

УДК 656.038  
DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.1.1/56>

**Шпак Н.Г.**

Одеський національний морський університет

**Павловська Л.А.**

Одеський національний морський університет

**Коробкова О.М.**

Одеський національний морський університет

## ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МОРСЬКИМ ПОРТОМ: НОВІТНІ МОЖЛИВОСТІ ТА ВИКЛИКИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

*У статті розглядаються новітні можливості та виклики, що виникають в умовах воєнного стану в системі управління морським портом з позиції цифрової трансформації. В умовах воєнного стану морські порти відіграють критично важливу роль у забезпеченні національної безпеки, економічної стабільності та безперервного функціонування транспортних ланцюгів.*

*Цифрова трансформація управлінських процесів у портовій галузі набуває особливого значення, оскільки ефективне застосування інформаційних і комунікаційних технологій дозволяє підвищити оперативність та гнучкість портових операцій, зміцнити безпеку та захист портової інфраструктури, забезпечити стале функціонування логістичних ланцюгів, оптимізувати використання ресурсів, а також формувати умови для післявоєнного відновлення та розвитку.*

*Успішно реалізована цифрова трансформація створює фундамент для прискореного відновлення портової інфраструктури та інтеграції до світових логістичних мереж. Високий рівень цифровізації та ефективний обмін даними між портами, державними установами та бізнесом допомагають вибудувати сучасні транспортно-логістичні моделі, що залишаються релевантними й після завершення воєнних дій.*

*В умовах стрімкого розвитку інформаційних та комунікаційних технологій морські порти перетворюються на одні з ключових стратегічних ланок логістичних ланцюгів. Цифрова трансформація дозволяє значно підвищити ефективність управління портовими процесами, оптимізувати вантажні операції та забезпечити конкурентоспроможність у глобальному масштабі.*

*В статті запропонована формула інтегрального показника (IDG), яка допоможе оцінити поточний рівень цифрової готовності порту та визначити пріоритетні напрями для подальших інвестицій і розвитку.*

*Таким чином, дослідження та впровадження цифрових інструментів для модернізації системи управління морськими портами під час воєнного стану є не лише актуальними, а й невідкладними. Це дає змогу забезпечити стабільну роботу транспортної галузі, посилити національну безпеку, а також створити надійну основу для відбудови й довгострокового розвитку портової інфраструктури в повоєнний період.*

**Ключові слова:** цифрова трансформація, морські порти, воєнний стан, портова інфраструктура, вантажні операції.

**Постановка проблеми.** Цифрова трансформація морської галузі в умовах воєнного стану розвивається під впливом безпекових, логістичних і стратегічних викликів. Вона охоплює посилення кіберзахисту, розширення можливостей для дистанційного керування та автоматизації, а також активне застосування аналітичних інструментів для гнучкої адаптації ланцюгів постачання.

Формування нових підходів до управління портами та портовою інфраструктурою дає

змогу забезпечити належну оборонну й економічну підтримку держави, а після закінчення війни – закласти основу для швидкого відновлення і модернізації.

По-перше, сучасні цифрові рішення – від аналітики «великих даних» до інтернету речей – відкривають нові можливості для автоматизованого моніторингу та контролю всіх стадій портової діяльності. Це дає змогу знижувати витрати часу й ресурсів, мінімізувати вплив людського фактора

та запобігати аварійним ситуаціям. По-друге, цифрові платформи і системи електронного документообігу спрощують взаємодію між учасниками транспортної логістики (перевізниками, експедиторами, державними контролюючими органами), підвищуючи прозорість і зменшуючи ризики шахрайства чи некоректних розрахунків.

Водночас процес діджиталізації супроводжується новими викликами: необхідністю перебудувати застарілу інфраструктуру, адаптувати нормативно-правову базу, забезпечити фахову підготовку персоналу та гарантувати кібербезпеку на всіх рівнях управління. Такі чинники вимагають комплексного підходу до планування та впровадження цифрових рішень, а також формування інноваційної екосистеми, що об'єднає державні органи, наукові установи й приватний бізнес.

Отже, дослідження цифрової трансформації системи управління морським портом є вкрай важливим для модернізації вітчизняних і міжнародних портових комплексів, підвищення їх конкурентоспроможності та інтеграції у світову транспортно-логістичну мережу. Це дасть змогу не лише розкрити потенціал новітніх технологій, але й сформувати підґрунтя для ефективних управлінських рішень, що сприятимуть сталому розвитку галузі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання цифрової трансформації в системі управління морським портом розглядалися багатьма як іноземними так і українськими науковцями. У дослідженнях [1-3] розглядаються фактори конкурентоспроможності портів у глобальній логістичній системі. Зокрема, акцент робиться на ролі портових вузлів у ланцюгах постачання та на ефективному використанні інновацій. Аналізу ролі цифрових платформ, що забезпечують прозору взаємодію між усіма учасниками процесу – від контейнерних ліній і митних органів до експедиторів і термінальних операторів розглядаються в публікаціях [4-5].

У працях [6-8] досліджуються різні форми залучення інвестицій у портову інфраструктуру: концесії, орендні угоди, приватизація, державно-приватне партнерство. Ці роботи підкреслюють зв'язок між ефективною моделлю управління та показниками прибутковості, а також якістю обслуговування клієнтів. Роботи [9-10] акцентують на важливості інтеграції портів з національними транспортними коридорами, зокрема з мережею TEN-T у ЄС.

Дослідження [11] фокусується на проблемах модернізації інфраструктури, вдосконаленні під-

ходів до управління портами, а також нормативно-правових реформах у контексті євроінтеграції.

У [13-14] згадується питання воєнного стану та відбудови портової інфраструктури в умовах воєнного стану та поствоєнний період. Автори наголошують, що саме цифрові технології (наприклад, автоматизовані системи моніторингу вантажопотоку, технології блокчейн для безпечного документообігу) дозволять швидко відновити порти та інтегрувати їх до глобальних логістичних мереж.

**Постановка завдання.** Метою статті є аналіз цифрової трансформації системи управління морським портом та пропонування ефективних управлінських рішень, що сприятимуть сталому розвитку морської портової галузі.

**Виклад основного матеріалу.** В умовах воєнної загрози морська інфраструктура, зокрема портова система та корабельна навігаційна мережа, перебуває під підвищеним ризиком кібератак. Тому особливої уваги набувають розробка й впровадження систем виявлення і попередження (Intrusion Detection Systems, IDS), використання криптографічних рішень для захищеного обміну даними, постійний аудит та тестування вразливостей.

Воєнні дії можуть призвести до пошкодження базової інфраструктури (мереж, серверів, джерел живлення). Тому зростає актуальність хмарних рішень із географічно розподіленими дата-центрами, резервних серверів і каналів зв'язку, здатних виконувати критичні функції у разі виходу з ладу основних вузлів, підготовленого персоналу для швидкого відновлення роботи систем за надзвичайних обставин.

На рис. 1 наведемо схему, що ілюструє логічний ланцюжок цифрової трансформації системи управління морським портом від воєнних загроз і потреби в швидкій адаптації до отримання довгострокових переваг і відновлення після завершення воєнних подій. Вона може бути розширена чи деталізована залежно від фокусу дослідження (наприклад, додати конкретні технологічні платформи, аналітичні моделі, правові аспекти тощо).

Воєнний стан впливає на безпеку портової інфраструктури, логістику, доступ до ресурсів і персоналу, спричиняє необхідність швидкої адаптації та посиленого захисту. У період воєнних дій виникає потреба в екстреній цифровізації, формуванні нових методів керування і захисту. З іншого боку, це може стати «каталізатором» для впровадження інновацій і перебудови застарілих процесів.

Посилення кібербезпеки містить заходи зі встановлення сучасних систем захисту, моніто-



Рис. 1. Цифрова трансформація системи управління портом від воєнних загроз до отримання довгострокових переваг

Джерело: розроблено авторами

рингу та виявлення загроз, впровадження криптографічних протоколів тощо. Головна мета при цьому – запобігти кібератакам і забезпечити безперебійну роботу цифрової інфраструктури.

Автоматизація і роботизація передбачає використання безпілотних суден, роботизованих перевантажувальних комплексів, дистанційного керування, що дозволяє знижувати ризик для життя персоналу та підвищує точність і швидкість операцій.

Використання методів штучного інтелекту й машинного навчання для прогнозування попиту на перевезення, виявлення «вузьких місць» у логістиці, оперативного реагування на зміни ситуації забезпечує прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Інтегровані цифрові платформи та електронні сервіси для координації між усіма учасниками процесу (порти, перевізники, експедитори, державні органи) забезпечують швидкий обмін інформацією, зменшення паперового документообігу та підвищення прозорості.

Отриманий під час воєнного стану досвід цифрової трансформації та протидії загрозам стає основою для швидкої відбудови пошкодженої інфраструктури, дає змогу впроваджувати сучасніші технології та підвищувати конкурентоспроможність.

Завдяки комплексній цифровізації та інтеграції новітніх рішень, галузь здатна посилити позиції у світових логістичних ланцюгах і швидко реагувати на зовнішні виклики.

Для кількісної оцінки зрілості та готовності порту до цифрової трансформації пропонуємо використати інтегральний показник, умовно назовемо його Індекс цифрової готовності (IDG):

$$IDG = \frac{\alpha_1 \cdot IT + \alpha_2 \cdot AM + \alpha_3 \cdot DC + \alpha_4 \cdot CS}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4} \quad (1)$$

де *IT* (Information Technology) – рівень впровадження та інтеграції інформаційних технологій (системи управління портом, електронний документообіг тощо);

*AM* (Automation & Mechanization) – ступінь автоматизації та механізації (частка роботизованих операцій, безпілотних рішень, наявність систем дистанційного керування);

*DC* (Digital Connectivity) – рівень «цифрової конективності», тобто покриття сенсорними мережами (IoT), доступність Big Data, можливості обміну даними з різними учасниками;

*CS* (Cybersecurity) – кібербезпека та захищеність систем (наявність плану реагування на кібератаки, системи моніторингу та криптографічних рішень);

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  – вагові коефіцієнти, що відображають пріоритетність кожного компонента для конкретного порту.

Високе значення IDG свідчить про високу готовність до впровадження й активного використання цифрових технологій, що є ключовим фактором стійкості та конкурентоспроможності порту як у воєнних умовах, так і в період післявоєнного відновлення.

Нижче наведено умовний приклад розрахунку Індексу цифрової готовності (IDG) для порту Одеса за формулою (1). У прикладі наведені гіпотетичні оцінки, а також вагові коефіцієнти. Реальні показники можуть відрізнятися залежно від фактичного стану технологій, інфраструктури й рівня цифровізації порту.

Для порту Одеса припустимо, що кожен показник може оцінюватися за 10-бальною шкалою (де 0 – повна відсутність, а 10 – максимально високий рівень).

*IT*: 7.5 – частина портових систем управління впроваджена (Port Community System, електронний документообіг, базові аналітичні модулі), але повної інтеграції з усіма підрозділами поки що немає.

*AM*: 5 – автоматизація контейнерних терміналів часткова; роботизованих комплексів або безпілотних суден практично немає, але тривають пілотні проекти з впровадження автоматизованих кранів та AGV (Automated Guided Vehicles).

*DC*: 6 – базова інфраструктура IoT починає розвиватися, у порту є кілька «розумних» сенсорних точок моніторингу; водночас відсутнє масштабне Big Data – аналітичне ядро з повною інтеграцією даних.

*CS*: 4 – впроваджено базові механізми кібербезпеки, проте відсутня комплексна стратегія захисту критичних вузлів від кібератак; немає системи цілодобового моніторингу загроз (Security Operations Center).

Припустимо, що управління порту визначило такі пріоритети:

- $\alpha_1 = 3$  (IT – вагомий пріоритет, оскільки інформаційні системи вважаються ключовими для цифрової трансформації).
- $\alpha_2 = 2$  (AM – середній пріоритет, адже автоматизація потребує значних інвестицій, і її впроваджують поступово).
- $\alpha_3 = 3$  (DC – вагомий пріоритет, оскільки ефективна взаємодія та обмін даними з учасниками ланцюга постачань є критично важливими).
- $\alpha_4 = 2$  (CS – поки що не найвищий пріоритет, однак через воєнні ризики його значущість зростає).

Підставимо в формулу (1) вищевказані значення:

$$IDG = \frac{3 \cdot 7,5 + 2 \cdot 5 + 3 \cdot 6 + 2 \cdot 4}{3 + 2 + 3 + 2} = 5,85$$

Отримане значення 5.85 (на шкалі від 0 до 10) свідчить, що рівень цифрової готовності порту Одеса (за наведеним умовним прикладом) можна вважати середнім. З одного боку, порт має певні напрацювання в напрямі впровадження IT-рішень, але з іншого – все ще залишається простір для покращення автоматизації, посилення кібербезпеки й масштабування «цифрового зв'язку».

Для детальнішого планування робіт з модернізації рекомендується:

- Підвищувати рівень кіберзахисту (CS) через впровадження глибокого моніторингу, створення SOC (Security Operations Center) та комплексних систем безпеки.
- Розширювати автоматизацію (AM) шляхом розвитку роботизованих комплексів для розвантаження та безпілотних транспортних засобів.
- Узгоджувати IT та DC – інтегрувати різні інформаційні системи (Port Community System, CRM, ERP) і посилювати обмін даними з експедиторами, митними службами, логістичними операторами в реальному часі.

В перспективі, підвищивши ці складові, порт може збільшити IDG до 7–8 балів, що свідчитиме

про високий рівень цифрової зрілості й готовності до ефективної діяльності навіть у складних воєнних умовах.

**Висновки.** У процесі воєнних дій морські порти часто отримують вимушене «оновлення» систем, пов'язане з необхідністю впровадження новітніх захисних та комунікаційних рішень. Це може виявитися перевагою після завершення війни, коли високий рівень цифровізації дозво-

лить оперативно інтегруватися у глобальні логістичні ланцюги, а сучасні системи управління гарантуватимуть більшу конкурентоспроможність. Отриманий досвід та рішення, застосовані під час воєнного стану, допоможуть швидше перебудувати або відбудувати зруйновані термінали за сучасними цифровими стандартами й адаптувати управлінські моделі з урахуванням викликів безпеки та системного підходу до інвестицій у галузь.

### Список літератури:

1. Notteboom T. E., Rodrigue, J. P. Port regionalization: towards a new phase in port development. *Maritime Policy & Management*. 2005. 32(3), Pp. 297–313. <https://doi.org/10.1080/03088830500139885>
2. Lin, Y., Li, Y., Liao, Z. and Deng, M. Analysis and Management of Laboratory Safety Causes in Universities: A Case Study of J University. *Advances in Applied Sociology*. 2024. 14, Pp. 89-103. doi: 10.4236/aasoci.2024.142006.
3. Panayides, P., Song, D.-W. Determinants of Users' Port Choice. In: Talley, W.K., Ed., *The Blackwell Companion to Maritime Economics*, Wiley-Blackwell, Oxford. 2012. Pp. 599-622. doi: 10.1002/9781444345667.ch29
4. Коробкова О.М., Павловська Л.А., Шпак Н.Г. Моделювання логістичних витрат в ланцюгах поставок зовнішньоторговельних вантажів. *Розвиток транспорту: Зб. наук. праць ОНМУ, № 2(17) (2023)*. – С. 133-142 (DOI <https://doi.org/10.33082/td.2023.2-17.11>)
5. Korobkova O., Pavlovska L., Shpak N. Improvement of the interaction algorithm of participants during customs and logistics service of cargo. *Зб. наук. праць УкрДУЗТ, вип. 203 (2023)* – С. 88-95
6. Olga Gonchar, Anatoliy Kholodenko, Nataliia Shpak «Optimization of Specific Custom Tariffs in the International Economic System» 13th International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT 2023, Wrocław, Poland, September 21-23, 2023. IEEE 2023, ISBN 979-8-3503-1167-9 (DOI: 10.1109/ACIT58437.2023.10275368) (індексація в SCOPUS)
7. Павловська Л.А., Кириллова О.В., Коробкова О.М., Шпак Н.Г. Особливості моделювання інфраструктурного каркасу схем доставки вантажів у сучасних умовах. *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського, серія: технічні науки, Том 34 (73) № 2 (2023)*. – С. 172-179 (DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.2.2/29>)
8. Основи класифікації інтелектуальних транспортних систем [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://pidru4niki.com/70950/tehnika/osnovi\\_klasifikatsiyi\\_intelektualnih\\_transportnih\\_sistem](https://pidru4niki.com/70950/tehnika/osnovi_klasifikatsiyi_intelektualnih_transportnih_sistem). (дата звернення 13.01.2025)
9. Integrated transport system [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Integrated\\_transport\\_system](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Integrated_transport_system). (дата звернення 11.01.2025)
10. Amer, M. (2018). The Dry Port as a Holistic Approach for the Relocation of City Gateways. *Environmental Science & Sustainable Development*, 2(2), 42–53. <https://doi.org/10.21625/essd.v2i2.168>
11. Volkan Gumuskaya & Willem Jaarsveld & Remco Dijkman & Paul Grefen & Albert Veenstra, 2020. «A framework for modelling and analysing coordination challenges in hinterland transport systems,» *Maritime Economics & Logistics*, Palgrave Macmillan; International Association of Maritime Economists (IAME), vol. 22(1), pages 124-145, March.
12. Geerlings, H., Kuipers, B., & Zuidwijk, R. (Eds.). (2017). *Ports and Networks: Strategies, Operations and Perspectives* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315601540>
13. Коробкова О.М. Логістична діяльність підприємств в умовах воєнного стану. *Actual problems of modern science*. 2023. № 4. – С. 457-459
14. Павловська Л.А., Коробкова О.М., Шпак Н.Г. Формування інфраструктурного каркасу схем доставки дизельного палива у флексі-танках в умовах воєнного стану. *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського, серія: технічні науки, Том 35 (74) № 4 (2024)*. – С. 314-320 (DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.4/48>)

**Shpak N.G., Pavlovska L.A., Korobkova O.M. DIGITAL TRANSFORMATION OF THE SEA PORT MANAGEMENT SYSTEM: THE NEWEST OPPORTUNITIES AND CHALLENGES IN THE CONDITIONS OF THE STATE OF MARTIAL**

*The article examines the latest opportunities and challenges arising under martial law in the seaport management system from the standpoint of digital transformation. In the conditions of martial law, seaports play a critical role in ensuring national security, economic stability and smooth functioning of transport chains.*

*The digital transformation of management processes in the port industry is of particular importance, since the effective use of information and communication technologies makes it possible to increase the efficiency and flexibility of port operations, strengthen the security and protection of port infrastructure, ensure the sustainable functioning of logistics chains, optimize the use of resources, as well as create conditions for post-war recovery and development.*

*A successfully implemented digital transformation creates a foundation for accelerated restoration of port infrastructure and integration into global logistics networks. A high level of digitalization and effective data exchange between ports, government institutions and businesses help to build modern transport and logistics models that remain relevant even after the end of hostilities.*

*In the conditions of rapid development of information and communication technologies, sea ports are turning into one of the key strategic links of logistics chains. Digital transformation makes it possible to significantly increase the efficiency of port process management, optimize cargo operations and ensure competitiveness on a global scale.*

*The article proposes an integral indicator formula (IDG), which will help assess the current level of digital readiness of the port and determine priority areas for further investment and development.*

*Thus, research and implementation of digital tools to modernize the maritime port management system during martial law is not only relevant, but also urgent. This makes it possible to ensure the stable operation of the transport industry, strengthen national security, and also create a reliable basis for the reconstruction and long-term development of the port infrastructure in the post-war period.*

**Key words:** digital transformation, sea ports, martial law, port infrastructure, cargo operations.