

УДК 656.615

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2022.6/40>**Мурад'ян А.О.**

Одеський національний морський університет

Демидюков О.В.

Одеський національний морський університет

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ МОРСЬКИХ ПОРТІВ В УМОВАХ ЦИФРОВИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ: ЗАКОРДОННИЙ ДОСВІД

Відзначено необхідність зміни підходів до розвитку сучасних морських портів. Доведено, що трендом світового транспортного ринку є цифровізація та інтелектуалізація. Зазначено, що порти світу – лідери галузі зазнають цифрових трансформацій, в результаті яких запроваджуються інноваційні технології в управлінні роботою портових операторів, відбувається інтеграція всіх учасників глобального ланцюга поставок, зростає ефективність управління трафіком порту, підвищується пропускна здатність при перевантаженні та відправленні вантажів, створюється додатковий рівень безпеки. Дослідження особливостей розвитку галузі дозволило констатувати, що більш ніж половина контейнерних портів світу сконцентрована в Азії, переважно в Китаї, інфраструктурні об'єкти якого відіграють значну роль у світовій морській торгівлі та судноплавстві та посідають перші місця у рейтингу. Зазначено, що в багатьох портах світу процеси цифровізації технологічно та технічно знаходяться на стадії запровадження. Встановлено, що трансформаційні процеси суттєво модернізували концепцію розвитку найкрупніших морських портів світу, яка сьогодні спирається на технологічні новації та призвели до зміни управлінської парадигми. Проаналізовано світові практики запровадження цифрових технологій. Серед морських портів світу, які характеризуються значними цифровими трансформаціями, відзначено такі, як: Роттердам, Циндао, Сінгапур, Пусан, Сямень, Шанхай, Антверпен та інші. Особливу увагу приділено технології блокчейн, яка дозволяє відстежувати в режимі реального часу та управляти логістичною діяльністю в ланцюгах постачань, забезпечуючи безпечність обміну даними між сторонами, сприяючи розвитку морських перевезень та оптимізації морської, в тому числі портової, логістики. Відзначено труднощі, з якими стикаються морські порти при реалізації таких проєктів та питань, які потребують вирішення. Узагальнено цифрові рішення та технології, що використовуються в морських портах світу та запровадження яких представляє інтерес для вітчизняної галузі. Це сприятиме підвищенню ефективності її діяльності та конкурентоспроможності в рамках міжнародної транспортної системи.

Ключові слова: морський порт, перевантаження вантажів, управління роботою портових операторів, цифровізація, цифрові технології, морський транспорт, логістичні операції, розвиток, автоматизація.

Постановка проблеми. Ефективність діяльності морського порту, його конкурентоспроможність на світовому ринку перевезень залежить від оптимізації системи управління, використання сучасного технічного оснащення та запровадження інноваційних технологій, які відповідають міжнародним вимогам.

Жорстка конкуренція, яка панує сьогодні на ринку, сучасні виклики, які впливають на функціонування морських портів, вимагають зміни існуючих підходів до їх розвитку.

Зазначимо, що загалом визнаним трендом світового транспортного ринку визнана цифровізація та інтелектуалізація, на роль якої в розвитку різних секторів та національної економіки в цілому неодноразово зверталась увага як на європейському, так і світовому рівні [1; 2].

Зазначимо, що останнім часом найкрупніші порти світу зазнають цифрових трансформацій, в результаті яких запроваджуються інноваційні технології в управлінні роботою портових операторів, відбувається інтеграція всіх учасників глобального ланцюга поставок у єдину взаємопов'язану мережу, зростає ефективність управління трафіком порту, підвищується пропускна здатність при перевантаженні та відправленні вантажів, створюється додатковий рівень безпеки.

Проте слід вказати, що в ряді портів світу, які є ланками глобальних транспортних ланцюгів, в тому числі і вітчизняних, рівень цифрового розвитку значно поступається світовим показникам.

Це підтверджують результати дослідження [3], за висновками якого лише 34% портів визна-

чили готовність до виконання вимог Міжнародної морської організації (*International Maritime Organization*) по електронному обміну даними судно-берег, а понад 31% – не вживали дій в цьому напрямі. При цьому серед основних перешкод на шляху таких процесів визначено такі, як: відсутність належної фінансової допомоги; низький рівень взаємодії між ключовими зацікавленими сторонами в портах; прогалини в законодавчому регулюванні.

Отже, існує потреба у дослідженні досвіду цифрових трансформацій провідними морськими портами світу, адаптація якого сприятиме розвитку вітчизняної портової галузі. Це обумовлює актуальність даного дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження теоретичних та практичних аспектів функціонування морських портів світу, основні засади їх розвитку з використанням інноваційних технологій виступають предметом дискурсів в різних країнах світу, знаходячись в полі зору зарубіжних та вітчизняних науковців.

Так, в наукових роботах [4-6] акцентується увага на пріоритетності цифрових трансформацій в морських портах, аналізуються різноманітні технології та інструменти їх реалізації.

Авторами досліджень [7; 8] розглядаються підходи до цифровізації морських портів (роботизація, штучний інтелект тощо), опрацьовуються та характеризуються технологічні особливості таких процесів, розробляються надійні методики оцінки ефективності технологій та аналізується їх вплив на результати операційної діяльності порту [9; 10].

Особлива увага приділяється перспективам впровадження технологій, в тому числі блокчейн при організації оброблення суден в морських портах [11]; розвитку світової системи забезпечення безпеки людей, вантажів, та об'єктів шляхом розробки технічних рішень щодо підтримки e-Навігації [12; 13].

Зазначимо, що окремі технологічні питання цифровізації морських портів, активно досліджуються міжнародними організаціями. Так, рівень готовності цих інфраструктурних об'єктів до таких трансформацій досліджувався Міжнародною асоціацією портів та гаваней (*International Ports and Harbors Association*) спільно зі Світовим банком (*World Bank*) що дозволило визначити основні проблеми та сформулювати відповідні рекомендації щодо їх усунення [3]. Різні моделі розвитку морських портів аналізуються Конференцією ООН з торгівлі та розвитку (*United Nations Conference on Trade and Development*), в матері-

алах якої робиться акцент на моделі «Workport», що передбачає «максимальну комп'ютерну оптимізацію всіх процесів» [14].

Але, враховуючи стрімкість глобальних цифрових трансформацій, зміни вимог до розвитку транспортної системи та, відповідно, інфраструктурних об'єктів, питання запровадження сучасних цифрових технологій в морських портах різних країн та узагальнення найкращих світових практик потребують подальших досліджень, що дозволить комплексно розглянути проблему та сприятиме розвитку вітчизняного портового господарства.

Постановка завдання. Дослідження досвіду цифрових трансформацій, який запроваджено світовими лідерами портової галузі, імплементація якого сприятиме розвитку морських портів України.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження особливостей розвитку лідерів портової галузі дозволило констатувати, що більш ніж половина контейнерних портів світу сконцентрована в Азії, переважно в Китаї, інфраструктурні об'єкти якого очолюють рейтинг, відіграючи значну роль у світовій морській торгівлі та судноплаванні (рис. 1) та демонструючи зростання вантажообігу.

Так, одним з найбільших портів визнано Шанхай, вантажообіг якого за даними 2021 року підвищився на 8 %, сягнувши позначки 47 млн. TEU. На другому місці – Сінгапур, який є важливим вузлом передачі контейнерів з одного лінійного сервісу до іншого для доставки до кінцевого пункту призначення (37,5 млн. TEU), на третьому – *Нінбо-Чжоушань* (31,1 млн TEU).

Зазначимо, що трансформаційні процеси суттєво модернізували концепцію розвитку найкрупніших портів світу, яка сьогодні спирається на технологічні новації (використання інноваційного програмного забезпечення, сучасного обладнання) та передбачає зміни управлінської парадигми (формування корпоративної культури та зовнішніх комунікацій).

Загальновідомо, що першою сходинкою таких процесів було запровадження в порту Роттердам (1993 рік) безпілотних машин для обробки та горизонтального перевантаження контейнерів та автоматизації процесу цифровізації документів, що дозволяло учасникам логістичного ланцюга відстежувати місцезнаходження контейнерів.

Сьогодні цей інфраструктурний об'єкт визнаний одним із самих передових в Європі. Серед масштабних трансформацій, які було здійснено

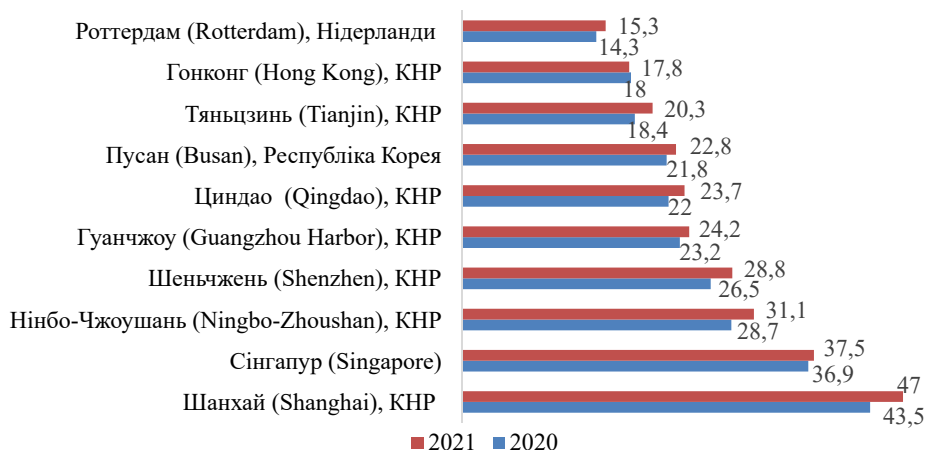


Рис. 1. Рейтинг найкрупніших контейнерних портів світу за вантажообігом, млн TEU

Джерело: побудовано за даними [13; 15]

в цьому морському порту заслуговують на увагу такі, як:

- проєкт «гіперумний» Container 42, який розпочато у 2019 році зусиллям значної кількості компаній (IBM, Cisco, Intel, Van Donge & de Roo, Simwave, Advanced Mobility Services, Kalmar і Shipping Technology тощо). Він передбачав відправку експериментального контейнеру, оснащеного датчиками, комунікаційним обладнанням, а також сонячними панелями. Його мета – збір протягом двох років інформації, яка необхідна при створенні «цифрового двійника» порту (умови транспортування на борту суден, залізницею і автотранспортом: вібрації, рівні забруднення повітря, температуру, вологість тощо);

- проєкт «Розумний порт в світі», який базується на технології Інтернету речей та передбачає створення протяг всієї портової зони цифрового двійника порту, що дозволить відслідковувати рух суден, управляти інфраструктурою та супутніми даними та до 2025 року – прийом автономних підключених вантажних суден.

Аналіз світових практик цифровізації в портах світу дозволив відзначити запровадження таких новацій, як: робототехніка, автоматизовані та полуавтоматизовані контейнерні термінали, штучний інтелект, безпілотні транспортні засоби, технологія блокчейн тощо.

Проте, звертаючи увагу на процеси автоматизації слід вказати, що в цілому технологічно та технічно ця ініціатива знаходиться на стадії запровадження. Про це свідчить той факт, що близько 97% контейнерних терміналів в портах світу не автоматизовано. При цьому частка повністю автоматизованих дорівнює 1%. Серед них: міжнародний контейнерний термінал «Вікторія» (порт Мель-

бурн, Австралія), міжнародні контейнерні термінали порту Сідней (Австралія), термінал «Нью Цяньвань» (порт Циндао, Китай) та інші. Напівавтоматизованими є лише 2%. Серед них: контейнерний термінал «Фишермен айленд» (Брісбен, Австралія), термінали «Пасир-Панджанг» 1–4 (Сінгапур), термінал «Ои 5» (Токіо, Японія) тощо.

В наукових дискурсах і дослідженнях серед основних труднощів, які перешкоджають процесам автоматизації в морських портах, виокремлюються такі, як: значні часові та фінансові витрати; нестача кваліфікованих кадрів та матеріальних ресурсів для запровадження технологій автоматизації і управління ними; стурбованість з боку профспілок щодо скорочення робочих місць [14; 16].

Акцентуємо увагу на тому, що практичний інтерес, в контексті підвищення ефективності діяльності морських портів, представляє технологія блокчейн, яка дозволяє відстежувати в режимі реального часу та управляти логістичною діяльністю в ланцюгах постачань, забезпечуючи безпечність обміну даними між сторонами, сприяючи розвитку морських перевезень та оптимізації морської, в тому числі портової, логістики.

Слід вказати, що сьогодні результати її запровадження та пілотних тестувань виступають предметом досліджень та численних обговорень [2; 9; 14, с. 3; 16].

Серед морських портів, в яких реалізовано такі технологічні новації – порт Роттердам, де реалізується масштабний проєкт Blockchain logistics, який спрямований на охоплення всього ланцюга постачань. В порту функціонує blockchain – лабораторія, яка здійснює науково-дослідницьку діяльність та опрацювання отриманих результатів.

Крім того, тестування цієї технології та запровадження пілотних проєктів, які спрямовані на зміну традиційної організації логістичних процесів та документообороту, здійснюються і в інших портах світу (Антверпен, Сінгапур, Циндао, Пусан та інших), доводячи її ефективність.

Але, вважаємо доцільним зауважити, що, практична реалізація такого проєкту в морських портах пов'язана з рядом питань, які потребують вирішення. А саме: наявність специфічних та унікальних договірних умов між учасниками логістичного процесу, що ускладнює універсалізацію та потребує налаштування такої опції в системі; складність запровадження невеликими компаніями через можливу відсутність належних техно-

логічних можливостей та фінансування тощо [16].

Тому, підкреслюючи значущість блокчейн для розвитку морських портів, погоджуємось з думкою дослідників, які зазначають, що ця технологія виступатиме каталізатором більшої консолідації в галузі або сприятиме створенню дворівневої системи, в якій деякі лінії залишаться працювати з використанням цифрових технологій лише фрагментарно [14].

Зазначимо, що морські порти світу мають накопичений досвід в сфері запровадження цифрових технологій, які характеризуються певним різноманіттям. Узагальнення напрацювань, які представляють практичний інтерес для вітчизняної галузі представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Запровадження цифрових рішень та технологій в ряді морських портів світу

Порт	Цифрові рішення та технології	Формування додаткового потенціалу для розвитку порту
Антверпен	пілотне тестування технології blockchain	оптимізація портової логістики та підвищення ефективності та безпеки управління базами даних
	платформа NxtPort	інтелектуальна обробка масивів інформації, що сприяє підвищенню ефективності та прозорості управління та обміну даними в порту; сумісність з існуючими платформами, що дозволить синхронізувати логістичні операції в порту, знизити витрати і затримки, збільшити пропускну спроможність і ефективність роботи
Пусан	запровадження blockchain в межах ланцюга постачання	оптимізація портової логістики, безпека обміну даними між сторонами
Роттердам	інтернет речей, блокчейн, технологій доповненого інтелекту	підвищення якості зв'язку між судами та береговими службами для раціоналізації управління рухом; оптимізація маршруту, визначення часу прибуття судна та доступності причалів
	система електронної навігації в режимі реального часу	зростання ефективності обміну інформацією між суднами та між судном і берегом за рахунок досконалішої організації опрацювання даних (наприклад, стосовно дорожньої ситуації в порту, завантаженості інфраструктури тощо), підвищення рівня безпеки судноплавства, надійності та ефективності морських перевезень
Сямень	Xiamen Ocean Gate Container Terminal – «розумний» порт, в якому запроваджено інтелектуальну систему управління операціями з використанням технології 5G (від розвантаження вантажів до їх зберігання на складі)	повна автоматизація управління логістичними процесами та операціями в порту
Тілбері	інтегрований мобільний додаток бронювання транспортних засобів	можливість замовлення перевізниками контейнерів і перевірка їх місцезнаходження з мобільних пристроїв
Циндао	Повністю автоматизований контейнерний термінал, який управляється лазерними сканерами і системами позиціонування контейнерів для точного закріплення і перенесення їх на вантажівки без водія; безпілотна інтелектуальна система воріт	автоматичне швартування суден, повна автоматизація управління логістичними процесами (плануванням обладнання, доставкою контейнерів тощо)

Джерело: узагальнено та сформовано за даними [14; 16]

Як інструмент цифровізації морських портів представляє інтерес Система портового співтовариства (Port Community Systems – PCS), яка є інформаційною системою, що працює в режимі реального часу та має наступні переваги: дозволяє оптимізувати логістичні процеси у ланцюзі постачання через встановлення стандартів обміну даними; забезпечує прозорість інформації на всіх етапах обробки вантажів; підвищує ефективність та швидкість портових процесів, зокрема, через спрощення системи документообороту; забезпечує високий рівень кібербезпеки всього логістичного ланцюга в порту через єдиний центр реагування на кіберзагрози. Такий проєкт був реалізований та довів ефективність в таких портах, як: Лос-Анджелес, Барселона, Шанхай тощо.

Висновки. Зазначимо, що останнім часом найкрупніші порти світу зазнають цифрових трансформацій, в результаті яких запроваджуються інноваційні технології в управлінні роботою портових операторів, відбувається інтеграція всіх учасників глобального ланцюга поставок у єдину взаємопов'язану мережу, зростає ефективність

управління трафіком порту, підвищується пропускна здатність при перевантаженні та відправленні вантажів, створюється додатковий рівень безпеки тощо. В багатьох портах світу процеси цифровізації технологічно та технічно знаходяться на стадії запровадження. Але серед лідерів, які характеризуються значними цифровими трансформаціями слід відзначити такі, як: Роттердам, Циндао, Сінгапур, Пусан, Сямень, Шанхай, Антверпен та інші. Узагальнення цифрових рішень та технологій, які використовуються в морських портах світу дозволило виокремити ті, та запровадження яких представляє інтерес для вітчизняної галузі. Серед них: робототехніка, автоматизовані та полуавтоматизовані контейнерні термінали, штучний інтелект, безпілотні транспортні засоби, технологія блокчейн тощо. Це сприятиме підвищенню ефективності діяльності портів та їх конкурентоспроможності в рамках міжнародної транспортної системи.

Однак, запровадження таких новацій потребує опрацювання відповідних технологічних механізмів реалізації таких проєктів, що складає перспективи подальших досліджень.

Список літератури:

1. European Commission. 2030 Digital Compass: the European way for the Digital Decade. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0118> (дата звернення 02.09.2022).
2. Digital Culture: The Driving Force of Digital Transformation. World Economic Forum, 2021. URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Digital_Culture_Guidebook_2021.pdf (дата звернення 02.09.2022).
3. Global ports survey on the implementation of electronic data exchange to conform with the IMO Convention on Facilitation of International Maritime Traffic. IAPH, 2021. URL: <https://sustainableworldports.org/wp-content/uploads/IAPH-FAL-Survey-Report-Jan-2021.pdf> (дата звернення 02.09.2022).
4. Chen S.-L., Jeevan J., Cahoon S. Malaysian Container Seaport Hinterland Connectivity: Status, Challenges and Strategies. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*. 2016. Vol. 32 (3). P. 127–138. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ajsl.2016.09.001>
5. de Langen, P. W., van der Lugt, L. M. Institutional reforms of port authorities in the Netherlands; the establishment of port development companies. *Research in Transportation Business & Management*, 2017. Vol. 22. P. 108–113.
6. Sugawara J. Port and hinterland network: a case study of the Crescent Corridor intermodal freight program in the US. *Transportation Research Procedia*. 2017. Vol. 25. P. 916–927. doi: <http://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.466>
7. Martín-Soberón A. M., Monfort A., Sapiña R., Monterde N., Calduch D. Automation in port container terminals. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2014. Vol. 160. P. 195–204. DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.12.131
8. Bell M. G. H. Container Port Automation. *International Encyclopedia of Transportation*. Elsevier. 2021. P. 323–326. DOI: 10.1016/B978-0-08-102671-7.10263-5
9. Morton R. Digital transformation: real results. *Port technology*. 2021. Edition 106. P. 3–5.
10. Кулішова О., Котенко В., Яковцев С. Перспективи впровадження цифрових технологій у процеси управління операційною безпекою морських портів. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*. 2022. № 11. С. 76–85. <https://doi.org/10.32851/2708-0366/2022.11.11>
11. Melnyk O., Bychkovsky Y., Voloshyn A. Maritime situational awareness as a key measure for safe ship operation. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*. 2022. Vol. 114. P. 91–101. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2022.114.8>
12. Мельник О.М., Онищенко О.А., Васалатій Н.В., Корякін К.С., Пуляєв І.О., Щенявський Г.С. Технології інформаційної взаємодії у процесі підвищення безпеки мореплавства. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2022. Том 33 (72) № 4. С. 260–265. DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.4/39>

13. Титов А., Баракат Л., Хаизаран А. Состояние и перспективы реализации технологии е-навигации. *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова*. 2019. № 4(56). С. 621–630. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-4-621-630
14. *Review of Maritime Transport 2021*. URL: https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2019_en.pdf (дата звернення 05.09.2022).
15. Hafen Hamburg. Top 20 Containerhäfen. URL: <https://www.hafen-hamburg.de/en/statistics/> (дата звернення 20.09.2022).
16. Drewry Maritime Research. Ports and terminal insight. 2020. Quarter 2. URL: <https://www.drewry.co.uk/maritime-research-products/> (дата звернення 05.09.2022).

Muradian A.O., Demydiukov O.V. FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF SEA PORTS IN THE CONDITIONS OF DIGITAL TRANSFORMATION: FOREIGN EXPERIENCE

The need to change approaches to the development of modern seaports was noted. It is proved that the trend of the global transport market is digitalization and intellectualization. It was noted that the world's ports, the industry leaders, are undergoing digital transformations, as a result of which innovative technologies are being introduced in managing the work of port operators, all participants in the global supply chain are being integrated, the efficiency of port traffic management and throughput during reloading and dispatch of goods is increasing, and an additional level of security is being created. A study of the development of the industry made it possible to state that more than half of the world's container ports are concentrated in Asia, mainly in China, whose infrastructure facilities play a significant role in world maritime trade and shipping and occupy first places in the ranking. It was noted that in many ports of the world, digitalization processes are technologically and technically being implemented. It has been established that the transformation processes have significantly modernized the concept of development of the world's largest ports. Today it is based on technological innovations, which leads to a change in the management paradigm. The world practices of introducing digital technologies are analyzed. Among the ports of the world, characterized by significant digital transformations, there are such as: Rotterdam, Qingdao, Singapore, Busan, Xiamen, Shanghai, Antwerp and others. Particular attention is paid to blockchain technology, which allows you to track cargo in real time and manage logistics activities in supply chains, ensuring the security of data exchange between the parties, contributing to the development of maritime transportation and optimization of maritime, including port, logistics. Difficulties faced by seaports in the implementation of such projects and issues that need to be addressed are noted. The digital solutions and technologies used in the seaports of the world and the implementation of which is of interest to the domestic industry are summarized. This will lead to an increase in the efficiency of their activities and competitiveness within the international transport system.

Key words: seaport, cargo transshipment, managing the work of port operators, digitalization, digital technologies, maritime transport, logistics operations, development, automation.