

Решетков Д.М.

Одеський національний морський університет

Онищенко С.П.

Одеський національний морський університет

Павлова Н.Л.

Одеський національний морський університет

Кириллова В.Ю.

Одеський національний морський університет

СУТНІСТЬ, ПЕРЕВАГИ ТА ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНТЕЙНЕРНИХ ТЕРМІНАЛІВ МОРСЬКИХ ПОРТІВ

Визначено, що одним шляхів вирішення комплексно наступних проблем – підвищення конкурентоспроможності, досягнення економічності, зменшення шкоди довкіллю та рівня травматизму та потенційних небезпек для людини – використання автоматизованих або частково автоматизованих технологічних рішень у роботі контейнерних терміналів морських портів. Охарактеризовано ступень впровадження автоматизації контейнерних терміналів у світовому масштабі. Встановлено, що основними факторами автоматизації є зниження експлуатаційних витрат та підвищення продуктивності. Більшість терміналів обрали напівавтоматичні рішення (автоматизація лише складського обладнання). Визначено основні складові автоматизації та відповідні технологічні рішення. Найбільш розповсюдженою є автоматизація Yard Management, а перспективним напрямом є автоматизація роботи причальних кранів. Визначено основні причини та очікування від автоматизації портів, встановлено наслідки та перешкоди процесів автоматизації. Автоматизація контейнерних терміналів дає переваги лише за певних умов. Контейнерні термінали, які стикаються з відносно стабільним ринком з гарантованою пропускну здатністю, більш підходять для високого рівня автоматизації через їх регулярні вантажопотоки. Навпаки, термінали з вантажопотоками, що коливається, краще обслуговуються при меншій кількості автоматизації, оскільки це забезпечує більшу гнучкість. Важним аспектом проектів автоматизації портів є соціальні конфлікти у портах. Соціальні витрати автоматизації портів зазвичай враховуються інвестиційних стратегіях портів.

Отриманий у результаті аналізу теорії та практики автоматизації існуючих контейнерних терміналів у морських портах світу перелік рушійних сил, проблем, переваг та недоліків автоматизації сприяє розумінню основних аспектів, які необхідно враховувати у майбутніх проектах розвитку контейнерних терміналів в Україні.

Ключеві слова: контейнерні термінали, автоматизація, переваги, безпека, ефективність.

Постановка проблеми. Контейнерні перевезення в усьому світі багато років демонструють тенденцію до зростання, усі спеціалісти впевнені, що дана тенденція залишиться і далі. Як наслідки даної тенденції – дефіцит територій терміналів для зберігання контейнерів у деяких портах; наявність в портах черг з авто, пов'язаних з наземною логістикою доставки вантажів у контейнерах, і, звичайно, зростання конкуренції між терміналами одного регіону. Це обумовлює перед існуючими терміналами завдання щодо підвищення ефективності їх роботи та продуктивності.

Крім того, сучасні технології мають не тільки бути ефективними, а також безпечними як для

довкілля, так й для персоналу, який працює з даними технологіями, тому сучасні порти та портові термінали розвиваються у напрямку використання не тільки економічних, а й середовищета людино-орієнтованих технологій.

Слід зазначити, що портове виробництво є високоризиковане з точки зору життя та здоров'я людини. Травматизм у портах та шкода довкіллю у більшості випадків є наслідками людських помилок. Один з шляхів вирішення комплексно зазначених проблем – підвищення конкурентоспроможності, досягнення економічності, зменшення шкоди довкіллю та рівня травматизму та потен-

ційних небезпек для людини – використання автоматизованих або частково автоматизованих технологічних рішень. І наразі існує досвід багатьох терміналів, які визначаються як автоматизовані або частково (напів) автоматизовані. Перші відносяться до терміналів, які автоматизували роботу лише свого контейнерного майданчика, тоді як повністю автоматизовані термінали також передбачають автоматизацію транспортування від причалу до штабелів контейнерів, тобто майже увесь цикл технологічного ланцюга з контейнером.

Автоматизація контейнерних терміналів України тільки набирала обертів до 2022 року, але ж зрозуміло, що у перспективі і найближчими роками це стане ще актуальніше, а необхідне у післявоєнний період оновлення перевантажної техніки портів та портових терміналів, обумовлює актуальність теоретичної свідомості у даному питанні, у тому числі, у питання впровадження автоматизації. Тому розуміння основних тенденцій цього процесу для подальшого впровадження передового досвіду реалізації подібних проєктів, які випробували у портах по всьому світу, буде корисним для розвитку та модернізації морських портів України.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасним проблемам розвитку портів та портових терміналів, у тому числі, контейнерних, приділяється достатньо уваги у наукових дослідженнях, прикладами яких можуть служити роботи [1-4]. Зокрема, проблема цифровізації портів та терміналів, а також системи морських перевезень у цілому розглядалися у [5-8]. Але ж більшість публікацій спрямовано на встановлено існуючих проблем та визначенню основних шляхів їх вирішення.

Автоматизація контейнерних терміналів є предметом вивчення з 90-х років. Наукові статті у цьому напрямі здебільшого присвячені конкретним проблемам автоматизованого обладнання. Набагато менше уваги приділяється впровадженню автоматизації вже існуючих перевантажувальних комплексах та їх системному розгляду. Як правило, існуючі дослідження описують конкретні приклади впровадження окремих проєктів – [9-13]. Аналіз даних джерел та встановлені факти впровадження автоматизації можуть служити основою для узагальнення даного досвіду.

Іншими джерелами інформації щодо автоматизації існуючих підприємств є офіційні документи компаній, що надають послуги, пов'язані з проєктами автоматизації. Ці документи зазвичай мають комерційні цілі та зосереджені на конкретних послугах чи продуктах, які може надати компанія-емітент.

Разом з тим проблема автоматизації існуючих перевантажувальних комплексів, що найчастіше згадується в літературі, полягає в безперервності операцій. Однак у цих джерелах не обговорюються стратегії, які використовуються для вирішення цієї проблеми [14, 15].

У Стратегії розвитку морських портів України на період до 2038 року [16] вказано на необхідність розв'язання проблеми невідповідності технічного рівня портів сучасним вимогам шляхом впровадження смарт-інфраструктури (новітніх технологій, що сприяють автоматизації та роботизації перевантажувальних процесів морських терміналів), екологічно безпечних технологій, спрямованих на зменшення шкідливих викидів від виробничих процесів у портах та отримання енергії з альтернативних джерел.

У результаті забезпечення збалансованого розвитку та ефективного використання портових потужностей на інноваційній основі очікується: введення в експлуатацію нових та модернізованих перевантажувальних комплексів загальною потужністю не менше 100 млн. тонн на рік, що забезпечить загальну пропускну спроможність морських портів України в обсязі близько 300 млн. тонн, а також забезпечення функціонування морських портів на інноваційній основі відповідно до концепцій «смарт-порт» (застосування новітніх технологій), «енергоефективний порт» (здійснення заходів з ресурсозбереження, відновлення та раціонального споживання ресурсів) та «зелений порт» (зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище) [17-19].

Ціль та завдання дослідження. Мета даного дослідження – визначення основних складових, переваг та наслідків автоматизації контейнерних терміналів у морських портах на базі узагальнення світового досвіду функціонуванні автоматизованих та частково автоматизованих контейнерних терміналів.

Характеристика сучасного стану автоматизації контейнерних терміналів у морських портах. У 1990 р. у Роттердамі почав функціонувати перший у світі контейнерний термінал, що використовує автоматичні крани-штабелери та автоматично керовані транспортні засоби (AGV). У наступні роки автоматизація складів та терміналів впевнено розвивалася. З 2010-х років автоматизація почала виходити за межі складу та терміналу. При цьому ступінь автоматизації варіюється від дистанційно керованих операцій у безпечних та ефективних умовах до повністю автономних операцій з обмеженим контролем [3].

Хоча перший автоматизований термінал було відкрито у 1993 р., реальне прискорення відбулося в останнє десятиліття: станом на початок 2022 р. у світі налічувалося 63 автоматизовані термінали. Вісімнадцять із них повністю автоматизовані, решта напівавтоматизована, більшість терміналів розташовані в Тихоокеанській Азії та Європі (рис. 2).

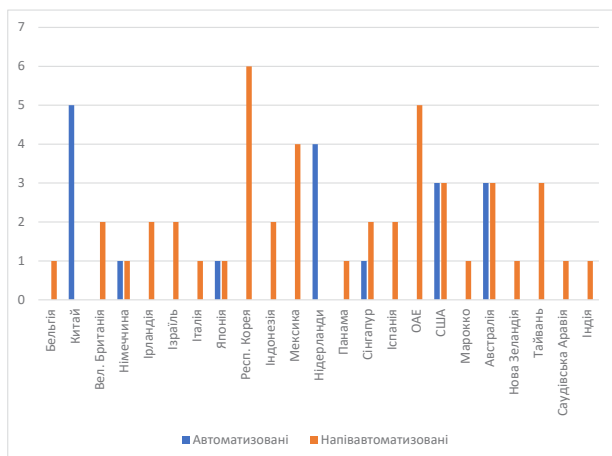


Рис. 1. Розподіл автоматизованих контейнерних терміналів (побудовано за даними [19])

Слід зазначити, що усі шість найбільших глобальних/міжнародних операторів терміналів (China COSCO Shipping Ports, PSA International, APM Terminals, Hutchison Ports, DP World та TIL), беруть участь у роботі як мінімум одного автоматизованого терміналу.

Згідно офіційної статистики, більшість автоматизованих терміналів обробляють від 2 до 3 млн. TEU. Хоча багато галузевих публікацій припускають, що для ефективної роботи автоматизації потрібно як мінімум 1 мільйон TEU, результати досліджень зарубіжних авторів показали, що дванадцять автоматизованих терміналів обробляють менше 1 млн. TEU, два з яких повністю автоматизовані. Таким чином, термінальна автоматизація відбувається у всіх масштабах терміналів, а не є прерогативою лише найбільшої групи терміналів. Тим не менш, автоматизація в основному відбувається на терміналах, малих або великих, які розраховані на судна місткістю понад 10000 TEU (до присутності надвеликих контейнеровозів (ULCS) місткістю 25000 TEU плюс).

В даний час більше половини автоматизованих терміналів працюють у портах, що приймають контейнеровози місткістю понад 20000 TEU (55,6%). Ці судна переважно використовуються на торгових шляхах Азія-Північна Європа та Азія-Середземномор'я [17]. Ще 25,4% автоматизова-

них терміналів перебувають у портах, які приймають контейнеровози місткістю понад 10 000 TEU. Одинадцять напівавтоматичних та один повністю автоматизований контейнерний термінал приймають судна місткістю менше 10 000 TEU. Наведений вище аналіз показує, що автоматизація переважно відбувається на терміналах, розрахованих на судна місткістю понад 10000 TEU (рис. 3). Тому деякі спеціалісти висловлюють думки про відкрите питання про те, чи буде автоматизація поширюватися далі у відповідь на економію масштабу, пов'язану з використанням цих великих суден. Але ж на нашу думку, розмір суден не є фактором, який визначає автоматизацію, скоріш за все, це фактор, який визначає вартість цієї автоматизації, тому що процеси автоматизації є такими, які вже не зупиняються.

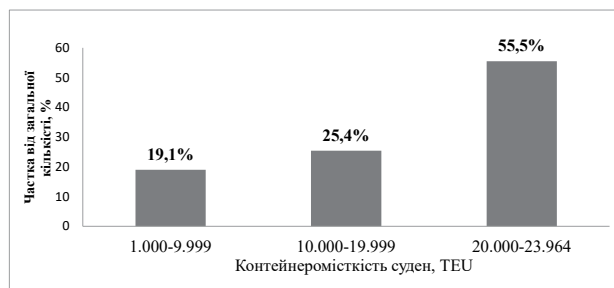


Рис. 2. Розміри суден, що обслуговуються на автоматизованих терміналах (згідно даним [9])

Площі терміналів, наявність причалів, наявність та продуктивність причальних кранів для розміщення суден – важливі параметри в автоматизованих терміналах. Сьогодні середній розмір повністю автоматизованих терміналів становить близько 100 га, середній розмір напівавтоматичних терміналів – 84 га. Діапазон розмірів терміналів значно відрізняється як повністю, так напівавтоматичних терміналів: 24 – це менше 50 га. Середня довжина причалів на базі 59 з 62 терміналів становить 1480 м без істотної різниці між повністю та напівавтоматичними терміналами. При цьому, мінливість висока: два термінали мають понад 5000 м причалів. Всі термінали, крім одного, мають осадку більше 14 м, при цьому максимальне осадку автоматизованих терміналів становить 16 м [12].

Близько 70% автоматизованих терміналів працюють у 100 найбільших контейнерних портах світу, але лише 17 знаходяться у першій десятці контейнерних портів.

Не менш важливим є питання, яке стосується ключового фінансового аспекту автоматизації терміналів – рентабельності інвестицій. Автома-

тизовані термінали потребують значних початкових інвестицій для закупівлі обладнання та необхідних модифікацій терміналу. Аналіз наявної інформації показує, що для більшості із них (60%) термін окупності інвестицій складає понад 6 років, а 9% терміналів окупили інвестиції протягом 5–6 років [13].

Основні складові автоматизації контейнерних терміналів. Слід констатувати, що на даний час відсутні якісь стандарти з автоматизації контейнерних терміналів. Тому кожен термінал впроваджує окремі елементи автоматизації на свій розсуд, а в умовах зростання конкуренції, ці розробки є комерційною таємницею. Тем не менш, усі вони засновані на основних категоріях автоматизації.

На даний час існує *чотири категорії автоматизації* [18]:

1) *Робототехніка* – охоплює використання робототехніки в устаткуванні для обробки контейнерів, такому як автоматизовані системи швартування та автоматизовані причальні крани. За допомогою автоматизованих причальних кранів понад 90% робочих обов'язків виконуються автономно, а фінальне переміщення спредеду контролюється оператором із віддаленої диспетчерської;

2) *Автоматизація процесів* – передбачає використання технологій автоматизації процесів, які пов'язані з обробкою вантажів. До них відносяться процеси воріт, у яких використовується комбінація апаратного та програмного забезпечення для мінімізації участі людини за допомогою систем запису, ідентифікації транспортних засобів та контейнерів, радіаційного сканування, ідентифікації водія та маршрутизації усередині терміналу;

3) *Автоматизація прийняття рішень* – включає використання технологій для керівництва та оптимізації рішень, пов'язаних з плануванням складування та двору, позиціонуванням контейнерів, а також плануванням транспортних засобів та обладнання;

4) *Цифровізація* – передбачає застосування цифрових технологій до комерційних операцій, планування та функцій підтримки з особливим акцентом на агрегацію та аналітику даних, а також на оптимізацію мережі.

У відсутності загальних вимог до автоматизації терміналів, тем не менш можна сформулювати перелік основних атрибутів автоматизованого терміналу.

Термінальна автоматизація – це повна або часткова заміна операцій, що обслуговуються персоналом на терміналі, автоматизованим обладнанням і процесами. Найбільш поширене визначення

класифікує термінали як повністю або напівавтоматизовані, але це визначення є частковим. Повністю автоматизований термінал – це коли складський майданчик та горизонтальні переходи між причалом та майданчиком автоматизовані. Це означає, що контейнер автоматично переміщується від пристані до місця видачі. Напівавтоматизований термінал включає лише автоматизований складський майданчик. Автоматизація вже присутня на більшості терміналів, принаймні, у її найпростішій формі, яка використовує інформаційні технології для управління термінальними активами та доповненням людської діяльності [5].

Наприклад, сучасні контейнерні термінали використовують удосконалені термінальні операційні системи (TOS) для контролю та оптимізації переміщення та зберігання контейнерів усередині та навколо терміналу. Термінальні операції включають різні технології, такі як RFID, оптичне розпізнавання символів (OCR) і системи запобігання розгойдування кранів. Однак автоматизація може також включати причальні крани, переміщення контейнерів з причалу на майданчик для зберігання та т.п.

Вибираючи автоматизацію терміналів можна повністю контролювати умови роботи автоматизованих транспортних засобів чи устаткування. На рис.3 наведено періоди розвитку складових автоматизації терміналів. Слід зазначити, що технологія автоматизації роботи *причальних кранів (Quay Cranes)* тільки почала свій розвиток.

Автоматизація роботи причальних кранів. Автоматичні функції значно підвищують ефективність і точність вантажних операцій, дозволяючи оператору приділяти більше уваги навколишнього оточення, що сприяє підвищенню безпеки і продуктивності. Автоматичне переміщення і штабелювання контейнерів – це наступний етап еволюції технології створення контейнерних кранів. На ринку вже представлений ряд моделей і типів кранів, які можна або перевезти на автоматику, або нові автоматичні крани для контейнерних терміналів. Так, компанією «Konecranes» розроблена система автоматизації роботи кранів на пневмоколісному ході Automated RTG і автоматизована Automated RMG. Automated RTG – система розроблена для 16-колісних кранів RTG включає в себе обладнання для навігації, станції дистанційного керування зі спеціально розробленим графічним інтерфейсом користувача і інформаційна система, яка в свою чергу погоджується з програмним забезпеченням. У конструкції крана також включена система запобігання розгойдування вантажу,

| Ключові технології автоматизації / етапи розповсюдження / роки | | | | |
|--|------|-----------|-----------|-----------|
| Причальні крани (Quay Cranes) | | | Прийняття | |
| Внутріпортовий транспорт (Horszontal Transport) | | | Прийняття | Поширення |
| Тилові контейнерні перевантажувачі (Yard Cranes) | | Прийняття | Поширення | Зрілість |
| Відстеження (Tracking) | | Прийняття | Поширення | Зрілість |
| Ворота (Gates) | | Прийняття | Поширення | Зрілість |
| Управління «двором» (Yard Management) | | Прийняття | Поширення | Зрілість |
| 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 → |

Рис. 3. Розповсюдження ключових технологій автоматизації портових терміналів (побудовано по [17])

вміння справлятися з нерівністю покриття і коливаннями під час вільного ходу крана [4]. Але ж автоматизація роботи причальних кранів тільки починається. Існуючі крани наразі не можуть самостійно піднімати контейнери з суден через труднощі з вирівнюванням розкидача контейнерів з контейнерним слотом. Іншим обмеженням є те, що судна злегка рухаються під час операцій з обробки контейнерів, що робить визначення точного розташування контейнерів на судні складним завданням, тому через високу складність експлуатації такого крана автоматизовано лише обрані підпроцеси [20].

Внутріпортовий транспорт (Horszontal Transport) – доставка, приймання та інші операції з обробки вантажів, що складається з фізичного переміщення вантажу або обладнання між двома місцями в зоні обслуговування порту. Більшість транспортних засобів з автоматизованим керуванням (AGV) рухаються за фіксованим шляхом, але ж нове покоління «розумних» AGV не слідує за фіксованим маршрутом і контролюється GPS, що дає більше свободи пересування, але призводить до більш складного управління трафіком.

Управління «двором» (Yard Management) передбачає планування, координацію та управління активами, такими як вантажівки, що прибувають і відправляються, причепи, тощо, у межах території терміналу. Для автоматизації даних процесів використовуються системи радіочастотної ідентифікації (RFID), які потребують ідентифікації кожного об'єкта, який слід відстежувати; а також системи оптичного розпізнавання символів (OCR), які фіксують зображення зверху, з обох сторін і низу

задньої частини контейнера, а потім розпізнають номери контейнерів на цих зображеннях.

Ворота (Gates) – рух автотранспорту с контейнером в порт/з порту, для автоматизації використовуються технології, аналогічні в Yard Management, але ж вони передбачають ідентифікацію водія та авто.

Таким чином, найбільш розповсюдженою є автоматизація *Yard Management*, а перспективним напрямом є автоматизація роботи причальних кранів, але ж ці процеси потребують відповідних інноваційних розробок, які виходять за межі поняття «автоматизація» а вже пов'язані із технологіями штучного інтелекту, що обумовлюється необхідністю врахування багатьох факторів, які не завжди можливо вписати у «базові ситуації» для прийняття рішень.

Слід зазначити, що на прикладі високотехнологічних перевантажувальних пунктів, таких як контейнерний термінал Альтенвердер (СТА) в порту Гамбурга (Німеччина) або ЄВРОМАКС (ЕСТ) в порту Роттердама (Нідерланди) демонструються високі рівні продуктивності, завдяки повній автоматизації. Для автоматизації роботи контейнерних терміналів розробляються системи управління контейнерними терміналами, наприклад, СТМС (Container Terminal Management System) – система, призначена для автоматизації управління контейнерним терміналом і всіма операціями з контейнерами і вантажами на території. Вона забезпечує управління роботою вантажної техніки, транспорту і персоналу, контроль переміщення контейнерів, оперативне планування завдань персоналу з урахуванням поточної обстановки [11]. Основним завданням сис-

теми є автоматизація оперативного управління всіма операціями з контейнерами, що дозволяє знизити вартість і терміни їх обробки на території контейнерного терміналу і надає можливість отримання точної інформації про поточну обстановку з метою оперативного планування роботи контейнерного терміналу. Подібні системи управління контейнерним терміналом розроблені різними світовими компаніями. Крім того, сучасні інформаційні та телекомунікаційні технології дозволяють не тільки автоматизувати роботу техніки і терміналів в цілому, а також здійснювати стеження за станом і діагностику обладнання з метою своєчасного виявлення помилок, зносу і т.д. Такі технології отримали назву «системи віддаленого моніторингу».

Таким чином, принцип автоматизованого терміналу можна уявити у вигляді наступної схеми (рис. 4).



Рис. 4. Автоматизований термінал (джерело – [1])

Основні наслідки, переваги, та перешкоди автоматизації контейнерних терміналів. В [20] стверджується, що основним драйвером автоматизації є власники (оператори) контейнерних терміналів. Дійсно, вони мають основні цілі, характерні для ринкової економіки – «економія, ефективність, конкурентоспроможність». Крім того, сучасний бізнес має бути відповідальним бізнесом, тому крім комерційних цілей виникають ще наступні – «безпека – для людини та довкілля». Досягнення цих цілей у сучасних умовах без використання автоматизації неможливо.

Основні рушійні сили для автоматизації існуючих контейнерних терміналів, представлені у табл. 1.

Як показало проведене в галузі обстеження, майже 75% операторів терміналів вважають автоматизацію вкрай важливою для збереження конкурентоспроможності в найближчі три-п'ять років, а 65% респондентів розглядають автоматизацію як інструмент забезпечення безпеки операцій. Більше 60% опитаних операторів терміналів очікують, що автоматизація допоможе поліпшити

контроль за операціями та їх узгодженістю, а 58% респондентів розраховують, що вона дозволить скоротити загальні експлуатаційні витрати терміналів. Позитивний вплив автоматизації стосується, перш за все, *безпеки*, оскільки автоматизовані термінали менш схильні до нещасних випадків з меншою кількістю (або взагалі без) робітників. Автоматизоване обладнання також зазвичай приводиться в дію електрикою, що знижує місцеві зовнішні фактори навколишнього середовища, такі як забруднення та шум.

Таблиця 1

Основні причини та очікування від автоматизації портів (сформульовано на базі узагальнення [21])

| Причини | Очікування |
|---|---|
| 1. Існуючий термінальний комплекс має площу, яку важко розширити | Автоматизація стає стратегією збільшення пропускної спроможності, зниження експлуатаційних витрат та збереження конкурентоспроможності |
| 2. Термінал виступає як великий перевалочний вузол | Автоматизація стає стратегією збільшення пропускної спроможності перевалки. Термінал-хаб може виконувати свою функцію більш ефективно, особливо з урахуванням більших за розміром контейнеровозів |
| 3. Новий термінал розробляється з використанням новітніх технологій автоматизації | Автоматизація стає стратегією залучення клієнтів у конкурентному середовищі, при цьому знижується необхідність навчання персоналу портового терміналу |

Основна проблема автоматизації існуючого терміналу у тому, як поєднати процес із існуючими операціями. Демонтаж старого обладнання та встановлення автоматизованого обладнання потребує тимчасової втрати потужності та ефективності роботи (таблиця 3).

Оператори терміналів повинні інвестувати великі суми грошей протягом тривалішого періоду часу, щоб досягти будь-якої рентабельності інвестицій. Довгий термін реалізації обумовлений тривалими термінами будівництва та тестування терміналу. Перетворення існуючого терміналу в автоматизоване обладнання може бути складним. Оператору необхідно буде тимчасово відмовитися від частини своїх термінальних потужностей та зіткнутися з необхідністю керування двома операційними системами (автоматизованою та неавтоматизованою) протягом перехідного періоду. Це може містити рішення про втрату доходів під час автоматизації,

Основні перешкоди для автоматизації терміналів (складено на базі узагальнення [14])

| Перешкода | | Зміст |
|-----------|--|---|
| 1 | Високі та незворотні інвестиційні витрати | Устаткування автоматизації неспроможна ефективно надаватися частинами, а може поставлятися як цілісної та інтегрованої системи |
| 2 | Наявність навичок та навченого персоналу | Новий набір навичок з експлуатації, нагляду та обслуговування автоматизованого обладнання потребує додаткової підготовки робочої сили та найму талантів на конкурентному ринку |
| 3 | Порушення роботи терміналу під час конвертації | У міру того як термінал наближається до експлуатаційної потужності, автоматизація стає все більш привабливим варіантом. Однак перетворення площ в автоматизацію призведе до порушення роботи, впливаючи на продуктивність терміналу, дохід та задоволеність клієнтів |
| 4 | Існуючі трудові договори | Більшість портових робітників, особливо портові вантажники, розглядають автоматизацію як порушення та загрозу можливостям працевлаштування. Термінал, який здійснює перехід на автоматизацію, може зіткнутися з незадоволеністю робітників та протестами, які можуть порушити його роботу |

але з очікуваною вигодою у вигляді підвищення ефективності. Готовність стивідорних компаній інвестувати у нові технології вантажно-розвантажувальних робіт та автоматизацію частково пов'язана з передбачуваними перевагами продуктивності праці та економією коштів на рівні докерів.

Якщо технічне нововведення дозволяє скоротити трудомісткість на бригаду (або, у разі повної автоматизації, навіть виключити трудомісткість), тоді оператор терміналу виграє від економії витрат на робочу силу тільки в тому випадку, якщо бригади скоротяться в розмірах. Якщо таке скорочення праці неможливе в рамках системи докерного найму, то стивідорна компанія набагато менш охоче впроваджуватиме технологічні інновації. Компроміси, на які необхідно піти під час впровадження нової автоматизованої технології обробки вантажів, можуть призвести до суперечок між профспілками та оператором терміналу.

Висновки. В даний час у тій чи іншій мірі автоматизовано 53 контейнерні термінали по всьому світу. Це становить близько 4% пропускної спроможності контейнерних терміналів у світі. Більшість автоматизованих систем розгорнуто на контейнерному майданчику, на жодному терміналі немає повністю автоматизованих причальних кранів.

Автоматизовані порти, зазвичай, більш продуктивні. Але ж організація та спеціалізація порту, географічне розташування та розмір порту є важливішими факторами, що визначають продуктивність порту, ніж автоматизація. Це пояснює обмежену автоматизацію контейнерних портів на сьогоднішній день. Порівняно високі витрати на обробку роблять аргументи на користь автоматизації не зовсім переконливими. Хоча автоматизація контейнерних терміналів знижує витрати на робочу силу, капітальні витрати вищі, оскільки

автоматизоване обладнання дорожче, ніж обладнання з ручним керуванням.

Автоматизація контейнерних терміналів дає переваги лише за певних умов і, отже, обмеженої групи терміналів. Контейнерні термінали, які стикаються з відносно стабільним ринком з гарантованою пропускною здатністю, більш підходять для високого рівня автоматизації через їх регулярні вантажопотоки. Навпаки, термінали з вантажопотоками, що коливаються, краще обслуговуються при меншій кількості автоматизації, оскільки це забезпечує більшу гнучкість.

Важним аспектом проектів автоматизації портів є соціальні конфлікти у портах. Коли переваги автоматизації є неоднозначними, деякі зацікавлені сторони інтерпретуватимуть будь-який поштовх до неї як спробу скоротити профспілки докерів. Водночас є приклади конструктивної співпраці профспілок, портової влади та операторів терміналів для впровадження автоматизації на умовах, які всі учасники вважають за прийнятні [10]. Соціальні витрати автоматизації портів зазвичай враховуються інвестиційних стратегіях портів. Такі витрати, як витрати на соціальне забезпечення (у разі звільнення) та втрачені податкові надходження (коли машини замінюють портових робітників, які не можуть бути реінтегровані на ринок праці), які переносяться на інші частини державного сектора, звісно, ігноруються більшістю портів. зацікавлені сторони, але вони мають бути взяті до уваги урядом.

Отриманий у результаті аналізу теорії та практики автоматизації існуючих контейнерних терміналів у морських портах світу перелік рушійних сил, проблем, переваг та недоліків автоматизації сприяє розумінню основних аспектів, які необхідно враховувати у майбутніх проектах розвитку контейнерних терміналів в Україні.

Список літератури:

1. Port Economics, Management and Policy. By Notteboom T., Pallis A., Rodrigue J.-P. Pub (2022) Location London, 690. <https://doi.org/10.4324/9780429318184>
2. Rusanova, S., Onyshchenko, S. (2020). Development of transport and technological process options' concept for goods delivery with participation of maritime transport. *Technology audit and production reserves*, 1(2 (51)), 24-29. <http://doi.org/10.15587/2312-8372.2020.198373>
3. Gharehgozli, A., Zaerpour, N., Koster, R. (2019), Container terminal layout design: transition and future, *Maritime Economics & Logistics*, <https://doi.org/10.1057/s41278-019-00131-9>
4. Onyshchenko S., Leontieva A. Modeling of the Optimal Composition of the Enterprise Technical Development Program. *Technology Audit and Production Reserves*, vol. 5, no. 2, 2018, pp. 36-41, <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.146463>.
5. Світовий досвід використання цифрових технологій у морських портах. Решетков Д.М., Ромах В.Л., Іванова І.М. Транспортні системи і технології: проблеми функціонування та розвитку портів. Том 6: Монографія. /за ред. О.В. Кириллової В.І./ – Одеса: Купрієнко СВ, 2021 – С. 24-38.
6. Reshetkov D., Bondaryuk M., Onyshchenko S. (2023). Essence, advantages and existing experience of the smart ports development. *Transport Development*, (4(15)), 108-122. <https://doi.org/10.33082/td.2022.4-15.09>
7. Davidson, N. Retrofit Terminal Automation Measuring the Market. *Port Technology International*, 2018, Vol. 77, pp. 1–3.
8. Onishchenko, O., Golikov, V., Melnyk, O., Onyshchenko, S., Obertiur, K. Technical and operational measures to reduce greenhouse gas emissions and improve the environmental and energy efficiency of ships. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*. 2022, 116, 223-235. ISSN: 0209-3324. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2022.116.14>
9. Kon, W.K.; Rahman, N.S.F.A.; Hanafiah, R.M.; Hamid, S.A. The global trends of automated container terminal: A systematic literature review. *Marit. Bus. Rev.* 2020, 6, 206–233
10. Container Port Automation: Impacts and Implications (2019) Internatioanl Transport Forum <https://www.itf-oecd.org/container-port-automation-impacts-and-implications>
11. Martín-Soberón, A. M., A. Monfort, R. Sapiña, N. Monterde, and D. Calduch. Automation in Port Container Terminals. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2014, Vol. 160, pp. 195–204.
12. Yang, Y. C., and K. Y. Shen. Comparison of the Operating Performance of Automated and Traditional Container Terminals. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 2013, Vol. 16, No. 2, pp. 158–173
13. Knatz G., Notteboom T., Athanasios A. (2022) Container terminal automation: revealing distinctive terminal characteristics and operating parameters. *Maritime Economics & Logistics* 24:537–565 <https://doi.org/10.1057/s41278-022-00240-y>.
14. Burgos Gajardo, Luis, Poonam Taneja, and Mark van Koningsveld (2022) Desktop Research into Historic Automation Projects of Brownfield Container Terminals. *Journal of Marine Science and Engineering* 10, no. 5: 704. <https://doi.org/10.3390/jmse10050704>
15. Planning for automation of container terminals, PIANC Report MarCom WG208, (2021). <https://www.pianc.org/publications/marcom/wg208>
16. Стратегія розвитку морських портів України на період до 2038 року. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/548-2013-%D1%80#Text>
17. ITF. 2021. Container Port Automation: Impact and Consequences. International Transport Forum Policy Papers, No. 96, OECD Publishing, Paris. <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/container-port-automation.pdf>
18. Chao, S. and Y. Lin (2017) Gate automation system evaluation; A case of a container number recognition system in port terminals. *Maritime Business Review*, Vol. 2 No. 1, 2017 pp. 21-35, <https://doi.org/10.1108/MABR-09-2016-0022>
19. Ghiara, H., Tei, A. (2021), Port activity and technical efficiency: determinants and external factors, *Maritime Policy & Management*, <https://doi.org/10.1080/03088839.2021.1872807>.
20. Orive, Santiago, Corral, González-Cancelas (2020) Strategic Analysis of the Automation of Container Port Terminals through BOT (Business Observation Tool). *Logistics*. 4. 3. <https://doi.org/10.3390/logistics4010003>
21. Rodrigue, Jean-Paul, Notteboom Theo (2021). Automation in Container Port Systems and Management. <http://www.trb.org/Publications/Blurbs/182504.aspx>

Reshetkov D.M., Onyshchenko S.P., Pavlova N.L., Kirillova V.Yu. ESSENCE, ADVANTAGES AND PROBLEMS OF THE SEA PORTS CONTAINER TERMINALS AUTOMATION

It was determined that one of the ways to comprehensively solve the following problems – increasing competitiveness, achieving efficiency, reducing damage to the environment and the level of injuries and

potential dangers for humans – is the use of automated or partially automated technological solutions in the sea ports container terminals operation. The degree of introduction of automation of container terminals on a global scale is characterized. The main factors of automation are the reduction of operational costs and the increase of productivity. Most of the terminals chose semi-automatic solutions (automation of warehouse equipment only). The main components of automation and corresponding technological solutions are defined. The automation of Yard Management is the most widespread, and the automation of the quay cranes operation is a promising direction. The main reasons and expectations from the port automation are determined, the consequences and obstacles of automation processes are determined as well. Automation of container terminals provides advantages only under certain conditions. Container terminals, which face a relatively stable market with guaranteed capacity, are more suitable for high levels of automation due to their regular cargo flows. Conversely, terminals with fluctuating cargo flows are better serving with less automation since it is more flexibility. An important aspect of port container terminal automation projects is the social conflicts, and the social costs of port automation should be considered in port investment strategies.

The list of driving forces, problems, advantages and disadvantages of automation obtained as a result of the theory and practice analysis of the seaports container terminals automation in order to the understanding of the main aspects that must be taken into account in the future projects related to the Ukrainian container terminals development.

Key words: container terminals, automation, advantages, safety, efficiency.