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

Кафедра економічної теорії та підприємництва на морському транспорті

Шевченко Олена Денисівна

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

НА ТЕМУ

МОРСЬКИЙ ТРАНСПОРТ МАЙБУТНЬОГО

Спеціальність – 073 «Менеджмент»
Освітня програма – «Менеджмент в галузі морського та річкового транспорту»

Науковий керівник
к.е.н, доцент
Примачова Н.М.

Здобувач вищої освіти_____
Науковий керівник_____
Завідуючий кафедрою_____
Нормоконтроль _____

Одеса 2025

ЗАВДАННЯ

на розробку кваліфікаційної роботи бакалавра

за темою:

МОРСЬКИЙ ТРАНСПОРТ МАЙБУТНЬОГО

	Зміст окремих частин дослідження	Строк виконання	Фактично виконано
1	2	3	4
1	Мета дослідження - сформувати прогноз розвитку морського транспорту України з урахуванням сучасних викликів і розробити практичні рекомендації щодо впровадження цифрових та автономних рішень.	20.12.24	20.12.24
2	Об'єкт дослідження – морський і річковий транспорт України, включаючи порти та логістичні процеси.	20.12.24	20.12.24
3	Предмет дослідження: цифрові та автономні технології в морській логістиці та їхній вплив на ефективність, безпеку та конкурентоспроможність.	20.12.24	20.12.24
4	ВСТУП	20.02.24	20.02.24
5	РОЗДІЛ 1. ГЛОБАЛЬНІ ТРЕНДИ У МОРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ ТА ЛОГІСТИЦІ	15.03.25	15.03.25
6	РОЗДІЛ 2. АВТОНОМНЕ СУДНОПЛАВСТВО: МОЖЛИВОСТІ ТА	29.04.25	29.04.25

	ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ		
7	РОЗДІЛ 3. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ І ЦИФРОВІЗАЦІЯ УКРАЇНСЬКОГО МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ	20.05.25	20.05.25
8	РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	25.05.25	25.05.25
9	ВИСНОВКИ	29.05.25	29.05.25
10	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	29.05.25	29.05.25
11	Анотація	01.06.25	01.06.25
12	Формування ілюстративного матеріалу	15.05.25	15.05.25
13	Відгук керівника	05.06.25	05.06.25
14	Рецензування	15.06.25	15.06.25
15	Дата захисту	17.06.25	17.06.25

Здобувач вищої освіти

Керівник

Завідувач кафедри

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. ГЛОБАЛЬНІ ТРЕНДИ У МОРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ ТА ЛОГІСТИЦІ

1.1. Сучасний стан світового морського транспорту: ключові тенденції та виклики 8

1.2. Використання штучного інтелекту в морській логістиці: оптимізація маршрутів, безпека та ефективність 17

1.3. Міжнародний досвід цифровізації портів та судноплавних компаній .. 24

РОЗДІЛ 2. 37

АВТОНОМНЕ СУДНОПЛАВСТВО: МОЖЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ 37

2.1. Вплив автономного судноплавства на ринок праці та суднобудівну галузь 37

2.2. Поточний стан українського морського транспорту та логістики 45

2.3. Міжнародні партнерства та можливості інтеграції України у глобальну цифрову морську логістику 55

РОЗДІЛ 3. 64

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ І ЦИФРОВІЗАЦІЯ УКРАЇНСЬКОГО МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ 64

3.1. Розвиток штучного інтелекту у морській галузі України 64

3.2. Оптимізація портових операцій за допомогою цифрових технологій . 71

3.3. Прогноз розвитку морського транспорту України 80

РОЗДІЛ 4 92

ОХОРОНА ПРАЦІ 92

4.1. Психологія безпеки життєдіяльності на морі, психофізіологічні властивості сприйняття інформації 92

4.2. Класи робіт за показниками шкідливості і небезпеки виробничого середовища, важкості та напруженості робіт. Шляхи зниження напруженості трудового процесу для умов галузі 95
4. 3. Вплив пильності оператора і його діяльності в умовах дефіциту часу на безпеку 98
ВИСНОВКИ 101

ВСТУП

У XXI столітті морський транспорт зазнає глибоких змін під впливом цифрової трансформації. Впровадження штучного інтелекту, автоматизація процесів, розвиток Smart Port-рішень і поява автономного судноплавства стають визначальними факторами для ефективності, безпеки та стійкості глобальної логістики. Провідні порти світу, зокрема Роттердам, Сінгапур і Гамбург, уже продемонстрували успішні результати інтеграції таких технологій.

Актуальність теми. Для України, яка функціонує в умовах війни, високих логістичних ризиків і міжнародної конкуренції, цифровізація морського транспорту є не просто актуальною, а стратегічно необхідною. Відсутність модернізації загрожує втратою позицій на міжнародному ринку перевезень. Водночас Україна має низку переваг — IT-потенціал, фаховий кадровий ресурс та міжнародну підтримку (TEN-T, Horizon Europe, CEF), що створює сприятливі умови для впровадження цифрових та автономних технологій.

Мета роботи - сформувати прогноз розвитку морського транспорту України з урахуванням сучасних викликів і розробити практичні рекомендації щодо впровадження цифрових та автономних рішень.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати сучасний стан світового та українського морського транспорту.

2. Дослідити можливості застосування ШІ, IoT, блокчейну та Big Data у логістиці.

3. Обґрунтувати необхідність модернізації портової інфраструктури.

4. Запропонувати план цифрової трансформації морської галузі України.

Об’єкт дослідження: морський і річковий транспорт України, включаючи порти та логістичні процеси.

Предмет дослідження: цифрові та автономні технології в морській логістиці та їхній вплив на ефективність, безпеку та конкурентоспроможність.

Методи дослідження:

Аналіз і синтез інформації використано для опрацювання статистичних даних, аналітичних звітів міжнародних організацій (UNCTAD, IMO, EMTER 2025, Review of Maritime Transport 2024, Global Port Trends 2030), а також матеріалів українських інституцій (АМПУ, Мінінфраструктури) з метою виявлення глобальних і національних тенденцій розвитку.

Метод порівняльного аналізу застосовано для оцінки рівня цифровізації українських портів у порівнянні з провідними світовими хабами, а також для аналізу змін у структурі ринку праці, суднобудування та економічних показниках між класичним і автономним судноплавством. Це дозволило виявити прогалини та сформулювати орієнтири для адаптації в Україні.

Проєктний підхід використано для розробки алгоритму поетапного впровадження автономного судноплавства.

Моделювання економічного ефекту здійснено на прикладі впровадження цифрових платформ (DocPort, TCS), що дозволило оцінити потенційне скорочення простоїв, підвищення пропускної спроможності портів без капіталовкладень у фізичну інфраструктуру.

Нормативно-правовий аналіз застосовано для дослідження міжнародних (SOLAS, STCW, UNCLOS) та національних актів з метою виявлення юридичних бар’єрів і вимог для автономного флоту.

Прогностичне моделювання базується на кількісному й якісному аналізі глобальних сценаріїв розвитку морської галузі і використано для побудови сценарію розвитку судноплавства в Україні.

Дипломна робота поєднує світовий досвід з аналізом національних можливостей та пропонує стратегічні кроки цифрової модернізації українського водного транспорту.

РОЗДІЛ 1.

ГЛОБАЛЬНІ ТРЕНДИ У МОРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ ТА ЛОГІСТИЦІ

1.1. Сучасний стан світового морського транспорту: ключові тенденції та виклики

Портова галузь перебуває у стані динамічних змін під впливом демографічних, технологічних та екологічних факторів, що визначають нові вектори її розвитку. Очікується, що структура торговельних маршрутів, конкурентні позиції ключових гравців, портові екосистеми та логістичні потоки суттєво зміняться.

На відміну від традиційних аналітичних підходів, заснованих на сценарному прогнозуванні, доцільніше здійснити комплексний огляд рушійних сил, тенденцій та потенційних наслідків цих змін. Такий підхід дозволяє врахувати багатогранність портової сфери, яка не піддається жорсткому структуруванню, та зробити висновок: портова галузь вже вступила в еру неминучих перетворень.

Морські перевезення й надалі залишаються головним інструментом міжнародної торгівлі, проте в останні роки ця сфера зазнала значних змін у географії поставок, що зумовлено політичними конфліктами та економічною нестабільністю у світі.

Глобальні тренди у морському транспорті та логістиці відображають ключові виклики й можливості, з якими стикається галузь. Аналізуючи *European Maritime Transport Environmental Report 2025 (EMTER 2025), Review of Maritime Transport 2024,* можна виділити основні тенденції та виклики світового морського транспорту та логістики.

Від 2022 року повномасштабна війна в Україні кардинально вплинула на світову морську логістику, особливо у сфері експорту сільськогосподарської продукції. Зерно з України почало доставлятися на значно більші відстані, оскільки традиційні ринки були частково або повністю заблоковані, змушуючи імпортерів орієнтуватися на альтернативні джерела постачання, зокрема з США та Бразилії. Це зумовило збільшення середньої довжини торговельних маршрутів.

Одночасно, санкційна політика проти країни агресора змінила географію міжнародної торгівлі: росія суттєво зменшила імпорт із країн ЄС і переорієнтувала експортні потоки в бік Китаю та Індії. Такі зміни спричинили коригування маршрутів морських перевезень і збільшення середньої дальності перевезень нафти й газу.

До цього додаються порушення у функціонуванні ключових світових транспортних артерій - Суецького та Панамського каналів. У Червоному морі та районі Аденської затоки зростає військова загроза, що змушує судновласників оминати ці райони й прокладати маршрути навколо мису Доброї Надії. Це, у свою чергу, призводить до зростання витрат на паливо, страхування та час у дорозі. У Панамському каналі, навпаки, серйозна посуха обмежила суднопроходи, що також негативно вплинуло на транзитні потоки. [1] Ці фактори призвели до зростання вартості фрахту, порушень у ланцюгах постачання та зростання інфляції через збільшення транспортних витрат.

За оцінками, до середини 2024 року обсяг перевезень через Аденську затоку скоротився на 76%, а транзит через Суецький канал - на 70%. У відповідь на це, майже на 89% більше суден обрали альтернативний маршрут навколо півдня Африки, що збільшило попит на судна для перевезення на довгі дистанції (тонно-милі) та на контейнеровози. [1] [2]

Ці зміни ілюструє рис. 1.1, який показує динаміку балкерних перевезень у період з листопада 2023 року по червень 2024-го на тлі збоїв у роботі Панамського каналу та Червоного моря.

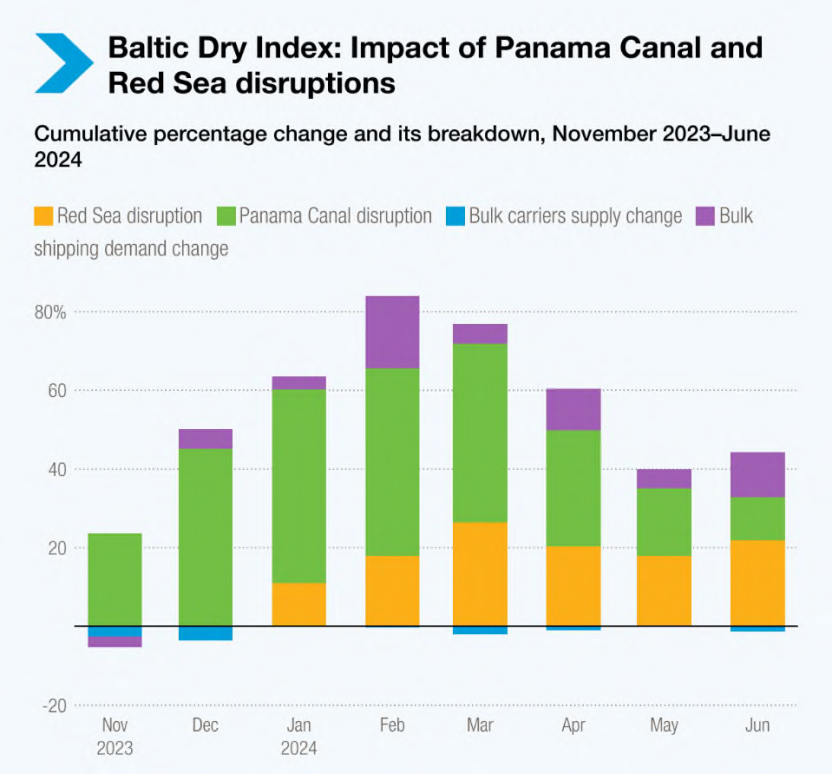

Рис. 1.1. Вплив збоїв у роботі Панамського каналу та Червоного моря на балкерні перевезення

Джерело**:** [1]

Пікове значення Baltic Dry Index (BDI) припало на лютий 2024 року, коли головними факторами впливу залишалися Червоне море (18%) та Панамський канал (47%). Баланс між попитом і пропозицією мав значення, але ключову роль відігравали геополітичні та природні обмеження.

У березні 2024 року вплив Червоного моря зріс до 26%, проте поступово почав слабшати. До червня 2024 року рівень індексу все ще залишався вищим, ніж у листопаді 2023, але демонстрував тенденцію до нормалізації. Це свідчить

про адаптацію судноплавних компаній до нових умов та поступове вирівнювання ринку.

Керівник Суецького каналу Осама Рабі повідомив про відновлення судноплавства завдяки поліпшеній безпеці, але в першому кварталі 2024/2025 трафік упав на 51%, а доходи - понад 60% до $931 млн. Генсек ІМО Арсеніо Домінгес зазначив, що тарифи можуть зрости до шести разів, що відобразиться на вартості доставки. [3]

Країни Східної Африки, такі як Джибуті та Судан, сильно залежать від Суецького каналу для вантажного транспорту, тож будь-які перебої через безпекові чи технічні проблеми змушують судна робити довгий обхід навколо Африки, що призводить до зриву рис.ів, зростання витрат на паливо та прострочених поставок. У свою чергу Панамський канал, який зв’язує Тихий та Атлантичний океани, через обмежені розміри шлюзів і збільшений попит також не може обслужити великі контейнеровози без затримок, змушуючи судновласників шукати обхідні маршрути навколо Америки чи Африки. Це подовжило середню довжину рейсу на 31 %, що негативно впливає на економічну ефективність. [1]

Зростаюча роль цифрової трансформації та автоматизації дедалі більше помітна у сфері морських перевезень. Новітні технології, зокрема штучний інтелект, великі дані (Big Data) та інтернет речей (IoT), допомагають автоматизувати процеси, покращувати логістику, планування та безпеку. Завдяки цьому судноплавні компанії швидше та ефективніше реагують на змін. [4]

Також активно впроваджуються екологічні ініціативи. Світовий флот поступово відмовляється від традиційного мазуту, надаючи перевагу екологічно чистішим видам пального (LNG, метанол, аміак, а в майбутньому - на водень).

У 2023 році близько 40% нових суден вже були адаптовані під ці альтернативні джерела енергії. Для підтримки цього переходу в Європі та Азії

активно модернізують порти, щоб вони могли приймати новий тип суден і забезпечувати їх відповідним паливом. Європейський Союз (ЄС) та Міжнародна морська організація (IMO) впроваджують правила для впровадження альтернативного пального: EU Emission Trading System (ETS) – введення квот на викиди CO_2.; FuelEU Maritime Regulation – зобов'язання скоротити інтенсивність викидів на 80% до 2050 року; Alternative Fuel Infrastructure Regulation – розвиток інфраструктури для альтернативних видів пального (біопаливо, метанол, аміак, водень). [4]

Звіт Global Port Trends 2030 [5] аналізує майбутні всесвітні тенденції розвитку портової галузі та дещо перегукується і доповнює аналіз European Maritime Transport Environmental Report 2025 [4] та Review of Maritime Transport 2024 [1].

Перша з ключових змін стосується впровадження автоматизації в нових напрямках. Згідно з дослідженнями, очікується, що автоматизація охоплюватиме дедалі більше сфер, що, у свою чергу, підвищить ризики для кібербезпеки та вимагатиме кращого розуміння сучасних технологій. Наприклад, активно автоматизуються портові термінали.

Такі зміни вже відбуваються у різних куточках світу - від портів Гамбурга та Ле-Гавра до ключових хабів на Близькому Сході, у величезних китайських терміналах, у портах із мережами 5G в Антверпені, розумних портах у Роттердамі та навіть у Ванкувері, де тестуються унікальні логістичні рішення.

У майбутньому, ближче до 2030 року ,розглядається, що морські порти перетворяться на сучасні, надійно захищені об'єкти, які не тільки матимуть високий рівень цифровізації, але й тісно співпрацюватимуть між собою в межах логістичних кластерів (створюючи синергію ланцюга поставок) . Така відкритість і взаємодія зробить порти сильнішими та сприятиме конкуренції між ними на глобальному рівні.

Другою важливою зміною є екологічна трансформація портової індустрії. Як і в попередніх звітах, у Global Port Trends 2030 акцент робиться на "озелененні" галузі, оскільки суспільство все більше підтримує використання відновлюваних ресурсів. Тепер розвиток портів спрямований не стільки на розширення потужностей, скільки на впровадження екологічних стандартів і сталих рішень. Наприклад, якщо морський транспорт почне активно використовувати "зелений" водень, то порти будуть змушені створити нову інфраструктуру для його зберігання та обробки. Це відкриє нові можливості для працевлаштування в галузях, пов’язаних із виробництвом та логістикою водневого пального.

Уже сьогодні порти Амстердама та Антверпена вкладають кошти в розвиток водневої інфраструктури, щоб зробити свою діяльність більш екологічною. Вони також шукають інвестиції для запуску проєктів з утилізації відходів, виробництва біопального (наприклад, HVO) та переробки водню й аміаку.

Контейнерний термінал HHLA Altenwerder (CTA) у Гамбурзі - один із перших у світі, що досяг кліматичної нейтральності: він працює на відновлюваній електроенергії, а процеси, пов'язані з викидами CO_2, переведені на електроживлення. У найближчі роки зелений курс портів передбачає активне впровадження новітніх екотехнологій та розвиток інфраструктури на базі чистої енергії.

Крім того, виникає нова тенденція - переорієнтація торговельних шляхів. Якщо рівень світового океану підніметься, наприклад, на 40 см, це вплине на глобальну логістику. Через зміну клімату можуть стати доступними північні морські маршрути, зокрема через Арктику. Це створить нові можливості для розвитку портів у північних регіонах, таких як Балтія, і водночас зменшить роль традиційних морських вузлів - таких як Єгипет, Сінгапур чи порти ЄС. Нові

порти з’являтимуться на нових маршрутах, що призведе до зміщення геополітичних інтересів у сфері судноплавства.

Четверта тенденція стосується адаптації портів до змін через нові просторові стратегії, розвиток вузькоспеціалізованих напрямків та посилену співпрацю. Порти ефективніше використовують свою територію, тісніше взаємодіють із містами та шукають нові, хоч і вузькі ніші - наприклад, демонтаж нафтових платформ або обслуговування офшорних вітрових станцій у Європі.

Оскільки багато міст розростаються, порти змушені шукати компроміс між економічним розвитком і гармонійним співіснуванням із міським середовищем. Так, Амстердамський порт розробляє стратегії інтеграції з міською інфраструктурою. У зв’язку з розширенням міст, порти прагнуть поєднати економічну вигоду з користю для громади. Успішні порти створюють інноваційні моделі взаємодії з містами, а менш ефективні - можуть поступово втратити значення. [6]

Через перенасичення ринку контейнерних перевезень (завдяки політиці протекціонізму та розвитку технологій), порти переорієнтовуються на нішеві ринки та вдосконалюють внутрішні логістичні процеси. Менші порти отримують перевагу завдяки розвитку прибережного судноплавства.

Зростання конкуренції та складність логістичних процесів також підштовхують порти до співпраці. Яскраві приклади - злиття портів Антверпена і Зебрюгге, транскордонне партнерство Гента та Зеландії, а також кооперація портів у Флориді. Це доводить, що об’єднання ресурсів підвищує ефективність і дозволяє краще конкурувати на світовому ринку.

Азійські порти, у свою чергу, активізують розвиток круїзного туризму. що змінює розподіл ресурсів у регіоні – це міжнародний приклад змін у портах та стивідорних компаніях через зростання як внутрішнього, так і міжнародного попиту. [5]

Успішними залишаться ті, хто адаптується до нових викликів і впроваджує інновації, тоді як традиційні учасники ринку можуть втратити позиції без змін у підходах.

Звіт Global Maritime Trends 2050 пропонує чотири сценарії, що демонструють, як може розвиватися морський транспорт залежно від швидкості впровадження технологій та рівня глобального співробітництва. (мал 1.2) Головні виклики – декарбонізація, цифровізація, регіоналізація торгівлі та зміни у структурі робочої сили.

1. Поступовий справедливий перехід

Глобальна співпраця, але впровадження технологій відбувається повільно. Судноплавство стає більш екологічним завдяки стабільним інвестиціям, з акцентом на соціальні аспекти, як-от покращення умов праці моряків та рівномірний розподіл вигод.

2. Швидкий технологічний перехід

Швидке впровадження інновацій, таких як автономні судна, цифрові порти та водневі технології. Потужні інвестиції у водневі технології та "зелену" логістику, що значно зменшує викиди CO_2 завдяки автоматизованим системам.

3. Фрагментований регіоналізований перехід

Відсутність міжнародної координації, кожен регіон впроваджує власні стандарти. Глобальна торгівля скорочується та більшість постачальників орієнтується на сусідні ринки. Регуляторні бар'єри ускладнюють імпорт-експорт товарів між регіонами.

4. Відкладений перехід

Повільне впровадження технологій та слабке міжнародне регулювання. Судноплавство продовжує використовувати традиційні палива, що призводить до нерівномірного розподілу вигод та погіршення екології.

Поступовий справедливий перехід	Швидкий технологічний перехід
Фрагментований регіоналізований перехід	Відкладений перехід

Рис. 1.2. Чотири сценарії розвитку морського транспорту за звітом Global Maritime Trends 2050.

Джерело: сформовано автором

Морський транспорт у 2050 році буде кардинально відрізнятися від сьогоднішнього. Від швидкості впровадження технологій, рівня міжнародного

співробітництва та адаптації до кліматичних змін залежить, чи буде галузь процвітати, чи зіткнеться з кризою.

1.2. Використання штучного інтелекту в морській логістиці: оптимізація маршрутів, безпека та ефективність

Порти та суміжні галузі створюють мільйони робочих місць у всьому світі, а морські перевезення сприяють розвитку суднобудування, ремонту суден, логістики, страхування та фінансових послуг. Від ефективності морського транспорту залежить кінцева вартість товарів і загальний рівень інфляції. Впровадження автоматизованих систем та штучного інтелекту в портах сприяє швидшому та якіснішому обробленню вантажів, а також кращому плануванню маршрутів і потоків вантажу.

Серед новітніх цифрових рішень особливо виділяється Інтернет речей (IoT) - це система, яка дозволяє поєднувати технічні пристрої та сенсори через інтернет для передачі даних і автоматизації роботи. IoT може поєднувати інформацію з супутників і бортових систем судна, що покращує керування та навігацію. Такі рішення важливі для роботи автономних суден і «розумних» контейнерів. Аналіз супутникових даних про стан моря допомагає вибрати оптимальний маршрут, а обмін інформацією з портовою інфраструктурою дає змогу завчасно підготувати порт до прибуття судна й надати всю потрібну інформацію про вантаж. [7][18]

Розумні контейнери спричинили революційну трансформацію в судноплавній галузі завдяки плавній інтеграції передових технологій. Вони обладнані датчиками, які фіксують оновлення ETA, маршрут, удари, вібрації, спроби злому, температуру, вологість та інші параметри вантажу в реальному часі, дозволяють оперативно реагувати на зміни умов зберігання, що особливо

важливо для чутливих до умов транспортування товарів, таких як продукти харчування або медичні товари. [8] [10]

Такі технології сприяють цифровій трансформації контейнерних перевезень, проте галузь залишається вразливою. У 2023 році було зафіксовано найнижчий рівень втрат контейнерів у морі з моменту початку офіційного обліку в 2008 році. За даними World Shipping Council (WSC), загалом було втрачено 221 контейнер з 250 мільйонів перевезених. Це значно менше порівняно з 2022 роком, коли було втрачено 661 контейнер. Приблизно 33% загублених контейнерів було відновлено. Основними причинами зменшення втрат стали посилення стандартів безпеки, нові регуляторні заходи та ініціативи на рівні галузі. Також з 2026 року вступлять у дію нові міжнародні правила, які зобов'язують судновласників та капітанів повідомляти про контейнери, що опинилися за бортом, з метою підвищення безпеки навігації та мінімізації екологічних ризиків. [9]

Втрати контейнерів - не єдина проблема під час перевезення вантажів. Часто товари прибувають до місця призначення пошкодженими або зіпсованими через несприятливі умови, наприклад, різкі зміни погоди можуть зіпсувати харчові продукти. Це спричиняє великі фінансові збитки та ставить під сумнів надійність доставки.

Основна ідея використання IoT та штучного інтелекту - замінити людину в процесі аналізу ситуації та прийняття рішень. Вони сприяють оптимізації маршрутів, скороченню часу доставки й підвищенню безпеки. Системи ШІ моделюють перешкоди, оптимізують маневри та діють у реальному часі, що є основою автономного судноплавства.

Пристрої здатні самостійно обмінюватися даними. Сенсори збирають інформацію в режимі реального часу, системи з елементами штучного інтелекту аналізують ці дані та реагують автоматично. Тобто певний центр взаємодії дозволить відстежувати всю телеметрію з контейнерів, який допоможе у

вирішенні суперечок про пошкодження вантажу під час транспортування.[18] Схема взаємодії показана нижче (рис. 1.3.)

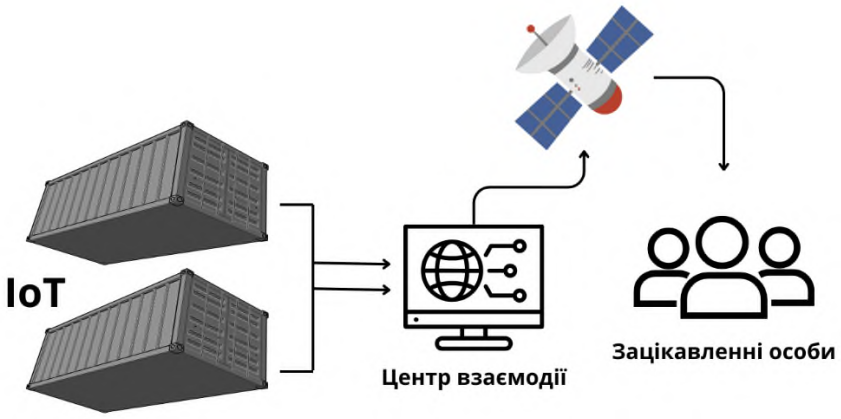

Рис. 1.3 Схема взаємодії Інтернету речей (IoT)

Джерело: сформовано автором

Впровадження цифрових технологій у морській логістиці супроводжується низкою викликів. Серед основних - високі початкові витрати на обладнання (датчики, системи зв'язку), ризик технічних несправностей, які можуть призвести до неточних даних або збоїв у системах моніторингу і потреба у кваліфікованому персоналі для обслуговування систем [10].

Один із перспективних напрямів - використання IoT у поєднанні з блокчейном для підвищення безпеки та прозорості перевезень. Технологія blockchain забезпечує фіксацію всіх етапів транспортування у цифровому реєстрі, що мінімізує шахрайство та втрати, дозволяючи відстежувати вантаж у режимі реального часу.

На базі блокчейну функціонують смарт-контракти - автоматизовані цифрові угоди, які замінюють паперовий документообіг і пришвидшують митні, страхові та платіжні операції. Особливо перспективним є впровадження розумних коносаментів, які зроблять перевезення швидшими, безпечнішими та дешевшими. [18]

Платформа TradeLens (IBM та Maersk) намагалась реалізувати ці цілі, але технологія була надто повільною, дорогою та не мала масштабованості, необхідної для створення логістичної мережі, якої галузь жадала (і все ще потребує). Крім того, багато компаній не бажали «ризикувати» блокчейном у той час, коли він був набагато менш зрозумілий. На її місце виходить нова платформа HEALE, яка базується на відкритому коді, Web3 і децентралізації, дозволяючи компаніям самостійно адаптувати інструменти під свої потреби. [11]

Використання штучного інтелекту (ШІ) у морській логістиці підвищує ефективність, знижує витрати на паливо та скорочує викиди. Наприклад, компанія P&O Maritime Logistics завдяки ШІ досягла економії пального до 35% шляхом оптимізації маршрутів і уникнення простоїв. [12]

Зменшення споживання пального веде до зниження викидів парникових газів. Це сприяє кліматичній нейтральності в судноплавстві. У 2024 році VPS і NorthStandard представили платформу Fuel Insights, яка в реальному часі надає дані про якість пального - одне з найважливіших питань для управління судном.

Рис. 1.4. Цифрова платформа Fuel Insights

Джерело: [13]

Платформа забезпечує доступ до ключових показників про бункерне паливо, включаючи ризики якості, невідповідності специфікаціям і теплотворну здатність, хімічне забруднення та конкретні параметри холодного потоку, з бази даних випробувань і валідацій. Використовуючи Fuel Insights, судновласники та оператори отримують можливість ефективно контролювати якість палива, оптимізувати витрати та зменшувати викиди. [13]

IoT допомагає в навігації у складних умовах, аналізуючи завантаженість маршрутів, погодні умови, час очікування в портах і логістичних операцій, що мінімізує простої суден, забезпечує стабільність перевезень і сприяє ефективному розподілу ресурсів. Порти стикаються з новими викликами через зростання розмірів суден. За даними ЮНКТАД, середній розмір контейнеровоза зріс з 2000 TEU у 2000 році до понад 24 000 TEU у 2023 році. Це дає базу для збільшеня кількості автономних суден – технології, що має потенціал знизити ризики зіткнень, покращити безпеку, ефективність та екологічність морського транспорту. Експерти зазначають, що через психофізичні навантаження на екіпаж до 90% морських інцидентів трапляється з їхньої вини. Безпілотні судна та центри дистанційного керування радикально знизять витрати на логістику, адже судна, оснащені GNSS, радарами, сенсорами та штучним інтелектом, здатні безпечно проходити складні транспортні маршрути самостійно.

Автономність суден розвивається поступово, переходячи від автоматизованих систем до повністю самостійного управління. Ступінь автоматизації означає ступінь прийняття рішень (повноважень), наданих системі людиною. Залежно від рівня автономності змінюються вимоги до екіпажу, інфраструктури управління та правового регулювання. Вплив системної помилки буде переважати при високому ступені автоматизації, тоді як вплив людської помилки буде переважати при низькому ступені. [14] У роботі подано класифікацію рівнів автономного судноплавства, яка базується на

підходах, запропонованих *Bureau Veritas* [15] та Міжнародною морською організацією (IMO). Зокрема, *Bureau Veritas* визначає рівень автономності суден через поєднання двох ключових параметрів - ступеня автоматизації та ступеня контролю (рис. 1.5). Водночас IMO розробила подібну класифікацію, що також охоплює градацію автономності залежно від рівня участі людини в управлінні судном. Обидві класифікації мають схожу логіку побудови та узгоджуються між собою, що свідчить про усталеність підходів у міжнародному морському співтоваристві.

Рис. 1.5. Ступені автоматизації за Bureau Veritas

Джерело: [15]

A0 - для систем, які повністю керуються людиною. На цьому рівні всі функції та рішення знаходяться під контролем людини. Автоматизація допомагає виконувати окремі завдання, але судном керує виключно екіпаж.

A1 - для систем із допоміжною автоматизацією, що управляються людиною. Цей рівень передбачає, що система може допомагати у виконанні окремих функцій, таких як автоматична швартовка або утримання позиції судна, але всі основні рішення, включаючи зміни курсу або реагування на аварійні ситуації, ухвалюються людиною.

A2 - для систем, делегованих людиною (контрольована автономність). Цей рівень характеризується частковою автономністю судна з наявністю екіпажу на борту. Судно може виконувати окремі завдання автоматично, без безпосереднього втручання людини, наприклад - самостійне управління курсом у відкритому морі. Водночас екіпаж здійснює моніторинг роботи систем і

залишається готовим до втручання у разі виникнення нестандартних ситуацій. Рішення приймаються автоматизованою системою, однак остаточний контроль залишається за людиною.

А3 - для систем, що контролюються людиною (обмежена автономність). Цей рівень передбачає більшу автономність судна, за якої управління здійснюється дистанційно без присутності екіпажу на борту. Судно приймає рішення та реалізує їх самостійно, але людина доступна для втручання протягом визначеного періоду часу, якщо система запитує допомогу. Наприклад, оператор може віддалено скоригувати курс або приймати рішення у випадку надзвичайних ситуацій.

А4 – повна автономність. На цьому рівні судно працює повністю автономно, без екіпажу і без контролю з берега. Всі рішення приймаються автоматично, і втручання людини необхідне лише у випадку надзвичайних ситуацій. [14]

Дослідники також використовують штучний інтелект (ШІ), щоб проаналізувати великий набір даних. Дослідники з Університету Вікторії спільно з Інститутом Нільса Бора за допомогою алгоритмів штучного інтелекту проаналізували багатовікові дані про океанічні хвилі, зібрані з сотень буїв і створили математичну модель.

Дослідження показало, що хвилі-ізгої виникають через «лінійну суперпозицію», коли коли дві або більше різних хвильових систем короткочасно вирівнюються та об’єднуються, створюючи надзвичайно великі хвилі. Цей алгоритмом тепер підтверджен машинним дослвдженням. Таке відкриття дозволяє судноплавним компаніям прогнозувати небезпечні хвилі та коригувати маршрути заздалегідь.[17]

Наступна можливість штучного інтелекту в морських перевезеннях – оптимізація використання простору в контейнерах. Такі компанії, як ŠKODA

AUTO, використовують алгоритми для ефективного розміщення палет у контейнерах, максимально використовуючи наявний простір. Це завдання схоже на гру в "Тетрис", де важливо правильно розташувати деталі, щоб максимально використати простір. Якщо завантаження не оптимізоване, кількість необхідних контейнерів зростає, що веде до збільшення витрат. Така програма, як OPTIKON на основі штучного інтелекту аналізує сотні типів палет, автоматично визначає порядок завантаження, рівномірно розподіляє вагу, мінімізує помилки та скорочує CO_2-викиди. [17]

Важливо зазначити, ефективність штучного інтелекту залежить від якісних і великих обсягів даних. Чим краще судноплавна галузь опрацьовує ці дані, тим точніше працюють системи штучного інтелекту, підвищуючи безпеку та ефективність управління суднами.

Занепокоєння щодо впровадження штучного інтелекту полягає в тому, що це позбавить персоналу роботи, дозволяючи компаніям скорочувати свою робочу силу. Однак ефективне застосування штучного інтелекту могло б створити нові можливості кар’єрного росту для персоналу, який потребуватиме перепідготовки та підвищення кваліфікації.

1.3. Міжнародний досвід цифровізації портів та судноплавних компаній

Штучний інтелект відіграє ключову роль у морській галузі, допомагаючи компаніям залишатися конкурентоспроможними. Його алгоритми зменшують витрати, мінімізують людські помилки, підвищують ефективність і покращують безпеку. Оскільки понад 90% світової торгівлі здійснюється морським транспортом, навіть незначні технологічні покращення приносять значні вигоди.

ШІ використовується для аналізу маршрутів у реальному часі, моніторингу суден, запобігання аваріям і прогнозування технічного обслуговування, що зменшує простої та оптимізує продуктивність флоту. Водночас розвиток цієї технології гальмується браком досвіду та впровадженої інфраструктури, оскільки ШІ у судноплавстві ще перебуває на ранньому етапі розвитку. [16]

У звіті Roadmap for Autonomous ship adoption and development [15] автоматизація контейнерних терміналів розглядається як вирішальний елемент для морських автономних систем вантажних суден. У документі підкреслюється, що основними рушійними силами автоматизації є ефективність, зниження витрат, контроль викидів і підвищення безпеки.

У найбільших портах, як-от Роттердам, Сінгапур, Гамбург, автоматизовані крани і безпілотні транспортні засоби активно використовуються для обробки контейнерів, а штучний інтелект вже досить глибоко впроваджений в системи портів, що дає змогу ім займати провідні місця в глобальній мережі.

Порт Роттердам, Нідерланди [19] є найбільшим портом Європи та одним із найбільших у світі. Його стратегічне розташування, глибоководні термінали та потужна логістична інфраструктура роблять його воротами до континентальної Європи. (Рис. 1.6)

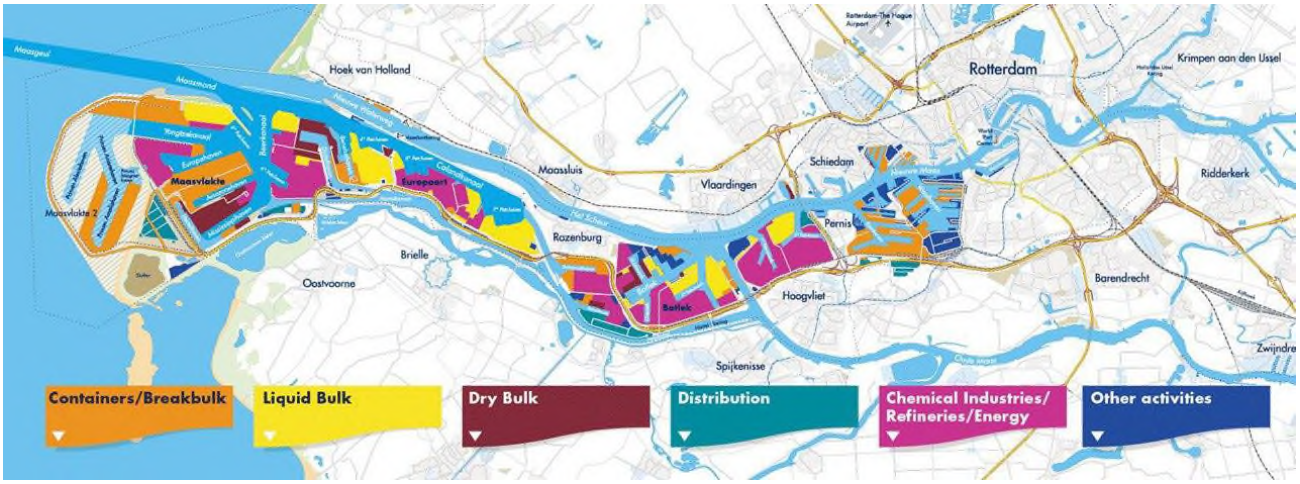

Рис.1.6. Порт Роттердам на мапі

Джерело: [19]

Порт охоплює 45 км причалів та на карті порту виділено основні зони діяльності: контейнерні та генеральні вантажі (помаранчевий) – Maasvlakte та інші термінали; наливні вантажі (жовтий) – зони зберігання нафти та хімічних продуктів; насипні вантажі (бордовий) – території для руди, вугілля та зерна; розподільчі центри (блакитний) – логістичні комплекси; нафтопереробні заводи та хімічна промисловість (рожевий) – індустріальні зони, включаючи Botlek та Pernis; інші види діяльності (синій) – додаткові функції, пов’язані з портом.

У 2024 році вантажообіг порту Роттердам склав 435,8 млн тонн, що на 0,7% менше, ніж у 2023 році. Водночас перевалка контейнерів зросла на 2,8% до 13,8 млн TEU через зростання споживчого попиту.

Роттердам є лідером у впровадженні цифрових технологій. У порту Роттердам діє один з найсучасніших автоматизованих контейнерних терміналів світу, де більшість операцій виконується без участі людини. Розширення Maasvlakte 2 включає автоматизовані термінали та AI-системи для оптимізації вантажопотоків. Порт використовує автономні крани, транспортні засоби (AGV) та машинне навчання для прогнозування перевезень і зниження простоїв

Однією з ключових ініціатив порту є створення цифрового двійника – віртуальної моделі порту, що поєднує дані з IoT-пристроїв та мобільних додатків. Це дозволяє тестувати нові технології, аналізувати потоки вантажів і оптимізувати логістичні процеси без втручання в реальні операції. Але це ще не все, Роттердам використовує кілька інтелектуальних цифрових платформ, які допомагають автоматизувати ключові аспекти роботи порту:

Pronto – спільна розробка з IBM для інтеграції IoT у морське сполучення. Система дозволяє готуватися до прибуття судна ще за 40 км до його підходу, що скорочує час простою до 20% і покращує ефективність операцій.

Nextlogic – AI-платформа для управління вантажопотоками на внутрішніх водних шляхах, яка сприяє зменшенню заторів і прискорює митні процедури.

Awake.AI – платформа для автоматизації суднозаходів, яка забезпечує цифрову взаємодію між портом і суднами. У перспективі ця технологія може сприяти впровадженню автономного судноплавства.

Port Alert – мобільний додаток для моніторингу заторів, простоїв і часу обробки контейнерів у реальному часі. Він дозволяє водіям та логістам отримувати актуальну інформацію та повідомляти про проблеми, що покращує управління транспортними потоками.

Віртуальна черга - технологія, дає змогу водіям чекати в зручних місцях, не створюючи заторів біля терміналів, що підвищує ефективність портів.

Цифрова аутентифікація суден – система перевірки даних, що надходять від капітанів, для забезпечення достовірності інформації та підвищення безпеки.

Електронний документообіг – платформа для обміну даними між портами. Порт Роттердама співпрацює з портами Танжер-Мед та Гетеборг для оптимізації процесів відправлення та прибуття суден, що мінімізує затримки контейнерних перевезень.

Електронна бункерна накладна (eBDN) – тестується як цифровий документ для реєстрації заправки суден, що прискорює процес і покращує якість обліку палива.

PPI-платформа (Port Performance Indicator) – система аналітики, яка оцінює ефективність портових операцій у режимі реального часу.

Роттердам підтримує стартапи через програму PortXL, яка сприяє розробці нових технологій для морської галузі. Наприклад, компанія QuinteQ Energy працює над інноваційними енергозберігаючими рішеннями, що можуть бути впроваджені в порту.

Наступний приклад – це порт Гамбурга, найбільший морський порт Німеччини та третій за масштабом вантажний порт Європи після Антверпена у Бельгії. Є одним із ключових логістичних хабів, що з'єднує Центральну Європу з морем. Він має понад 43 км набережних. Через геополітичні кризи (війна в Україні, конфлікти на Близькому Сході) світова торгівля та економіка Німеччини зазнали труднощів, але попри все порт Гамбурга у 2024 році обробив 7,8 млн TEU (+0,9% до 2023 року). За весь 2024 рік на терміналах найбільшого універсального порту Німеччини було розвантажено або завантажено 111,8 млн тонн морських вантажів. Це на 2,1% менше, ніж у минулому році. Загальна пропускна спроможність, у свою чергу, складається з основних сегментів обробки сипучих і генеральних вантажів.

Одним із флагманських проєктів є SmartPORT Initiative, що впроваджується Гамбурзьким портовим управлінням (HPA). Вона охоплює цифрові рішення для покращення руху суден, управління вантажопотоками та забезпечення сталого розвитку. SmartPORT поєднує економічні та екологічні цілі, орієнтуючись на три основні підсфери: транспортні потоки, інфраструктуру та обіг товарів. Одним із прикладів є PortTraffic Center, який координує рух морського, автомобільного та залізничного транспорту.

Центральне місце в логістиці порту займає Hamburg Vessel Coordination Center (HVCC) – координаційний центр, що забезпечує злагоджену взаємодію між усіма учасниками логістичного ланцюга: терміналами, судноплавними компаніями, лоцманськими службами, адміністраціями каналів тощо. Це дозволяє оптимізувати прибуття та обробку суден, мінімізуючи затримки та підвищуючи ефективність.

Інноваціям у портовій галузі також сприяє Digital Hub Logistics Hamburg – платформа для взаємодії бізнесу, стартапів та науковців, які розробляють цифрові рішення для транспорту та логістики. Це середовище стимулює створення нових технологій у сфері зберігання, перевезень і керування інфраструктурою. [21]

Велику роль у цифровій екосистемі порту відіграють інтелектуальні системи керування трафіком. Для моніторингу використовуються індуктивні петлі, Bluetooth-детектори, відеокамери та GPS-дані з транспортних засобів. Система SPL IT дозволяє обмінюватися інформацією про ситуацію на дорогах, включає прогнозні аналітичні дані та мобільний додаток для водіїв вантажівок, що значно полегшує навігацію. Порт Гамбург, як і порт Роттердам, як і Сінгапур використовує автономні транспортні засоби (AGV)

AGV (Automated Guided Vehicles) - це автономні машини, які працюють 24/7 для перевезення контейнерів на терміналах без впливу людського фактора. (мал 1.5) Вони динамічно змінюють маршрути та уникають заторів і зіткнень за допомогою GPS та радарів рухаючись зі швидкістю до 25 км/год. Автоматизація дозволяє дотримуватись рис.ів, мінімізувати витрати та екологічний слід. Однак можливі ризики, такі як перебої з електропостачанням або кібератаки, що можуть тимчасово призупинити роботу терміналу.[20]

Рис. 1.7. Автоматизований керований транспортний засіб (AGV) на контейнерному терміналі Альтенвердер (CTA), Гамбург
Джерело: [20]

Окрім цього, HPA активно впроваджує сучасні цифрові інструменти для покращення управління портом. Наприклад, дрони використовуються для інспекції інфраструктури, виявлення пошкоджень і оперативного реагування на надзвичайні ситуації. Система PORTprotect забезпечує цифровий контроль безпеки в порту. Мережа SANTANA допомагає інтегровано управляти логістикою, трафіком і портовою інфраструктурою. А система SmartBRIDGE дозволяє стежити за станом мостів у режимі реального часу завдяки цифровим двійникам і вбудованим датчикам.

У сукупності ці цифрові рішення формують сучасну технологічну екосистему порту, яка сприяє сталому розвитку, підвищенню екологічної відповідальності та зручності для всіх учасників логістичних процесів. Завдяки цьому підходу порт Гамбурга не тільки утримує провідні позиції в Німеччині та Європі, а й стає прикладом для майбутнього цифрового управління портами. [21]

Порт Сінгапуру [22] відрізняється найбільшим завантаженням і технологічною розвиненистю серед портів світу. Є одним із головних терміналів глобальної мережі PSA International (мал 1.8)

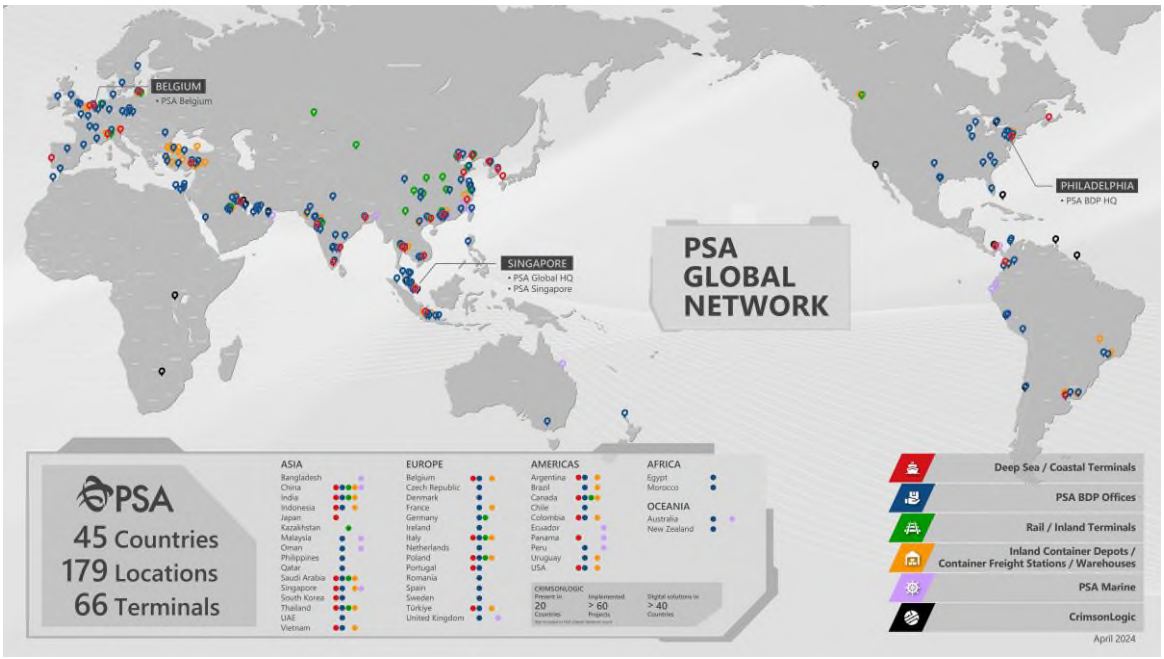

Рис.1.8. Порт Сінгапур у глобальній мережі PSA International

Джерело: .[22]

PSA International - один із найпотужніших портових операторів світу, що розпочав свою діяльність у Сінгапурі як портова адміністрація. Нині компанія має понад 180 терміналів у 45 країнах. Порт Сінгапуру її головний хаб і завдяки багаторічному досвіду, високій ефективності та впровадженню інновацій, він став одним із найсучасніших портів світу, який задає глобальні тренди. Завдяки підключенню до 600 портів і щоденним рейсам 24/7 він забезпечує безперервну логістику та виступає ключовим вузлом міжнародної торгівлі.

Говорячи про динаміку вантажообігу, у січні–вересні 2024 року вантажообіг порту Сінгапуру зріс на 6,5%, порівняно з аналогічним періодом 2023 року і досяг 468,95 млн тонн, підтверджуючи його зростаюче значення як

логістичного хабу в Азійсько-Тихоокеанському регіоні.. За січень–лютий 2025 року порт обробив 95 млн тонн. У січні-лютому 2025 року порт обробив 95 млн тонн вантажів, зберігаючи стабільні темпи зростання. Враховуючи 55 причалів, порт продовжує ефективно керувати великими обсягами вантажоперевезень.

Контейнерні термінали PSA Singapore забезпечують стабільну динаміку: у 2024 році встановлено рекорд - понад 40 млн TEU за рік, а що перевищило попередній максимум у 38,8 млн TEU (2023 рік), а у перші два місяці 2025 року оброблено 6,8 млн TEU зі щоденним показником у 100 000 TEU, що підкреслює його операційну ефективність та потужність.

З метою подальшої оптимізації роботи всі контейнерні термінали PSA будуть об’єднані на західному узбережжі Сінгапуру, у районі Туас. Це стратегічний крок, який дозволить створити найбільший у світі автоматизований контейнерний термінал. Будівництво порту Туас планується завершити у 2040-х роках, після чого його пропускна здатність сягне 65 млн TEU на рік. Високий рівень автоматизації стане його головною особливістю, що дозволить підвищити ефективність операцій та зменшити вплив людського фактору.[22]

Роботизовані крани забезпечують швидку та безпечну обробку контейнерів. А понад 200 автоматизованих керованих транспортних засобів (AGV) в порту які переміщують контейнери 24/7 (з планом подвоїння їхню кількість у наступних фазах розвитку) роблять його одним із найбільш технологічно розвинених портів у світі.

Порт Сінгапуру активно впроваджує цифрові рішення Smart Suite, які спрямовані на оптимізацію логістичних процесів і підвищення прозорості ланцюгів постачання. Ця платформа включає низку інструментів, що охоплюють ключові аспекти логістики - від планування до моніторингу та аналітики.

Зокрема, Smart Navigator дозволяє управляти складними логістичними мережами, передбачати затримки, контролювати завантаженість портів і отримувати звіти про викиди CO_2. Risk Monitor відстежує понад 60 потенційних ризиків у реальному часі та аналізує дані про переміщення суден, контейнерів і складів і виробничих об'єктів, надає глибоку аналітику ланцюга постачання. Інструмент Smart Classify автоматизує процес класифікації вантажів, що мінімізує помилки при оформленні товарів. За допомогою Smart Classic користувачі можуть керувати замовленнями, контролювати переміщення вантажів та формувати документацію. Smart Terra покращує планування роботи терміналів і транспорту, а BDP Smart Tower забезпечує моніторинг активів, таких як контейнери й танкери, відстежує їхнє переміщення та стан.

Централізоване рішення Smart Vū спрощує управління постачальниками та знижує витрати. Окремо варто відзначити систему Active Anchorage Management System (AAMS), вона використовує дані про погодні умови, припливи, глибину та потенційні ризики, щоб ефективно керувати якірними стоянками. Це допомагає оптимізувати розподіл обмеженого простору, зменшити затримки та підвищити ефективність морської логістики. Завдяки використанню автоматизації, IoT, штучного інтелекту та мережі 5G порт Сінгапуру залишається лідером у сфері цифровізації морської логістики. [22]

Стаття Гаурав Роя на Securities [16] розкриває як відомі компанії використовують впроваджують ШІ у свою діяльність. Доречно буде сказати як компанія Maersk впроваджує ШІ для оптимізації логістики та підвищення ефективності. Так, для пришвидшення та точнішого укладання контрактів компанія застосовує ChatGPT. А у сфері складської автоматизації - систему Shuttle Put Wall від Berkshire Gray, що працює на базі ШІ та утричі підвищило швидкість сортування.

Також Maersk застосовує алгоритми для побудови оптимальних маршрутів, які враховують погоду, течії й вітер, що дозволяє зменшити витрати, викиди CO_2 і затримки.

Компанія MSC запровадила інноваційну технологію ідентифікації контейнерів замість PIN-кодів. MSC впровадила інноваційну технологію ідентифікації контейнерів на основі ШІ, що оптимізує завантаження та розвантаження, зменшує час простоїв і допомагає прогнозувати попит на перевезення.

Французька компанія CMA CGM використовує ШІ для моніторингу контейнерів, прогнозуючи можливі проблеми, як пошкодження або перевищення температурних режимів, що дозволяє своєчасно реагувати та забезпечувати збереження вантажу. Технологія Traxen використовується для відстеження рефрижераторних контейнерів. Усі контейнери на борту утворюють єдину розумну мережу і завжди дозволяють спілкуватися з береговим офісом компанії.

Штучний інтелект має вплив і на безпеку судноплавства. За оцінками, понад 80% морських аварій трапляються через людський фактор, що робить це питання одним із найважливіших. Автономні судна, які керуються системами на базі штучного інтелекту, здатні самостійно будувати маршрут, оцінювати навігаційні умови та реагувати на зміни без участі людини, що знижує ризик аварій.

Розвиток технології розпочався з 2015 року після презентації Rolls-Royce концепції безекіпажного судна вантажного судна. Відтоді провідні судноплавні оператори почали активно вкладати кошти в розробку та тестування автономних рішень. Сучасні автономні судна вже впроваджуються у практику, зменшуючи витрати на обслуговування екіпажу, підвищуючи точність навігації та ефективність перевезень навіть у складних умовах. Більш того, наразі технологія автономних суден вже має реальне впровадження.

Yara Birkeland (IMO 9865049) – перший у світі повністю автономний контейнеровоз**,** створений Yara і Kongsberg у Норвегії (Рис. 1.9). Він є прикладом вантажного безпілотного судна, із нульовими викидами, яке об’єднує автоматичне швартування та дистанційне керування вантажем. Його вантажопідйомність: 120 TEU, автономність впроваджена завдяки GPS + LiDAR + камери для навігації, а живиться він від акумуляторів (7 МВт·год). Судно скорочує 40 000 рейсів дизельних вантажівок на рік. Це зменшує викиди NOx і CO_2, підвищує безпеку та знижує рівень шуму й пилу. Уведене в експлуатацію навесні 2022 року, але очікувана сертифікація автономності змістилася на 2026 рік через технічні труднощі та відсутність регуляторної бази. [23]

Рис. 1.9. Yara Birkeland – перший у світі повністю електричний та автономний контейнеровоз з нульовим рівнем викидів.
Джерело [23]

Проєкт підтримано державною компанією Enova (133 млн крон), а до розробки залучено Kongsberg (технології), Marin Teknikk AS (дизайн), SINTEF

Ocean (тестування), DNV GL (сертифікація) та MacGregor (швартування), що демонструє успішну співпрацю держави та бізнесу у впровадженні інновацій.

Ford та Michigan Central випробували автономне судно Mythos AI для картографування портів Великих озер. Такі цифрові двійники водних шляхів сприятимуть появі автономних суден із низьким рівнем викидів та модернізації галузі. Судно створює цифрову карту підводного ландшафту, що допоможе покращити процеси завантаження та розвантаження суден. [24]

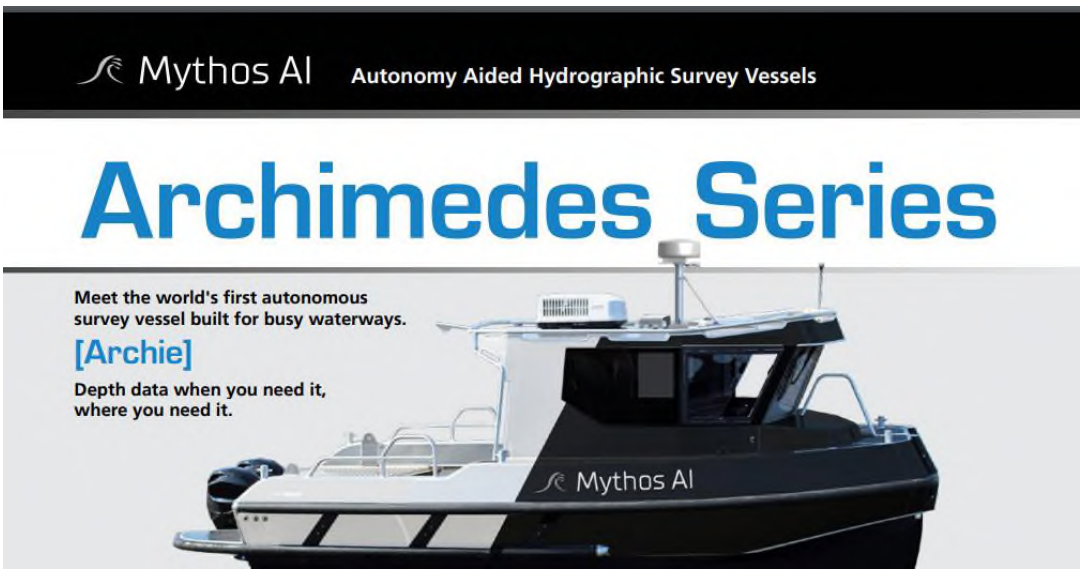

Рис. 1.10. Автономне судно Mythos AI для картографування портів. Джерело [24]

Безпілотні судна трансформують морську логістику, знижуючи витрати, мінімізуючи людські помилки та скорочуючи викиди. Вони підвищують безпеку, зменшуючи ризики піратства. Однак їх впровадження гальмують високі витрати, регуляторні бар’єри та загроза кібератак.

РОЗДІЛ 2.
АВТОНОМНЕ СУДНОПЛАВСТВО: МОЖЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ

2.1. Вплив автономного судноплавства на ринок праці та суднобудівну галузь

У сучасних умовах науково-технічного прогресу реалізуються проєкти створення суден з різним рівнем автоматизації. Зі зростанням світової торгівлі виникає потреба в оптимізації часу доставки вантажів, що на тлі обмеженого доступу до енергетичних і трудових ресурсів підвищує ризики в роботі транспортного флоту. У відповідь на це судновласники дедалі частіше впроваджують автоматизацію ключових процесів, зважаючи на дефіцит морських спеціалістів і розвиток технологій штучного інтелекту.

Автономне судноплавство має потенціал змінити ринок праці та суднобудівну галузь в Україні. Воно сприяє зниженню експлуатаційних витрат і підвищенню конкурентоспроможності, але водночас може призвести до скорочення робочих місць, викликаючи соціально-економічні виклики та потребу в нових навичках у галузі.

Говорячи про ринок праці, розвиток автономних суден значно змінить структуру, адже модернізавані судна скоротять потребу в екіпажі чи взагалі відмінять знаходження людей на борту. Передусім постраждають спеціальності, пов’язані з безпосереднім перебуванням на борту – механіки та штурмани. У разі переходу на безекіпажні або частково автономні судна зменшиться потреба в екіпажі, особливо для коротких рейсів чи внутрішніх перевезень. Це стане серйозним викликом для українських морських закладів освіти, які щороку випускають сотні фахівців, орієнтованих на класичні моделі судноплавства.

Натомість зросте попит на операторів дистанційного керування суднами, інженерів з кібербезпеки, аналітиків даних та IT-фахівців. Традиційні навчальні програми для моряків можуть стати неактуальними. Нові компетенції, такі як програмування, управління безпілотними системами та кібербезпека, ставатимуть ключовими в морській галузі. Також з'явиться потреба у гібридних фахівцях, які поєднуватимуть морську та IT-освіту.

Зробивши структурно-функціональний аналіз, можемо відповісти на питання: що змінюється в структурі галузі? (табл 2.1). Отже відбуватиметься трансформація ринку праці, головним чинником є втрата класичних професій. Також дуже помітним є перехід від механічних спеціальностей до цифрових і аналітичних. А в начальних закладів зяляються нові функції – не лише підготовка, але й перекваліфікація кадрів. До речі, може змінитися структура зайнятості в припортових містах і призвести до концентрації робочих місць у країнах з розвиненою IT-інфраструктурою, адже частина функцій, які раніше виконувались на борту, переміститься до берегових центрів управління. [25]

Таблиця 2.1

Порівняння класичного та автономного судноплавства на ринку праці

Критерій	Класичне судноплавство	Автономне судноплавство
Склад екіпажу	Велика кількість персоналу на борту	Мінімальний або відсутній екіпаж, дистанційне управління
Типові професії	Палубне відділеня (Капітан, матрос) Машинне відділеня (старший механік, електромеханік)	IT-оператор, інженер автономних систем, фахівець з кібербезпеки
Умови праці	Вахтовий метод, тривалі рейси, фізично складні умови	Робота в офісі, дистанційний контроль, кращі умови безпеки
Ризик для життя	Високий: шторми, піратство, аварії	Знижений: менше людей на борту, автоматизоване управління

Продовження табл. 2.1

Соціальні гарантії	Регулюються конвенціями (MLC, ILO), часто базові	Потребує нових підходів до захисту працівників в IT і морській сфері
Витрати на персонал	Високі: зарплати, страховки, побутові потреби на борту	Нижчі: один оператор може вести кілька суден одночасно
Потреба в перекваліфікації	Низька, стабільні професійні ролі	Висока: потрібне навчання IT-навичкам, системам безпеки
Сприйняття серед працівників	Звична модель, сильна підтримка профспілок	Часто викликає спротив, страх втрати роботи
Залучення молоді	Знижується через тривалі відрядження, важкі умови	Зростає: молодь цікавиться технологіями, IT та інноваціями
Гнучкість працевлаштування	Обмежена, залежність від флоту та флагу	Гнучкі формати: віддалена робота, мультизадачність
Освітні вимоги	Морські академії, фізична підготовка	IT-освіта, аналітика, цифрові технології
Професійні ризики	Фізичні травми, стрес, інфекції	Кіберзагрози, помилки в алгоритмах
Плинність кадрів	Висока — складні умови сприяють вигоранню	Може бути нижча завдяки комфортнішій роботі
Інклюзивність	Обмежена: жінки — меншість на суднах	Зростає: більше можливостей для жінок і людей з ООП
Локалізація робочих місць	За кордоном, в іноземних екіпажах	В Україні: дистанційні центри управління, технопарки
Залежність від погодних умов	Висока: потрібна постійна присутність екіпажу	Низька: судна можуть адаптуватися автономно
Потреба в безперервному навчанні	Помірна, залежить від зміни типу судна або флагу	Висока: постійне оновлення софту, нові протоколи
Зарплати	Залежні від флагу, посади та стажу	Вищі стартові в IT-напрямах, але зростаюча конкуренція

Джерело: *складено* автором

Що стосується впливу на суднобудівну галузь, є тенденція модернізації та переоснащення конструкції суден, адже автономні судна не потребують житлових приміщень, камбузів, систем водопостачання та інших компонентів, необхідних для екіпажу. Очікується, що нові автономні судна будуть легшими,

матимуть більш ефективну та спрощену конструкцію корпусу і менші експлуатаційні витрати. Але спрощення не гарантує зниження вартості повної автоматизації. Очікується, що споживання пального зменшиться на 6%, а вартість судна – на 5%. Попри це, виникають нові ризики, що потребують додаткових витрат на їхню ліквідацію. Висока вартість таких суден, з урахуванням кібербезпеки, може перевищувати економію у порівнянні з класичними суднами. Grand View Research оцінює, що світовий ринок автономних суден досягне $13,41 мільярда до 2030 року, з середньорічним темпом зростання (CAGR) 13,5% у період з 2024 по 2030 роки.

Разом із тим зміняться вимоги до виробництва. Помітним є перехід зі звичайного виробництва - до інтеграції з IT, R&D (науково-дослідні роботи), навігаційними системами та кіберзахистом. Зростає роль софту, сенсорних систем, штучного інтелекту та використання екологічно стійких матеріалів. Суднобудівні компанії, які не адаптуються до автономних технологій, ризикують втратити конкурентні переваги. Тому великі гравці, як-от Rolls-Royce, Wärtsilä і Kongsberg, активно інвестують у розробку автономних рішень і кібербезпеку суден.

Автономне судноплавство не означає повної втрати робочих місць у морському секторі, але воно змінить характер роботи. Виникне потреба в нових спеціальностях, а суднобудування зміниться у бік цифровізації. Водночас автономні судна можуть допомогти вирішити проблему нестачі моряків та підвищити безпеку судноплавства. Для глибшого розуміння масштабів цих змін варто здійснити PEST-аналіз впливу технологій автономного судноплавства на робочу силу та промисловість (табл. 2.2), що дозволить оцінити політичні, економічні, соціальні та технологічні чинники, які формують нову реальність у морській індустрії.

Таблиця 2.2

PEST-аналіз впливу технологій автономного судноплавства на робочу силу та промисловість

Політичні фактори	Економічні фактори
– Політична нестабільність і військові дії – Нормативно-правова невизначеність та міжнародна співпраця для гармонізації стандартів – Необхідність державної підтримки – Політична воля до реформ	– Висока вартість впровадження технологій – Довгострокове зниження витрат – Обмежене фінансування та інвестиційні бар'єри – Потенціал залучення іноземного капіталу – Зростання витрат на страхування – Формування ринку нових професій
Соціальні фактори	**Технологічні фактори**
– Втрата традиційних професій, зростання попиту на ІТ-спеціалістів – Необхідність перекваліфікації та освітніх реформ. – Суспільний скепсис щодо безпеки, спротив профспілок. – Створення нових центрів зайнятості в ІТ, логістиці, кіберзахисті. – Поява нового покоління морських фахівців – Розвиток сучасної освіти підвищує	– Потужний ІТ-сектор здатний розробляти ПЗ для автономних суден – Низький рівень автоматизації у суднобудуванні та логістиці – Нестача пілотних проєктів і кадрів з морським ІТ-досвідом – Імпортозалежність – Потенціал кластерного розвитку – Розвиток супутникових систем – Ризик хакерських атак – Шанс на технологічний стрибок

Джерело: *складено* автором

Такий аналіз дає змогу всебічно оцінити зовнішні чинники, що впливають на розвиток цієї інноваційної галузі. Далі зосередимо увагу на детальному розгляді кожного фактору.

Політичні фактори:

1. Політична нестабільність і військова загроза на морських кордонах ускладнюють реалізацію інноваційних проєктів, особливо в зоні портів. Це також впливає на рішення міжнародних інвесторів щодо співпраці.

2. Відсутність законодавства щодо автономних суден ускладнює сертифікацію, страхування та визначення відповідальності у разі аварій. Проте, участь України в міжнародних ініціативах, таких як ІМО, та підтримка з боку ЄС можуть стимулювати створення національного правового поля, що відповідатиме вимогам нової реальності. Та є вірогідність, що Україна може стати прикладом для інших країн, створивши сучасну нормативну базу для автономного судноплавства в умовах післявоєнної відбудови.

3. Запуск пілотних проєктів, навчальних програм та інфраструктурних ініціатив потребує активної участі держави - через субсидії, податкові стимули або гранти. Державна політика має відігравати роль рушія інновацій у галузі.

4. Успіх впровадження автономного судноплавства залежить від наявності стратегії цифровізації, політичної волі до реформ у морському секторі та підтримки трансформації ринку праці з урахуванням викликів автоматизації.

Економічні фактори:

1. Висока вартість впровадження: дослідження, пілотні проєкти, навчання кадрів, модернізація інфраструктури, прокладання цифрових навігаційних систем, кіберзахист - все це потребує значних капіталовкладень.

2. Довгостроковий економічний ефект у вигляді скорочення витрат на екіпаж, обслуговування, паливо (завдяки оптимізації маршрутів) та логістику, що зробить українські перевезення конкурентнішими, а це є важливою перевагою в умовах післявоєнної економіки.

3. Впровадження автономних технологій стримується через обмеженість фінансових ресурсів: нестачу коштів у держбюджеті, складнощі з кредитуванням, високу вартість запуску проєктів і нестабільну

макроекономічну ситуацію. В умовах війни банки та інвестори неохоче надають довгострокове фінансування, що ускладнює реалізацію інноваційних ініціатив.

4. Можливість залучення іноземного капіталу, включно з програмами EU Green Deal, Horizon Europe, EIB, так як інвестори можуть зацікавитися українським IT-потенціалом і суднобудівними компетенціями за умови гарантій безпеки та реформ.

5. Зростання витрат на страхування морських перевезень через військові ризики. Це збільшує загальні витрати на логістику та знижує інвестиційну привабливість галузі, зокрема щодо запуску автономного флоту.

6. Розвиток ринку нових професій: оператори, інженери, фахівці з кібербезпеки - це нові сегменти ринку праці, які потребують підготовки та інвестицій у навчання.

Соціальні фактори:

1. Переорієнтація працівників, скорочення традиційних професій через автоматизацію, що спричинить втрату робочих місць у класичних морських спеціальностях - це створює ризики соціального напруження. Але водночас створюючи попит на IT-спеціалістів, операторів дистанційного управління та інженерів з кіберзахисту.

2. Зявляється потреба в освітній трансформації та перекваліфікації кадрів. Морські навчальні заклади мають адаптувати програми до нових реалій - дистанційне управління, IT-рішення, супутникова аналітика.

3. На етапі впровадження можуть виникнути побоювання серед громадськості щодо безпеки автономних суден та зменшення робочих місць. Можливий скепсис, спротив з боку профспілок, страх перед "роботизацією" галузі.

4. Потенціал розвитку нових центрів зайнятості зосереджених на IT, цифрових портах, кіберзахисті, логістиці, особливо в регіонах, де традиційна судноплавна галузь скоротиться. Таким чином, автономне судноплавство може

компенсувати втрату традиційних робочих місць створенням інноваційних робочих платформ у сферах з вищою доданою вартістю.

5. Інтерес молоді до інноваційних технологій сприяє появі нового покоління морських фахівців, які готові працювати в умовах цифрової трансформації галузі та будувати кар'єру у нових сферах віддаленого управління суднами, інженерії автономних систем, обробки великих даних у логістиці, цифрового моніторингу морського середовища.

6. Це стимулює розвиток сучасних освітніх програм і створює умови для зростання привабливості галузі, здатної утримувати таланти в Україні та забезпечувати її конкурентоспроможність.

Технологічні фактори:

1. Потужний український IT-сектор, спроможний розробляти програмне забезпечення для автономних суден - навігацію, аналітику, кіберзахист.

2. Поточний технологічний рівень підприємств не відповідає вимогам автономного судноплавства, що потребує масштабної модернізації виробництва та інфраструктури.

3. Нестача досвіду впровадження автономних систем, відсутність пілотних проєктів, обмежені кадри з компетенціями в морському IT ускладнюють стартовий етап розвитку.

4. Висока залежність від імпорту обладнання - сенсорів, навігаційної та технічної інфраструктури - підвищує вартість впровадження технологій.

5. Існують можливості для формування технологічних кластерів за участі університетів, технопарків, IT-компаній та суднобудівних підприємств.

6. Швидкий розвиток супутникових систем навігації та зв'язку покращує можливості контролю та забезпечує стабільне управління за автономними суднами в реальному часі, навіть на внутрішніх водних шляхах.

7. Автономні системи - потенційна ціль хакерських атак. Існує високий ризик втрати контролю, що потребує комплексні та адаптовані рішення.

8. Завдяки високому попиту на цифровізацію та автоматизацію Україна має можливість не лише відновити, а й модернізувати флот і логістику, обминаючи застарілі технології.

Такий прогнозно-аналітичний підхід демонструє, що автономне судноплавство є не лише технологічним викликом, а й соціально-економічним. Успіх реалізації залежатиме від здатності держави, бізнесу та освіти адаптуватися до нових вимог та мінімізувати ризики через стратегічне планування, пілотні проєкти та інвестиції в людський капітал.

2.2. Поточний стан українського морського транспорту та логістики

Морський транспортний сектор України є критично важливим для забезпечення міжнародної торгівлі та економічної стабільності країни. Проте, в умовах глобалізації та інтеграції до європейських транспортних мереж, ця галузь стикається з численними проблемами. [28]

Від початку повномасштабного вторгнення у 2022 році українські морські порти перебувають під дією потужних обстрілів. Багато портових об’єктів були зруйновані або перебувають під постійною загрозою атак, що унеможливлює довготривале планування та ускладнює доступ до страхових і логістичних послуг. Наказом Міністерства інфраструктури України від 28 квітня 2022 р. № 256, зареєстрованим у Міністерстві юстиції України 29 квітня 2022 р. за № 470/37806, з дня набрання чинності цим наказом 30 квітня 2022 р. до відновлення контролю закрито морські порти Бердянськ, Маріуполь, Скадовськ і Херсон, що завдало значних збитків економіці. До війни морем

здійснювалося близько 70% експорту [26]. Через блокаду Україна щоденно втрачає до 170 млн доларів США, а збитки державної морської та річкової інфраструктури оцінюються в понад 622 млн доларів [27].

Багато українських портів, які ще продовжують працювати, потребують масштабного оновлення. Значна частина причалів, перевантажувального обладнання та логістичних центрів була побудована ще за радянських часів і не відповідає сучасним вимогам. На відміну від сучасних хабів у Румунії (Констанца), Туреччині (Мерсін) чи Польщі (Гданськ), більшість українських портів значно відстають за рівнем цифровізації, автоматизації обробки вантажів і гнучкості логістичних процесів. Разом з тим, реалізація ключових стратегічних програм у сфері морського транспорту фактично призупинена через війну. Стратегії розвитку відкладаються на невизначений термін, що ускладнює перспективне планування розвитку галузі.

З 13 портів України на сьогодні стабільно функціонують лише 6 - решта або пошкоджені, або піддаються регулярним обстрілам. Станом на липень 2024 року зафіксовано ураження 262 об’єктів портової інфраструктури та 17 цивільних суден. Це призвело до скорочення обсягів експорту зерна на 35%, або близько 490 тис. тонн щомісячно [26]. Порти Азовського моря повністю втратили свою частку у вантажообігу, а Чорноморські - Одеса, Чорноморськ і Південний - залишаються основними центрами експорту, імпорту та транзиту, хоч і працюють із серйозними обмеженнями. До повномасштабного вторгнення загальна пропускна спроможність усіх українських портів досягала 240 млн тонн вантажів щороку [28].

У період 2017–2019 років спостерігалося зростання загального вантажообігу - з 132,6 млн тонн у 2017 році до рекордних 160 млн тонн у 2019 році (рис. 2.1). Позитивна динаміка розвитку була очевидною: у 2018 році приріст становив лише 1,8% (що еквівалентно 135,2 млн тонн), а у 2019 році - вже 18,5%. Після цього темпи зростання знизилися: у 2020 році зафіксовано

незначне скорочення на 0,5% до 159,1 млн тонн, а у 2021 році - зниження на 3,7%, і сукупний вантажообіг склав 153,3 млн тонн.

2022 рік став точкою обвалу через повномасштабне вторгнення та блокаду портів: вантажообіг скоротився майже втричі - до 50,8 млн тонн. Проте вже у 2023 році обсяг зріс до 62 млн тонн, що стало результатом адаптації логістики та запуску морського коридору. Часткове відновлення експорту забезпечила «зернова ініціатива» за участі ООН, Туреччини та України, в межах якої до липня 2023 року було експортовано понад 30 млн тонн агропродукції. Після її припинення Україна відкрила власний тимчасовий морський маршрут, що з 16 серпня 2023 року сприяв зростанню перевалки.

У 2024 році обсяг перевалки в українських портах досяг 97,2 млн тонн, що на 57% більше, ніж торік, і став найвищим з початку повномасштабного вторгнення. Це свідчить про поступове відновлення морської логістики, хоча показник ще поступається довоєнному рівню (понад 150 млн тонн у 2020–2021 роках).

Рис. .2.1. Аналіз вантажообігу морських портів України (2017–2024)

Джерело: сформовано автором за [29]

У зв’язку з блокуванням чорноморських портів Україна переорієнтувалася на альтернативні маршрути. Основне навантаження перейняли Дунайські порти, які збільшили перевалку з 5% до 17,5% у 2024 році, ставши тимчасовим логістичним центром замість портів Одеси. Далі продемонстровано розподіл вантажопотоку між портами Великої Одеси та Дунайськими портами за період від довоєнного 2021 року по 2024 рік. (рис. 2.2)

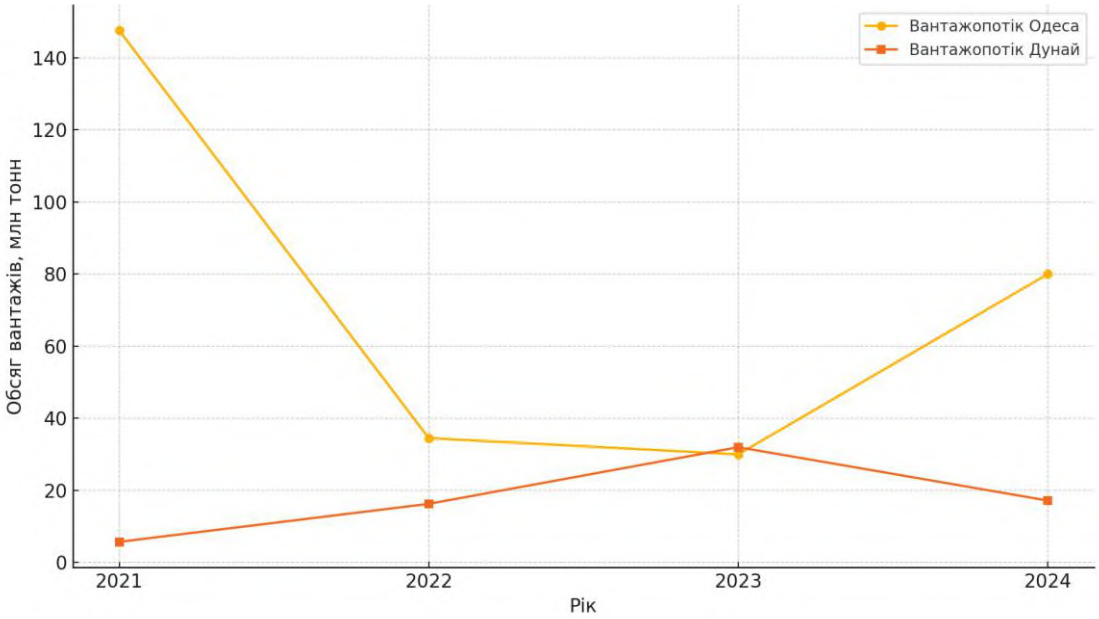

Рис. 2.2.. Аналіз вантажопотоку між портами Великої Одеси та Дунайськими портами (2021–2024)

Джерело: сформовано автором за [29]

У 2021 році вантажопотік через Чорноморські порти (насамперед Одесу) значно переважав над дунайськими - понад 147 млн тонн проти 5,74 млн тонн відповідно. У 2022 році, внаслідок повномасштабного вторгнення та блокади чорноморських портів, відбулось різке зменшення вантажопотоку через Одесу. Натомість Дунайські порти (Ізмаїл, Рені, Усть-Дунайськ) стали критично важливими логістичними хабами, суттєво наростивши обсяги перевалки - загалом до 16,3 млн тонн, що склало майже третину від загального обсягу в 50,8

млн тонн. У 2023 році спостерігалось умовне вирівнювання - вантажопотік був розподілений майже порівну: 30 млн тонн через Чорноморські порти та 32 млн тонн через Дунайські. У 2024 році, завдяки відновленню роботи портів Великої Одеси, обсяг вантажопотоку через них зріс до 80 млн тонн, що становить основну частину загального вантажообігу (97,2 млн тонн). Водночас частка Дунайських портів зменшилась до 17,2 млн тонн, що свідчить про збереження їх ролі як допоміжних транспортних вузлів. [28][29]

Упродовж 2017–2024 років морські порти України пройшли шлях від стабільного зростання до критичного падіння й поступового відновлення. Цей період чітко розмежовується на довоєнний (2017–2021), воєнний (2022) та фазу часткового відновлення (2023–2024).

Зміни в структурі зовнішньої торгівлі через порти особливо помітні при порівнянні обсягів експорту та імпорту, що дозволяє відстежити ключові економічні зрушення. На наступному рисунку відображено динаміку вантажообігу морських портів України за основними напрямами — експортом та імпортом.

Рис. 2.3 Вантажообіг із розподілом на експорт та імпорт (2017–2024)

Джерело: сформовано автором за [29]

Протягом усього періоду переважаючим напрямком перевалки залишався експорт - від 73% у 2017 році до понад 90% у 2023–2024 роках. Найвищий обсяг експортних операцій припав на 2020 рік (123 млн тонн), тоді як у 2022 році він скоротився до приблизно 45 млн тонн. Імпорт залишався більш стабільним - на рівні 5–23 млн тонн на рік, досягаючи найвищих значень у 2018–2020 роках. Після великого падіння у 2022 році, у 2023 році експорт становив 56,3 млн т, імпорт — 5,3 млн т. У 2024 — 88,1 млн т і 8,8 млн т відповідно, що свідчить про стабілізацію та активне відновлення морської торгівлі.

Зернові вантажі - стратегічна основа експорту і незмінний лідер. (рис.). Їх перевалка зросла з 39,2 млн т у 2017 до рекордних 60,3 млн т у 2024. Навіть під час війни у 2022–2023 роках обсяги залишалися високими (28,8 млн т і 45,5 млн т відповідно). Особливо показовий стрибок у 2023–2024 роках, що пов’язаний із функціонуванням "зернової ініціативи" та тимчасового морського коридору. Попри воєнні обмеження, зернові вантажі зберегли позицію основного "локомотива" портового експорту. [29]

Рис. 2.4. Перевалка зерна за період 2017-2024 рр, млн т

Джерело: [29]

Протягом 2017–2021 років перевалка руди стабільно займала 20–28% у структурі загального вантажообігу морських портів України, демонструючи

впевнений внесок у експортну логістику країни. Піковим був 2020 рік: 44,3 млн т (27,9%). Обсяги перевалки руди у 2021 році становили 38 млн т, але у 2023 відбулося обвальне скорочення до 1,9 млн т., що становило лише 3,1% від загального вантажообігу.. У 2024 році зафіксовано зростання до 18,5 млн т (майже в 10 разів), однак показник все ще нижчий удвічі за довоєнний.

Контейнерний сегмент залишився найбільш вразливим до зовнішніх ризиків та обмежень. До 2020 року контейнерні перевезення демонстрували поступове зростання із 7,9 млн т у 2017 році до 12,8 млн т у 2020 році. У 2021 році було оброблено на 2,6% контейнерів менше порівняно з 2020 роком. Але зазнали суттєвого спаду після початку повномасштабної війни: різке падіння, лише 67,7 тис. TEU (**0,91** млн тонн вантажу) у 2023 році та 129 тис TEU (1,74 млн тонн вантажу) у 2024 році.

Чорні метали стабільно займали важливу частку у вантажообігу морських портів до 2021 року. У цей період вони входили до трійки основних груп вантажів та займали 10–12% у структурі – це 14,8 млн т - 16,7 млн т (зі спадом у 2019 році). Після початку повномасштабної війни (2022) обсяги експорту чорних металів катастрофічно впали через втрату виробничих потужностей на сході країни, знищення інфраструктури та ускладнену логістику. У 2023 році – падіння до 1,7 млн т, але в 2024 році пішла тенденція зростання та обсяг збільшився у 2,47 рази до 4,2 млн т.

Пік вантажообігу вугілля був у 2017 - 10,8 млн т (8,1%), пов'язаний з імпортом африканського та американського вугілля. Надалі частка вугілля зменшувалася до 6,7 млн т у 2019. У 2020 році, на тлі зменшення обсягів перевалки вугілля, ключовим вантажем у структурі наливних став експорт соняшникової олії, а згодом зросла і роль нафтопродуктів, що стало у відповідь на енергетичну і логістичну трансформацію країни.Так, за підсумками 2023 року обсяг наливних вантажів становив 6,3 млн тонн, а у 2024 році цей показник

зріс до 7,5 млн тонн, що свідчить про сталий тренд збільшення перевалки пального та рідких агропромислових вантажів.

Після 2020 року важливого значення набули нафтопродукти й олія - у відповідь на енергетичну та логістичну трансформацію країни. Обсяги перевалки вугілля суттєво скоротилися: з 10,8 млн т у 2017 році до зникнення у звітах після 2020-го, що свідчить про зміну джерел енергії. Натомість олія у 2020 році досягла 6,2 млн т, а нафтопродукти - 6,3 млн т у 2023 році, що пояснюється зростанням потреб енергетики та оборони. [29]

Якщо розглядати ситуацію без загальної оцінки збитків та фактичного обсягу пошкоджень і руйнувань, що стали наслідком повномасштабної війни, то навіть при фокусі виключно на морегосподарському комплексі України можна виокремити одну з ключових проблем галузі - значну зношеність флоту. За офіційними оцінками, понад 85% суден перевищують встановлений термін експлуатації.

Після розпаду СРСР Україна отримала у спадок потужне Чорноморське морське пароплавство (ЧМП), яке входило до п’ятірки найбільших флотів у світі та забезпечувало чверть зовнішньоторговельних перевезень країни. Флот налічував три сотні суден. Однак, через відсутність досвіду ринкового управління, флот простоював, зростали фінансові втрати, борги. Для одеситів, які працювали на підприємстві поколіннями, ЧМП – це колишня гордість і нинішній біль. Цей спадок зник за перші десять років незалежності. Що сталося із суднами?

У 1990–2000-х роках компанія стала жертвою фіктивної приватизації, втратила активи, флот, прибутки та керованість. Судна не ремонтувались, не модернізувались, частина з них була арештована за борги, виведена під «зручні прапори» - Панами, Ліберії тощо, а також продана або порізана на метал.

У 2010-х залишки флоту майже не використовувалися або працювали в приватному секторі. Відомі судна розпиляли на метал, перепродавали за

копійки (через фіктивну схему реалізації суден за ціною боргу.) або вони затонули через критичну зношеність. Моряки масово переходили на іноземні судна, а частина суден була перереєстрована на інші країни, що ускладнило юридичне повернення майна. Зрештою, ЧМП втратило все - флот, фахівців, статус і майбутнє. Зникло за десятиліття, залишивши лише спогади про потужний флот і втрачені можливості. [30]

На рисунку. 2.5 за даними UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development) [31], наведено дані про розміри українського торговельного флоту. Дані представлені в тисячах тонн дедвейту (DWT). Добре видно тенденцію зменшення флоту: загальна тоннажність торговельного флоту України продовжує зменшуватися з кінця 1990-х років, особливо в період 1996-1998 років через історичні передумови. Державна судноплавна компанія «Український комерційний флот», створена у 2003 році, не змогла відновити колишній потенціал .

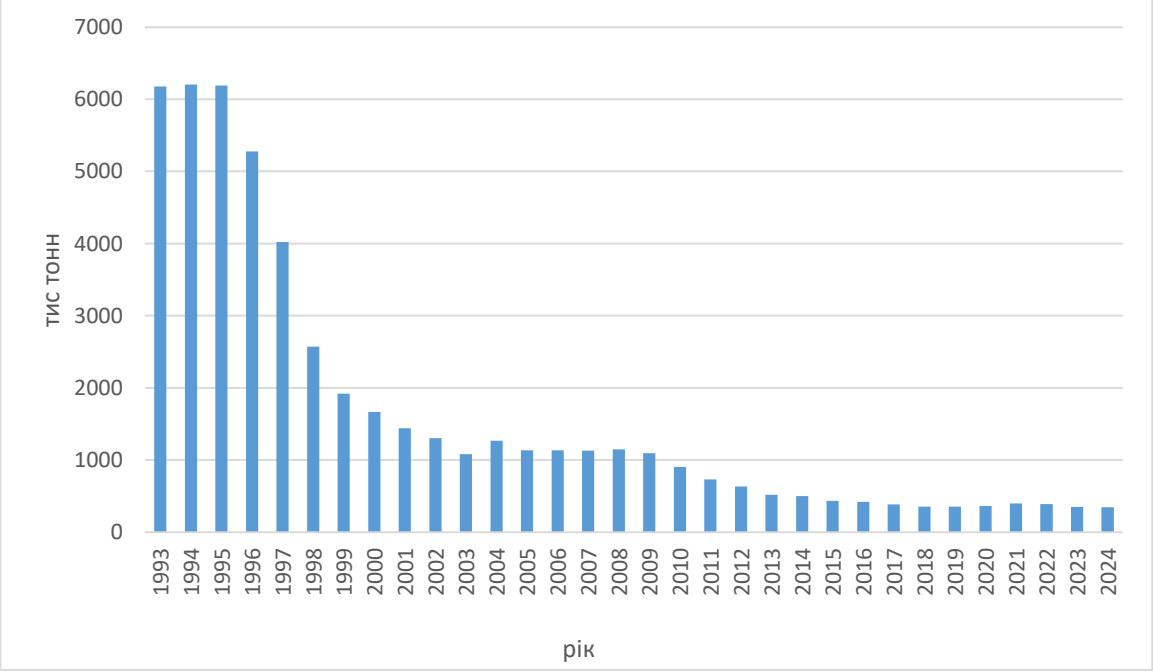

Рис.2.5 . Статистичні дані українського флоту по роках

Джерело: сформовано автором за [31]

За даними UNCTAD, на 1 січня 1993 року сукупний дедвейт торговельного флоту України налічував 6,18 млн. т, а частка українського флоту у світовому торговому флоті становила 0,9%. А 1 січня 2024 року дедвейт флоту, зареєстрованого під прапором України, скоротився майже у 18 разів – до 345тис. т. Частка у світовому торговому флоті зменшилась до 0,015%.

Після 2022 року багато суден були блоковані у портах, деякі потрапили під обстріли або мінну небезпеку. Чимало суден були реквізовані, арештовані або навіть потоплені.

Зменшеню кількості українських суден також сприяє тенденція «зручних прапорів», коли українські судновласники реєструють свої судна під прапорами Панами, Ліберії, Белізу, Маршаллових островів, аби уникнути високих податків, бюрократії та нестабільного правового поля. У 2023 році менше 1% суден, що працювали в інтересах українських компаній, плавали під українським прапором.

Ті судна, які формально ще належать українським компаніям або під українським прапором - часто технічно зношені, не відповідають сучасним екологічним і технічним стандартам (наприклад, MARPOL, SOLAS). Вони не можуть ефективно конкурувати на світовому ринку.

Проблемою для українського морського транспорту залишається й високий рівень забруднення від старого флоту, який технічно не відповідає сучасним нормам ІМО, яка поступово запроваджує жорсткіші екологічні вимоги до судноплавства, тож українські компанії повинні адаптувати свої операції до нових стандартів, таких як скорочення викидів CO_2 та використання альтернативного палива.

Українська морська галузь наразі переживає критичний брак фінансування, що особливо загострився після початку повномасштабного вторгнення у 2022 році. Нестача інвестицій у відновлення флоту – нові судна

майже не будуються, державних програм модернізації немає. Військові дії, ризики окупації портів, політична нестабільність та руйнування інфраструктури суттєво обмежили приплив як державних, так і приватних інвестицій. Інвестори не готові вкладати кошти в умовах постійної небезпеки, а держава не має цільових програм підтримки флоту чи цифровізації портів. Кредитні ресурси обмежені, адже більшість фінансових установ відмовляються надавати довгострокові позики в умовах воєнного ризику та макроекономічної нестабільності, а страхові витрати зросли, що робить морські перевезення дорожчими. У таких умовах навіть перспективні напрями, як автономне судноплавство, залишаються нереалізованими, попри значний потенціал України в цій сфері.

Україна має морську державу без флоту. Це гірка правда - від колишнього потенціалу залишилися лише кадри, деяка інфраструктура і сумні спогади. Без радикальних реформ, державної політики і інвестицій - перспектив відродження комерційного флоту в найближчому майбутньому майже немає.

2.3. Міжнародні партнерства та можливості інтеграції України у глобальну цифрову морську логістику

Аналіз сучасного стану морського транспортного сектору України свідчить про глибоку кризу, спричинену наслідками повномасштабної війни. Система морських портів зазнала значних руйнувань, майже половина інфраструктури пошкоджена або заблокована, що спричинило різке скорочення вантажообігу та втрата ключових експортних ринків та логістичних можливостей. Значна частина діючої морської інфраструктури застаріла морально і фізично та потребує комплексної модернізації. Паралельно через воєнні ризики заблоковані або суттєво ускладнені стратегічні плани розвитку

галузі, інвестиційні та розвиткові проекти, а цифровізація та модернізація портової інфраструктури практично не здійснюються.

Особливо критичною є ситуація у сфері торговельного флоту. Внаслідок війни країна втратила частину суден, що залишилися заблокованими у захоплених портах, а ті, що залишилися у власності, мають високий рівень фізичного зносу та не відповідають сучасним стандартам безпеки й ефективності. Відсутність централізованої програми підтримки судноплавних компаній та оновлення флоту призвела до подальшого поглиблення проблем: старіння суден, обмеження можливостей для модернізації та практична відсутність оновлення флоту.

Ситуацію ускладнили масова зміна прапорів українських суден на іноземні, що зменшило національний контроль над флотом, а також різке зниження страхового покриття і ринкової вартості судноплавних компаній. Параліч роботи національних операторів поглибив структурну слабкість морської логістики. Особливо важкою є втрата позицій у сегменті контейнерних і спеціалізованих суден, що обмежує інтеграцію України у світові логістичні ланцюги. Таким чином, без системної державної підтримки, залучення інвестицій і реалізації програм оновлення флоту, Україна ризикує втратити власну судноплавну галузь як важливу складову економіки.

Попри зовнішні загрози та структурні виклики**,** такі як низька цифрова сумісність з європейськими мережами, часткова непридатність інфраструктури через воєнні дії.**,** обмежена автоматизація, брак ІТ-фахівців і сучасного обладнання, а також ризики руйнування портів, кібератак, політичної нестабільності й втрати фінансування, Україна зберігає значний потенціал як партнер у міжнародній цифровій логістиці. На перетині міжконтинентальних торговельних потоків, із доступом до Чорного моря, Україна здатна виступати не лише транзитною ланкою, а й активним інтегрованим елементом цифрових логістичних мереж. У цьому контексті важливим є не лише географічний, а й

інституційний і технологічний потенціал, зокрема в частині цифровізації портового господарства.

У Таблиці 2.3 наведено характеристику унікальних передумов для цифрової трансформації логістики, що створює вигідні умови для іноземних інвесторів.

Таблиця 2.3.

Потенціал України як учасника глобальної цифрової логістики

Критерій	Складова цифрового розвитку	Очікуваний ефект
Географічне положення	Підключення до мультимодальних цифрових коридорів, зокрема "Шовкового шляху"	дає змогу ефективно інтегруватися в мультимодальні коридори , що знижує транзитні витрати та прискорює доставку в глобальних ланцюгах постачання.
Наявність глибоководних терміналів	Використання інтелектуальних TOS (Terminal Operating Systems) для безперебійної обробки вантажів великих суден	дозволяють ефективно обслуговувати великі судна, мінімізуючи затримки та підвищуючи вантажообіг - критично важливо для сталого експорту.
Потужна сировинна база агроекспорту із стабільними вантажопотоками	Впровадження блокчейн у агрологістику: прозорість, спрощення документообігу	забезпечує простежуваність, прозорість та зниження ризиків у торгівлі, особливо в умовах світової продовольчої кризи.
Запровадження портових реформ	Лібералізація процедур, державно-приватне партнерство, запуск PCS, Smart Port	Зменшення адміністративного тиску, зростання інвестиційної привабливості
Інтеграція в глобальні проекти	Доступ до інструментів технічної та фінансової підтримки (EU, IMO, EIB, UNCTAD)	відкриває доступ до грантів, технічної допомоги та фінансування, мінімізуючи ризики для приватних інвесторів.
Високий потенціал цифрової трансформації	Готовність до адаптації передових технологій без значного спадку «старих» систем	Прискорене впровадження інновацій, інтеграція у висококонкурентні глобальні логістичні ланцюги

Джерело: складено автором

У свою чергу, інтеграція України у світові цифрові логістичні системи відкриває нові можливості для розвитку "розумних портів", автоматизації документообігу та управління вантажними потоками. Багато портових територій і об'єктів мають простір для модернізації та цифровізації, що цікаво інвесторам. Наявність запиту на цифровізацію і підтримка міжнародних партнерів відкривають шлях для впровадження інноваційних цифрових платформ для швидкого, прозорого й безпечного переміщення товарів. (TOS-системи, електронні документи, автоматизація). Таким чином, географічні, економічні й технологічні фактори формують стійкий потенціал України як майбутнього регіонального хабу у глобальній цифровій логістиці. [28]

У своїй заяві президент США Дональд Трамп підкреслив, що Україна відкриває нові вигідні можливості для інвесторів, які хочуть розширити свої портфелі особливо на ринках, що розвиваються - від готельного бізнесу до масштабного будівництва інфраструктурних об'єктів. Особлива увага Трампа до Одеси підкреслює її стратегічне розташування як ключового чорноморського порту, здатного привернути як туристичні, так і ділові потоки. Це місто має потенціал стати одним із головних центрів розвитку торгівлі, логістики та міжнародних інвестицій у регіоні.

Для міжнародних інвесторів це означає те, що ранній вхід на цей ринок може забезпечити високий рівень прибутковості, тому що Одеса і вся Україна стають важливим майданчиком для інвестицій, незважаючи на політичні виклики. Одеса як головний морський вузол має потенціал сприяти розвитку міжнародної торгівлі та туризму, що особливо важливо для глобальної логістичної інтеграції України. Висловлена підтримка міжнародних лідерів, зокрема Дональда Трампа, може стати додатковим поштовхом для модернізації портової та туристичної інфраструктури, а також залучення політичних і економічних стимулів для інвесторів. [32]

У післявоєнний період відбудови Україна робить стратегічну ставку на розвиток портових міст як центрів логістичної інфраструктури. Одним із яскравих прикладів такої співпраці стала взаємодія з Данією - країною, яка має глибокі морські традиції та є батьківщиною компанії Maersk, одного з лідерів глобального судноплавства. У березні 2023 року Данія офіційно взяла на себе патронаж над відбудовою Миколаєва та області, підписавши відповідний Меморандум з місцевою владою, та вже спрямувала понад $100 млн на її відновлення. В перспективі - підтримка колись ключової для Миколаєва сфери суднобудування"

Данія планує активно сприяти модернізації портової інфраструктури Миколаєва з метою нарощування вантажопотоків та розширення міжнародних логістичних маршрутів. Це передбачає реконструкцію причалів, будівництво сучасних складів і перевалочних комплексів, а також запровадження цифрових платформ для управління вантажами, оптимізації логістичних процесів та прозорого митного оформлення. Такі заходи дозволять інтегрувати миколаївські порти у глобальні цифрові логістичні ланцюги. Крім того, через загрозу мін у водах Чорного моря, Данія бере участь у програмах з очищення акваторій Миколаївського регіону. Підтримка реалізується за участі USAID та Danish Shipping Council.

Миколаїв традиційно вважається центром українського суднобудування, адже в місті зосереджені потужні верфі та кваліфіковані кадри. Як зазначив посол Данії в Україні Олє Егберг Міккельсен, миколаївські суднобудівні підприємства мають реальний потенціал конкурувати з верфями Польщі, Кореї та Китаю. У зв’язку з цим Данія розглядає можливість залучення своїх компаній і технологій для модернізації цих підприємств. Серед перспективних напрямів — будівництво цивільних суден, барж і буксирів, створення спільних виробничих майданчиків з данськими компаніями, а також відкриття центрів технічного обслуговування суден у Чорноморському регіоні.

Потенційні напрями включають відновлення та оновлення суднобудівних потужностей для будівництва цивільних суден, барж і буксирів, також створення спільних виробничих майданчиків із данськими суднобудівними компаніями та розвиток центрів технічного обслуговування суден у Чорноморському регіоні.

Особлива увага приділяється "зеленому переходу" в морській галузі, а саме впровадженню систем берегового енергопостачання суден для зменшення викидів у портах, стимулювання використання суден на альтернативних видах палива (біопаливо, аміак, водень) та реалізація проєктів з очищення вод портової акваторії.

Данія також вони веде діалог з університетом кораблебудування імені адмірала Макарова, адже кораблебудування – це частина ДНК Миколаєва. Заклад сильно пошкоджений, але будівля структурно міцна, її можна відбудувати. Відновлення роботи закладу поверне молодь, а також, іноземних студентів. Раніше це було суттєвим джерелом доходу, тому що вони платили за навчання. Якщо говорити про персективу, то країна-партнер також може відкрити програми стажування українських студентів і портових фахівців у данських морських установах, а також спільні освітні програми для підготовки кадрів у сферах портової логістики, суднобудування та морської інженерії.

Данія планує підтримувати співпрацю з Миколаївщиною, розглядаючи можливість створення данського кварталу або парку в Миколаєві. Ці ініціативи демонструють глибоку зацікавленість Данії у відновленні та розвитку Миколаївщини, що відкриває нові перспективи для інтеграції України у глобальні логістичні та технологічні ланцюги.

Морська галузь Миколаєва отримує новий шанс на відродження завдяки підтримці Данії. Синергія інвестицій, технологій і досвіду Данії дозволить не лише повернути Миколаїв на карту важливих портів світу, а й інтегрувати його в сучасну цифрову і «зелену» глобальну морську логістику.[33]

Одним із яскравих прикладів розвитку міжнародних партнерств у сфері цифрової логістики є співпраця України з DP World (OAE) - одним із провідних світових операторів логістичних послуг, який активно розвиває свою присутність в Україні, зокрема в портах Чорноморського регіону. Це відкриває нові можливості для інтеграції українських портів у глобальні цифрові логістичні мережі.

У 2020 році компанія DP World (OAE), яка оперує 123 логістичними та транспортними підприємствами в 54 країнах, придбала контрольний пакет акцій контейнерного терміналу TIC у порту «Південний» [34], що стало важливим кроком до модернізації українських портів за міжнародними стандартами. Завдяки DP World в Україні запроваджуються сучасні цифрові рішення для організації перевезень і обробки вантажів, такі як цифрова платформа SeaRates.com, яка дозволяє клієнтам планувати та відстежувати вантажоперевезення в режимі реального часу та проєкти Digital Freight Alliance. Було запущено платформу CARGOES Logistics, що надає можливість обирати мультимодальні логістичні опції, отримувати миттєві котирування та здійснювати безпечні платежі.

Інвестиції DP World в українські порти мають стратегічне значення для розвитку цифрової логістики в регіоні. Зокрема, інтеграція TIS Container Terminal у мережу Unifeeder дозволяє з'єднати українські порти з іншими ключовими хабами, такими як Констанца (Румунія) та Яримча (Туреччина), що сприяє створенню єдиного цифрового логістичного коридору в Чорноморському регіоні.

Цифрова трансформація портової галузі України вимагає не лише внутрішніх реформ і модернізації інфраструктури, а й активної підтримки міжнародної спільноти. Міжнародні ініціативи чи гранти грають ключову роль в цьому контексті.

Організації як IMO, ЄС та UNCTAD (Конференція ООН з торгівлі та розвитку) відіграють ключову роль у сприянні цьому процесу через нормативну підтримку, технічну допомогу, навчальні програми та фінансування інноваційних проєктів.

IMO активно працює над розвитком електронного документообігу (FAL Convention) та стандартів "розумних портів". Впровадження рекомендацій IMO допоможе українським портам перейти на повністю безпаперовий цифровий обіг документів обробки вантажів**,** наприклад, e-BL (електронна накладна), що суттєво прискорить логістичні процеси. Технічна допомога IMO через проєкти GloFAL або GHG Smart Ports також спрямована на підтримку екологічної та цифрової модернізації портів. [36]

Європейський Союз (EU) через програми як TEN-T (Транс'європейська транспортна мережа) може сприяти інтеграції українських портів у загальноєвропейські цифрові транспортні платформи. Також ЄС підтримує модернізацію портової інфраструктури через спеціальні фонди, наприклад, Connecting Europe Facility (CEF) - фінансовий інструмент ЄС, який може допомогти в модернізації IT-інфраструктури портів України для кращого інтегрування у цифрові логістичні мережі Європи.

Міжнародні організації, такі як ЄБРР (Європейський банк реконструкції та розвитку) та Світовий банк [45], розглядають можливості фінансування реконструкції українських портів та логістичної інфраструктури, що охоплює і цифрові компоненти, після завершення активної фази війни. [35]

Аналіз сучасного стану морської логістики України вказує на глибоку кризу, спричинену війною, проте одночасно демонструє стратегічний потенціал для цифрової трансформації галузі. Попри значні руйнування інфраструктури та втрату флоту, Україна зберігає переваги завдяки географічному розташуванню, міжнародній підтримці та готовності до впровадження інновацій. За умови

ефективної державної політики та іноземних інвестицій, країна здатна стати конкурентоспроможним цифровим хабом у глобальних логістичних ланцюгах.

РОЗДІЛ 3.
ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ І ЦИФРОВІЗАЦІЯ УКРАЇНСЬКОГО МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

3.1. Розвиток штучного інтелекту у морській галузі України

На 2025 рік в українських морських портах уже запроваджено окремі елементи смарт-інфраструктури, що позитивно впливає на ефективність, екологічну сталість та безпеку портових операцій. Незважаючи на те, що повномасштабне впровадження штучного інтелекту (ШІ) ще не реалізовано, країна має вагомі передумови для розвитку цієї сфери завдяки наявному IT-потенціалу та успішному досвіду запуску високотехнологічних компаній на глобальному рівні. У майбутньому ШІ може стати вирішальним фактором у зміцненні позицій України на міжнародному логістичному ринку.

Одним із ключових кроків на шляху цифрової трансформації портів стало впровадження логістичної платформи DocPort, розроблене Адміністрацією морських портів України (АМПУ). DocPort забезпечує електронний документообіг між усіма учасниками логістичного ланцюга: адміністраціями, операторами, експедиторами, перевізниками та державними структурами. Це дозволяє скоротити час обробки суден і вантажів, мінімізувати паперову бюрократію та підвищити прозорість угод.

Основною функцією цієї системи є автоматичне електронне формування перепусток для водіїв вантажного транспорту, що базується на оперативному оновленні статусу вантажу в режимі реального часу. Це дозволяє завчасно організовувати рух транспорту, уникати скупчення фур при в’їзді до порту та зменшувати час простою.

Для бізнесу система DocPort відкриває ряд переваг:

- економія від 1 до 6 годин на обробку одного судна;

- прискорене оформлення виїзних документів;

- прозорість завдяки електронному підпису відповідальних осіб;

- підвищення пропускної здатності порту на 3–5% без додаткових інвестицій в інфраструктуру;

- можливість підключення нових учасників через відкрите API.

Окремо платформа передбачає регулювання черг на в'їзд, що допоможе позбутися від заторів. Також DocPort інтегрується з "Єдиним вікном міжнародної торгівлі" Державної митної служби України, що дозволяє значно скоротити час стояння суден без вантажних операцій.

Інтеграція інформаційної системи АМПУ DocPort та Державної митної служби стала важливим кроком до створення єдиного цифрового середовища портової логістики України. Основна мета співпраці - автоматизувати процеси оформлення суднозаходів та взаємодії з митними органами, забезпечити стабільність транспортного потоку, підвищити ефективність логістичних операцій та скоротити час обслуговування.

Важливо зазначити, що система є відкритою та безкоштовною для всіх учасників логістичного процесу, що сприяє її широкому впровадженню та інтеграції в національну цифрову екосистему портової логістики. [37]

Завдяки DocPort суттєво скорочено час на оформлення вантажів, усунуто потребу в паперових документах і знижено людський фактор у процесах приймання та видачі вантажів.

DocPort доповнює вже наявну в українських портах систему Port Community System (PCS) - онлайн-платформу, яка з 2014 року забезпечує електронний обмін документами між усіма учасниками логістичного процесу. PCS замінює традиційний паперовий документообіг, дозволяючи обробляти інформацію в режимі реального часу, що значно скорочує витрати часу і коштів, знижує вплив людського чинника, підвищує прозорість процедур та зменшує корупційні ризики. У перспективі - охоплення всіх типів вантажів і інтеграція з

іншими видами транспорту. Система є частиною національного проєкту «Єдине вікно - локальне рішення», який передбачає централізований доступ до логістичних та державних сервісів і повну цифрову взаємодію між усіма сторонами у реальному часі. [38]

Хоча система Port Community System (PCS) декларується як частина цифрової інфраструктури морських портів України, слід зазначити, що останні доступні дані щодо її ефективності та рівня впровадження датуються попередніми роками через обмежену кількість відкритих джерел, зокрема в умовах дії воєнного стану, тому з огляду на загальні тенденції цифровізації, не виключається можливість подальшої модернізації PCS, розширення його функціональних можливостей та інтеграції з іншими цифровими рішеннями у сфері портової логістики.

У поєднанні з DocPort, який зосереджується на управлінні транспортними потоками, PCS могла б забезпечити цілісне цифрове середовище для портової логістики, однак наразі потенціал такого синтезу реалізований не повністю. Розвиток української IT-екосистеми та потреба у підвищенні міжнародної конкурентоспроможності вимагають перезапуску та адаптації PCS до сучасних стандартів, включаючи інтеграцію з системами на базі штучного інтелекту.

На основі поточних трендів, ризиків і можливостей можна змоделювати три ймовірні сценарії цифровізації морських портів: оптимістичний, базовий та песимістичний, що ґрунтуються на макроекономічних, інфраструктурних і технологічних факторах, актуальних для морської галузі України. Сценарний аналіз дає змогу не лише передбачити можливі варіанти розвитку подій, а й сформувати адаптивну стратегію на основі обґрунтованих припущень (рис.3.1)

Рис.3.1. Сценарний аналіз цифрової трансформаціїї портів України

Джерело: сформовано автором

1. Оптимістичний сценарій: Україна - цифровий логістичний хаб Чорноморського регіону

Україна має всі передумови стати ключовим цифровим логістичним хабом Чорноморського регіону, якщо буде реалізований оптимістичний сценарій розвитку, зя яким цифрова інфраструктура України зазнає якісного стрибка завдяки системному підходу, орієнтованому на впровадження інноваційних технологій. В основі цього сценарію лежить активне впровадження цифрових технологій в логістичну інфраструктуру країни, насамперед у портах Одеси, Південного та Чорноморська. Завдяки ефективній співпраці держави та приватного сектору через механізми державно-приватного партнерства, відбувається масштабна модернізація портових процесів.

Автоматизація охоплює 80–90% операцій завдяки впровадженню нових теїнологій та модернізаціїї вже існуючих. Terminal Operating Systems (TOS)

необхідний для повної автоматизації управління портовими операціями, Port Community Systems (PCS) - для інтеграції учасників логістичного ланцюга та оптимізації взаємодії, Smart Port-технології забезпечують безперервний моніторинг, аналітику та прогнозування в режимі реального часу, цифрові двійникі інфраструктури дозволяють моделювати інфраструктурні та логістичні процеси. А використання інструментів штучного інтелекту, зокрема Інтернету речей (IoT), Big Data та блокчейну необхідні для глибокого аналізу даних і прийняття ефективних управлінських рішень. Це дозволяє істотно скоротити час обробки вантажів, знизити транзитні витрати та підвищити загальну ефективність портів. Розвиток інфраструктури на основі сучасних технологій, орієнтуючись на моделі Smart Port - розумних портів, що активно використовують аналіз даних і інтелектуальні алгоритми для автоматизації операцій, стає галузевим стандартом, а цифрові двійники дають змогу проводити симуляції в реальному часі, що оптимізує вантажопотоки та забезпечує гнучкість у прийнятті рішень.

Стабільна політична ситуація дозволяє Україні повністю інтегруватися до Транс'європейської транспортної мережі (TEN-T) та глобального європейського цифрового простору. Це відкриває доступ до інфраструктурних та інноваційних програм ЄС, включно з eFTI (electronic freight transport information), сприяючи спрощенню логістичних процедур і підвищенню прозорості перевезень. Порти України стають повноцінною частиною глобальних ланцюгів постачання, що знижує транзитні витрати, мінімізує затримки і покращує позиції країни на міжнародному ринку логістичних послуг. Завдяки цьому формується стійка репутація надійного логістичного хабу для всього Чорноморського регіону.

Активне залучення інвестицій перевищує 5 млрд доларів США, зростає обсяг агроекспорту, що підтримується швидкою та ефективною обробкою вантажів у цифрових портах. Програмування національних проєктів цифрової трансформації, реформи митних та логістичних процедур, прозорість та безпека

транскордонних перевезень сприяють створенню інноваційної логістичної екосистеми. У такому сценарії Україна не лише забезпечує регіональне лідерство в морській логістиці, а й інтегрується в глобальні ланцюги постачання як сучасний, ефективний та цифровий логістичний центр.

2. Базовий сценарій: Українські порти на шляху обмеженої цифрової модернізації.

У базовому сценарії цифрова трансформація морських портів України розвивається повільно і фрагментарно. Приділяється велика увага на Дунайський кластер, який демонструє певну динаміку завдяки своєму географічному розташуванню та меншій залежності від великих інфраструктурних проєктів. Водночас цифровізація охоплює лише окремі порти, а частина проєктів затримується або зупиняється через зміну політичних пріоритетів, нестачу кваліфікованих кадрів та складнощі з реалізацією довгострокових стратегій.

Автоматизація досягає 40–50% лише в окремих портах. В окремих терміналах впроваджуються перші елементи Smart Port. Проте ці рішення не охоплюють усю інфраструктуру, і більшість процесів залишаються аналоговими. Це створює різнорівневу ефективність, коли частина логістичних ланцюгів модернізована, а інша працює по-старому.

Інтеграція в європейські цифрові транспортні ініціативи є частковою. Україна бере участь у деяких проєктах TEN-T та eFTI, але переважно в обмеженому форматі. Деякі митні та логістичні процедури починають цифровізуватися, проте масштабного переходу до електронного документообігу поки не відбувається.

Обсяг інвестицій у цифрову інфраструктуру залишається невеликим, близько 1,5–2 мільярдів доларів США. В основному ці кошти надходять через приватні компанії та міжнародні проєкти. Пріоритет надається модернізації фізичної інфраструктури: оновлюються причали, залізничні підходи, склади.

Хоча це дозволяє наростити обсяги агроекспорту, логістична швидкість і гнучкість залишаються обмеженими через брак цифрових технологій.

У межах цього сценарію реалізуються окремі пілотні проєкти. На базі кількох портів створюються експериментальні майданчики для впровадження цифрових рішень. Частково підтримується фінансування цифрових ініціатив через державно-приватні партнерства, але воно не набуває системного характеру.

У результаті, базовий сценарій не передбачає технологічного прориву, але відкриває можливість для поступової адаптації українських портів до європейських і глобальних стандартів. Це забезпечує певне покращення логістичних показників, однак без формування стійкої конкурентної переваги в регіоні. Це перехідна модель, яка створює передумови для більш глибокої трансформації в майбутньому, якщо з'явиться політична воля та стратегічне бачення на державному рівні.

3. Песимістичний сценарій розвитку морської інфраструктури України

У цьому сценарії модернізація та цифрова трансформація морського транспорту фактично зупиняються через політичну й економічну нестабільність, брак реформ, відтік кадрів і скорочення інвестицій. Інфраструктура портів деградує, а транзитний потенціал країни знижується.

Рівень цифровізації не перевищує 20%, зберігаються ручне управління та паперовий документообіг, що гальмує обробку вантажів, технології не інтегровані між собою. Частина портів виводиться з експлуатації або працює на межі технічного ресурсу через застаріле обладнання. Через це українські порти втрачають конкурентоспроможність у регіоні, а вантажопотоки - особливо аграрні - переміщуються в закордонні порти.

Рівень іноземних і внутрішніх інвестицій падає нижче 500 млн доларів США через високі ризики, пов'язані з воєнними діями, правовою невизначеністю та відсутністю гарантій для інвесторів. Через низький рівень

автоматизації та зношену інфраструктуру збільшуються витрати на логістику, терміни обробки вантажів, а також зростають ризики для учасників ринку. Це призводить до відтоку клієнтів і зменшення доходів портової галузі.

У межах цього сценарію спостерігається зупинка або згортання реформ, зокрема у сфері управління морською галуззю, цифровізації та дерегуляції. Також обмежене фінансування інфраструктурних проєктів та відсутність кадрів, здатних впроваджувати інноваційні рішення. Відбувається втрата частини традиційних вантажопотоків, які переміщуються до портів інших країн, особливо в басейні Чорного моря.

3.2. Оптимізація портових операцій за допомогою цифрових технологій

Цифровізація портових операцій розглядається як ключовий чинник підвищення ефективності, зменшення логістичних витрат, покращення прозорості процесів та посилення конкурентоспроможності портів у глобальній системі вантажопотоків. З огляду на успішний міжнародний досвід, Україні немає потреби вигадувати абсолютно нові підходи до цифровізації портової галузі. Ефективні технологічні рішення в провідних морських хабах світу, демонструють скорочення часу обробки вантажів на 25–35%, зниження витрати на документообіг на 30–40%, збільшення вантажообігу без фізичного розширення інфраструктури на 10–15% і водночас підвищити прозорість та безпеку операцій до 40–50%. Потрібно лише сфокусуватися на адаптації цих інновацій до національних реалій, мобілізувати політичну волю, залучити міжнародну підтримку й інвестиції, а також активно інтегрувати українські порти у глобальні цифрові логістичні мережі.

В Україні аналогічний вектор розвитку демонструє платформа DocPort - це практичний приклад того, як цифрова платформа може значно покращити

ефективність портових операцій, одночасно підвищуючи прозорість, безпеку та привабливість українських портів для міжнародних партнерів. Проте потенціал цієї системи значно ширший. Вона може стати фундаментом для побудови інтегрованої національної цифрової екосистеми портової логістики.

По-перше, доцільним є поетапне масштабування системи DocPort на всі українські порти. Це дозволить створити єдиний стандарт взаємодії між суб'єктами портової логістики - державними органами, перевізниками, термінальними операторами та експедиторами.

По-друге, система може бути інтегрована в єдину національну Портову спільноту (Port Community System) як один із модулів, що забезпечить безперервний документообіг, уникнення дублювання інформації та централізовану обробку запитів усіх учасників процесу. Для цього потрібно створити API-зв'язок, синхронізувати довідники, уніфікувати формати електронних документів. Така модель реалізована, наприклад, у порту Роттердам, де DocPort-аналог (Portbase) є інтегрованою платформою для більш ніж 3000 компаній.

По-третє, перспективним напрямом є розширення DocPort на залізничні та мультимодальні операції. У цьому контексті доцільним є створення мультимодульної цифрової карти руху вантажу: від моменту прибуття судна - до доставки вантажу кінцевому отримувачу. Такий функціонал дозволяє формувати наскрізну логістичну модель, забезпечуючи єдину цифрову взаємодію між портом, залізницею та автомобільним транспортом., яку вже тестують у портах Антверпена та Гамбурга.

По-четверте, для підвищення ефективності внутрішньопортової логістики доцільним є поетапне впровадження інтелектуальних модулів на базі платформи DocPort, які забезпечать перехід від адміністративного обліку транспорту до гнучкого, динамічного та прогнозного управління логістичними потоками.

На першому етапі варто розширити функціонал системи за рахунок модуля «розумної черги», який на основі аналізу даних у реальному часі дозволятиме не лише фіксувати в'їзд транспорту, а й оперативно реагувати на зміни трафіку, адаптуючи маршрути відповідно до завантаженості КПП, терміналів і складів. Така система включатиме GPS/GLONASS-моніторинг, алгоритми маршрутизації, цифрові карти з аналітикою та інтеграцію з TOS терміналів. Це дасть змогу автоматично перенаправляти транспорт, прогнозувати час прибуття (ETA), зменшити затори й простої, а також скоротити витрати та викиди.

Важливу роль у цьому відіграє технологія Інтернету речей (IoT), яка забезпечить постійний збір даних із сенсорів, встановлених на транспорті, контейнерах і об'єктах інфраструктури. Це дозволить відстежувати місцезнаходження вантажів, температурні умови зберігання, заповнення складів та технічний стан. Вся інформація буде інтегрована в DocPort, створюючи єдину цифрову картину логістичних процесів у порту, що сприятиме ще точнішому управлінню потоками, забезпечить прозорість логістики, зменшить ризики затримок або пошкодження вантажу та прискорить обробку на всіх етапах. [40]

Хоча в DocPort уже реалізована функція попереднього запису автотранспорту, вона виконує переважно адміністративну роль - формування електронної перепустки та базовий контроль доступу. Удосконалена система має перетворитися на активний інструмент управління транспортом, подібно до Truck Appointment System, що успішно працює у порту Гамбурга [21], яка автоматично розподіляє слоти для вантажівок із урахуванням навантаження. Українські порти мають потенціал реалізувати аналогічну модель через модернізацію платформи DocPort.

На наступному етапі розвитку цифрової логістики доцільно впровадити модуль інтелектуальних систем прогнозного управління логістикою (Predictive Logistics Planning) [41] на базі штучного інтелекту для ефективного управління

завантаженістю портів - систему, яка на відміну від стандартних рішень, що фіксують поточний стан вантажів і транспорту, дозволяє заздалегідь прогнозувати трафік, вантажопотоки, необхідність у техніці та складських ресурсах.

Такий модуль працює на основі аналізу історичних та актуальних даних, наприклад, про суднозаходи, операції з контейнерами, середній час розвантаження, простої тощо. Система модулю використовує алгоритми штучного інтелекту та візуалізує прогнози у зручних дашбордах. Це дозволяє керівникам портів та логістичним операторам проактивно планувати ресурси, зменшити затримки в обробці вантажів через точніше планування, оперативно реагувати на пікові навантаження та підвищити якість обслуговування клієнтів.

Подібні рішення вже застосовуються в Сінгапурі, де інтелектуальні системи прогнозування інтегровані з TOS і забезпечують динамічне балансування навантаження в режимі 24/7 [22]. Українські порти, насамперед Одеса, Південний і Чорноморськ, мають достатній потенціал для поетапної адаптації таких рішень до власної цифрової екосистеми.

По-п'яте, також доцільним є підвищення рівня кібербезпеки системи, зокрема через впровадження біометричної ідентифікації водіїв та електронного підпису через державні сервіси (наприклад, Дія.Підпис), що забезпечить надійну верифікацію доступу до портової зони.

Таким чином, модернізація DocPort має відбуватися не лише у межах однієї портової адміністрації, а як частина єдиної стратегії цифрової трансформації морських портів України, з урахуванням кращих європейських практик, можливостей інтеграції з міжнародними логістичними системами та наявних ІТ-ресурсів у країні.

Таким чином, впровадження цифрових технологій не лише оптимізує наявні портові процеси, а й формує нову парадигму взаємодії між портами та морським транспортом. Особливої актуальності це набуває у контексті розвитку

автономного судноплавства, оскільки повноцінне функціонування безекіпажних суден неможливе без «розумних» портів, здатних автоматично здійснювати обробку вантажів, навігаційне обслуговування та логістичне планування. Впровадження автономного судноплавства є логічним наступним кроком у цифровій трансформації українських портів. Для цього необхідна глибока модернізація інфраструктури, здатної забезпечити безпечний, стабільний і ефективний прийом суден без екіпажу. Автономні судна не можуть працювати у відриві від зовнішнього середовища - їм необхідна повноцінна цифрова взаємодія судно-порт-термінал в режимі реального часу. Саме тому критичного значення набуває інтеграція Terminal Operating Systems (TOS).

Система Terminal Operating System (TOS) у сучасному порту виконує роль цифрового "мозку" терміналу. Це спеціалізоване програмне забезпечення, яке координує всі операційні процеси - від планування швартування та вантажних операцій до зберігання вантажів і формування документів.

Для автономного судна, яке не передбачає участі екіпажу, TOS має забезпечити:

– автоматичне отримання слота для швартування судна згідно з розкладом порту;

– передача детального плану вантажних операцій (включаючи характеристики вантажу, небезпечні матеріали, черговість обробки);

– отримання підтвердження готовності терміналу до обслуговування або негайне реагування на зміну статусу судна чи інфраструктури;

– динамічне управління вантажопотоками залежно від поточного навантаження терміналу;

– повна інтеграція з модулями прогнозного планування та IoT-сенсорами на борту автономних суден.

Таким чином, TOS перестає бути лише інструментом управління терміналом і трансформується у цифрового диспетчера, який "спілкується" з автономним судном через стандартизовані API-запити та цифрові повідомлення. Завдяки цьому каналові судно отримує інструкції щодо часу швартування, послідовності вивантаження, доступних логістичних вікон і моменту завершення операцій. Це дозволяє синхронізувати діяльність порту з іншими видами транспорту - залізничним, автомобільним та ін.

Ключовою умовою успішного впровадження автономного судноплавства є сумісність цифрових систем судна з TOS. У разі досягнення такого рівня інтеграції порт перестає бути лише географічним об’єктом і перетворюється на повноцінний «цифровий вузол», що органічно вбудовується у глобальні логістичні ланцюги. Без цієї синхронізації повноцінне впровадження автономного судноплавства залишатиметься недосяжним.

На сьогодні важливим практичним кроком у напрямку цифрової трансформації стало підключення митного поста «Одеса-Порт» до системи Terminal Community Systems (TCS). Це дійсно сприяє зменшенню людського фактора в митному оформленні. Втім, варто зазначити, що ця технологія ще не є повноцінно адаптованою до потреб автономного судноплавства, оскільки її функціонал наразі обмежений і не забезпечує повного безекіпажного обслуговування. На сьогодні більшість українських портів (зокрема Одеса, Чорноморськ, Південний) все ще використовують розрізнені модулі обліку та диспетчеризації. Але окремі локальні ініціативи можуть і мають стати основою для побудови єдиної цифрової екосистеми, необхідної для ефективного обслуговування автономного флоту в українських портах.[39]

Створення національного Digital Hub є ключовим етапом цифрової трансформації портової логістики України. Це не просто платформа для автоматизації, а інституційна екосистема, що об’єднує державу, бізнес, науку й стартапи для розробки та впровадження інновацій. Подібна модель вже успішно

реалізована в Німеччині - Digital Hub Logistics Hamburg [21], який став каталізатором прориву в цифровізації логістики.

На відміну від точкової автоматизації, Digital Hub створює інфраструктуру постійного обміну знаннями, тестування та масштабування інновацій - від рішень зі штучним інтелектом до платформ для автономного судноплавства. Його місія - підтримка інноваційного підприємництва, розвиток IT-стартапів, а також співпраця з університетами для підготовки нових фахівців.

Основні функції національного Digital Hub в Україні охоплюють кілька ключових напрямів діяльності. По-перше, портові хаби мають стати полігонами для тестування пілотних проєктів у сферах штучного інтелекту, блокчейн-технологій, автономних систем і «розумних» рішень, орієнтованих на портову інфраструктуру. По-друге, Digital Hub забезпечує підтримку інноваційного підприємництва, створюючи сприятливі умови для розвитку стартапів та IT-компаній, які спеціалізуються на цифровізації логістичних процесів.

Важливою функцією є співпраця з університетами з метою підготовки нової генерації фахівців. UNCTAD підкреслює, що людський капітал є основною передумовою для переходу до цифрових логістичних систем [1]. Хаб виконує координаційну роль, забезпечуючи ефективний обмін даними між усіма учасниками логістичного ланцюга. Як вказано у моделі Digital Hub Logistics Hamburg, екосистема хабу сприяє формуванню синхронізованих процесів [21]

Крім того, хаб виконує координаційну роль, об'єднуючи державні структури, приватний сектор та міжнародних партнерів для спільної розробки та впровадження сучасних рішень. Нарешті, хаб інтегрує українські порти у глобальні цифрові логістичні мережі, що, за оцінкою Світового банку [45], підвищує конкурентоспроможність портів на міжнародному рівні

Ключові кроки реалізації Digital Hub в Україні :

1. Ініціювання стратегічного партнерства між державою, бізнесом, науковими установами та міжнародними донорами для розробки концепції хабу.

2. Розробка нормативно-правової бази, що регулює обмін даними, інтелектуальну власність, кібербезпеку та стимули для учасників.

3. Інвестування у створення технічної інфраструктури, включаючи дата-центри, сервери, IoT-платформи, інтерфейси для взаємодії з портовими системами.

4. Запуск пілотних проєктів на базі провідних портів України (Одеса, Чорноморськ, Південний), з інтеграцією елементів штучного інтелекту, автоматичного планування вантажопотоків, цифрового обліку.

5. Масштабування успішних моделей на інші порти та логістичні вузли, із паралельним включенням до європейських і світових цифрових транспортних платформ.

Така інституційна платформа, як Digital Hub, сприятиме підготовці української інфраструктури до автономного судноплавства. Вона виконує не лише координаційну, а й стратегічну функцію, формуючи єдину цифрову логістичну архітектуру, здатну інтегруватися у глобальні мережі

Цифровізація портової документації або автоматизація окремих процесів - лише перший крок до повноцінного автономного судноплавства. Необхідно створити цілісне технічне середовище, здатне обслуговувати судно без участі екіпажу - від заходу в акваторію до швартування, технічної діагностики та зарядки (для електросуден). Доцільно розглянути базовий перелік необхідних компонентів:

- Системи позиціонування та навігації для точного визначення місця судна в акваторії, особливо під час швартування. Це, зокрема, RTK-GPS, GNSS, AIS, берегові навігаційні маяки.

- Інфраструктура для дистанційного або автоматичного швартування - вакуумні або магнітні системи, що дають змогу пришвартувати судно без лоцмана.
- Системи контролю відстані та динаміки підходу для коректного і безпечного маневрування судна на останніх етапах маршруту.
- Системи відеоспостереження, радарного та сенсорного моніторингу повне покриття акваторії IoT-сенсорами, LIDAR/LADAR, камерами з AI-обробкою для уникнення зіткнень.
- Інфраструктура для технічного обслуговування автономних суден автоматизовані станції для оновлення ПЗ, діагностики, підключення до shore-power, зарядки акумуляторів (для електросуден).
- Впровадження автономної портової логістики початкова ланка, яка забезпечує внутрішню готовність порту до роботи в автономному режимі.

Ключовими технологіями виступають: системи штучного інтелекту для навігації, канали зв’язку 5G/Starlink, автоматизоване управління флотом, енергоефективні силові установки (електродвигуни, водень), а також кіберзахист. Усе це має бути поетапно інтегровано в українську транспортну інфраструктуру.

У процесі цифрової трансформації портової галузі недостатньо впроваджувати лише окремі IT-рішення - необхідно створити цілісну екосистему, що поєднує технічну інфраструктуру з сучасною інституційно-правовою базою. Важливими елементами цієї системи є берегові центри управління для дистанційного контролю автономних суден, тестові полігони для випробування безекіпажних технологій, а також тісна співпраця між державою, бізнесом, науковими установами та IT-сектором, адже інтеграція автономних систем можлива лише за умови синхронної роботи всіх учасників морської логістики [46].

Водночас міжнародна кооперація з країнами, які вже запроваджують автономне судноплавство, дозволить Україні уникнути типових помилок і пришвидшити цифрову адаптацію. Попри виклики, країна має достатній потенціал для лідерства в регіоні: за наявності стратегічного бачення та підтримки цифрових ініціатив українські порти можуть перетворитися на високотехнологічні логістичні хаби, інтегровані у глобальні ланцюги постачання. Для цього необхідно також забезпечити кіберзахист критичної інфраструктури та розвивати кадри, здатні обслуговувати нові цифрові системи.

3.3. Прогноз розвитку морського транспорту України

В умовах війни та післявоєнного відновлення Україна постала перед необхідністю переосмислення стратегії розвитку морського транспорту. Відновлення портів, суднобудівних потужностей та модернізація морської інфраструктури є звичайно пріоритетом для забезпечення сталого розвитку транспортної системи України. Але у поєднанні з іншими цифровими ініціативами, модернізація інфраструктури закладає фундамент для інтеграції України до європейського транспортного простору та переходу до автономного судноплавства та цифрових логістичних платформ. Це не лише інструменти модернізації - це відповідь на нагальні виклики безпеки, нестачі кваліфікованого персоналу та потреби швидкого відновлення експортного потенціалу країни.

Автономні судна, оснащені штучним інтелектом, сенсорами, камерами та інтелектуальними системами ухвалення рішень, здатні компенсувати втрати флоту, дефіцит кваліфікованих кадрів через мобілізацію та еміграцію та забезпечити безперервність логістичних ланцюгів навіть у зонах підвищеного

ризику, таких як Чорне море. Це особливо важливо в умовах воєнних дій, коли безпека екіпажів стає критичною. Як зазначає Морська адміністрація України, "автономне судноплавство відкриває нові можливості для підвищення безпеки, зниження витрат і адаптації до сучасних викликів, особливо в умовах воєнного стану [42]. Використання таких суден дозволяє знизити ризик людських помилок, які, за оцінками міжнародних експертів, спричиняють до 90% морських аварій.

До того ж, автоматизовані системи здатні працювати в складних умовах 24/7, без втоми та впливу людського фактора. Саме цифрові технології, зокрема автономні судна, мають стати основою для модернізації українського морського флоту у воєнний і післявоєнний періоди. Таким чином, перехід до автономного судноплавства не лише покращить ефективність перевезень, а й підвищить національну безпеку в морському секторі.

Крім безпекового виміру, автономне судноплавство відкриває широкі економічні та інноваційні перспективи. Україна має шанс інтегруватися у глобальний тренд, залучаючи інвестиції в "зелені" автономні технології та цифрові логістичні рішення. Сучасні автономні системи сприяють зменшенню споживання пального, дозволяють використовувати електродвигуни або водневі установки, що відповідає екологічним стандартам ІМО та покращує міжнародний імідж країни як відповідального партнера у сфері сталого розвитку.

Застосування автономних технологій у морській галузі України також сприятиме розвитку інноваційного кластеру. Це створює передумови для виникнення суднобудівних стартапів, активізацію співпраці між підприємствами та університетами, а також активного залучення українських ІТ-компаній до розробки автономних навігаційних систем. У межах національної стратегії цифровізації транспортної інфраструктури вони можуть долучатися до створення інтелектуальних платформ управління морським

трафіком, розробки програмного забезпечення для судноводіння та систем дистанційного моніторингу. Такі рішення можуть стати основою для нової цифрової інфрастри.

Інтеграція автономного флоту в цифровий портовий ланцюг, разом з модернізацією інфраструктури дозволить Україні не лише відновити, а й підняти на якісно новий рівень свою присутність у глобальній логістиці. З огляду на вигідне географічне розташування, Україна має потенціал стати лідером інноваційного морського транспорту в регіоні. Проте реалізація цього сценарію вимагатиме координації зусиль держави, бізнесу, науки та міжнародних партнерів.

Але якщо ми розглядаємо перспективи впровадження морських автономних надводних кораблів, важливо окреслити і ключові виклики, що постають на цьому шляху. Перш за все, запровадження безекіпажного судноплавства потребує перегляду чинних міжнародних нормативів, зокрема Конвенцій COLREGs, STCW і SOLAS, які не були розроблені з урахуванням автономних технологій. [44]

Конвенція COLREGs (Міжнародні правила попередження зіткнень суден) виконує роль основного документа, що регламентує безпеку морського руху. Проте її положення, такі як Правило 5, вимагають постійного візуального й слухового спостереження - дії, що традиційно виконуються людиною. У випадку автономних суден цю норму можуть виконувати сенсори, камери, радари та системи штучного інтелекту, що здійснюють ситуаційний аналіз. Аналогічно, Правило 17 не враховує специфіку поведінки автономного судна, коли мова йде про утримання курсу і швидкості, адже система може не мати інтуїтивного досвіду, як у людини. Враховуючи це, виникає потреба або в адаптації існуючих положень, або в створенні нового регуляторного підходу.

Конвенція STCW, що встановлює стандарти підготовки, дипломування і вахтової служби моряків, поки що не охоплює питання функціонування

операторів автономних систем або персоналу, що відповідає за дистанційне управління. Це викликає ряд питань: які навички має мати оператор автономного судна? Чи вважатимуться вони «моряками» відповідно до STCW? Можливо, буде запроваджено нову категорію фахівців - на стику навігації, інформаційних технологій та аналітики. Адже, крім знань у сфері судноводіння, їм доведеться володіти навичками кібербезпеки, дистанційної діагностики та управління складними алгоритмами. До того ж, частина функцій, таких як обробка вантажів, зв'язок або реагування на аварії, цілком може бути делегована береговим службам або автоматизована.

Що стосується Конвенції SOLAS (Міжнародної конвенції з охорони людського життя на морі), то багато її положень базуються на присутності екіпажу на борту. Наприклад, Глава II-2 вимагає регулярного патрулювання пожежної безпеки - функції, яка неможлива без людського ресурсу або без створення високонадійних автоматизованих систем. Глава III передбачає наявність рятувальних засобів для екіпажу, а у випадку безекіпажного судна виникає потреба у їх переосмисленні. Також Глава IV зобов’язує судна постійно здійснювати радіозв’язок - ще один виклик для повністю автономних платформ.

На щастя, ІМО (Міжнародна морська організація) вже почала працювати над оновленням законодавчої бази. У межах концепції Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) ведуться консультації щодо адаптації вимог до нових умов, включаючи введення нових категорій відповідальності, віддаленого моніторингу, та інноваційних методів аварійного реагування. Але шлях до повної гармонізації морського права з автономним судноплавством ще тільки починається.

Утім, більшість чинних міжнародних норм вимагають фізичної присутності людей на борту суден з покладенням повної відповідальності на капітана за безпеку плавання, екіпаж і вантаж. У випадку автономного управління така модель стає непридатною, оскільки функції розподіляються між

судновласником, береговими операторами, системами ШІ та програмним забезпеченням. Відповідно, змінюється і підхід до комплектування екіпажу - від повністю укомплектованих до дистанційно контрольованих або повністю безекіпажних суден. У сучасних умовах виділяють три основні формати перебування екіпажу на автономних суднах, які варіюються залежно від рівня автоматизації та технічного оснащення:

1. Постійний екіпаж– судно постійно обслуговується командою на борту.
2. Періодично без екіпажу – судно має на борту екіпаж, який періодично звільняється від чергування.
3. Постійно без екіпажу – судно діє повністю без команди на борту.

Окрім фізичної присутності екіпажу, Подібна диференціація може бути використана щодо дистанційної роботи. На відміну від технічної можливості судна дистанційно керувати, рівень дистанційного укомплектування екіпажем стосується того, як ці можливості фактично використовуються. Можливе дистанційне управління має три ступені:

1. Постійне дистанційне управління – судном керують з берега у режимі реального часу.
2. Часткове дистанційне управління – контроль з берега активується лише в окремих ситуаціях або при потребі.
3. Автономна експлуатація – судно функціонує самостійно, , судно не має віддаленого екіпажу.

Ці категорії є умовними: залежно від функціоналу, на одному судні може бути, наприклад, екіпаж на містку, але відсутній машинний персонал. В сучасній термінології «безпілотне судно» означає лише відсутність екіпажу на борту, але не виключає дистанційне управління або моніторинг з берега. [43]

Крім того, рівень автономності може варіюватися залежно від умов навігації. У відкритому морі автономне судно здатне функціонувати самостійно,

тоді як у вузьких фарватерах чи портах може знадобитися втручання оператора. Такий комбінований підхід, який поєднує автономне управління з дистанційним контролем, є наразі найреалістичнішим варіантом практичного впровадження технологій MASS, згідно з позицією IMO.

У процесі переходу до автономного судноплавства постає низка нових юридичних викликів, особливо у ситуаціях, коли функції екіпажу частково або повністю виконує штучний інтелект:

1. Визначення відповідальності. У разі інциденту важко встановити, хто відповідальний - судновласник, оператор центру дистанційного управління, розробник програмного забезпечення чи сам алгоритм.

2. Юрисдикція та регулювання. Якщо екіпаж перебуває на березі, виникає питання: за законодавством якої країни він працює - держави прапора чи місця розташування центру керування?

3. Сертифікація автономних технологій. Чинні міжнародні стандарти не враховують особливостей автономного функціонування, що ускладнює сертифікацію суден нового типу. Відсутність чіткої нормативної бази ускладнює процес сертифікації та реєстрації автономних суден, що може стримувати розвиток цієї технології.

4. Статус та права працівників. Необхідно визначити, чи прирівнюються оператори берегового центру до членів екіпажу, і які трудові права вони мають.

5. Кібербезпека. Автономні судна працюють на базі складних навігаційних і керуючих систем, які є потенційно вразливими до хакерських атак. Несанкціоноване втручання у роботу системи судна може призвести до втрати керування, навігаційних помилок або навіть використання судна в злочинних цілях.

Правова невизначеність створює бар’єри для страхування, реєстрації та міжнародного визнання автономних суден. Сучасні страхові механізми

здебільшого орієнтовані на класичну екіпажну модель і не враховують цифрове управління [43].

Для впровадження автономного судноплавства в Україні необхідно адаптувати національне законодавство, зокрема:

визначити юридичний статус автономних суден; встановити вимоги до систем дистанційного керування; врегулювати розподіл відповідальності між судновласниками, розробниками та операторами; запровадити стандарти кібербезпеки, включаючи шифрування, виявлення загроз і захист каналів зв'язку.

Реалізація цієї концепції потребує комплексного підходу з урахуванням технічних, правових та організаційних аспектів. Для системної оцінки доцільно застосувати SWOT-аналіз автономного судноплавства в українських реаліях.

Таблиця 3.1

SWOT-аналіз впровадження автономного судноплавства в Україні

Сильні сторони	Можливості
Розвинена суднобудівна галузь з досвідом проєктування і виробництва суден	Можливість створення власних автономних суден, зменшення залежності від імпорту
Вигідне географічне розташування на перетині ключових торгових коридорів (ЄС – Азія, Дунайський регіон, Середземне море). та розгалужена річкова система	Автономне судноплавство дозволить ефективніше використовувати водні шляхи, зменшити витрати та оптимізувати маршрути.
Післявоєнна цифрова трансформація транспорту дає змогу «перестрибнути» застарілі технології	Вироблення юридичної моделі, яка стане прикладом для інших країн, а також інтеграція до європейського морського простору.
Потужний IT-сектор здатний розробляти навігаційні та цифрові рішення	Можливість партнерства з міжнародними інвесторами, кластерними ініціативами. Розробка власної технологічної екосистеми та її експорт: платформи дистанційного управління, аналітики, кіберзахисту.

Україна має кадровий і освітній потенціал для підготовки фахівців нового покоління: технічні спеціалісти можуть бути перепрофільовані, а досвід морських вишів - використаний для створення сучасних програм.	Створення нових робочих місць у суміжних сферах: IT, технічному супроводі, управлінні даними, моніторингу і розвиток нових спеціальностей (дистанційні оператори, розробники тощо)

Продовження табл. 3.1

Слабкі сторони	Загрози
Низький рівень автоматизації на більшості суднобудівних підприємств, слабка інтеграція з цифровими розробками	Конкуренція з міжнародними суднобудівниками з більшими ресурсами
Частина водних шляхів непридатна для автономного судноплавства через мілководдя, відсутність цифрових навігаційних орієнтирів	Зміни клімату, мілієризація річок, нестабільність у регіоні (особливо у післявоєнний період) можуть обмежити використання маршрутів.
Відсутність законодавчої та технічної бази: немає чітких норм для автономного управління, сертифікації, відповідальності у разі аварій	Регуляторні обмеження у виді та міжнародна правова невизначеність: відсутність єдиного підходу щодо статусу безекіпажних суден, складнощі з входженням до світових ринків, складності сертифікації таких суден
Висока початкова вартість досліджень, пілотних проєктів і навчання персоналу, а також значні інвестиції у дослідження та інфраструктуру. Ризики кібербезпеки: низька готовність портів і суден до атак на критичну інфраструктуру	Обмежений доступ до довгострокових інвестицій, фінансові ризики невдалих проєктів. Конкуренція з міжнародними компаніями – глобальні гравці мають більше ресурсів та досвіду. Зовнішнє втручання в навігаційні системи або втрати управління можуть призвести до аварій чи блокування судноплавства
Скорочення робочих місць для класичних морських спеціальностей, нестача кадрів з відповідними навичками, недостатня гнучкість системи професійної освіти для швидкої перекваліфікації персоналу.	Відтік кадрів за кордон Соціальна напруга через масові звільнення

Джерело: складено автором за [42]

Для України, яка переживає війну та готується до повоєнного відновлення, автономні технології в морському транспорті є перспективним напрямом. З урахуванням національних умов, автономні судна можуть підвищити ефективність перевезень і сприяти економічному відновленню. Найдоцільніші рішення - автономні баржі на Дунаї та безпілотні платформи в Чорному морі, які знижують витрати, підвищують безпеку й мінімізують ризики.

З огляду на стратегічну важливість українського відрізка Дунаю, доцільно ініціювати пілотний проєкт автономної електробаржі на маршруті Ізмаїл - Галац (Румунія), що вже використовується для експорту, особливо в умовах блокади портів Великої Одеси.

Метою пілотного проєкту є**:** перевірка автономної навігації в реальних умовах прикордонної акваторії; відпрацювання взаємодії між судном і береговими диспетчерськими службами обох країн; оцінка економічної доцільності використання електробаржі на короткому регулярному маршруті з високим вантажопотоком; вивчення юридичних аспектів перетину кордону автономним судном і узгодження митних процедур; створення базової інфраструктури - зарядної станції, контрольної системи, цифрової карти маршруту та технічної підтримки. Проєкт може бути реалізований у партнерстві з портами Ізмаїл і Галац, за підтримки європейських програм (TEN-T, Horizon Europe, CEF) та за участі індустріальних компаній.

Рис. 3.2. Пілотний проект впровадження автономної баржі по Дунаю

Джерело: сформовано автором

Крім того, автономні баржі здатні виконувати перевезення з урахуванням змін річкового русла, автоматично коригуючи маршрут на основі даних LIDAR-сканерів, GPS/GNSS та систем потокового обміну інформацією між судном і берегом. У сукупності це створює основу для безперебійного функціонування українського річкового коридору навіть у складних умовах. Позитивний досвід пілотного маршруту може бути масштабований на інші ділянки Дунаю та внутрішні водні шляхи України, створюючи підґрунтя для формування національної програми автономного річкового судноплавства.

У морській акваторії, особливо в Чорному морі, доцільно використовувати надводні дрони - спеціалізованого безпілотного апарату для раннього виявлення мінної небезпеки та дистанційного контролю територіальних вод. Після завершення активних бойових дій акваторія Чорного моря залишається небезпечною із замінованими ділянками, що створює суттєві ризики для судноплавства, тож автономні дрони з гідролокаторами, радарами й AI-аналітикою здатні виконувати патрулювання, передавати дані в реальному часі та обходити загрозливі зони без участі людини, забезпечуючи безпеку розмінування, скорочуючи час і людський ресурс, необхідні для очищення акваторії, а також сприятиме підтриманню правопорядку і захисту екології.

Автономні буксири можуть значно підвищити ефективність портових операцій, беручи на себе функцію маневрування суден без участі екіпажу на борту. Вони самостійно розраховують траєкторії підходу, враховують гідрологічні умови та рух інших суден, що особливо актуально для портів. У контексті українських портів Чорного моря це особливо важливо, адже вони зможуть працювати під час несприятливих погодних умов або вночі, знижуючи ризик аварій і простоїв. Для цього необхідна інфраструктура: берегові станції управління, канали зв'язку (5G, Starlink) та інтеграція з диспетчерськими системами. Завдяки цим технологіям українські порти зможуть оперативно й безпечно обслуговувати великотоннажні судна, навіть якщо традиційні буксирні служби будуть обмежені через нестачу кваліфікованого персоналу або специфічні безпекові обмеження.

Пропонується триетапний алгоритм впровадження автономного судноплавства в Україні:

Перший етап– пілотні проєкти та нормативна база

1. Розробка дорожньої карти впровадження автономного судноплавства на національному рівні з урахуванням вимог ІМО.

2. Адаптація морського та річкового законодавства до експлуатації безекіпажних суден. Внесення змін до Кодексу торгівельного мореплавства (визначення статусу безпілотних суден).

3. Вибір безпечного маршруту. Запуск пілотних проектів на внутрішніх водних шляхах: тестування автономних барж.

4. Залучення фінансування через гранти ЄС (TEN-T– фінансування інфраструктури, Horizon Europe – дослідження AI для навігації, спільні демонстраційні проєкти із впровадження автономного флоту на Дунаї), за умови співпраці з європейськими партнерами, можливе тестування річкових електробарж. Водночас українські стартапи у сфері морської електроніки можуть розробляти навігаційні модулі для подібного флоту.

5. Створення центру сертифікації та тестування автономних суден в Одесі або Ізмаїлі.

Другий етап 2030–2040 – інфраструктурна та технічна інтеграці

1. Масштабування пілотних проектів на морські порти: Чорноморськ, Південний, Одеса.

2. Розгортання мереж 5G/Starlink та встановлення супутникового уздовж головних водних шляхів для дистанційного контролю суден.

3. Модернізація портової інфраструктури для обслуговування автономного флоту (віртуальні швартовки, автоматизовані навігаційні системи).

4. Впровадження AI-систем моніторингу руху автономних суден.

5. Поява гібридних суден із частковою автономізацією та віддаленим керуванням (екіпаж 2–3 особи + дистанційне керування).

Третій етап– повномасштабна автономізація

1. Вихід на рівень комерційного використання автономного флоту для перевезення вантажів і пасажирів між українськими та іноземними портами.

2. Впровадження "розумних" морських коридорів із повною автоматизацією навігації та управління рухом. AI-маршрутизація з урахуванням погоди, мінних полів.

3. Переорієнтація частини флоту на альтернативні джерела енергії: водень, електрика, біопаливо.

4. Розвиток мережі центрів моніторингу автономного судноплавства в ключових логістичних хабах України.

5. Інтеграція українських цифрових сервісів у загальноєвропейську платформу Smart Shipping.

Україна вже зараз має почати підготовку до автономного судноплавства, особливо через військові загрози та євроінтеграцію Україна має унікальні стартові умови для розвитку автономного судноплавства завдяки своєму

географічному положенню, транзитному потенціалу, наявності водних шляхів та стратегічному партнерству з ЄС.

Набуття статусу регіонального лідера вимагає поетапної модернізації: адаптації законодавства до безекіпажних суден, розбудови інфраструктури (мереж 5G, зарядних станцій), створення центрів дистанційного керування та підготовки операторів, а також формування системи кіберзахисту. Безекіпажні баржі на Дунаї і надводні дрони в Чорному морі - це пріоритетні напрями для збереження транзитного потенціалу та розвитку водних шляхів у післявоєнний період. Для старту необхідні інвестиції та гранти ЄС, а також складний процес формування економіко-правової бази: стандартів, правил відповідальності й безпеки.

РОЗДІЛ 4
ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Психологія безпеки життєдіяльності на морі, психофізіологічні властивості сприйняття інформації

Безпека життєдіяльності на морі є складною системою, що залежить не лише від технічного стану суден та дотримання нормативних вимог, а й від психофізіологічного стану екіпажу. Психологія безпеки в морській діяльності вивчає особливості психічних процесів, поведінки та прийняття рішень у складних і стресових умовах плавання.

Робота в морі характеризується високими фізичними та психологічними навантаженнями. Тривале перебування в замкненому просторі судна, монотонність виконуваних завдань, зміни часових поясів, погодні умови та необхідність швидкого реагування в аварійних ситуаціях є сильними стресовими факторами. Психологічний стан моряків безпосередньо впливає на

безпеку судноплавства. За статистичними даними, близько 80–90% аварій у морській галузі стаються через людський фактор, що підкреслює важливість вивчення психологічних аспектів професійної діяльності.

Психіка людини безпосередньо впливає на її безпеку. Небезпеки не можна розглядати лише як зовнішні події або суто фізіологічні реакції - їхнє сприйняття визначається психофізіологічними особливостями людини. Попри вроджений інстинкт самозбереження, людина нерідко сама створює загрози для свого здоров’я і життя. Виникає логічне питання: чому психічно здорова людина потрапляє в небезпечні ситуації без явної на те причини? Причини можуть бути як внутрішні (емоційна нестабільність, відсутність досвіду, низька концентрація), так і зовнішні (умови праці, організація процесу, вплив середовища, психологічний клімат у колективі).Одним із ключових чинників професійної надійності моряків є психофізіологічні властивості сприйняття інформації. Серед основних характеристик варто виділити:

– Увагу як здатність зосереджуватись на важливих об'єктах і сигналах. В умовах морської служби її зниження може призвести до запізнілої реакції або помилкового рішення.

– Швидкість реакції, що є критичною при навігації та в надзвичайних ситуаціях. Від здатності швидко сприйняти зміну ситуації й адекватно відреагувати часто залежить запобігання аваріям, зіткненням або іншим надзвичайним ситуаціям.

– Сприйняття сигналів і знаків, адже візуальні та звукові сигнали - основа комунікації на судні. Невчасне або неправильне їх розпізнавання може призвести до фатальних помилок у керуванні судном або під час виконання небезпечних робіт.

– Пам’ять і прогнозування, що дають змогу адекватно оцінювати ситуацію й передбачати її розвиток.

Робота в морі передбачає також вплив на екіпаж ряду психофізіологічних ризиків, серед яких найбільш поширеними є:

– Втома як результат тривалої безперервної роботи або порушення режиму сну. Вона спричиняє зниження уважності, уповільнення реакцій і підвищення кількості помилок.

– Сенсорне перевантаження - надмірна кількість інформації, що надходить одночасно (штурманські прилади, сигнали, радіообмін), може перевищувати можливості людини до її обробки.

– Монотонність роботи та емоційне виснаження, що спричиняють зниження концентрації.

– Стрес, пов’язаний із високим рівнем відповідальності.

– Розлади сну, викликані змінами часових поясів, нічними вахтами, шумом.

Ці чинники знижують працездатність, підвищують ризик помилок і можуть стати передумовою аварійних ситуацій. [1]

Морське середовище створює унікальні психологічні виклики для екіпажу, що суттєво впливають на безпеку життєдіяльності. Тривала ізоляція, обмежений простір і монотонність роботи є основними факторами психофізіологічного ризику.

Моряки змушені тривалий час перебувати у замкненому середовищі, відірвані від родини та звичного соціального життя. Такі умови спричиняють емоційну депривацію, почуття самотності, зростання тривожності, депресивні стани та хронічний стрес. Це негативно позначається на когнітивних функціях: знижується концентрація, уповільнюється прийняття рішень, втрачається чутливість до ризиків - що є критичним у морській службі, де потрібна швидка та точна реакція.

Проживання та робота на судні відбувається в умовах обмеженого простору, що може спричиняти психологічний дискомфорт, роздратованість, конфлікти та втрату командної злагодженості. Відсутність особистого простору та можливості для емоційної розрядки сприяє розвитку втоми та емоційного вигорання.

Монотонність праці - виконання рутинних, одноманітних завдань - призводить до зниження уважності, уповільнення реакцій і зростання ризику помилок у критичних ситуаціях. У таких умовах особливо важливо враховувати психофізіологічні потреби екіпажу, забезпечувати належну організацію праці, чергування видів діяльності та повноцінний відпочинок. [48]

4.2. Класи робіт за показниками шкідливості і небезпеки виробничого середовища, важкості та напруженості робіт. Шляхи зниження напруженості трудового процесу для умов галузі

Шкідливим виробничим фактором вважається той, який за певних умов (інтенсивність, тривалість тощо) може призвести до професійного захворювання, зниження працездатності чи порушення здоров’я працівника або його нащадків. Якщо рівень таких факторів перевищує встановлені нормативи - мова йде про шкідливі умови праці.

Згідно Закону України про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» [49], класи робіт за показниками шкідливості поділяються на 4 класи:

1 клас (оптимальні умови праці) - виробничі фактори не перевищують гігієнічних нормативів та відсутній негативний вплив на здоров'я працівника.

2 клас (допустимі умови праці) - умови, які не перевищують встановлених гігієнічних нормативів та не повинні чинити несприятливого впливу на стан здоров’я працівників та їх нащадків в найближчому і віддаленому періодах.

3 клас (шкідливі умови праці) - виробничі фактори перевищують нормативи й можуть викликати порушення здоров'я або підвищене функціональне напруження та розвиток профзахворювань. Цей клас за рівнем перевищення гігієнічних нормативів та вираженості можливих змін в організмі працівників поділяється на 4 ступеня:

1 ступінь (3.1) - умови праці з такими шкідливими факторами, що викликають функціональні зміни за межами нормальних коливань, які відновлюються після тривалої перерви. Зростає ризик погіршення здоров'я і професійних захворювань.

2 ступінь (3.2) - умови, за яких виникають стійкі функціональні порушення, підвищується виробнича захворюваність і можливі окремі випадки професійних захворювань після тривалої дії.

3 ступінь (3.3) - умови, що призводять до зростання хронічних захворювань і втрати працездатності, а також до розвитку професійних захворювань.

4 ступінь (3.4) - умови з високим рівнем шкідливості, що спричиняють значне зростання хронічних захворювань, тимчасову втрату працездатності та тяжкі професійні хвороби.4 клас (небезпечні умови праці) - умови, що характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу, вплив яких протягом робочої зміни (або її частини) створює загрозу для життя, високий ризик виникнення гострих професійних уражень, у тому числі й важких форм.

4 клас (небезпечні умови праці) - умови, що створюють загрозу для життя під час робочої зміни або її частини.

На морському транспорті характерна середня та висока важкість праці (навантаження при вантажно-розвантажувальних роботах) і висока напруженість (навігація, аварійні ситуації, нічні вахти). Важкість праці характеризується рівнем фізичних навантажень (маса переміщуваних вантажів, витрата енергії, участь великих м'язових груп). Напруженість праці пов'язана з навантаженням на центральну нервову систему, органи чуттів і емоційну сферу (пильнування, монотонність, відповідальність за безпеку судна).

Основними фактори шкідливості та небезпеки для моряків є постійний вплив шуму і вібрації (машинне відділення, палуба), обмежений простір і замкнуте середовище, метеорологічні фактори (підвищена вологість, коливання температури, рух судна), психоемоційні навантаження (стреси, відповідальність, аварійна готовність).

Говорячи про шляхи зниження напруженості трудового процесу в морській галузі, варто насамперед підкреслити важливість раціональної організації праці. Причинами виробничого травматизму часто є не лише особисті помилки працівників, а й недосконала організація роботи, незадовільний психологічний клімат, конфлікти в колективі та порушення режиму праці й відпочинку.

Особливу увагу слід приділяти правильному складанню графіків роботи: відпочинок між змінами має бути не меншим удвічі за тривалість попередньої зміни. Також необхідно дотримуватися встановленої тривалості робочого часу, забезпечувати повноцінний сон (не менше 6–8 годин на добу) і чергувати завдання різної складності для запобігання перевтомі.

Важливим чинником є врахування біоритмів людини: оптимізація графіків відповідно до природних циклів допомагає підтримувати високу працездатність.

Доцільно також удосконалити умови праці: знизити рівень шуму й вібрації

через модернізацію технічних засобів, створити на суднах зони відпочинку (кімнати релаксації, спортзали).

Не менш важливо забезпечити психологічну підтримку екіпажу шляхом організації тренінгів зі стресостійкості, підтримки морального духу в умовах тривалої ізоляції та зміцнення взаєморозуміння у колективі. Комплексний підхід до організації праці дозволить суттєво знизити напруженість трудового процесу та підвищити рівень безпеки на морі. [47][48]

4. 3. Вплив пильності оператора і його діяльності в умовах дефіциту часу на безпеку

Пильність оператора є одним із ключових чинників, що визначає рівень безпеки при виконанні морських операцій. Під пильністю розуміють здатність працівника протягом тривалого часу підтримувати концентрацію уваги, своєчасно виявляти небезпечні ситуації і оперативно приймати правильні рішення. На морі ця здатність має особливо важливе значення через високу складність і відповідальність діяльності екіпажу.

У практиці судноплавства оператори - це, перш за все, навігатори, вахтові механіки, штурмани та інші члени екіпажу, які повинні постійно контролювати великий обсяг інформації: навігаційні прилади, метеодані, сигнали інших суден, комунікацію з портовими службами. Зниження пильності може призвести до критичних помилок: неправильного оцінювання обстановки, запізнілого реагування на загрози, невірної інтерпретації сигналів, що в свою чергу підвищує ризик зіткнень, аварійних ситуацій або порушення правил безпеки.

Особливо критичним є вплив дефіциту часу на діяльність оператора. В умовах обмеженого часу оператор змушений швидко приймати рішення, інколи з неповною або суперечливою інформацією. Під тиском часу у людини:

- скорочується час на обробку інформації;
- зростає ймовірність прийняття імпульсивних або недостатньо продуманих рішень;
- підвищується рівень стресу, що додатково знижує якість уваги і пам'яті.

Стрес і дефіцит часу також призводять до "тунельного бачення" - ситуації, коли оператор концентрується лише на одному аспекті проблеми, втрачаючи здатність комплексно оцінювати обстановку. Це надзвичайно небезпечно в морській галузі, де кожне рішення повинно враховувати багато змінних факторів одночасно (курси інших суден, погодні умови, стан судна тощо).

Основні наслідки зниження пильності та роботи в умовах дефіциту часу:

- Зростання аварійності: більшість морських аварій пов'язана з людським фактором, особливо помилками через втому або поспіх.
- Зниження якості прийняття рішень: рішення стають менш обґрунтованими та більше залежать від імпульсивних реакцій.
- Підвищення рівня травматизму серед екіпажу через невчасне або неправильне виконання маневрів та операцій.
- Психоемоційне вигорання: постійна робота в умовах високого стресу призводить до швидкого виснаження, що погіршує стан здоров'я працівників.

Щоб мінімізувати ризики, пов'язані з втратою пильності та дефіцитом часу, необхідно впроваджувати регулярне навчання та тренування екіпажу в умовах стресу і обмеженого часу, використовувати систем підтримки прийняття рішень на основі штучного інтелекту, планувати роботу на борту із запобіганням надмірним фізичним і психоемоційним навантаженням, а також чітко розподілювати обов’язки між членами екіпажу для уникнення перенавантаження одного оператора.

Втрата пильності або прийняття рішень у стані поспіху різко збільшує ризики аварійних ситуацій. Тому розробка та впровадження заходів для підтримки оптимального рівня уваги та розвантаження операторів у критичних умовах має стати пріоритетом у забезпеченні безпеки судноплавства. [50]

ВИСНОВКИ

Дипломна робота присвячена актуальній темі трансформації морської логістики України в умовах цифровізації, війни та глобальних викликів. У межах дослідження розкрито теоретичні засади глобальної цифровізації морської галузі, тенденції розвитку автономних технологій і виклики, що постають перед державами у процесі модернізації морського флоту та портової логістики.

В першому розділі було проаналізовано глобальні тенденції у сфері морського транспорту, включно з викликами, які зумовлені геополітичною турбулентністю, екологічними стандартами та технологічними змінами. Аналіз світових тенденцій цифрової трансформації дозволив окреслити ключові напрямки, серед яких: автоматизація операцій, застосування штучного інтелекту, розвиток цифрових платформ обміну даними, зменшення екологічного сліду судноплавства, а також посилення кіберзахисту в умовах нових загроз. Розгляд міжнародного досвіду портів Роттердама, Сінгапура та Гамбурга дав змогу ідентифікувати практики, які можуть бути адаптовані в українських реаліях, зокрема, впровадження smart-port-рішень, використання цифрових двійників і платформ для управління вантажопотоками. Впровадження цих рішень дозволяє підвищити ефективність логістики, скоротити витрати, зменшити викиди та підвищити стійкість до глобальних викликів

Україна, попри глибоку системну кризу морської галузі внаслідок повномасштабної війни, володіє важливими конкурентними перевагами - зокрема, геостратегічним розташуванням, агроекспортним потенціалом, зростаючою IT-сферою та міжнародною підтримкою. У роботі розглянуто конкретні цифрові інструменти, які вже впроваджені в Україні та обґрунтовано перспективність масштабування цих рішень, а також змодельовано три сценарії

подальшого розвитку цифрової логістики: оптимістичний, базовий та песимістичний, що дозволяє адаптувати стратегії під реальні умови держави.

Науково обґрунтовано, що цифровізація морського транспорту є не просто технологічним трендом, а необхідністю, що визначає ефективність, безпеку та конкурентоспроможність держави у глобальній логістичній системі. Світові практики демонструють, що комплексна автоматизація, впровадження Smart Port-технологій, використання блокчейну й прогнозної аналітики дозволяють скоротити витрати, зменшити викиди й забезпечити безперервність ланцюгів постачання. Цифровізація та автономізація – не просто опція, а необхідна умова збереження конкурентоспроможності.

Розкрито теоретичну суть і практичні аспекти автономного судноплавства як перспективного напряму для України. Описано основні технічні компоненти безекіпажних суден, включаючи навігаційні системи, сенсори, камери, автоматизоване швартування, системи відеонагляду та кіберзахисту. У межах підрозділів здійснено аналіз впливу автономного флоту на ринок праці. Проведено порівняльну характеристику класичного та автономного судноплавства за критеріями вартості, безпеки, потреби в кадрах, соціального сприйняття та регулювання. Особливо важливим є проведений PEST-аналіз, у якому враховано політичні, економічні, соціальні та технологічні чинники, що визначають можливості впровадження автономного судноплавства в українських умовах. Додатково виконано SWOT-аналіз, який дозволив виокремити сильні сторони України - зокрема, доступ до міжнародного фінансування, прагнення до реформ, IT-основа - та загрози, серед яких нестача правової бази, ризики кібератак, вартість інфраструктурних змін та соціальна напруга через втрату робочих місць

Запропоновано шляхи оптимізації портових операцій за допомогою цифрових технологій. Важливо трансформувати портову галузь комплексно, недостатньо впроваджувати лише окремі IT-рішення. У роботі визначено

головні функції проєктів у сфері ШІ, блокчейну та автоматизації. Змодельовано економічний ефект від цифровізації (на прикладі DocPort і TCS), зокрема скорочення простоїв, підвищення пропускної спроможності без додаткових капіталовкладень. Особливу увагу приділено підготовці до обслуговування автономних суден: описано технічні вимоги, типи обладнання, необхідного для автоматизованого швартування, зарядки, дистанційної діагностики, та передбачено впровадження портової логістики з мінімальним втручанням людини

Прогноз розвитку морського транспорту України набуває особливої актуальності в умовах війни та післявоєнного відновлення. У роботі окреслено перспективи впровадження автономних технологій, визначено ключові виклики на цьому шляху та запропоновано конкретні кроки й методи реалізації, які здатні забезпечити сталість логістики навіть у зонах бойових дій (зокрема в акваторії Чорного моря) і компенсувати дефіцит кваліфікованого персоналу.

Загалом, у дипломній роботі поєднано огляд глобального контексту, аналіз поточного стану галузі в Україні, оцінку техніко-економічних чинників, нормативних і кадрових обмежень, а також запропоновано цілісне стратегічне бачення майбутнього. Україна, за умови чіткої стратегії, інституційної готовності та правової модернізації, має всі передумови для того, щоб посісти місце серед провідних морських держав регіону, здатних не лише відновити флот, а й стати лідерами в автономному судноплавстві та цифровій логістиці. Лише за умови комплексного підходу - синхронного оновлення портової інфраструктури, цифрової екосистеми та законодавства - Україна має реальний шанс стати однією з провідних інноваційних морських держав у своєму регіоні

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Review of maritime transport 2024 Navigating maritime chokepoints.URL: https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2024

2. Rates. Огляд глобальних ризиків 2025 року.URL: https://rates.fm/ua-uk/expert-opinion/oglyad-globalnih-rizikiv-2025-roku/

3. RAIL.insider. Суецький канал повертається до повноцінної роботи.URL: https://www.railinsider.com.ua/sueczkyj-kanal-povertayetsya-do-povnoczinnoyi-roboty/

4. *European Maritime Transport Environmental Report 2025*.URL: *https://www.eea.europa.eu/publications/maritime-transport-2025*

5. Deloitte. Global and national port trends 2030.URL: https://www.deloitte.com/ua/en/Industries/infrastructure/perspectives

6. ScienceDirect. More claims than land: Multi-facetted land use challenges in the port-city interface URL: *https://www.sciencedirect.com/science*

7. Smart Port. URL: https://smartport.nl/en/

8. White Paper Smart Containers Real-time Smart Container data for supply chain excellence. URL: https://unece.org/WhitePaperSmartContainers.pdf

9. World Shipping Council Releases Containers Lost at Sea Report – 2024 Update. URL:https://www.worldshipping.org/containers-lost-report-2024

10. Freight Center by bluegrace. Smart Containers. URL: http://surl.li

11. Case Study: Why Maersk's and IBM's TradeLens Failed and Why HEALE Network Will Succeed.URL: https://healelabs.com/case-study-why-maersks-and-ibms-tradelens-failed-and-why-heale-network-will-succeed/

12. Riviera. Using AI to drive down fuel costs and emissions. URL: https://www.rivieramm.com/news-content-hub

13. NorthStandard. Fuel Insights.URL: https://north-standard.com/fuel-insights-vps#what-is-fuel-insights

14. Marine & Offshore. Autonomous ships.URL: https://marine-offshore.bureauveritas.com/marine/autonomous-ship

15. Roadmap for Autonomous ship adoption and development.URL: https://www.autoship-project.eu/adoption-and-development.pdf

16. Securities. Захист судноплавних шляхів за допомогою штучного інтелекту (AI) .URL: https://www.securities.io/securing-shipping-lanes

17. Ware Teka. Optikon Skoda auto.URL: https://wareteka.com.ua/skoda

18. Науковий журнал "Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво" Луцьк, 2024. Випуск № 56

19. Port of Rotterdam.URL: https://www.portofrotterdam.com/

20. Intelligent cargo systems. Automated Guided Vehicles - Robotics for cargo operations efficiency.URL: https://www.intelligentcargosystems.com

21. Port Gamburg.URL: https://www.hafen-hamburg.de/

22. Port Singapur.URL: https://www.singaporepsa.com/

23. Yara Birkeland.URL: https://www.yara.com/news-and-media/media-library/press-kits/yara-birkeland-press-kit/

24. Mythos AI.URL: https://mythos-ai.com/

25. safety4sea. Automation & Seafarers: The end of a profession, or its evolution**?** URL: https://safety4sea.com/automation-seafarers

26. Фонд Демократичні ініціативи. Аналітичний звіт щодо втрат морської інфраструктури.URL: dif.org.ua

27. Національна рада з відновлення України від наслідків війни. Проект плану відновлення України. Матеріали робочої групи «Відновлення та розбудова інфраструктури». URL: https://www.kmu.gov.ua

28. Стратегія розвитку морських портів України на період до 2038 року.URL: mtu.gov.ua

29. ЦТС.Центр транспортних стратегій. Вантажообіг українських портів.URL: https://cfts.org.ua/infographics/vantazhoobig_ukranskikh_portiv

30. Економічна правда: Як Україна втратила торговельний флот. URL: https://epravda.com.ua/publications/2024/06/18/715334/

31. UNCTAD. Merchant fleet by flag of registration and by type of ship, annual.URL:https://unctadstat.unctad.org/datacentre/dataviewer/US.MerchantFleet

32. GT Invest. Trump's Surprising Investment Tip: Why Odessa could be the next big thing for hotel developers.URL: https://trumps-about-odessa

33. Укрінформ. Данія хоче допомогти Миколаєву із суднобудуванням.URL: https://www.ukrinform.ua/mikolaivski-zavodi

34. DP World.URL: https://www.dpworld.com/news/releases/dp-world-successfully-concludes-acquisition-of-tis-container-terminal-ukraine/

35. Eeuropean bank for reconstruction and development (EBRD).URL: ebrd.com

36. IMO. Fal convention.URL: https://www.imo.org/FALConvention

37. Адміністрація морських портів України" (АМПУ) про DocPort.URL: https://www.uspa.gov.ua/news/docport-v-odeskomu-portu

38. PCS in the Ukrainian sea ports: the route to the «Single window».URL: https://sudohodstvo.org/pcs-ports-the-route-to-the-single-window/

39. Lardi today. Одеська митниця приєднається до електронної системи КТО в Одеському порту.URL: https://logist.today/dnevnik_logista-uk/

40. McKinsey. (2020). *Digital transformation in ports: Reducing cost and increasing flow* URL: www.mckinsey.com

41. Hedyla. How can predictive logistics transform your planning. URL: https://hedyla.com/en/

42. Секторальна стратегія розвитку безпілотних технологій та автономних системи (auv).URL: https://winwin.gov.ua/

43. Волков О.М., Петриченко О.О., Власенко Е.А., Небезпека використання автономних суден, м. Одеса, Національний університет "Одеська

морська академія", 2023 р. с. 21-26.URL: https://navjournal nuoma.learnmarine.com/

44. LR: MASS introduction necessitates a thorough review of existing regulatory framework.URL:https://safety4sea.com/lr-mass-introduction

45. World Bank. Port Digitalization and Global Connectivity.URL: https://www.worldbank.org/en/publication/digital-progress

46. OECD. Digitalisation and Innovation in Maritime Logistics. URL: https://www.oecd.org/en/publications/oecd-science-technology

47. Психологія безпеки.URL: https://pidru4niki.com/bezpeki

48. Mental health and psychological wellbeing of maritime personnel: a systematic review. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35637491/

49. Закон України про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» . URL: https://zakon.rada.gov.ua

50. Science Direct. An investigation of the effect of fatigue on ship engine room operators. *URL:* https://www.sciencedirect.com/science/article/pii

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота на тему «Морський транспорт майбутнього» на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавра.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження сучасних тенденцій цифрової трансформації морського транспорту та обґрунтування перспектив впровадження автономного судноплавства в Україні в умовах глобальних викликів і національних потреб.

У першому розділі розглянуто сучасний стан світового морського транспорту, основні тенденції та виклики, зокрема впровадження цифрових технологій. Особливу увагу приділено застосуванню штучного інтелекту в морській логістиці для оптимізації маршрутів, підвищення безпеки та ефективності. Наведено приклади цифровізації портів і судноплавних компаній у провідних країнах світу.

У другому розділі проаналізовано перспективи автономного судноплавства для України. Розкрито його вплив на ринок праці та суднобудівну галузь, охарактеризовано сучасний стан української морської логістики в умовах війни, а також розглянуто можливості інтеграції України до глобальних цифрових транспортних ініціатив за участі міжнародних партнерів.

У третьому розділі обґрунтовано шляхи впровадження штучного інтелекту в морську галузь України та цифровізації портових операцій. Запропоновано концепцію розвитку національної цифрової інфраструктури, що здатна забезпечити сталу логістику та інтеграцію з автономними технологіями. Представлено прогноз розвитку морського транспорту України з урахуванням світових трендів та національного потенціалу.

Результати даної кваліфікаційної роботи полягають у тому, що надано комплексне бачення майбутнього українського морського транспорту,

визначено стратегічні напрями цифровізації галузі та сформульовано практичні рекомендації щодо впровадження автономного судноплавства.

Ключові слова: морський транспорт, цифровізація, автономне судноплавство, штучний інтелект, безекіпажні судна, портова логістика, міжнародний досвід, автоматизація, логістичні ланцюги, цифрові платформи, навігаційні системи, портові операції, прогнозування.