

УДК 656.6:338

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВАНТАЖНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ В УМОВАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПОРТОВИХ ТЕРМІНАЛІВ

Канд. техн. наук А. О. Мурад'ян, асп. О. В. Демидюков

TRUCK EQUIPMENT DEVELOPMENT PROSPECTS AND FEATURES OF ITS USE IN THE CONDITIONS OF AUTOMATION OF PORT TERMINALS

Ph.D. A. O. Muradian, postgraduate O. V. Demydiakov

Анотація. Статтю присвячено сучасним тенденціям розвитку вантажного обладнання в портах. Автоматизація портової галузі сприяє трансформації традиційних портів у розумні глобальні транспортні комплекси. Ефективність їхньої діяльності визначена насамперед використанням передових технологій і практик, а результати впливають не лише на вартість послуг порту, але і зниження витрат і підвищення якості всього транспортного ланцюга доставки. Як і будь-який інноваційний процес, автоматизація має свої переваги

та недоліки, які і було відзначено в роботі. Також існують значні перешкоди для автоматизації, особливо це стосується процесів модернізації портів, що вже є.

Ключові слова: перевантаження вантажів, морський порт, автоматизація.

Abstract. *The modern trends in the development of cargo equipment in ports are considered in the article.*

Modern ports are an important link in global supply chains, and the efficiency of their work directly affects the cost of goods and related services provided during cargo transshipment, storage, and passage through port terminals. Cargo equipment used at various stages of cargo transshipment plays an important role in optimizing port operations.

Using universal equipment significantly increases the productivity of the port, reduces the downtime of ships and other types of transport, and allows efficient use of warehouse space and available personnel. The main problem that ports face when choosing equipment is its cost and payback period, which directly affect the efficiency of the port and its competitiveness.

Throughout historical development, ports have had both a negative and a positive impact on the regions and communities in which they are located. On the one hand, they contribute to the development of the region, its transport and logistics infrastructure, can stimulate economic productivity and growth, and on the other hand, their activity requires energy, creates negative external effects, worsens the ecological situation in the region.

The issue of the development of cargo equipment and the efficiency of its use is relevant and requires further research in connection with the emergence of new trends related to the automation and robotization of these processes, the introduction of elements of artificial intelligence, which significantly increase the problem of ensuring cyber security of the port.

Automation of the port industry contributes to the transformation of traditional ports into smart global transport complexes. The effectiveness of their activities is determined primarily by the use of advanced technologies and practices, and the results affect not only the cost of port services, but also the reduction of costs and the improvement of the quality of the entire transport and delivery chain.

Like any innovative process, automation has its advantages and disadvantages, which were noted in the work. There are also significant barriers to automation, especially for the modernization of existing ports.

Environmental standards and innovative cargo delivery technologies, increasing requirements for the quality of transshipment services and the need to reduce costs in order to maintain competitiveness will force traditional ports to switch to automation of transshipment equipment in order to increase its efficiency.

Keywords: cargo transshipment, seaport, automation.

Вступ. Сучасні порти є важливою ланкою глобальних ланцюгів постачання, а ефективність їхньої роботи безпосередньо впливає на вартість товарів і супутніх послуг при перевалці вантажів, їхньому зберіганні, проходженні через портові термінали. Важливу роль в оптимізації діяльності порту відіграє вантажне обладнання, що використовують на різних етапах перевалки вантажів.

Протягом століть розвиток портів був безпосередньо пов'язаний із технологіями

перевалки. Якщо раніше здебільшого будували спеціалізовані порти для перевалки визначених типів вантажів, то далі виділяли окремі райони або термінали для наливних, навалювальних, генеральних вантажів, які потребували різних технологій перевалки та відповідного різноманіття вантажного обладнання.

Поява універсальної тари у вигляді контейнерів призвела до необхідності модернізації портової інфраструктури і появи контейнерних терміналів, наявних на

сьогодні майже по всьому світу. Контейнеризація дає змогу перевалювати будь-які вантажі за допомогою стандартизованого універсального перевантажувального обладнання, яке можна використовувати не лише на терміналі, а й безпосередньо на судні.

Універсальне обладнання значно підвищує продуктивність роботи порту, зменшує простій суден та інших видів транспорту, дає змогу ефективно використовувати складські площі та наявний персонал. Основною проблемою, із якою стикаються порти при виборі перевантажувального обладнання, є його вартість і терміни окупності, які впливають на ефективність роботи порту і його конкурентоспроможність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням розвитку вантажного обладнання та особливостям його використання присвячено чимало праць вітчизняних і зарубіжних учених [1-8].

У роботах [2-4] розглянуто вирішувані проблеми контейнерних терміналів. У дослідженні [2] автори розглядають питання, пов'язані з заторами автотранспорту в портах. Проаналізувавши значну кількість публікацій із цього питання, автори розглядають різні методи зменшення заторів від оптимізації інфраструктури до контролю часу прибуття. І хоча ця проблема вирішувана з точки зору контейнерного терміналу, слід зазначити, що вона впливає на весь транспортний ланцюг від портових операторів до транспортних компаній, вантажних станцій і складських площ. Вагомим внеском цієї роботи є те, що автори, на відміну від попередніх досліджень, пропонують комплексний підхід до вирішення цієї проблеми з урахуванням інтересів усіх учасників транспортного ланцюжка та зростаючих екологічних вимог.

Автори роботи [3] розглядають вплив «зелених» технологій на підвищення продуктивності порту на підставі використання імітаційної моделі «витрати-

вигоди». Використання нового типу інтелектуальних автономних транспортних засобів (IAV) дає змогу підвищити продуктивність вантажних робіт і значно зменшити загальну вартість портових послуг. Однак використання IAV потребує оновлення поточної стратегії порту, його автоматизації та впровадження нової системи диспетчеризації, яка, на відміну від сучасної (яка орієнтована на планові показники і зазвичай вирішує ситуаційні проблеми після їх виникнення), має забезпечити пошук і випереджувальне вирішення можливих майбутніх проблем.

У роботі [4] автором запропоновано процедуру оцінювання доцільності вкладання інвестицій у проєкт оновлення перевантажувального обладнання в морському порту і вибір найкращого варіанта інвестиційного проєкту.

У роботах [5-7] розглянуто сучасні тенденції розвитку вантажного обладнання на перспективу до 2030 року. Основним трендом виступає повна автоматизація терміналів, їхня автономність з мінімальним використанням людської праці.

Аналіз наведених робіт показує, що питання розвитку вантажного обладнання та особливості його використання є актуальним і потребує подальшого дослідження через появу нових трендів, пов'язаних із автоматизацією та роботизацією цих процесів, впровадження елементів штучного інтелекту, що значно посилюють проблему забезпечення кібербезпеки порту.

Визначення мети та завдання дослідження. Основна мета дослідження – визначення перспектив розвитку вантажного обладнання та особливостей його використання в умовах автоматизації портових терміналів. Для вирішення цієї мети поставлено і розглянуто такі завдання:

- перспективні напрями розвитку портового обладнання у світі;
- приклади автоматизації портів і терміналів;

- проаналізовано основні переваги і недоліки автоматизації портів і терміналів;
- визначено основні перешкоди щодо впровадження автоматизації в портову галузь.

Основна частина дослідження.

Протягом свого історичного розвитку порти мали як негативний, так і позитивний вплив на регіони і громади, у яких вони розташовані. З одного боку, вони сприяють розвитку регіону, його транспортній і логістичній інфраструктурі, стимулюють економічну продуктивність і зростання, а з іншого – їхня діяльність потребує енергії, створює негативні зовнішні ефекти, погіршує екологічну ситуацію в регіоні [1].

Ринок портового обладнання зростатиме на 2 % щорічно до 2030 року [5]. На додачу до наявного обладнання (контейнерні перевантажувачі, вилкові навантажувачі, різні крани, ричстакери та ін.) з'являться і нові технологічні інновації – автоматизовані керовані транспортні засоби та «розумна» перевантажувальна техніка. Значну частку інвестицій у майбутньому необхідно буде вкладати в програмне забезпечення та кібербезпеку такої техніки.

Слід зазначити, що автоматизоване перевантажувальне обладнання використовуватиметься як на новітніх терміналах, так і при оновленні та розширенні портів, що вже є. Процеси автоматизації, які також входять до останніх трендів розвитку портів [6] на період до 2030 року, стануть основою передових технологій і практик сталого розвитку і забезпечать «перетворення традиційних портів на розумні, адаптивні центри глобальної торгівлі» [7].

Сучасні автоматизовані контейнерні термінали кардинально змінюють парадигми портових операцій, використовують передові технології для підвищення ефективності, зниження загальних витрат і забезпечення високого рівня конкурентоспроможності.

Використання інтелектуальних систем і штучного інтелекту, робототехніки в процесі оптимізації обробки вантажів дає змогу значно скоротити загальні витрати, збільшити продуктивність, підвищити безпеку, зменшити втручання людини в процес перевалки, оптимізувати простір, зменшити забруднювальні викиди до атмосфери та відстежувати весь процес перевалки в режимі реального часу.

Так, у Норвегії компанія Yara International об'єдналася з Kongsberg Group, щоб побудувати перше у світі автономне судно-контейнеровоз із нульовими викидами – Yara Birkeland. 262-футове судно має вантажопідйомність 120 TEU і живиться від акумуляторної батареї ємністю 6,8 МВт·год. Заплановано використовувати його для транспортування мінеральних добрив між портами Норвегії, воно зможе замінити 40 000 поїздок вантажівок із дизельним двигуном, тим самим усуваючи 1000 т CO₂ щорічно [8]. Далі компанії планують побудувати повністю автоматизований термінал, перевантажувальна техніка якого також буде працювати на акумуляторах, що забезпечить повну відсутність шкідливих викидів (рис. 1).

Однак автоматизація має і свої негативні наслідки. У 2016 році термінал TraPac у Лос-Анджелесі став першим автоматизованим портом США. Частина терміналу АРМ у Лос-Анджелесі була напівавтоматизована, а на контейнерному терміналі Лонг-Біч (LBCT) проведено модернізацію та встановлено новітнє інноваційне обладнання (автоматичні крани-штабелери та перевантажувачі), що «передбачає мінімальне залучення людської праці» (рис. 2) [9, 10].

Але повна автоматизація терміналу призвела до протестів міжнародних профспілок портових робітників через неминучу втрату робочих місць, які вимагали розглянути фінансові та соціальні наслідки автоматизації в порту Лос-Анджелес [10].



Рис. 1. Проект автономного контейнеровозу і терміналу від компаній Yara International і Kongsberg Group [8]

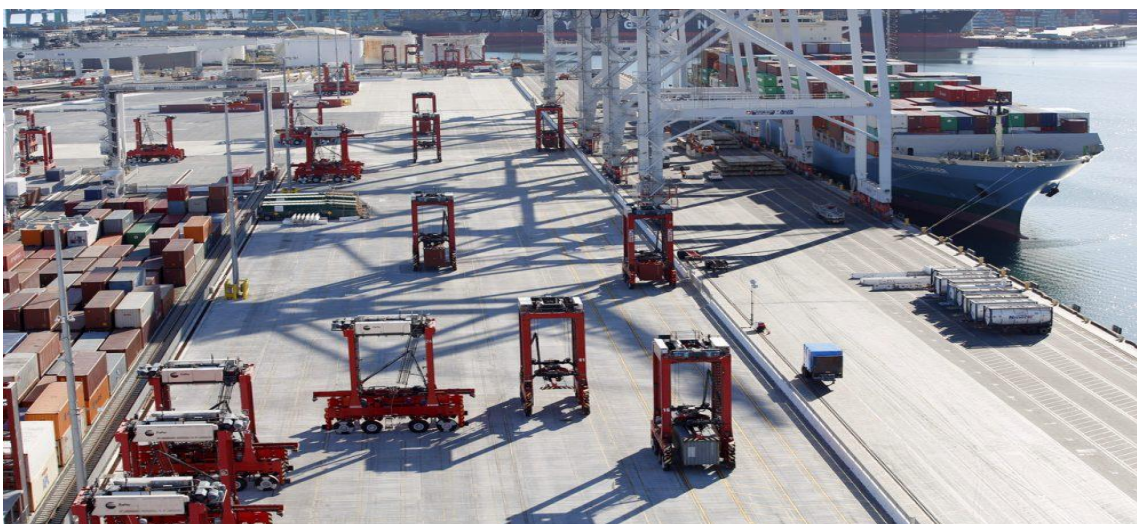


Рис. 2. Автоматизований термінал порту Лос-Анджелеса [9, 10]

Деякі експерти ставлять під сумнів ефективність автоматизації портів терміналів, наголошуючи, що такі проекти мають доволі тривалий термін окупності, і як приклад наводять порт Роттердам, «...автоматизація якого почалась ще в 1990-х і лише нещодавно почала приносити дивіденди» [10].

Ще одним негативним наслідком автоматизації можна вважати інвестиції в

інноваційний розвиток порту Вірджинія, який «...довелося продати, бо він не приносив доходів» [10].

Як і будь-який інноваційний процес, портова автоматизація має свої переваги і недоліки [11].

Переваги. По-перше, автоматизовані термінали працюють швидше, ефективніше, є безпечнішими, з екологічної точки зору. Процес перевалки відбувається в режимі

24/7, а персонал працює позмінно, що не призводить до втоми або відволікання операторів. По-друге, автоматизація дає змогу уникнути заторів і затримок при взаємодії різних видів транспорту, що значно покращує загальну кооперацію і співпрацю учасників транспортного процесу в порту. Крім того, як визначають водії та залізничники, автоматизація повністю виключає конфлікти, які раніше дуже часто відбувалися в пунктах перевалки. По-третє, новітня перевантажувальна техніка дає змогу працювати з більшими штабелями, іноді збільшуючи наявні потужності на третину. І останнє, автоматизація портів терміналів, окрім економії витрат на оплату праці, прискорення обробки суден та інших транспортних засобів, дає змогу значно заощадити на паливі, електроенергії, ремонті, зменшує рівень шуму і забезпечує високі стандарти безпеки [11].

Недоліки. По-перше, значне скорочення чисельності персоналу, особливо нижньої ланки. І хоча автоматизація створює нові робочі місця для диспетчеризації, нагляду та обслуговування обладнання, ці процеси потребують значно вищої кваліфікації, ніж була у звільнених працівників. Саме це і стає основною причиною протестів проти автоматизації. По-друге, автоматизація потребує значних початкових інвестицій, окупність яких має бути точно і обґрунтовано прорахована за різними сценаріями. По-третє, значні витрати на технічне обслуговування та інформаційні системи підтримки автоматизації. Це робить практично неможливим автоматизацію в регіонах із недостатнім рівнем розвитку або низькою інвестиційною привабливістю. І останнє – питання кібербезпеки. Злом системи захисту може повністю зупинити роботу порту, що є найбільш серйозною загрозою для автоматизації [11].

Окрім переваг і недоліків автоматизації портів терміналів існує низка перешкод для її впровадження [11]: по-перше, значний брак спеціалістів

інженерних професій, здатних обслуговувати і наглядати за інноваційним перевантажувальним обладнанням, «розумною» системою диспетчеризації та іншими процесами. Система стандартів для повністю автоматизованих портів терміналів перебуває ще на стадії розроблення і не охоплює всі необхідні процеси. По-друге, нестача даних (а іноді і їхня низька якість) для ефективної системи довгострокового планування та попереджувальної системи обслуговування та ремонту обладнання. І найголовнішою перешкодою є обробка виняткових процесів чи випадків. На жаль, спрогнозувати поведінку розумної системи у випадку якогось винятку чи нестандартної ситуації, яка не прописана, практично неможливо.

Традиційні порти і термінали зазвичай відокремлюють кожний етап обробки вантажу і приймають рішення щодо інших учасників процесу взаємодії іноді не зовсім логічно. Однак це дає змогу їм обирати найбільш прибутковий або ефективний варіант. Автоматизація побудована на інтеграції всього ланцюга постачання, а замкнені операції, навпаки, не дають змоги її впроваджувати [11]. Наприклад, якщо портів термінал не може дати вантажовласникам можливість стежити за вантажем у режимі онлайн, експедитори та вантажовласники будуть шукати інші транспортні маршрути.

Ще однією перешкодою на шляху автоматизації може стати автоматизація ручних процесів без їхнього попереднього спрощення [11], і на цьому етапі можна стикнутися зі спротивом працівників, які будуть намагатися відстоювати важливість кожного робочого місця та кожного процесу. У зв'язку з цим автоматизацію значно легше впровадити на новому терміналі, ніж автоматизувати той, що вже є.

Яскравим прикладом ефективності автоматизації можна вважати відкритий у травні 2017 році Qingdao New Qianwan Container Terminal (QQCTN), який став «..першим повністю автоматизованим

контейнерним терміналом в Азії» [11]. «Спочатку продуктивність обробки на терміналі складала 26,1 контейнера на один кран за годину; наприкінці 2018 року цей показник зріс до 33,1, що на 50 % вище середньосвітового показника» [11]. На причальному фронті для розвантаження судна в технологічних схемах було задіяно «...лише дев'ять портових працівників, тоді як у минулому їх було шістдесят» [11]. Завдяки автоматизації терміналу «...витрати на оплату праці зменшилися на 70 %, а ефективність зросла на 30 %, оскільки термінал може працювати вночі» [11]. Інвестиції в 468 млн дол. у будівництво терміналу окупилися досить швидко [11].

Необхідність переходу до більш екологічно стійкої економіки має величезний вплив на морські порти, які значною мірою залежать від вичерпного палива, особливо в умовах розташування портової інфраструктури в зоні міста. Тенденція «озеленення» та впровадження екологічно безпечних технологій стане основною проблемою портів, терміналів і транспортних комплексів вже найближчим часом. Біологічні альтернативи та практики циклічної економіки відкривають значні можливості для майбутнього портової інфраструктури, їхнього розвитку, залучення вантажопотоків, стійкості та конкурентоспроможності. Використання екологічної перевантажувальної техніки та інших екозасобів дасть змогу портам і терміналам вижити і ефективно працювати.

Сучасні автоматизовані портові термінали все частіше впроваджують передові технології моніторингу, щоб краще оцінювати стан і продуктивність своїх систем. Такі технології дають змогу вимірювати зношеність металу, тертя і поглинання енергії, вібрації, щоб приймати більш обґрунтовані рішення щодо технічного обслуговування і своєчасної заміни обладнання. Для оптимізації продуктивності та зниження ризику несподіваних збоїв у роботі обладнання використовують різні стратегії

прогнозованого технічного обслуговування перевантажувального обладнання [1].

Розвиток вантажного обладнання та ефективність його використання пов'язані з процесами автоматизації портів і терміналів. Автоматизація спричинила революцію портової галузі, відбулася зміна парадигм портових операцій на підставі передових технологій підвищення ефективності. Інноваційні термінали використовують автоматизовані крани та перевантажувачі, керовані транспортні засоби, інтелектуальні системи і штучний інтелект для оптимізації процесів обробки вантажів. Інтеграція роботів, датчиків і штучного інтелекту зменшує втручання людини, допомагаючи швидше переміщати вантажі, підвищує безпеку та оптимізує використання простору. Завдяки аналітиці даних у режимі реального часу та прогнозованому технічному обслуговуванню автоматизовані термінали забезпечують швидке, точне і стабільне виконання операцій із обробки вантажів. Ця технологічна еволюція знаменує значний прогрес у перетворенні традиційних портів на розумні глобальні торговельні центри, що швидко адаптуються до змін і плинності зовнішнього середовища [6].

Висновки

Автоматизація портів є вирішальним фактором розвитку сучасного портового обладнання, його інфраструктури та сприяє підвищенню ефективності діяльності не лише окремого терміналу чи порту, а і всього логістичного ланцюга.

Автоматизація відбувається по всьому світу від порту Роттердам до Лос-Анджелеса, від Сінгапуру до Ванкувера, включаючи мегатермінали в регіонах Близького Сходу та пілотні проєкти в Південній Африці.

Завдяки впровадженню інноваційних технологій, інтелектуальних систем, «розумного обладнання» відбувається трансформація традиційних портів в адаптивні центри глобальної торгівлі, що забезпечують швидкі, точні, стійкі,

ефективні операції з обробки вантажів, і різних транспортних засобів.

Як і будь-який інноваційний процес, автоматизація має свої переваги та недоліки, які і було висвітлено в роботі. Також існують значні перешкоди для автоматизації, особливо це стосується процесів модернізації портів, що вже є.

Екологічні стандарти та інноваційні технології доставлення вантажів, підвищення вимог щодо якості послуг із перевалки та необхідність зниження витрат із метою збереження конкурентоспроможності стануть причиною автоматизації традиційних портів перевантажувального обладнання з метою збільшення його ефективності.

Список використаних джерел

1. Four global trends that will change European seaports in the upcoming ten years. URL: <https://www.espon.eu/four-global-trends-will-change-european-seaports-upcoming-10-years>.
2. Lange Ann-Kathrin, Schwientek Anne, Jahn Carlos. Reducing Truck Congestion at Ports – Classification and Trends. URL: <https://d-nb.info/1147843724/34>.
3. Green vehicle technology to enhance the performance of a European port: A simulation model with a cost-benefit approach / Shayan Kavakeb, Trung Thanh Nguyen, Kay McGinley, Zaili Yang, Ian Jenkinson, Roisin Murray. URL: https://researchonline.ljmu.ac.uk/id/eprint/1894/1/TRC-D-15-00025R2_manuscript.pdf.
4. Малаксіано М. О. Особливості розробки проекту використання інноваційного перевантажувального устаткування в морському порту. *Ефективна економіка*. 2009. № 2. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=15>.
5. Port Equipment Market Size, Growth and Share 2023, Revenue, Trends, Competitive Analysis, Future Opportunities and Forecast 2030. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/port-equipment-market-size-growth-share-2023-revenue-trends-khan/>.
6. Global and national port trends 2030 Infrastructure Talks with Yuriy Gubankov, Anastas Kokkin, Egor Grebennikov, and other experts. URL: <https://www2.deloitte.com/ua/en/pages/press-room/expert/infrastructure-interview-port-trends.html>.
7. Port Automation Trends: Innovations in Container Handling. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/port-automation-trends-innovations-container-handling-mbhyec>.
8. Kongsberg and Wilhelmsen form the world's first autonomous shipping line. URL: <https://splash247.com/kongsberg-wilhelmsen-set-autonomous-shipping-jv/>.
9. On This Waterfront, Robot Longshoremen Are the New Contenders. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-04-25/on-this-waterfront-robot-longshoremen-are-the-new-contenders>.
10. Профспілки розпочали боротьбу з автоматизацією портів у Лос-Анджелесі. URL: https://logist.today/uk/dnevnik_logista/2019-04-09/profsojuzy-nachali-borbu-s-avtomatizaciej-portovyh-terminalov-v-los-andzhelese/.
11. A brief guide to container terminal automation. URL: <https://thetius.com/a-brief-guide-to-container-terminal-automation/>.

Мурад'ян Арсен Олегович, кандидат технічних наук, доцент кафедри експлуатації портів і технології вантажних робіт, Одеський національний морський університет. ORCID: 0000-0002-6488-6627.

Демидюков Олексій Вікторович, аспірант кафедри експлуатації портів і технології вантажних робіт, Одеський національний морський університет. ORCID: 0000-0002-4791-3830.

Muradian Arsen Olegovich, Ph.d., docent Department of Port Operation and Cargo Work Technology, Odesa National Maritime University. ORCID: 0000-0002-6488-6627.

Demydiakov Olesiy Viktorovych, postgraduate Department of Port Operation and Cargo Work Technology, Odesa National Maritime University. ORCID: 0000-0002-4791-3830.

Статтю прийнято 23.04.2024 р.