційних витрат, підвищення точності планування, зменшення аварійності й енергоефективність.

Цифрова трансформація контейнерних терміналів — це не просто перехід до безпаперового документообігу чи впровадження автоматизованої обробки заявок. Інформаційні технології забезпечують: швидке прийняття рішень на основі актуальної аналітики; безперервний зв'язок між усіма учасниками логістичного ланцюга; гнучкість і адаптивність, необхідну для роботи в умовах турбулентного ринку[42].

Впровадження інформаційних технологій у контейнерних терміналах України здійснюється із затримкою порівняно з провідними світовими портами. Хоча за останні роки спостерігається певний прогрес у напрямку цифровізації, загальний рівень інтеграції IT-рішень залишається фрагментарним і нерівномірним між окремими портами. Це є наслідком не лише обмежених фінансових ресурсів, а й відсутності єдиної національної стратегії цифрової трансформації портової галузі.

Для з'ясування реального стану цифровізації контейнерних терміналів в Україні розглянемо три ключові порти: Одеса, Південний та Чорноморськ, які забезпечують основний обсяг контейнерного вантажообігу в державі.

Таблиця 3.6

Стан цифровізації контейнерних терміналів

Порт	TOS-система	Цифрові сервіси	Рівень цифрової інтеграції	Коментар
Одеса	Navis N4	e-Container, митне API	частковий	Найбільш цифровізований; потребує оновлення техніки
Південний	NaviPort	Онлайн-заявки, API для клієнтів	високий	Активна модернізація за участі DP World
Чорноморськ	Відсутня або обмежена	локальні CRM, частковий GPS	низький	Слабка цифрова інфраструктура, потреба в стандартизації

Джерело: узагальнено за таблицею 2.5 та аналітичним матеріалом розділу 2.2.

Найбільш розвинену цифрову інфраструктуру має Одеський порт, де впроваджено систему Navis N4 — одну з найпоширеніших TOS-платформ у світі, а також сервіс e-Container, який дозволяє електронно реєструвати заявки та слідкувати за переміщенням контейнерів. Завдяки API-зв'язкам з митними службами значно пришвидшено оформлення вантажів. Проте частина технічного обладнання залишається зношеною, що обмежує повну реалізацію цифрових можливостей[54].

Порт Південний демонструє найбільшу динаміку розвитку: компанія DP World впровадила TOS NaviPort, яка дозволяє клієнтам у режимі онлайн взаємодіяти з адміністрацією терміналу, формувати заявки, відстежувати статус обробки вантажу, а також синхронізувати дані з митними органами. Завдяки цьому рівень цифрової інтеграції тут перевищує 80%, а час обробки контейнера скоротився до 8–10 хвилин[55].

Найбільш проблемною залишається ситуація в Чорноморському порту, де відсутня сучасна TOS-система, цифрові сервіси представлені окремими CRM-модулями без інтеграції з транспортними або митними системами.

Попри позитивні приклади, цифровізація українських контейнерних терміналів має ряд системних обмежень:

- Фрагментарність впровадження: відсутність єдиного програмного ядра для всіх терміналів унеможливорює інтеграцію логістичних потоків;
- Низька синхронізація з митницею: хоч окремі API працюють, у більшості випадків контроль здійснюється вручну;
- Нестача кваліфікованих ІТ-кадрів у сфері портової логістики;
- Воєнні ризики, які відштовхують інвесторів і ускладнюють модернізацію.

Ці чинники призводять до подовження терміну обробки, втрати гнучкості логістичного ланцюга, а також зниження привабливості українських терміналів у конкурентній боротьбі за міжнародні вантажопотоки.

Цифровізація контейнерних терміналів України поступово набирає обертів, однак відбувається нерівномірно й без чіткої координації на державному рівні. Порти Одеси та Південного є локомотивами у впровадженні IT-рішень, демонструючи значний прогрес у напрямку автоматизації та онлайн-взаємодії з клієнтами.

Водночас порт Чорноморськ та низка регіональних терміналів залишаються відсталими в технологічному плані. Ключовим викликом для галузі є відсутність єдиної цифрової політики, недостатнє фінансування інновацій та низький рівень інтеграції між інфраструктурними елементами.

Подолання цих бар'єрів передбачає не лише модернізацію технічної бази, а й створення єдиної цифрової екосистеми, яка б охоплювала всі порти, логістичних операторів, митні органи та клієнтів. Такий підхід дозволить Україні ефективніше інтегруватися у глобальні логістичні ланцюги та конкурувати з провідними морськими хабами Центрально-Східної Європи.

Світовий досвід демонструє: впровадження таких технологій, як TOS, PCS, IoT, блокчейн і хмарні сервіси, призводить до суттєвого зменшення часу обробки вантажів, підвищення точності обліку, прозорості логістичних операцій та зниження витрат. Наприклад, термінали PSA Singapore і Rotterdam Maasvlakte II наочно ілюструють, як глибока інтеграція цифрових платформ дозволяє досягти високої швидкості, масштабованості й надійності логістичних процесів[36].

Водночас українська реальність демонструє суперечливу картину: окремі термінали (Одеса, Південний) активно рухаються в напрямку цифровізації, впроваджуючи TOS-системи, онлайн-заявки, API для клієнтів, однак більшість портів усе ще обмежується фрагментарними рішеннями з низьким рівнем інтеграції. Відсутність централізованої цифрової стратегії, нестача інвестицій та недостатня синхронізація з митними і транспортними службами уповільнюють темпи розвитку та не дозволяють повноцінно реалізувати потенціал.

Таким чином, інформаційні технології в контейнерних терміналах мають потужний трансформаційний потенціал, однак для його реалізації в Україні необхідне комплексне бачення на рівні держави, стратегічне інвестування та створення єдиної інтегрованої цифрової інфраструктури.

3.3. Стратегії з підвищення ефективності контейнерних перевезень

Інновації в сфері контейнерної логістики є відповіддю на зростання обсягів міжнародних перевезень, ускладнення глобальних ланцюгів постачання та посилення вимог до екологічної відповідальності. Сучасні морські порти дедалі частіше трансформуються з перевантажувальних майданчиків у високотехнологічні цифрові хаби, де кожна операція — від швартування до доставки — координується за допомогою інтегрованих систем. Провідні гравці ринку, як-от Роттердам, Сінгапур, Шанхай, Антверпен, демонструють, що саме інновації стають основою конкурентних переваг.

Сьогоднішні глобальні тенденції можна згрупувати в чотири основні напрями: технологічна автономізація, інтелектуальна аналітика, цифрове дублювання процесів і екологічна трансформація логістичних об'єктів.

Таблиця 3.7

Ключові світові інновації в контейнерних терміналах та їхній ефект

Тип інновації	Приклад впровадження	Отриманий результат
Автоматизовані крани	STS у Maasvlakte II (Роттердам)	До 40 контейнерів/год, –25% експлуатаційних витрат
AGV – автономні візки	Hamburg, Singapore PSA	Зниження простоїв, зменшення аварійності
Digital Twin	Port of Antwerp	Прогнозування сценаріїв, зростання точності планування
Штучний інтелект (AI)	IBM AI у Los Angeles	Менше черг, оптимізація розкладів, –25% простоїв

ESG та shore power	Port of Gothenburg, LA	–50% CO ₂ , зелений фінансовий рейтинг, підтримка «зелених» фондів
BoxBay – вертикальні склади	DP World (Jebel Ali Terminal, Дубай)	Утричі вища місткість складу, зменшення переміщень контейнерів

Джерело: систематизація за даними таблиць 1.4 та 2.2 роботи

Порт Роттердам демонструє повну автоматизацію ключових логістичних операцій. Наприклад, на терміналі Maasvlakte II перевантаження контейнерів здійснюється автоматизованими STS-кранами з дистанційним керуванням. Водночас переміщення контейнерів відбувається за допомогою AGV, що повністю виключає участь водіїв і знижує витрати на персонал[24].

В Антверпені реалізовано концепцію Digital Twin — цифрового двійника порту, який моделює динаміку вантажопотоків, дозволяє прогнозувати навантаження, оптимізує використання техніки та складів. Така візуалізація допомагає приймати обґрунтовані управлінські рішення на основі симуляції сценаріїв.

Штучний інтелект (AI) активно використовується у PSA Singapore та Los Angeles. Застосування алгоритмів машинного навчання дозволяє оптимізувати черговість обробки контейнерів, розраховувати перевантаження, визначати «вузькі місця» та планувати розклад техніки так, щоб уникати заторів[58].

Окрему категорію становлять інновації, пов'язані з екологією (ESG). Все більше портів впроваджують shore power — систему живлення суден від берегової електромережі, яка дозволяє вимикати двигуни на час стоянки й зменшити викиди. Цей тренд підтримується і з боку фінансових інституцій — доступ до «зеленого» фінансування часто можливий лише для портів, що відповідають стандартам сталого розвитку.



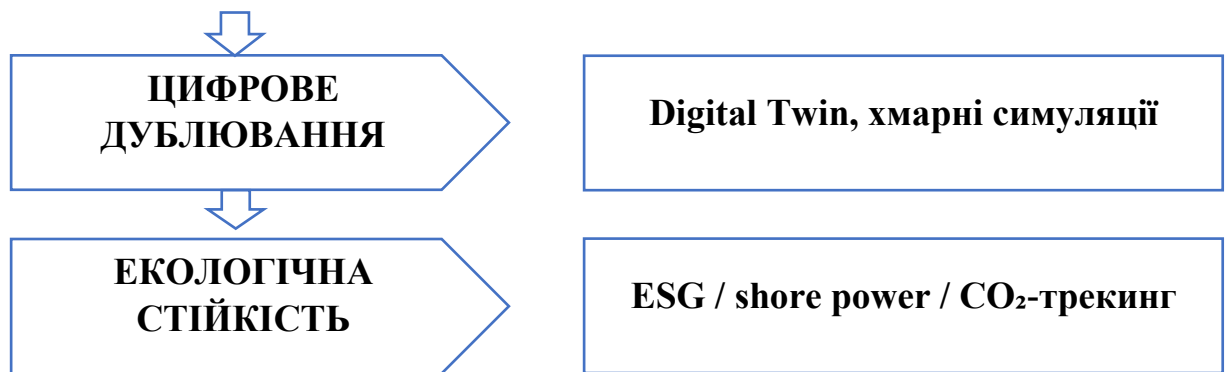


Рисунок 3.4. Напрями глобальних інновацій у контейнерній логістиці

Джерело: розроблено автором на основі [47]

Глобальні тенденції розвитку інновацій у контейнерних терміналах чітко орієнтовані на автоматизацію, цифровізацію, прогнозування та екологізацію. Інтеграція таких технологій, як автономні візки, цифрові двійники, штучний інтелект і shore power, дозволяє провідним портам не лише скорочувати витрати, а й забезпечувати високу продуктивність, безпеку та відповідність міжнародним стандартам сталого розвитку.

Світовий досвід доводить, що інновації у логістиці — це не опція, а необхідність, що визначає позицію порту в міжнародному рейтингу.

Інноваційний розвиток контейнерних терміналів в Україні на сьогоднішній день перебуває в стані напруженої рівноваги між актуальними обмеженнями та наявними можливостями. З одного боку, країна володіє низкою конкурентних переваг, які об'єктивно формують підґрунтя для модернізації логістичної інфраструктури.

Саме приклад Південного терміналу демонструє, що за умов відповідної політичної та економічної волі навіть у нинішніх умовах можлива реалізація високотехнологічних проєктів. Впровадження системи NaviPort, модернізація кранів, розвиток цифрової взаємодії з клієнтами і митницею є доказом того, що інновації не обов'язково залишаються декларативними — за підтримки

іноземного капіталу та технологій вони можуть ставати конкретною операційною реальністю.

Утім, цей потенціал не реалізується автоматично. Йому перешкоджає низка системних бар'єрів, які склались задовго до початку активних бойових дій і лише загострились у воєнних умовах. По-перше, відсутність національної стратегії цифрової трансформації портів залишає розвиток інновацій на рівні поодиноких ініціатив, які не синхронізовані між собою, що суттєво знижує їхню ефективність у масштабі всієї логістичної системи. По-друге, більшість українських терміналів мають технічно зношене обладнання, обмежену кількість автоматизованих механізмів, відсутні автономні транспортні рішення та працюють з частковими або застарілими TOS-системами.

Особливої ваги набуває чинник безпеки. Воєнні ризики, обстріли портової інфраструктури, зміна транспортних маршрутів, зростання вартості страхування вантажів та посилення конкуренції з боку портів Польщі, Румунії й Туреччини значною мірою змінюють логіку інвесторів, які в умовах нестабільності часто надають перевагу більш безпечним локаціям. Це означає, що для стимулювання інновацій необхідна не лише технічна модернізація, а й формування чітких гарантій, правових і фінансових інструментів підтримки ризикованих інвестицій.

Інноваційна трансформація контейнерних терміналів в Україні потребує не лише фінансування, а передусім комплексного підходу, в якому ключову роль відіграватиме синергія державної політики, бізнес-ініціатив, міжнародної підтримки та освітньої інфраструктури.

1. Запровадження національної цифрової стратегії для портів

Україна потребує створення єдиного нормативного документу, що визначатиме пріоритети цифровізації терміналів: від вибору TOS-платформи до форматів обміну даними. Єдина стратегія дозволить синхронізувати зусилля державних структур, портових операторів і логістичних компаній, уникнути дублювання ініціатив і прискорити інтеграцію у глобальні логістичні мережі.

Аналогами можуть слугувати проєкти **Port Community System (PCS)** у Нідерландах або **PortNet** у Сінгапурі.

Таблиця 3.4

Механізми впровадження інновацій у контейнерних терміналах

Сфера	Рекомендований інструмент	Очікуваний ефект
Цифрова інтеграція	Єдина TOS/PCS-платформа, API з митницею та залізницею	Скорочення оформлення вантажу, прозорість
Інфраструктура	Впровадження AGV, модернізація складів, автоматизовані крани	Зменшення часу обробки, підвищення безпеки
Освітня система	Створення програм з портової цифрової логістики на базі університетів	Підготовка кадрів, зменшення залежності від імпорту знань
Інвестиційна політика	Гранти, концесії, пільгове кредитування модернізації	Залучення приватного капіталу, динаміка оновлення
Екологічна сталість	Встановлення shore power, LED-освітлення, моніторинг CO ₂	Доступ до «зеленого» фінансування, відповідність ESG

Джерело: розроблено автором на основі [43, 46, 47]

2. Створення інноваційної освітньо-прикладної бази

Одним із критичних бар'єрів є нестача фахівців, здатних управляти інноваційними системами. Вирішення цієї проблеми можливе шляхом відкриття спеціалізованих програм з цифрової логістики, автоматизації портів, IoT у логістиці, smart port technologies. Підтримка дуальної освіти — співпраця ВНЗ з DP World, Hutchison Ports, APM Terminals — може створити кадри нового покоління.

3. Розширення державно-приватного партнерства

Досвід Південного порту показав: навіть у складних умовах партнерство з міжнародними операторами (як-от DP World) приносить конкретні результати — модернізацію техніки, впровадження цифрових платформ, розширення потужностей. Розвиток механізмів концесії, прозорих інвестиційних конкурсів і доступу до пільгового оподаткування може активізувати аналогічні проєкти в Одесі, Чорноморську та Миколаєві.

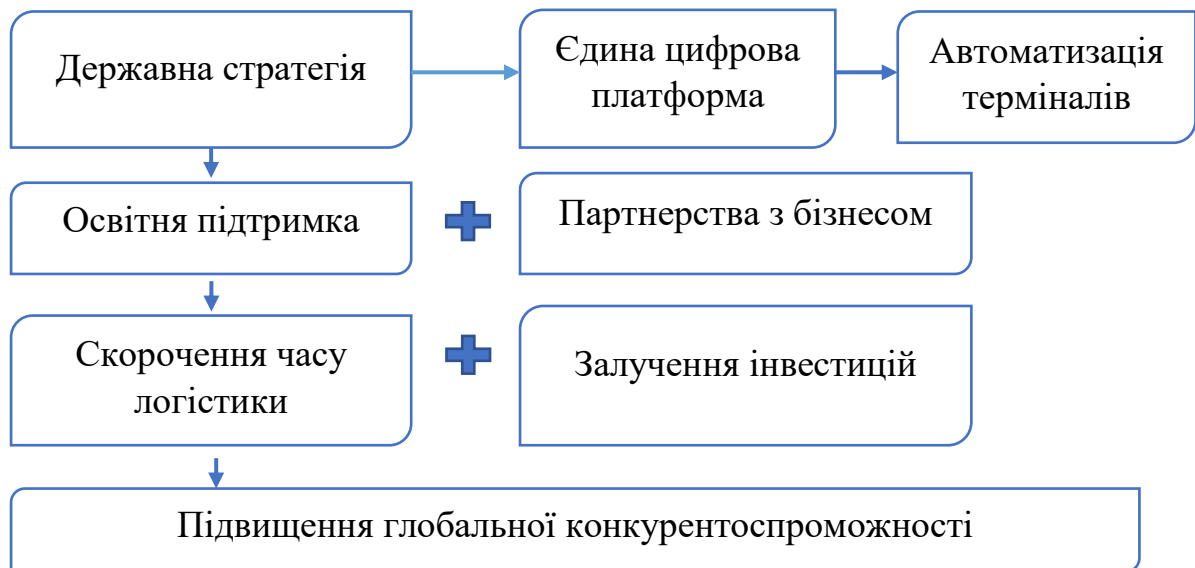


Рис. 3.5. Логіка послідовного впровадження інновацій у портах України

Джерело: розроблено автором на основі [43, 46, 47]

Формування інноваційної моделі контейнерних терміналів в Україні — це не окрема технічна ініціатива, а складовий елемент національної економічної безпеки та інтеграції в міжнародну логістику.

Однією з головних проблем, що обмежує ефективність контейнерних терміналів в Україні, є зношеність і технологічне відставання вантажно-розвантажувального парку. У багатьох випадках використовується техніка з терміном експлуатації понад 20 років, що істотно поступається світовим аналогам за швидкістю, точністю та енергоефективністю.

З огляду на досвід портів Роттердама, Шанхаю та Сінгапуру, модернізація технічного парку має стати одним із пріоритетів національної портової політики.

Рекомендується:

1. Переоснастити термінали сучасними портальними кранами STS з можливістю дистанційного керування та точного позиціювання контейнера. Це забезпечить високу швидкість обробки суден та зменшить навантаження на операторів.

2. Впровадити RTG та RMG крани нового покоління, оснащені GPS-навігацією та сенсорами для точного розміщення контейнерів. Такі рішення вже зарекомендували себе у PSA Singapore та Yangshan Port.

3. Закупити сучасні reach stacker-и з підвищеною вантажопідйомністю та можливістю обслуговування складських рядів заввишки до 5–6 контейнерів.

4. Перейти на електротягачі та гібридні навантажувачі, що дозволить значно зменшити експлуатаційні витрати та викиди шкідливих речовин.

Рациональне використання площ контейнерного терміналу є ключовим чинником його ефективності. В умовах обмежених територій українських портів, особливо в межах урбанізованих зон (як-от Одеса чи Чорноморськ), виникає необхідність максимальної щільності та гнучкості розміщення контейнерів.

У цьому контексті світові практики демонструють ефективність таких рішень:

1. Запровадження вертикальних автоматизованих систем зберігання, зокрема типу VohBay (випробувано у порту Дубаї). Такі системи дозволяють розміщувати контейнери в багаторушних вертикальних модулях без необхідності переміщення верхніх контейнерів для доступу до нижніх.

2. Створення зон пріоритетного зберігання для контейнерів, які мають найближчі терміни відправки чи обмеження за температурою/санітарним станом.

3. Впровадження програмного забезпечення для оптимізації складських процесів (stacking planning software), яке автоматично обирає найоптимальніше місце для кожного контейнера, з урахуванням маршруту, митного статусу, графіка вивозу.

4. Реалізація зазначених підходів дозволяє зменшити кількість операцій внутрішнього переміщення, знизити витрати пального, скоротити тривалість перевалки та підвищити загальну пропускну здатність терміналу.

В таблиці 4.2 подано порівняння ефективності звичайного горизонтального складування та вертикальних систем зберігання.

Таблиця 3.5

Порівняння ефективності територіальної організації контейнерного
майданчика

Параметр	Стандартне складування (до 4 ярусів)	Вертикальна система (BoxBay)
Ємність на 1 га	~1 800 TEU	~5 000 TEU
Кількість внутрішніх переміщень	3–4 на 1 обробку	1 на 1 обробку
Середній час доступу до контейнера	8–12 хв	2–4 хв
Площа, необхідна для обслуговування 100 тис. TEU	55–60 га	20–25 га
Витрати пального на одиницю обробки	високі	помірні/низькі
Потреба в операторах складу	висока	мінімальна (автоматизація)

Джерело: розроблено автором на основі [30, 31]

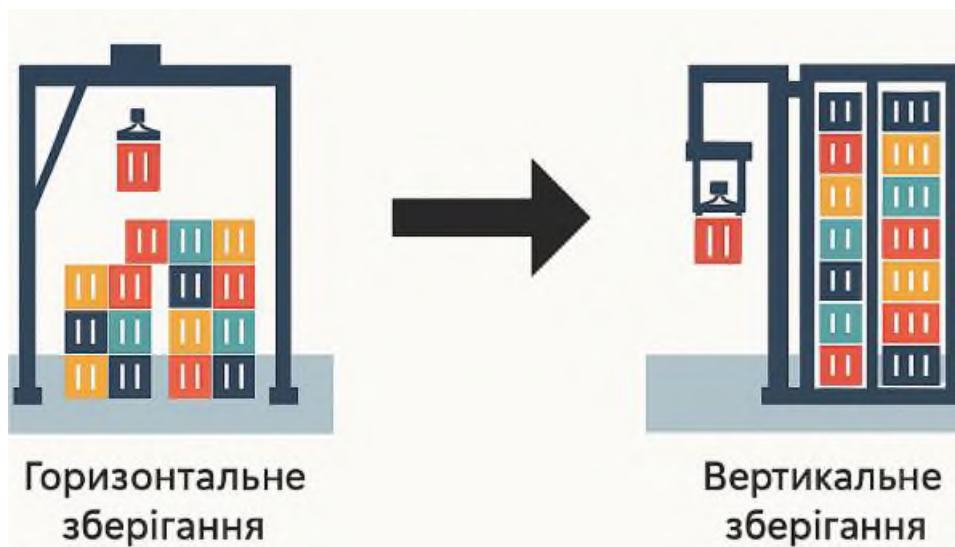


Рис. 3.6. Реконфігурація контейнерного терміналу з горизонтального на
вертикальний формат зберігання

Оптимізація територіального планування контейнерних терміналів дозволяє:

- зменшити площу, необхідну для обробки заданого обсягу вантажів, на 40–50%;
- підвищити пропускну здатність без розширення території;

- покращити керованість складськими запасами і підготувати термінал до автоматизації.

В умовах українських реалій, де фізичне розширення портів часто ускладнене містобудівними обмеженнями, такий підхід має особливу цінність. Він дозволяє ефективно нарощувати потужності шляхом інтелектуального перепланування й інвестицій у вертикальні технології, не порушуючи баланс землекористування.

Таблиця 3.6

Комплекс заходів з удосконалення транспортної інфраструктури
контейнерних терміналів

Напрямок удосконалення	Конкретні заходи	Очікуваний ефект
1. Залізнична інфраструктура	– Добудова колій для shuttle trains – Створення інтермодальних платформ – Впровадження систем автоматичного формування маршрутів	+ Підвищення частки залізничних перевезень + Скорочення часу обробки поїздів + Зменшення перевантаження автотранспорту
2. Автомобільна інфраструктура	– Розширення під'їздів до терміналу – Побудова багаторівневих розв'язок – Електронні зони очікування – Зарядні станції для електрофур	+ Зниження заторів та простоїв + Зменшення екологічного навантаження + Поліпшення сервісу для водіїв і перевізників
3. Цифрова інтеграція	– Впровадження PCS (Port Community System) – GPS/RFID для моніторингу вантажів – Інтеграція з TOS, CRM, митними системами	+ Прозорість обігу вантажів + Узгодженість дій учасників логістики + Зниження адміністративних бар'єрів

Джерело: розроблено автором на основі [6, 10, 11]

Дані таблиці 3.6 узагальнюють три ключові напрями вдосконалення транспортної інфраструктури контейнерних терміналів — залізничну, автомобільну та цифрову — кожен з яких має безпосередній вплив на швидкість, вартість і надійність логістичних операцій. Запропоновані заходи демонструють, що лише комплексний підхід, який поєднує фізичну модернізацію та цифрову інтеграцію, здатен забезпечити суттєве покращення логістичних показників. Особливу увагу слід приділяти синхронізації транспортних потоків та переходу до інтермодальних рішень, що відповідають сучасним світовим стандартам контейнерної логістики.

Однією з ключових умов ефективного функціонування контейнерного терміналу є наявність сучасної системи управління всіма логістичними процесами. У більшості провідних портів світу цю функцію виконує Terminal Operating System (TOS) — програмна платформа, що забезпечує централізоване управління переміщенням, зберіганням, обліком і плануванням контейнерних вантажів у режимі реального часу.

В українських терміналах система TOS або відсутня, або реалізована у спрощеному вигляді, без повної автоматизації й інтеграції з іншими елементами логістичного ланцюга. Як наслідок — неефективне розміщення контейнерів, дублювання інформації, збої у плануванні та великі простой техніки.

Таблиця 3.7

Порівняння можливостей систем управління терміналом (TOS)

Параметр / Система	Navis N4	CyberLogitec OPUS	Традиційні/внутрішні розробки
Масштабованість	Висока	Висока	Низька
Інтеграція з API	Повна (CRM, PCS, e-Customs)	Повна	Часткова
Автоматичне планування	Так	Так	Частково вручну
Візуалізація в режимі реального часу	Так	Так	Відсутня
Штучний інтелект / прогнозування	Обмежено	Так	Відсутнє

Рівень впровадження у світі	350+ терміналів	90+ терміналів	локальні
-----------------------------	-----------------	----------------	----------

Джерело: розроблено автором на основі [36, 37, 33]

Використання TOS нового покоління забезпечує:

- Підвищення точності розміщення вантажів до 99,5%;
- Зменшення кількості внутрішніх переміщень контейнерів на 30–40%;
- Скорочення часу перевалки контейнера на 20–25%;
- Оптимальне використання техніки та зниження витрат на її простой;
- Швидке реагування на зміни в графіках суден, погоди, чергах.

На сучасному етапі розвитку портової логістики традиційної автоматизації вже недостатньо для досягнення максимальної ефективності. Лідери світового ринку — порти Шанхаю, Роттердама, Сінгапура — демонструють новий рівень інноваційності: впровадження технологій Інтернету речей (IoT), аналітики на основі штучного інтелекту (AI) та блокчейн-систем, що трансформують контейнери з простих об'єктів перевезення в частини цифрової екосистеми з повним контролем.

IoT передбачає встановлення сенсорів на контейнерах, кранах, тягачах, складі, що дає змогу:

- відстежувати місцезнаходження контейнерів у реальному часі;
- контролювати стан пломб, рівень вібрацій, температурний режим;
- виявляти несанкціоноване відкриття чи пошкодження вантажу;
- отримувати автоматичні сигнали у випадку порушень.

Приклад: У порту Лос-Анджелеса впроваджена IoT-система для контейнерів з холодильним обладнанням, що дозволило зменшити псування продукції на 35%.

AI-модулі застосовуються для:

- прогнозування навантаження терміналу з урахуванням графіків суден, погоди, сезонності;
- оптимізації черговості вантажно-розвантажувальних операцій;

- автоматичного формування маршрутів кранів і транспорту;
- аналізу логістичних заторів та моделювання сценаріїв їх усунення (digital twin).

Приклад: У PSA Singapore використання AI скоротило середній час перевалки контейнера на 22%, зменшило кількість внутрішніх переміщень на 30%.

Блокчейн забезпечує надійне, незмінне та відкрито контрольоване зберігання інформації про вантажі, транзакції та документи. Його застосування дозволяє:

- фіксувати походження, маршрут і обробку кожного контейнера;
- виключити ризик фальсифікації документів;
- прискорити митне оформлення завдяки «розумним контрактам»;
- забезпечити довіру між усіма учасниками перевезення.

Приклад: Платформа TradeLens (IBM + Maersk) скоротила час на обробку вантажних документів на 40% у тестових зонах портів Антверпена й Нью-Йорка.

Таблиця 3.8

Цифрові технології нового покоління та їхній ефект у контейнерній логістиці

Технологія	Основні функції	Очікувані результати
IoT	Відстеження, контроль стану вантажу	+ Безпека, менше втрат, швидке реагування
AI	Прогнозування, оптимізація операцій	+ Скорочення витрат, підвищення точності
Блокчейн	Захищене зберігання даних, смарт-контракти	+ Прозорість, довіра, автоматизація оформлення

Джерело: розроблено автором на основі [36, 37, 33]

Використання IoT, штучного інтелекту та блокчейн-технологій дозволяє перейти до нового рівня управління контейнерними терміналами — від

автоматизації до самонавчальної, прозорої й прогнозованої логістики. Для українських портів інтеграція цих технологій — це не лише шлях до скорочення втрат і простоїв, але й стратегічна інвестиція в конкурентоспроможність на глобальному ринку перевезень.

Впровадження TOS-систем нового покоління забезпечує централізоване управління усіма логістичними операціями в терміналі, автоматизує планування ресурсів та скорочує кількість помилок і простоїв. Інтеграція з PCS створює єдиний інформаційний простір для всіх учасників логістичного процесу, що значно прискорює документообіг та взаємодію з митними і державними структурами. Додатковий рівень ефективності забезпечують технології IoT, які підвищують контроль і безпеку вантажів, а також штучний інтелект і блокчейн, що дозволяють прогнозувати навантаження та автоматизувати критично важливі управлінські процеси.

У сучасній глобальній логістиці зростає роль мультимодальних перевезень як найефективнішої форми доставки вантажів, що поєднує переваги морського, залізничного, автомобільного й іноді авіаційного транспорту. Контейнерні термінали, які функціонують як мультимодальні логістичні хаби, мають значно вищий рівень пропускної здатності, гнучкості та здатності адаптуватися до змін кон'юнктури.

Таблиця 3.9

Основні напрямки реалізації стратегії мультимодалізації в контейнерних терміналах

Напрямок	Конкретні заходи	Очікуваний результат
Розвиток інтермодальних зв'язків	– Розширення внутрішньопортових залізничних колій; – Створення комбінованих терміналів; – Виведення маршрутів до коридорів TEN-T, ТРАСЕКА	+ Підвищення частки перевезень залізницею; + Полегшення транзиту; + Зниження навантаження на автошляхи
Будівництво внутрішніх dry port (сухих портів)	– Організація складів і логістичних центрів у глибині країни; – Підключення до морських портів через shuttle trains; – Приклади: GCT (Німеччина), Сопот (Польща)	+ Децентралізація логістики; + Розширення зони покриття портів; + Зменшення навантаження на припортову інфраструктуру

Покращення мультимодального планування	– Впровадження цифрових платформ для вибору маршрутів; – Синхронізація графіків та тарифів; – AI-аналітика для управління навантаженням	+ Скорочення часу доставки; + Оптимізація витрат; + Зростання надійності перевезень
--	---	---

Джерело: розроблено автором на основі [11]

Узагальнення в таблиці 3.9 демонструє, що ефективна реалізація стратегії мультимодалізації передбачає комплексний підхід: одночасний розвиток залізничної інфраструктури, створення внутрішніх логістичних хабів (dry ports) та запровадження сучасних цифрових інструментів управління перевезеннями. Кожен із трьох напрямків є взаємопов'язаним і підсилює інші, формуючи єдину логістичну екосистему. Результатом таких заходів стане істотне скорочення витрат на транспортування, підвищення швидкості обробки вантажів та зміцнення позицій українських терміналів у системі міжнародної торгівлі.

Перехід до мультимодальних логістичних хабів є однією з найбільш перспективних стратегій розвитку контейнерних терміналів. Це дозволяє не лише інтегрувати різні види транспорту в єдиний логістичний ланцюг, але й перетворити порт з перевалочного пункту на потужний розподільчий центр, здатний ефективно обслуговувати внутрішні та транзитні вантажопотоки.

Таблиця 3.10

Комплекс заходів з екологічної та енергетичної ефективності контейнерного терміналу

Напрямок	Конкретні заходи	Економічний та екологічний ефект	Додаткові переваги
Енергоефективна техніка	– Електричні/гібридні тягачі, навантажувачі, крани– LED-освітлення– Зарядні станції	↓ витрат на паливо до 40%, ↓ CO ₂	↓ витрат на утилізацію; краща енергоефективність
Shore power (живлення суден від берегу)	– Підключення суден до електромережі порту під час стоянки	↓ викидів NO _x , CO ₂ , PM до 70%	Поліпшення екологічного балансу в припортовій зоні
Екологічний моніторинг і звітність	– Сенсори шуму, пилу, викидів, води– Звіти за GRI, ISO 14001– Внутрішні політики управління відходами	Прозорість, відповідність стандартам, контроль ризиків	Довіра інвесторів, участь у міжнародних тендерах

Сертифікація та доступ до "зеленого" фінансування	– Отримання сертифікатів ISO 50001, LEED, BREEAM– Залучення фінансування від ЄБРР, ЄІБ, USAID	Можливість реалізації сталих проєктів зі зниженою вартістю капіталу	Залучення до Green Supply Chains; зростання репутаційної цінності
---	--	---	---

Джерело: розроблено автором на основі [44, 39]

Проаналізовані в таблиці заходи підтверджують, що впровадження екологічно орієнтованої політики на рівні контейнерного терміналу не лише сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище, а й забезпечує значні економічні вигоди. Системний підхід, що включає використання енергоощадної техніки, підключення суден до shore power, екологічний моніторинг та сертифікацію, відкриває доступ до міжнародного фінансування та підвищує рівень довіри з боку світових логістичних операторів. Таким чином, стратегія "зеленої модернізації" стає важливим фактором сталого розвитку та конкурентної переваги на глобальному ринку контейнерних перевезень.

Підвищення ефективності контейнерних перевезень у сучасних умовах потребує комплексного стратегічного підходу, що охоплює не лише технічні й організаційні аспекти, а й глибоку переорієнтацію логістичних процесів на клієнта, сталий розвиток та інтеграцію з глобальними транспортними системами.

У свою чергу, стратегія клієнтоорієнтованості створює додану вартість за рахунок якісного сервісу, цифрової взаємодії та персоналізованого обслуговування, що стимулює зростання лояльності клієнтів і формує довгострокові партнерські відносини. Не менш важливою є стратегія екологічної та енергетичної ефективності, яка відповідає глобальним вимогам сталого розвитку, дозволяє знизити операційні витрати, уникати екологічних ризиків і залучати "зелені" інвестиції.

Таким чином, саме поєднання інфраструктурного, клієнтського й екологічного підходів забезпечує системне підвищення ефективності роботи контейнерних терміналів та зміцнення їх позицій у міжнародному логістичному просторі.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі дипломної роботи було досліджено найактуальніші аспекти впровадження інновацій у сфері контейнерної логістики, проаналізовано глобальні технологічні тренди, оцінено потенціал і бар'єри для їх реалізації в Україні, а також сформульовано практичні рекомендації, спрямовані на подолання існуючих обмежень і запуск сталих змін.

Результати аналізу світового досвіду підтверджують: провідні морські термінали зосереджують свої зусилля не лише на фізичному розширенні інфраструктури, а й на глибокій цифровій трансформації. Впровадження таких рішень, як автономні крани, автоматизовані транспортні засоби (AGV), системи штучного інтелекту для планування, технології Digital Twin, а також інструменти ESG-орієнтованого розвитку, зокрема shore power та CO₂-моніторинг, дозволяють терміналам одночасно підвищувати ефективність, безпеку та екологічність. Інновації в цій сфері вже не є конкурентною перевагою — вони стали умовою виживання та адаптації до вимог глобального ринку.

На цьому тлі ситуація в Україні виглядає суперечливою. З одного боку, наявні об'єктивні передумови — вигідне географічне розташування, досвід співпраці з міжнародними операторами, наявність глибоководних терміналів та запити ринку на швидшу, прозорішу та дешевшу логістику. З іншого боку, ці переваги значною мірою нейтралізуються через системні обмеження: технічну зношеність, відсутність єдиного бачення цифрової трансформації, слабку залізничну інтеграцію, кадровий дефіцит та високі безпекові ризики. SWOT-аналіз показав, що інноваційний потенціал портової логістики України поки що реалізовується переважно у вигляді окремих прикладів, таких як кейс DP World у Південному, проте не набув характеру загальнонаціональної політики.

Незважаючи на ці труднощі, ситуація не є фатальною. Розробка національної стратегії цифровізації портів, створення єдиної TOS/PCS-платформи, налагодження механізмів державно-приватного партнерства,

запровадження податкових пільг, цифрових стандартів і галузевої освіти — усе це дає можливість системно і виважено підійти до модернізації термінальної логістики. Рекомендації, сформульовані в межах цього розділу, окреслюють реалістичний маршрут, який дозволяє перейти від точкових успіхів до цілісної інноваційної моделі.

Отже, перспективи розвитку інноваційних рішень у контейнерних терміналах України є цілком досяжними. Їх реалізація потребує комплексного підходу, що поєднує технологічне оновлення, нормативну підтримку, освітню модернізацію та орієнтацію на міжнародні стандарти логістичного управління. Саме такий підхід відкриє для України можливість перетворити свої порти на повноцінні учасники глобальних ланцюгів постачання нового покоління.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Виробничий стрес

Моряки живуть і працюють в специфічних умовах, які пов'язані з соціальними та фізичними обмеженнями, тривалим відривом від звичного (берегового) середовища і соціального оточення.

Виділяють наступні фактори морської праці, які викликають хронічний або короткочасний стрес:

- загроза аварій і травм;

-сенсорна депривація (сенсорна недостатність або недозавантаження системи аналізаторів, що спостерігається в умовах ізоляції або при порушенні роботи основних органів почуттів);

- стресори, що виникають при взаємодії людини з виробничим середовищем судна (рівень шуму, природною і штучною освітленості, електромагнітним випромінюванням, вібрації, газового забруднення повітряного середовища);

- стресори, що виникають при взаємодії людини з макросередовищем в морському рейсі (зміна кліматичних і часових поясів, шторми, тайфуни, особливості підводного і надводного морського простору, качка, перепади температури тощо);

- втрата важливих психічних зв'язків, відносна соціальна ізоляція;

- сімейно-побутові стресори;

- стресори, що виникають при взаємодії людини з соціально-психологічним середовищем екіпажу;

- економічні та комерційні стресори;

- інформаційний голод;

- фрустрованність ряду потреб;

- гіподинамія і гіпокінезія тощо.

Необхідно відзначити, що більшість чинників, що негативно впливають на людину в морі, або не переборні в найближчі десятиліття (вібрація, випромінювання відпрацьованих силових установок тощо), або принципово непереборні в майбутньому (шторми, тайфуни, зміни часових поясів і ін.). Саме тому морським фахівцям необхідні вміння та навички по саморегуляції, володіння ефективними стратегіями подолання стресогенних впливів [49].

Фактично будь-яка службова ситуація може стати і є потенційним джерелом стресу. Мореплавання неминуче пов'язане з впливом небезпек, що можуть привести судно до втрати управління, аварії і навіть загибелі. Немає такого явища або процесу, які б повністю або частково не представляли

небезпеку для діяльності людини на морі. Вже само по собі море, як чуже для природного проживання середовище, вороже для людини.

У практиці мореплавання виникають небезпеки, саме існування яких важко або навіть неможливо припустити апріорі. Відповіддю організму на несприятливий вплив навколишнього середовища - емоції. Найбільш потужний прояв емоцій викликає комплексну фізіологічну реакцію - стрес. Виразність стресу визначається від сприйняття загрози, в значній мірі усвідомленням людиною своєї відповідальності за себе, за оточуючих, його установкою на свою роль у конкретній ситуації.

Стрес - комплексний процес, він включає неодмінно і фізіологічні та психологічні компоненти. За допомогою стресу організм як би мобілізує себе цілком на самозахист, на пристосування до нової ситуації, пускає в хід неспецифічні захисні механізми, що забезпечують опір впливу стресу або адаптацію до нього.

Напруженість праці - характеристика трудового процесу, що відображає навантаження переважно на центральну нервову систему, органи чуття, емоційну сферу працівника. До факторів, що характеризують напруженість праці, відносяться: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

Судновий екіпаж складається з капітана (вище керівництво), осіб командного складу (старший помічник капітана, 2 помічник капітана, старший механік, 2, 3 механіки і електромеханік (електрик) і команди - боцман, матроси, мотористи, кухар. При дослідженні відомостей з амбулаторних карт працівників плавскладу - результатами медичних оглядів, виставлених діагнозів в динаміці за кілька років виявлено, що захворювань пов'язаних з перенапруженням центральної нервової системи в 80% відзначається у групі осіб командного складу та тільки 20% інші працівники суднового екіпажу. Вище керівництво і командний склад несе величезну відповідальність за судно і життя людей [50].

Несприятливі виробничі фактори в поєднанні з нервово-емоційним напруженням відчувають на собі люди професії «моряк»:

- вплив на працівника загальної вібрації, шуму виникають від працюючого гребного валу, технологічного обладнання судна і передаються по металевим перебиранням і конструкцій судна в приміщення незалежно від призначення виробничі або житлові протягом всього рейсу;
- вплив несприятливих метеофакторів в різний сезон року, в різних широтах (вологості, температури, швидкості вітру);
- недостатня штучна освітленість і відсутність природного освітлення, в виробничих приміщеннях;
- фізичні навантаження (при перевантажувальних роботах - підйом і переміщення вантажів понад 30 кг), перебування в робочій позі стоячи більше 80% часу робочої зміни;
- психічна напруженість - робота в умовах дефіциту часу при усуненні аварійних ситуацій, ступінь відповідальності за безпеку інших осіб, ступінь ризику для власного життя, ступінь відповідальності за результат власної діяльності, розбірливість слів у виробничій обстановці менше 50%, рішення складних завдань з вибором по серії інструкцій, обробка, перевірка і контроль за виконанням завдання, змінність з роботою в нічний час (пов'язана зі специфікою лову морепродуктів), 12 годин тривалість робочого дня, робота в нічну зміну, відсутність регламентованих перерв, психоемоційні навантаження - тривале перебування в умовах обмеженого простору судна, обмеженість інформації про ті чи інші обставини професійної діяльності, висока динаміка або, навпаки, монотонна трудова діяльність тощо .;
- порушення біологічних ритмів вельми актуально і має велике медико-соціальне значення;
- чергове звикання до нового робочого місця, налагодження відносин з новими людьми і т.д. призводить до напруження.

Таким чином, цілий ряд перерахованих факторів сприяє виробленню відповідної реакції організму, яка виникає внаслідок нервів, напруги, перевтоми, негативних емоцій і так далі і як наслідок перебування членів екіпажу в стані стресу протягом багатьох по 5-8-12 місяців рейсу.

4.2. Шкідливі та небезпечні виробничі фактори, класифікація за джерелами та властивостями

За природою дії всі небезпечні і шкідливі виробничі фактори підрозділяються на чотири групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

До групи фізичних небезпечні і шкідливі виробничих факторів відносяться:

- рухомі машини і механізми, рухомі частини виробничого обладнання, виробу, заготовки, матеріали, що переміщуються;
- конструкції, що руйнуються;
- підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони;
- підвищена або знижена температура поверхонь обладнання матеріалів;
- підвищена або знижена температура, вологість, рухливість повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму, вібрації, інфразвуку, ультразвукових коливань, іонізуючі випромінювання, статична електрика, ультрафіолетова або інфрачервона радіація;
- підвищений або знижений барометричний тиск у робочій зоні і його різкий вимір;
- підвищена або знижена іонізація повітря;
- підвищена напруга в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини;

- підвищена напруженість електричного чи магнітного полів;
- відсутність або нестача природнього світла;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищена яскравість світла;
- гострі кромки, задирки, шорсткість на поверхні заготовок, інструменту, обладнання;
- розташування робочих місць на значній висоті відносно поверхні землі (підлоги).

Хімічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори за характером впливу на організм людини поділяються на: токсичні, дратівливі, канцерогенні, мутагенні і ті, що впливають на репродуктивні функції. Хімічні речовини проникають в організм людини через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, шкірні покриви і слизові оболонки [28].

За ступенем впливу на організм всі шкідливі речовини поділяються на чотири класи небезпеки:

- I - надзвичайно небезпечні (ртуть, свинець і ін.)
- II - високонебезпечні (кислоти, луги та ін.)
- III - помірно небезпечні (камфора та ін.)
- IV - малонебезпечні (аміак, ацетон, бензин та ін.).

Біологічні шкідливі та небезпечні виробничі фактори включають такі біологічні об'єкти: патогенні мікроорганізми - бактерії, віруси, спірохети, гриби, найпростіші і продукти їх життєдіяльності.

Психологічні ОВПФ за характером впливу поділяються на фізичні (статичні та динамічні) і нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження).

Результат впливу різних виробничих факторів на організм людини в основному залежать від природи чинника, його кількісної характеристики (концентрації, рівня, інтенсивності) і від місця впливу чинників на організм.

Шум.

Основні напрямки боротьби з шумом наступні:

- зниження шуму в джерелі його виникнення, тобто розробка шумобезопасной техніки;
- зниження шуму на шляху його поширення, тобто застосування засобів колективного захисту від шуму - звукоізоляції, звукопоглинання, віброізоляції, демпфірування, глушників шуму;
- проведення організаційно-технічних заходів щодо захисту від шуму.

Для боротьби з аеродинамічними шумами, які є головною складовою шуму вентиляторів, кондиціонерів, компресорних турбін, двигунів внутрішнього згоряння, застосовуються в основному звукоізоляція джерела і установка спеціального глушника.

Вібрація.

На багатьох судах використовуються вібронебезпечні машини і обладнання.

Вібрація - це складний коливальний процес, що виникає при періодичному зміщенні центру ваги будь-якого тіла від положення рівноваги, а також при періодичній зміні форми тіла в порівнянні з тією, яку воно має при статичному стані [28].

Під дією вібрації знижується гострота зору, температурна чутливість, порушується рівновага таких основних нервових процесів, як збудження і гальмування. У зв'язку з цим у людини з'являється дратівливість, головні болі, погіршується увага, пам'ять, сон, збільшується ймовірність захворювання невробами, гіпертонією, шлунковими хворобами і т.д. Крім того, можливий негативний вплив вібрації на кістки і суглоби.

Ультразвук.

На організм людини ультразвук впливає головним чином при безпосередньому контакті, а також через повітряне середовище.

При тривалій роботі з ультразвуковими установками можуть виникнути функціональні зміни центральної і периферичної нервової і серцево-судинної

систем, слухового і вестибулярного апарату. При дотриманні заходів безпеки ультразвук на здоров'я не відбивається.

Інфразвук.

Інфразвук має однакову з шумом і вібрацією фізичну природу. Він являє собою механічні коливання пружного середовища частотою менше 12 Гц. Оскільки інфразвук мало поглинається повітряної середовищем, він поширюється на великі відстані. У природних умовах його можна реєструвати під час ураганів і морських бур, при землетрусах і виверженнях вулканів.

На судах джерелом освіти інфразвуку є працюючі тихохідні двигуни, парові машини, турбіни, ходові гвинти. Інфразвук може бути і аеродинамічного походження, що виникає при турбулентних процесах в потоках газів або рідин.

Інфразвукові коливання частотою 2-16 Гц несприятливо впливають на організм людини, викликаючи стомлення, головний біль, порушення вестибулярного апарату, зниження слуховий чутливості і гостроти зору.

Електричний струм.

При експлуатації і ремонті електричного обладнання і мереж людина може виявитися в зоні дії електричного поля в безпосередньому зіткненні з провідниками, що знаходяться під напругою електричного струму. В результаті проходження струму через людину може статися порушення його життєвих функцій.

Аналіз виробничого травматизму на судах показує, що близько 3,8% всіх причин травматизму становлять поразка електричним струмом.

Електричний струм, проходячи через тіло людини, може надати біологічну, теплову, хімічну та механічну дію.

Біологічна дія полягає в здатності електричного струму дратувати і порушувати тканини організму, тепла - викликати опіки тіла, хімічна - викликати електроліз крові, а механічна - виробляти розрив тканин.

Тяжкість ураження електричним струмом залежить той ряду факторів: значень сили струму, напруги дотику, електричного опору тіла людини і

тривалості протікання через нього струму, індивідуальних властивостей людини і навколишнього середовища.

Іонізуючі випромінювання.

Іонізуючим називається будь-яке випромінювання, що викликає іонізацію середовища (утворення заряджених атомів або молекул - іонів).

Джерелами радіаційних заражень можуть бути природні радіоактивні речовини, медичні апарати і установки, штучні радіоактивні речовини в навколишньому середовищі. Вплив іонізуючих випромінювань на організм викликає лущенням шкіри, нудота і блювота, втрата працездатності, схильність до злоякісних пухлин, скорочення тривалості життя.

Ультрафіолетове випромінювання.

Джерелами є сонце, газорозрядні джерела світла, електричні дуги і ін.

При тривалому впливі великих доз ультрафіолетових випромінювань може привести до розвитку раку шкіри, серйозних уражень очей. При знаходженні судів в південних широтах біля берегів Африки, Америки, Австралії, слід працювати в захисному спецодязі.

У північних районах (Північно-Західна Атлантика, Баренцове море і ін.), Навпаки, спостерігається недолік ультрафіолетового випромінювання, що призводить до розвитку патологічних явищ, які отримали назву «сонячного голодування».

Несприятливі кліматичні умови.

Кліматичні умови (температура, вологість, швидкість руху повітря, дискомфортні кліматичні умови) порушують теплообмінні процеси між людиною і зовнішнім середовищем, призводять до перенапруження функцій терморегуляції.

Шкідливі речовини.

При експлуатації суднового устаткування і в ряді технологічних процесів відбуваються виділення різних шкідливих речовин. Шкідливими є речовини, які при контакті з організмом людини можуть викликати виробничі травми, професійні захворювання або відхилення від стану здоров'я, які виявляються

сучасними методами як у процесі роботи, так і в окремі строки життя теперішнього і наступних поколінь.

Психофізіологічні чинники.

Психофізіологічні небезпечні виробничі фактори надають багатоаспектний негативний вплив на нервову, серцево-судинну і дихальну системи. Ступінь вираженості цього впливу різна при розумовій і фізичній праці і залежить від величини відповідних перевантажень.

Фізичні перевантаження можуть бути динамічними і статичними. Динамічні навантаження виникають при переміщенні вантажів вгору, вниз, по похилій площині або по горизонталі, статичні - при утриманні вантажів у певному положенні без їх переміщення.

Статичні перевантаження більш стомлюючі, ніж динамічні, оскільки при статичній роботі напруга одних і тих же м'язів триває безперервно.

Нервово-психічні перевантаження виявляються в формі перенапруги, розумового перенапруження, монотонності праці, емоційних перевантажень. Перенапруження зорового аналізатора, що викликається недостатньою освітленістю, необхідністю розглядати дрібні предмети, викликає перенапруження м'язів райдужної оболонки очей. Як результат - головний біль, біль в області очниць, прогресуюча короткозорість.

Розумове перенапруження можливе внаслідок тривалої розумової роботи в умовах нерациональної її організації. При цьому наростає напруга, порушується рівновага нервових процесів, що проявляється у формі неврозів, функціональних розладів.

Монотонність праці має місце при надмірному дробленні технологічних процесів на дрібні і прості операції. При багаторазовому повторенні найпростіших рухів працюючий відчуває нудьгу, сонливість, падіння інтересу до роботи.

Дія емоційних навантажень в процесі праці на організм працюючих поки що до кінця не вивчено, але безсумнівно, що такого роду перевантаження сприяє нервово-психічним напруженням. Вони поглиблюються при роботі в

умовах дефіциту часу, при високої особистої відповідальності, малому професійному досвіді.

Велике значення має також зниження захворюваності і смертності серед працівників як чинники скорочення невиробничих втрат робочого часу і витрат на оплату невідпрацьованого часу.

4.3. Причини та джерела пожерів на судні

Аналіз суднових пожеж дозволив чітко визначити основні причини суднових пожеж. До таких причин належать:

- порушення трудової дисципліни - порушення вимог, настанов, правил технічної експлуатації та інших документів, виконання яких для всіх обов'язково;
- конструктивний недолік - конструктивні прорахунки в механізмах, конструкціях, що викликали пожежу або вибух;
- прихований дефект - приховані дефекти заводського виготовлення, що викликали пожежу або вибух;
- недоброякісний ремонт - недбале і низькоякісне виконання складальних післяремонтних робіт, застосування горючих матеріалів тощо;
- зношеність - вікова втома металу, наявність на судні механізмів з простроченими термінами придатності тощо;
- стихійні умови - непереборні обставини, що призвели до вибуху або пожежі (гроза, ураган, робота в льодах);
- випадкові обставини - обставини, які неможливо було заздалегідь передбачити, а отже, і вжити запобіжних заходів щодо забезпечення пожежної безпеки;
- навмисні дії - дії, що навмисно призвели до вибуху або пожежі (підпал).

– іноді причина пожежі або вибуху буває не встановлена в момент розслідування.

Джерелами займання є [28]:

- тепловий прояв хімічної реакції - відкритий вогонь, розпечені вихлопні і димові гази, іскри, самозаймання при зіткненні речовини з водою, самозаймання при зіткненні речовини з повітрям, окислення органічних речовин;

- тепловий прояв механічної енергії - іскри при ударі твердих тіл, тертя, стиск;

- тепловий прояв електроенергії - коротке замикання, великі перехідні з'єднання, перевантаження електрокабельної мережі і електричного обладнання, електричні іскри, атмосферна електрика, статична електрика.

Пожежі від відкритого вогню відбуваються досить часто. На судах такими джерелами займання бувають електрогазове зварювання, різання, що діють парові котли, форсунки, пальники і паяльні лампи, неіпогашені недопалки і т. П. Наприклад, полум'я сірника досягає 750-860°C, тління цигарки - 700-750°C, полум'я бензинової запальнички - 1200-1300°C, полум'я стеаринової свічки - 640-940°C, що достатньо для виникнення пожежі. При роботі котлів і двигунів внутрішнього згоряння утворюються розжарені газоподібні продукти, температура яких сягає 600-1100 ° С. При наявності прогарів і нещільності в випускних трубах продукти горіння виходять назовні і, стикаючись з розташованими поблизу горючими матеріалами, запалюють їх.

Складність гасіння пожежі на судні в порівнянні з наземним об'єктом полягає в обмеженості (замкнутості) простору, наявності великого пожежного навантаження (паливо, вантаж і т.д.), високій швидкості поширення горіння і підвищення температур, незначній кількості підручних засобів і особливих умовах життєдіяльності екіпажу .

Відповідальність за пожежну безпеку судна покладено на капітана, а завдання забезпечення пожежної безпеки виконує вахтова служба. У портах додатково створюють пожежну вахту. В їх завдання входять регулярний обхід

судна, перевірка виконання пожежно-профілактичного режиму. У разі пожежі на судні очолює гасіння загоряння капітан, під керуванням якого екіпаж встановлює місце і площа пожежі, виконує евакуацію людей, ліквідує вогонь і його наслідки. У разі якщо судно знаходиться в ремонті або відстої без екіпажу, керує гасінням керівник об'єкта, а по прибуттю пожежних підрозділів, старший оперативний начальник протипожежної служби бере керівництво гасіння на себе.

Щоб уникнути ризику пожежі заборонено зберігати паливно-мастильні матеріали у відкритій тарі, самозаймисті і просочені горючими рідинами матеріали, складену свіжопофарбовану парусину і вологі вугільні мішки, піротехнічні вироби з закінченим терміном придатності, а також інші горючі рідини та речовини поза відведених для цього місць і сховищ.

Команда може палити в житлових приміщеннях або на відкритих палубах в кормовій частини судна, в відведених місцях. Місця куріння обладнують металевими урнами і знаками з відповідним маркуванням. На відкритих палубах танкерів, куріння і використання відкритого вогню заборонені. Гарячі предмети не можна викидати в ілюмінатор або за борт. Трапи, виходи та інші шляхи для евакуації людей повинні бути вільними, в дверях кают регулярно перевіряють справність фільонок аварійного виходу. Вогневі роботи проводяться згідно з дозволом або наказом капітана, в тому числі газова, плазмова різка і зварювання, пайка, електрозварювання. При проведенні робіт обов'язково призначають групу осіб з пожежної вахти, яка забезпечує пожежобезпечність місця роботи.

На судні повинні бути схеми, що показують найбільш важливі точки протипожежного захисту. В їх число входять пожежні секції, сигналізація і її елементи, спринклерна установка, засоби пожежогасіння та вентиляційна система. Також їх можна викласти в буклеті, який повинен бути у кожного начальника підрозділу. Інформація в ньому надається тільки актуальна.

4.4. Розробка системи знезараження і очищення стічних вод з судна

У суднових установках для обробки стічних вод використовуються біологічний, фізико-хімічний і електрохімічний методи.

Біологічне очищення стічних вод широко поширене в установках, якими оснащені судна більш ранньої побудови. В установках біологічної дії в результаті життєдіяльності різних мікроорганізмів забруднення розкладаються до неорганічних сполук (азот, аміак, двоокис вуглецю, вода і ін.). Процеси є природними, протікають вони і в водоймах при скиданні в них стоків. У суднових установках біологічний процес очищення інтенсифікований за рахунок підтримки високої активності мікроорганізмів, в тому числі шляхом вирощування в аераційних танках активного мулу.

Установки, що працюють на принципі біологічного очищення, мають такі переваги: забезпечують високий ступінь очищення від речовин, що дозволяє використовувати установки в районах, де вимоги до показників очищення найбільш високі; процес очищення повністю автоматизований, з боку обслуговуючого персоналу необхідно тільки забезпечення контролю за станом активного мулу; досягається високий ступінь розкладання органічних речовин в стоках, тому не потрібно частого видалення шламу.

Недоліки, властиві цим установкам, такі: необхідність рівномірної подачі стічних вод на установку з метою отримання паспортних показників очищення, при перевантаженні відбувається розвиток в активному мулі мікрофлори бактерій, що призводить до спухання мулу, а при нестачі стоків спостерігається загибель мікроорганізмів і, як наслідок, порушення роботи установки; неможливість швидкого введення установки в дію, при вимушеному виведенні з експлуатації в подальшому потрібно 7-12 діб для вирощування активного мулу і отримання стійких показників очищення; тривалість процесу очищення; процес очищення сприйнятливий до змін солоності і температури стоків, вмістом хімічних речовин.

Підвищення солоності води може призвести до порушення процесу біологічної очистки (понад 20 г/л). Зміна температури стоків на 10°C уповільнює (при зниженні) або інтенсифікує (при підвищенні) процес розкладання забруднень в 2-3 рази. Такі речовини як жир, мінеральні масла і інші нафтопродукти, отруйні та миючі речовини можуть привести до порушення роботи установки або навіть до загибелі активного мулу.

Фізико-хімічне очищення стоків здійснюється за допомогою фізичних (фільтрація, осадження, центрифугування, флотація, адсорбція) і хімічних (окислення, коагуляція, розщеплення) процесів.

Електрохімічне очищення відбувається під дією електричного поля з використанням процесів електрохімічної коагуляції, електрофлотації і електролітичного знезараження стічних вод. При електрокоагуляції в стоках утворюється кисень, який сприяє більш повного розпаду органічних забруднень.

Установки, в яких використовуються фізико-хімічний і електрохімічний методи очищення стічних вод, мають такі переваги: швидке введення в роботу, що дозволяє виводити їх з дії при знаходженні судна в районах Світового океану, де скидання необроблених стічних вод забороняється; можливість повної автоматизації процесу очищення і знезараження; висока продуктивність через короткочасність процесу очищення і, як наслідок, хороші масогабаритні показники; мала залежність показників очищення від солоності і температури стоків, вмісту хімічних речовин і дисперсності зважених речовин; можливість регулювання якості очищення; при необхідності можливість обробки не тільки стічних, а й господарсько-побутових вод.

Зазначеним установкам притаманні такі недоліки: ступінь зниження забруднення стічних вод завислими речовинами і органікою, нижче, ніж в установках біологічної дії; кількість шламу, що утворюється при фізико-хімічній обробці стоків, досягає 5-10% кількості оброблюваних стічних вод, що вимагає вирішення питання про збір та утилізацію або скидання шламу; кількість шламу, що утворюється при електрохімічній обробці менше і зазвичай

не перевищує 3% кількості стічних вод; необхідність складних систем автоматики.

Аналізуючи переваги і недоліки суднових установок для обробки стічних вод, перевагу слід віддавати установкам фізико-хімічної та електрохімічної дії. Дані установки більшою мірою задовольняють вимогам, що пред'являються, мають кращі питомі показники за масою і габаритами (в 3-4 рази в порівнянні з установками біологічної дії).

Знезараження стічних і господарсько-побутових вод на судах є однією з важливих складових загального процесу обробки стоків. Стічні води містять величезну кількість бактерій, серед яких можуть бути хвороботворні віруси. Патогенні бактерії в морській воді зберігають свою життєдіяльність тривалий час (3-30 сут) і можуть безпосередньо або через біологічний ланцюжок потрапляти до людини. Знезаражуючий ефект залежить від ряду факторів: дози і ступеня активності бактерицидного агента; часу контакту з оброблюваною водою, кількісного вмісту бактерій; стійкості бактерій і вірусів до конкретного бактерицидного агенту тощо.

Методи знезараження можуть бути реагентними (хлорування, озонування, сріблення, електроліз) і безреагентними (термічний, електрофорез, ультразвукової, ультрафільтрація, електричний розряд).

Хлорування - один з найбільш поширених методів знезараження завдяки своїй доступності і дешевизні. Разом з тим від обслуговуючого персоналу потрібно обережність при використанні. Сутність дезінфекції хлоруванням полягає в окисленні бактерій киснем, який утворюється при взаємодії хлору з водою, і в безпосередньому впливі хлору на протоплазму клітин бактерій. Хлор шкідливо впливає на живі ресурси моря, тому залишковий його зміст у водах, що скидаються має бути не більше 5 мг/л.

Озонування - один з найбільш ефективних методів знезараження. Озон не тільки має бактерицидні властивості, а й сприяє знебарвленню води, окисляє фенольні сполуки і органічні речовини. Ефективність дії озону приблизно в 2,5-

3 рази вище, ніж хлору. При цьому не потрібно ретельного дозування, оскільки дія озону мало залежить від температури води і показника рН [56].

Електроліз - різновид обробки стічних вод методом хлорування. Тільки в цьому випадку гіпохлорит натрію виходить з морської води або з кухонної солі за допомогою спеціального приладу - електролізера. Перевага цього методу полягає в тому, що не потрібно тримати на судні запаси гіпохлориту натрію або кальцію, при зберіганні яких виникають певні труднощі. Даний метод використовується в сучасних установках.

Термічний метод знезараження застосовується при високій концентрації органічних і мінеральних речовин, наприклад шламу, що утворюється в результаті обробки стічних речовин. Різновидами методу є рідкофазне окислення і вогнева обробка.

Рідкофазне окислення - це процес окислення киснем повітря органічних домішок при високій температурі (150-370°C) і тиску (до 30 МПа). Зазначений метод не отримав поки практичного поширення в зв'язку з високою вартістю обладнання.

Ультразвуковим методом за певних умов викликають загибель мікроорганізмів. Ефект знезараження залежить від частоти ультразвукових коливань і досягає максимуму при частоті 50-1000 кГц.

Для знезараження питної води широко використовуються методи сріблення і ультрафіолетового опромінення. Для знезараження стічних вод зазначені методи практично не використовуються, так як перший дорогий, а другий вимагає дуже ретельного очищення від зважених речовин.

ВИСНОВКИ

У процесі дослідження було з'ясовано, що інновації є ключовим фактором підвищення ефективності функціонування контейнерних терміналів у морських портах, особливо в умовах посиленої конкуренції, зростання обсягів вантажопотоків і вимог до швидкості та прозорості логістичних процесів.

Проаналізовано сутність і класифікацію інновацій у портовій галузі. Встановлено, що інновації охоплюють як технологічні (нове обладнання, автоматизовані крани, інтелектуальні транспортні системи), так і організаційні рішення (цифрова інтеграція, нові моделі управління терміналом, впровадження клієнтоорієнтованих стратегій). Їх роль полягає не лише в

підвищенні продуктивності, а й у забезпеченні сталого розвитку, зменшенні витрат та зміцненні позицій терміналу в глобальній логістичній мережі.

Оцінено глобальні тенденції інноваційного розвитку контейнерних терміналів. Порти Сінгапуру, Шанхаю, Гамбурга, Антверпена стали прикладами комплексного впровадження інновацій — від використання безпілотних перевантажувачів і електротранспорту до повної цифрової синхронізації між усіма учасниками ланцюга постачання. Ці приклади доводять, що інновації здатні трансформувати звичайний термінал на високотехнологічний мультимодальний хаб.

Проаналізовано сучасний стан українських контейнерних терміналів. З'ясовано, що більшість вітчизняних терміналів функціонують із використанням застарілого обладнання, обмеженої інфраструктури та фрагментарних цифрових рішень. Це знижує їх конкурентоспроможність на міжнародному ринку перевезень, а також обмежує привабливість для глобальних логістичних операторів. Водночас наявний потенціал розвитку — зручне географічне положення, транзитний ресурс, вихід до чорноморських торговельних коридорів — свідчить про високі перспективи за умов інноваційної модернізації.

Обґрунтовано доцільність технічного оновлення контейнерних терміналів. Встановлено, що модернізація обладнання (впровадження кранів STS, RTG, автоматизованих систем керування технікою) дозволяє скоротити час перевалки, зменшити споживання енергії, підвищити безпеку та зменшити потребу в людському факторі. Окремо підкреслено важливість оптимізації просторової організації терміналу — впровадження вертикальних систем зберігання (VoxBay), цифрових схем зонування, автоматизації навігації всередині майданчика.

Показано критичну роль цифрових інновацій у розвитку терміналів. Системи управління TOS нового покоління, інтеграція з Port Community System (PCS), використання IoT для моніторингу контейнерів, прогнозування з допомогою штучного інтелекту, а також застосування блокчейн-рішень — усе

це формує нову модель логістики: прозору, передбачувану, масштабовану. Такі рішення дозволяють не лише прискорити операції, а й зменшити ризики помилок, дублювання інформації, втрат і затримок.

Розглянуто перспективу трансформації терміналів у мультимодальні логістичні хаби. Було доведено, що поєднання морського, залізничного та автомобільного транспорту, розвиток внутрішніх сухих портів (dry ports), підключення до міжнародних коридорів (TEN-T, ТРАСЕКА) сприяє суттєвому розширенню функціоналу терміналу, зростанню транзитного потенціалу, залученню нових клієнтів і зменшенню навантаження на припортову інфраструктуру.

Окремо акцентовано на важливості клієнтоорієнтованості. Перехід до режиму 24/7, створення цифрових кабінетів клієнтів, послуги з логістики «під ключ», консалтинг, аналітика витрат та персоналізоване обслуговування — усе це сприяє підвищенню індексу задоволеності клієнтів, росту лояльності, а отже, й прибутковості терміналу.

Виявлено тісний зв'язок між інноваціями та екологічною ефективністю. Впровадження електротехніки, shore power для суден, систем екологічного моніторингу та звітності, отримання сертифікацій ISO та ESG відкриває доступ до «зеленого» фінансування, підвищує довіру з боку глобальних партнерів і знижує ризики екологічних санкцій. Таким чином, екологічна стратегія стає не лише соціально відповідальним кроком, а й джерелом нових можливостей для росту.

Узагальнено, що підвищення ефективності перевезень залежить не від одного рішення, а від гармонійної взаємодії багатьох інноваційних компонентів. Саме комплексний підхід — інфраструктурний, цифровий, сервісний та екологічний — дозволяє сформувати сучасний контейнерний термінал, здатний ефективно функціонувати в умовах глобального ринку та відповідати викликам XXI століття.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Офіційні нормативно-правові документи та стандарти

1. Закон України «Про морські порти України» від 17.05.2012 № 4709-
VI.
2. Закон України «Про транспорт» від 10.11.1994 № 232/94-ВР.
3. ДСТУ ISO 50001:2020. Системи енергетичного менеджменту.
Вимоги та настанови щодо застосування.
4. ДСТУ ISO 14001:2015. Системи екологічного управління.

5. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року (схвалена розпорядженням КМУ № 430-р від 30.05.2018).

2. Наукові та навчальні видання

6. Гаврилюк Т.Ю. Інноваційна діяльність підприємств морської логістики. Одеса: ОНМУ, 2020.

7. Корнійчук М.А. Морська логістика: навч. посібник. Київ: КНЕУ, 2019. – 328 с.

8. Бондар І.В. Контейнерні перевезення: методи аналізу й оптимізації. Львів: Видавництво ЛНТУ, 2021.

9. Чеботарьова І.І. Портова інфраструктура: сучасний стан та перспективи розвитку. Херсон: ХДМА, 2022.

10. Саркісова В.І. Цифрові інновації в портовій логістиці. // Морський вісник. – 2021. – №4. – С. 22–30.

11. Бараненко С.Й. Мультиmodalьні перевезення: концепції та моделі. Дніпро: НМетАУ, 2020.

12. Ладогубець О.О. Інформаційні технології в логістиці. Київ: Ліра-К, 2021.

13. Григор'єв Є.В. Системний підхід до розвитку морських перевезень. Одеса: Астропринт, 2023.

14. Діденко Ю.М. Економіка та управління портами: теорія і практика. Київ: КНЕУ, 2018.

3. Аналітичні звіти, дослідження, доповіді

15. World Bank. Container Port Performance Index 2022. URL: <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2023/03/16/container-port-performance-index-2022>

16. OECD. Digitalisation and Port Logistics: Best Practices. 2022. URL: https://www.oecd.org/en/publications/performance-of-maritime-logistics_8e06fcd1-en.html

17. UNCTAD. Review of Maritime Transport 2023. URL: <https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2023>

18. Global Maritime Trends 2050. Lloyd's Register Foundation, 2022. URL:
<https://impact.economist.com/ocean/global-maritime-trends-2050/>
19. European Sea Ports Organisation. Annual Report 2023. URL:
<https://www.espo.be/media/Annual%20Report%202023-2024.pdf>
20. Baltic Ports Organization. Digitalization in Ports. Sector Review. 2021.
URL:
https://www.researchgate.net/publication/354575387_Ports_Digitalization_Level_Evaluation
21. Maersk & IBM. TradeLens Blockchain Report. – 2021. URL:
<https://www.maersk.com/news/articles/2022/11/29/maersk-and-ibm-to-discontinue-tradelens>
22. PSA International. Sustainability and Innovation Report 2023. URL:
<https://www.globalpsa.com/wp-content/uploads/2024/07/PSA-International-Sustainability-Report-2023.pdf>
23. DP World. Annual Report on Terminal Innovation. 2022. URL:
<https://www.dpworld.com/investors/annual-report-2023>
24. Port of Rotterdam. Port Vision 2030. URL:
<https://www.porttechnology.org/wp-content/uploads/2019/05/PTI-13.pdf>
25. Port of Antwerp. Smart Port White Paper, 2023. URL:
<https://www.portofantwerpbruges.com/en/our-port/port-future/smart-port>
4. Інтернет-ресурси, офіційні сайти
26. Міністерство інфраструктури України. URL: <https://mtu.gov.ua/>
27. ДП «Адміністрація морських портів України». URL:
<https://www.uspa.gov.ua/>
28. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». URL:
<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>.
29. Port of Rotterdam. URL: <https://www.portofrotterdam.com/>
30. Port of Singapore Authority (PSA). URL: <https://www.globalpsa.com/>

- 31.Port of Hamburg. URL: <https://www.hafen-hamburg.de/>
- 32.DP World. URL: <https://www.dpworld.com/>
- 33.World Maritime News. URL: <https://www.maritime-executive.com/>
- 34.JOC – Journal of Commerce. URL: <https://www.joc.com/>
- 35.UNCTADstat Maritime Data. URL: <https://unctadstat.unctad.org/>
- 36.Smart Maritime Network. URL: <https://smartmaritimenetwork.com/>
- 37.CyberLogitec TOS Solutions. URL: <https://www.cyberlogitec.com/>
- 38.Navis Terminal Operating System. URL: <https://www.navis.com/>
- 39.European Maritime Safety Agency. URL: <https://emsa.europa.eu/>
- 40.EBRD – Green Cities Framework. URL: <https://www.ebrdgreencities.com/>
- 41.Shanghai International Port Group (SIPG). URL: <https://www.portshanghai.com.cn/>
- 42.Port of Rotterdam – Maasvlakte II: Terminal Infrastructure. URL: <https://www.portofrotterdam.com/en/our-port/maasvlakte-2>
- 43.PSA Singapore Terminals – Official Innovation Report. URL: <https://www.globalpsa.com/>
- 44.ДП «Одеський морський торговельний порт». URL: <https://www.port.odessa.ua/>
- 45.ДП «МТП «Південний». URL: <https://www.port-yuzhny.com.ua/>
- 46.ДП «Чорноморський порт». URL: <https://www.port.chornomorsk.com.ua/>
- 47.TradeLens Blockchain Platform Overview. – IBM & Maersk. URL: <https://www.tradelens.com/>
- 48.CyberLogitec Terminal Operating Systems. URL: <https://www.cyberlogitec.com/>
- 49.Navis N4 – Terminal Operating System Description. URL: <https://www.navis.com/products/navis-n4>
5. Статті з фахових періодичних видань
- 50.Kim, S.-W. Blockchain-based Port Logistics. // Transportation Research Part E, 2021.

51. Notteboom, T. & Rodrigue, J.-P. Port regionalization: Advancing the mobility agenda. // *Transport Geography*, 2020.
52. Van der Horst, M. Innovation management in ports. // *Maritime Economics*, 2021.
53. Christodoulou, A. Port-Centric Logistics: Business and Planning Implications. // *Logistics Journal*, 2022.
54. Yin, Y., Yang, J. Smart Port Technologies. // *Applied Sciences*, 2023.
55. Shakil, M. et al. IoT in container logistics: A systematic review. // *Journal of Industrial Information Integration*, 2022.
56. Solakivi T. et al. The Role of Digital Platforms in Maritime Supply Chains. // *Maritime Policy & Management*, 2022.
6. Українські дисертації, автореферати, наукові статті
57. Назаренко І.В. Інновації в транспортній логістиці: дис. к.е.н. Київ, 2020.
58. Григоренко Н.О. Підвищення ефективності контейнерних терміналів: дис. к.е.н. Одеса, 2021.
59. Орлова К.В. Цифрова трансформація портів: стаття. // *Вісник ОНУ*. – 2021. – №2.
60. Журба М.І. Перспективи впровадження AGV в українських портах. // *Морська справа*. – 2022.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота на тему «Інновації в контейнерних терміналах портів та їх вплив на ефективність перевезень» на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавра.

Метою кваліфікаційної роботи є аналіз сучасних інновацій у контейнерних терміналах портів, їх вплив на ефективність перевезень та

розробка практичних рекомендацій для вдосконалення логістичних процесів у портах.

В першому розділі розглянуто теоретичні основи інноваційної діяльності в портовій логістиці, основні тенденції розвитку контейнерних терміналів та фактори, що впливають на ефективність перевезень.

В другому розділі досліджено стан інноваційних технологій в контейнерних терміналах на прикладі портів Європи та України. Оцінено технологічні рішення, що підвищують пропускну здатність терміналів, знижують витрати та сприяють зростанню конкурентоспроможності портових послуг.

В третьому розділі запропоновано комплекс практичних рекомендацій щодо впровадження інновацій в контейнерних терміналах, включаючи цифрову трансформацію, технічне оновлення та стратегії розвитку терміналів, що допоможуть підвищити ефективність перевезень та інтеграцію в глобальні логістичні ланцюги.

Результати даної кваліфікаційної роботи полягають у тому, що запропоновані інноваційні підходи до управління контейнерними терміналами дозволяють значно покращити ефективність перевезень, знизити витрати і підвищити конкурентоспроможність портів, що є важливим елементом розвитку портової інфраструктури.

Ключові слова: інновації, контейнерні термінали, порти, ефективність перевезень, цифрова трансформація, портова логістика, стратегії розвитку, технічне оновлення, конкуренція, автоматизація.