

УДК 656.61:004:341.225

**Кузьменко Олена Юріївна***старший викладач кафедри навігації та управління судном  
Херсонська державна морська академія***Kuzmenko Olena***Senior Lecturer of the Department of Navigation and Ship Management  
Kherson State Maritime Academy*

ORCID: 0000-0001-7542-7322

DOI: 10.25313/law-2026-3-97-10

## ЦИФРОВІЗАЦІЯ ТА ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ МІЖНАРОДНИХ МОРСЬКИХ КОНВЕНЦІЙ ІМО В УМОВАХ E-NAVIGATION

### DIGITISATION AND IMPLEMENTATION OF IMO INTERNATIONAL MARITIME CONVENTIONS IN THE TERMS OF E-NAVIGATION

**Анотація.** Вступ. У сучасних умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій цифровізація стає одним із ключових факторів трансформації світового морського транспорту. Важливу роль у цьому процесі відіграє концепція e-Navigation, спрямована на інтеграцію сучасних навігаційних, інформаційних та комунікаційних систем. Значна частина міжнародно-правових стандартів у цій сфері формується та координується International Maritime Organization, яка розробляє глобальні правила функціонування морської галузі.

Мета. Метою дослідження є комплексний аналіз процесів цифровізації морського транспорту та визначення особливостей імплементації міжнародних морських конвенцій, розроблених International Maritime Organization, у межах концепції e-Navigation. Особлива увага приділяється дослідженню впливу сучасних інформаційних і навігаційних технологій на реалізацію вимог міжнародних нормативно-правових актів у сфері безпеки мореплавства. У межах роботи передбачається також оцінити ефективність застосування положень SOLAS Convention у цифровому навігаційному середовищі. Кінцевою метою є обґрунтування напрямів удосконалення правового та технологічного забезпечення впровадження стандартів ІМО в умовах розвитку електронної навігації.

Матеріали і методи. Матеріалами дослідження є: матеріалами дослідження є міжнародні нормативно-правові акти та конвенції, розроблені International Maritime Organization, зокрема SOLAS Convention, MARPOL Convention та STCW Convention, офіційні документи та рекомендації щодо впровадження концепції e-Navigation, а також наукові праці вітчизняних і зарубіжних дослідників у сфері морського права, безпеки судноплавства та цифровізації морського транспорту.

В процесі здійснення дослідження було використано наступні наукові методи: аналіз і синтез – для вивчення міжнародних нормативно-правових актів та конвенцій, розроблених International Maritime Organization; порівняльно-правовий метод – для зіставлення положень міжнародних морських конвенцій, зокрема SOLAS Convention та MARPOL Convention; системний метод – для дослідження концепції e-Navigation як комплексної навігаційно-інформаційної системи; а також узагальнення та логічного аналізу – для формування наукових висновків щодо цифровізації морського транспорту.

Результати. У науковій статті проаналізовано теоретичні підходи до цифровізації морського транспорту та визначено її роль у розвитку сучасного судноплавства. Охарактеризовано нормативно-правову діяльність International Maritime Organization у сфері регулювання безпеки мореплавства та впровадження цифрових технологій. Проаналізовано положення ключових міжнародних морських конвенцій, зокрема SOLAS Convention, MARPOL Convention та STCW Convention, у контексті їх реалізації в цифровому навігаційному середовищі. Визначено особливості інтеграції інформаційних і навігаційних систем у межах концепції e-Navigation для забезпечення виконання вимог міжнародних конвенцій.

Вивчено сучасні цифрові технології та навігаційні системи. Виокремлено головні проблеми та перешкоди впровадження міжнародних морських угод у процесі цифрової трансформації морського сектора. Обґрунтовано шляхи



покращення правового, технологічного та організаційного супроводу включення стандартів ІМО за умов прогресу e-Navigation.

Перспективи. В подальших наукових дослідженнях пропонується зосередити увагу на поглибленому вивченні механізмів цифрової імплементації міжнародних морських конвенцій, розроблених International Maritime Organization, у межах розвитку концепції e-Navigation, а також на аналізі використання сучасних інформаційних технологій, автоматизованих навігаційних систем і цифрових платформ для підвищення ефективності виконання вимог SOLAS Convention та інших міжнародних стандартів безпеки мореплавства.

**Ключові слова:** мореплавство, навігаційні системи, цифрові технології, імплементація, нормативно-правова діяльність, міжнародні морські конвенції імо, e-navigation.

**Summary.** Introduction. In present rapidly evolving information technologies, digitalization is turning into one of the central elements in the reshaping of worldwide maritime transport. An essential function in this progression is held by the notion of e-Navigation, seeking to unite contemporary navigation, data, and communication systems. A substantial portion of worldwide legal guidelines in this domain is shaped and harmonized by the International Maritime Organization, which establishes global regulations for the operation of the maritime sector.

Purpose. The objective of the research is a thorough examination of the digitalization procedures in maritime shipping and the pinpointing of characteristics for applying global maritime agreements drafted by the International Maritime Organization under the e-Navigation framework. Special notice is given to the examination of the effect of contemporary information and guidance systems on fulfilling the mandates of global regulatory legal documents concerning seaborne protection. The research also entails evaluating the success of utilizing the stipulations of the SOLAS Convention within the computerized navigation setting. The final aim is to justify the avenues for enhancing the legal and technological framework supporting the enactment of IMO benchmarks amid the progress of electronic navigation.

Materials and methods. The research sources comprise international regulatory legal acts and conventions established by the International Maritime Organization, specifically the SOLAS Convention, MARPOL Convention, and STCW Convention, official papers and suggestions on executing the e-Navigation concept, along with scholarly publications by local and international scholars active in maritime law, shipping security, and digital transformation of maritime transit.

The following scientific approaches were utilized in the process of carrying out the investigation: analysis and synthesis – to study international regulatory legal acts and conventions developed by the International Maritime Organization; comparative legal approach – to contrast the stipulations of global maritime agreements, notably the SOLAS Convention and MARPOL Convention; systemic technique – to examine the notion of e-Navigation as full navigation and data system; along with generalization and logical analysis – to form scientific conclusions on the digitalization of maritime transport.

Results. The scientific article analyzes theoretical approaches to the digitalization of maritime transport and determines its role in the development of modern shipping. The concept of e-Navigation, its main principles, stages of formation and significance for improving maritime safety are studied. The regulatory and legal activities of the International Maritime Organization in the field of regulating maritime safety and implementing digital technologies are characterized. The provisions of key international maritime conventions, in particular the SOLAS Convention, MARPOL Convention and STCW Convention, are analyzed in the context of their implementation in the digital navigation environment. The features of the integration of information and navigation systems within the e-Navigation concept are determined to ensure compliance with the requirements of international conventions.

Modern digital technologies and navigation systems are reviewed. The main problems and hindrances to accepting global shipping accords during the digital transformation of the maritime industry are identified. The pathways for strengthening the legal, technical, and organizational support for enacting IMO standards, amid the progress of e-Navigation, are established.

Discussion. In subsequent scientific investigation, it is suggested to concentrate on a detailed examination of the methods for the electronic realization of global maritime agreements drafted by the International Maritime Organization, within the scope of advancing the e-Navigation concept, as well as on the evaluation of employing contemporary information technologies, automated piloting systems, and digital frameworks to boost the effectiveness of adhering to the provisions of the SOLAS Convention and other international maritime security norms.

**Key words:** seafaring, navigation systems, digital technologies, implementation, regulatory activities, international maritime conventions IMO, e-navigation.

**Постановка проблеми.** Стрімкий розвиток цифрових технологій у морській галузі, що суттєво трансформує традиційні підходи до забезпечення безпеки судноплавства, управління морським рухом та обміну навігаційною інформацією. У цих умовах особливого значення набуває впровадження концепції e-Navigation, яка передбачає інтеграцію сучасних інформаційних, комунікаційних і навігаційних

систем у єдине цифрове середовище [1]. Водночас міжнародно-правове регулювання морської діяльності, сформоване під егідою International Maritime Organization, зокрема в межах SOLAS Convention та інших міжнародних конвенцій, потребує адаптації до нових технологічних умов. Попри активний розвиток цифрових навігаційних систем, процес імплементації міжнародних морських стандартів

у цифрове середовище супроводжується низкою нормативно-правових, технологічних та організаційних труднощів. У зв'язку з цим виникає необхідність комплексного наукового дослідження особливостей цифровізації морського транспорту та визначення ефективних механізмів реалізації міжнародних вимог безпеки судноплавства в умовах розвитку e-Navigation [2, с. 99].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За останні роки питання цифровізації морського транспорту та імплементації міжнародних морських конвенцій у межах концепції e-Navigation активно досліджується як у зарубіжних наукових виданнях, так і у звітах міжнародних організацій. Значний внесок у розвиток теорії цифрової навігації зробили дослідження, присвячені інтеграції електронних навігаційних карт, автоматизованих систем обміну інформацією та цифрових платформ управління морським рухом. Так, І. А. Ломачинська, С. О. Якубовський, Г. С. Алексеевська [2, с. 99] аналізували аспекти цифровізації в глобальному контексті морської торгівлі. Л. Заборський, Л. М. Белаковський, Д. С. Шапошніков [3, с. 81] вивчали формування цифрового потенціалу підприємств морського транспорту. Ю. Наврозова, А. Яницька [4, с. 63] досліджували інтеграцію автоматизації та цифрових технологій у морській галузі. Н. Сментина [5, с. 248], В. В. Барішнікова та Д. Л. Сінченко [6] досліджували економічні ефекти цифровізації морської галузі України. Д. Шумілов [7, с. 141] досліджує маневрування суден під цифровими ризиками кібернетичного характеру. О. В. Шишкін, О. Л. Пашенко, В. І. Купровський [8, с. 47] акцентували на розвитку цифрових VHF радіокомунікацій для ефективної та безпечної навігації.

F. Amato, M. Fiorini, S. Gallone, G. Golino [9, с. 1] аналізували концепцію e-Navigation та її майбутні тенденції у навігації. P. Zalewski, M. Bergmann, R. Wawruch, A. Weintrit [10] провели актуальні дослідження навігаційних систем, безпеки та цифрових підходів у морському транспортуванні. A. S. Alamoush, A. I. Ölçer [11] сучасний огляд автономних та цифрових навігаційних систем для посилення безпеки, з посиланням на e-Navigation та стандарти ІМО.

Попри значну кількість досліджень, залишаються невирішеними наступні проблеми:

- відсутність комплексної методології оцінки ефективності імплементації міжнародних конвенцій у цифровому середовищі;
- недостатня увага до інтеграції кібербезпеки та захисту даних у навігаційні системи;
- обмеженість аналізу взаємодії автоматизованих систем та існуючого міжнародного права;
- недостатня стандартизація процедур обміну інформацією між країнами та суднами різних операторів.

**Метою статті** є комплексне дослідження процесів цифровізації морського транспорту та визначен-

ня особливостей імплементації міжнародних морських конвенцій, розроблених International Maritime Organization, у межах концепції e-Navigation, зокрема оцінка ефективності застосування сучасних інформаційних і навігаційних технологій для підвищення безпеки судноплавства та забезпечення сумісності цифрових систем у міжнародному морському середовищі.

**Матеріали і методи.** Матеріалами дослідження є міжнародні морські конвенції та нормативно-правові акти International Maritime Organization, включно з SOLAS Convention, MARPOL Convention та STCW Convention, офіційні документи й рекомендації щодо впровадження концепції e-Navigation, наукові публікації зарубіжних та українських дослідників у сфері цифровізації морського транспорту, безпеки судноплавства, автоматизованих навігаційних систем та сучасних інформаційних технологій у морській галузі.

В процесі здійснення дослідження було використано такі наукові методи: аналіз і синтез — для вивчення міжнародних морських конвенцій та нормативно-правових актів International Maritime Organization; порівняльно-правовий метод — для зіставлення вимог SOLAS Convention, MARPOL Convention та STCW Convention; системний метод — для дослідження концепції e-Navigation як комплексної цифрової навігаційної системи; методика моделювання; а також узагальнення — для формування висновків.

**Виклад основного матеріалу.** Стрімкий розвиток цифрових технологій, які докорінно трансформують морську галузь, підвищуючи ефективність управління судноплавством, безпеку морських перевезень та точність навігаційної інформації. У сучасних умовах концепція e-Navigation стає ключовим інструментом інтеграції електронних навігаційних карт, автоматизованих систем обміну даними та цифрових платформ управління морським рухом, що дозволяє стандартизувати та оптимізувати морську діяльність на міжнародному рівні [12, с. 599]. Впровадження цифрових технологій у морський транспорт стає критично важливим для адаптації міжнародних конвенцій, розроблених International Maritime Organization, до сучасних інформаційних і навігаційних систем. Попри активний розвиток цифрової навігації, існують проблеми сумісності систем, стандартизації, кібербезпеки та підготовки фахівців, що потребують наукового осмислення та розробки практичних рекомендацій [2, с. 99]. Таким чином, дослідження цифровізації морського транспорту та імплементації міжнародних стандартів є важливим для забезпечення безпеки, ефективності та конкурентоспроможності морської галузі в умовах глобальної цифровізації.

Сутність цифрової трансформації в морській галузі полягає у впровадженні сучасних інформаційних, комунікаційних та навігаційних технологій для

оптимізації управління судноплавством, підвищення безпеки морських перевезень і ефективності логістичних процесів. Вона охоплює інтеграцію електронних навігаційних карт (ECDIS), автоматизованих систем обміну інформацією (AIS, VTS), цифрових платформ управління портами та флотом, а також використання великих даних і аналітики для прогнозування морських операцій [13, с. 457]. Цифрова трансформація сприяє стандартизації морських процесів, забезпечує оперативний доступ до актуальної навігаційної та технічної інформації і дозволяє інтегрувати міжнародні вимоги, розроблені International Maritime Organization, у практику судноплавства. Крім того, вона відкриває можливості для підвищення кіберрезильєнтності суден і портової інфраструктури, створення автономних систем управління та адаптації морської галузі до глобальних цифрових стандартів. Таким чином, цифрова трансформація виступає фундаментом розвитку сучасного морського транспорту, що поєднує технологічні, організаційні та нормативні аспекти діяльності [3, с. 81].

Концепція e-Navigation виникла як глобальна ініціатива International Maritime Organization для підвищення безпеки мореплавства та ефективності управління морським рухом за рахунок інтеграції цифрових навігаційних, інформаційних та комунікаційних систем.

Цілі e-Navigation:

- Забезпечення безпечного і ефективного управління судноплавством у міжнародних водах.
- Систематизація та стандартизація обміну навігаційною інформацією між суднами, портами та морськими адміністраціями.
- Підвищення точності та оперативності навігаційних даних.
- Зниження ризиків аварій і інцидентів через інтеграцію сучасних цифрових технологій.

Принципи e-Navigation:

- Інтеграція систем — поєднання електронних карт, автоматичних систем ідентифікації суден (AIS), супутникових та берегових навігаційних технологій.

- Стандартизація інформації — забезпечення сумісності даних між різними країнами та операторами.
- Доступність та надійність — гарантія постійного доступу до актуальної навігаційної інформації.
- Безпека та кіберрезильєнтність — захист даних та систем від несанкціонованого доступу.

Ключові етапи розвитку концепції e-Navigation подано у табл. 1. Вона дозволяє наочно простежити, як поступово формувалася глобальна цифрова навігаційна платформа, від початкового формування ідей до сучасного впровадження комплексних цифрових систем управління морським рухом. Такий підхід допомагає зрозуміти логіку розвитку e-Navigation та взаємозв'язок між технологічними інноваціями і міжнародними стандартами, розробленими International Maritime Organization.

Концепція e-Navigation пройшла послідовну трансформацію від теоретичних основ до практичного впровадження інтегрованих цифрових систем. Кожен етап розвитку супроводжувався конкретними технологічними новаціями та міжнародними стандартами, що сприяли підвищенню безпеки, ефективності та сумісності морських навігаційних систем. Сучасний етап характеризується широким використанням великих даних, автоматизації суден і цифрових платформ управління, що відкриває нові можливості для реалізації міжнародних конвенцій і подальшого вдосконалення морської галузі [4, с. 63].

International Maritime Organization виконує центральну роль у нормативно-правовому регулюванні безпеки мореплавства. Організація розробляє та оновлює міжнародні конвенції, такі як SOLAS (Безпека життя на морі) та MARPOL (захист морського середовища), які встановлюють обов'язкові стандарти для суден і портів. У сфері цифровізації IMO впроваджує концепції e-Navigation та електронного обміну документами FAL, встановлюючи правила сумісності цифрових систем, стандарти віддаленого моніторингу та автоматизованого управління суднами. Нормативно-правова діяльність організації спрямована на підвищення безпеки навігації, мінімізацію

Таблиця 1

Етапи розвитку концепції e-Navigation

Етап розвитку	Роки	Основні завдання та події	Ключові результати
Початковий	2006–2010	Формування концепції, визначення цілей та потенційних технологій	Створено базове бачення e-Navigation; визначені ключові напрями цифровізації морської навігації
Тестування та пілотні проекти	2010–2015	Впровадження експериментальних систем на суднах і портах; оцінка ефективності обміну інформацією	Пілотні проекти з електронних карт, AIS та VTS; перші практичні перевірки концепції
Стандартизація та інтеграція	2015–2020	Розробка міжнародних стандартів e-Navigation; інтеграція ECDIS, AIS, VTS у глобальну мережу	Запроваджено міжнародні стандарти; підвищено сумісність цифрових навігаційних систем
Сучасний етап	2020-наш час	Впровадження комплексних цифрових платформ; використання великих даних; автоматизація суден	Цифрові платформи управління, прогнозування морських операцій, підвищення безпеки та ефективності судноплавства

Джерело: сформовано автором на основі [14, с. 185; 15, с. 1361]

Таблиця 2

**Нормативно-правова діяльність International Maritime Organization у сфері безпеки мореплавства та цифровізації**

Напрямок діяльності	Основні нормативні акти/ініціативи	Мета та вплив
Безпека мореплавства	SOLAS (Safety of Life at Sea), MARPOL (захист морського середовища), ISM Code (система управління безпекою)	Встановлення обов'язкових стандартів для суден і портів, зменшення аварій та ризиків для людей і навколишнього середовища
Цифровізація судноплавства	e-Navigation, електронні FAL форми, стандарти для дистанційного моніторингу суден	Уніфікація цифрових систем, підвищення ефективності обміну інформацією, автоматизація навігації та управління суднами
Регулювання автономних і автоматизованих систем	Рекомендації IMO щодо автономних суден (MASS)	Забезпечення безпечної інтеграції автономних суден у міжнародні маршрути, стандарти взаємодії цифрових систем
Міжнародна координація	Співпраця з ISO, IHO, WCO та іншими міжнародними організаціями	Забезпечення сумісності глобальних цифрових стандартів та гармонізації нормативно-правових рамок

Джерело: сформовано автором на основі [17–20]

людських та технічних ризиків, а також забезпечення ефективної інтеграції інноваційних цифрових рішень у міжнародну морську логістику [16].

International Maritime Organization визначає нормативно-правові рамки, що забезпечують безпеку морських перевезень, екологічну відповідальність та інтеграцію цифрових рішень, сприяє сумісності технологій (табл. 2).

Аналіз нормативно-правової діяльності International Maritime Organization показує, що її ініціативи одночасно підвищують безпеку мореплавства, стандартизують цифрові технології та створюють основу для інтеграції автономних та автоматизованих суден у міжнародні маршрути. Це робить IMO ключовим координатором глобальної цифрової трансформації морської галузі, забезпечуючи баланс між інноваціями, безпекою та екологічною відповідальністю [21, с. 111].

Сучасне мореплавство активно впроваджує цифрові технології, автоматизовані системи управління. У цьому процесі ключову роль відіграє International Maritime Organization. Конвенції SOLAS, MARPOL та STCW забезпечують нормативну базу, яка адаптується до цифрового навігаційного середовища,

інтегруючи електронні навігаційні системи, цифрові звіти та дистанційні платформи для підготовки екіпажу (табл. 3).

Ключові конвенції IMO — SOLAS, MARPOL та STCW — активно адаптуються до цифрового навігаційного середовища. Їхні положення реалізуються через електронні системи управління, цифровий облік і дистанційний контроль, що підвищує безпеку, екологічну відповідальність та ефективність морських перевезень. Цифровізація дозволяє стандартизувати процеси, забезпечити сумісність міжнародних систем та створити основу для інтеграції автономних і автоматизованих суден у глобальні морські маршрути [5, с. 248]. Сучасне мореплавство активно впроваджує цифрові технології та автоматизовані системи управління, що дозволяють підвищити безпеку судноплавства та забезпечити виконання вимог конвенцій International Maritime Organization. Однією з ключових ініціатив IMO у цьому напрямку є e-Navigation, яка інтегрує сучасні технології в навігацію, обмін даними та управління судовими операціями.

Система e-Navigation побудована на модульній архітектурі, що включає інтегровані мостові системи

Таблиця 3

**Ключові конвенції International Maritime Organization у цифровому навігаційному середовищі**

Конвенція	Традиційні положення	Цифрова реалізація	Ефект для безпеки та екології
SOLAS	Стандарти навігації, рятувальні засоби, безпека екіпажу	ECDIS, автоматизовані системи управління судном, дистанційний моніторинг	Зменшення аварійності, точна навігація, контроль стану судна в реальному часі
MARPOL	Контроль викидів, управління відходами, запобігання забрудненню	Автоматизований облік викидів, цифрові звіти, моніторинг екологічних показників	Підвищення прозорості, своєчасне реагування на екологічні порушення, зниження забруднення морів
STCW	Підготовка моряків, сертифікація, чергування	Електронні сертифікати, онлайн-тренінги, навігаційні симулятори	Стандартизована підготовка екіпажу, підвищення професійної компетентності, безпечне управління сучасними суднами

Джерело: сформовано автором на основі [17–20]

(Integrated Bridge Systems, IBS) для управління навігацією, централізовані сервіси обміну даними між суднами та береговими станціями, а також платформи для електронних документів, які реалізують стандарти FAL для обміну інформацією про вантаж, екіпаж та портові операції (IMO FAL Forms). Архітектура забезпечує сумісність систем на глобальному рівні та підтримує вимоги SOLAS, MARPOL та STCW [15, с. 1361].

Електронні навігаційні карти (ECDIS — Electronic Chart Display and Information System) є центральним елементом цифрового мосту. Вони забезпечують точне позиціонування судна, інтеграцію даних AIS (Automatic Identification System) та RADAR, моніторинг маршруту та прогнозування ризиків. Інтегровані мостові системи дозволяють екіпажу одночасно контролювати навігацію, комунікацію та безпеку, що відповідає вимогам SOLAS щодо безпечної експлуатації суден [22, с. 34].

Автоматизація обміну даними включає AIS та LRIT (Long Range Identification and Tracking) для відстеження суден, Port Community Systems (PCS) для електронного обміну інформацією між портами, митницею та операторами, а також електронні FAL-форми, що скорочують час обробки документів та зменшують паперовий документообіг (IMO e-Navigation). Ці системи дозволяють виконувати вимоги MARPOL щодо звітності про викиди та відходи та забезпечують ефективну взаємодію з портовими органами контролю.

Сучасна навігація базується на поєднанні супутникових систем (GNSS, Galileo, GLONASS) з цифровими платформами, що забезпечує точне глобаль-

не позиціонування, синхронізацію маршрутів суден із цифровими картами та прогнозування погодних умов. Це підтримує стандарти SOLAS і STCW щодо безпечної навігації та компетентності екіпажу [23]. Інтеграція супутникових технологій і цифрових платформ дозволяє синхронізувати маршрути суден, прогнозувати ризики та підтримувати глобальну сумісність систем. Одночасно кібербезпека гарантує захист інформаційних систем від несанкціонованого доступу, забезпечуючи надійність цифрового навігаційного середовища [24, с. 80].

Цифрова трансформація морської галузі відкриває нові можливості для підвищення безпеки судноплавства, ефективності портових операцій та екологічної відповідальності, однак її реалізація стикається з численними викликами. Попри наявність чітких міжнародних стандартів і конвенцій, таких як SOLAS, MARPOL та STCW, їхня імплементація в цифровому середовищі ускладнюється технічними, організаційними та регуляторними бар'єрами [7, с. 141]. Серед основних проблем виділяють несумісність різних цифрових платформ та навігаційних систем, відсутність уніфікованих стандартів обміну даними на міжнародному рівні, обмеження у кібербезпеці та недосконалість підготовки екіпажу до роботи з сучасними інформаційними технологіями. Додатковим викликом є різний рівень цифровізації і ресурсної забезпеченості у країнах-членах ІМО, що створює розриви у застосуванні стандартів та ускладнює глобальну інтеграцію систем e-Navigation і автоматизованого управління суднами [25].

Огляд цих проблем дозволяє визначити ключові бар'єри, оцінити їхній вплив на безпеку та ефектив-

Таблиця 4

#### Основні проблеми та виклики імплементації конвенцій International Maritime Organization в умовах цифровізації морської галузі

Бар'єри/виклики	Проблеми	Вплив на виконання конвенцій
Несумісність цифрових систем	Різні виробники обладнання і програмного забезпечення використовують власні стандарти, що ускладнює інтеграцію AIS, ECDIS, VTS та інших платформ	Підвищує ризик навігаційних помилок і ускладнює дотримання SOLAS та STCW
Відсутність уніфікованих стандартів обміну даними	Різні країни та порти застосовують власні протоколи обміну морською інформацією	Ускладнює дотримання MARPOL і FAL щодо обміну даними про вантаж, відходи та екіпаж
Обмеження кібербезпеки	Недостатній рівень захисту інформаційних систем, відсутність шифрування та протоколів контролю доступу	Підвищує ризик збоїв у навігаційних і моніторингових системах, що впливає на безпеку SOLAS
Недосконалість підготовка екіпажу	Моряки не завжди мають достатні навички для роботи з сучасними цифровими системами та симуляторами	Ускладнює виконання вимог STCW щодо компетентності та сертифікації
Різний рівень цифровізації у країнах-членах ІМО	Деякі держави відстають у впровадженні цифрових систем, інфраструктура портів та суден недостатньо модернізована	Створює нерівномірність дотримання стандартів та ускладнює глобальну інтеграцію e-Navigation
Фінансові та технічні обмеження	Висока вартість обладнання, програмного забезпечення та навчання персоналу	Сповільнює впровадження сучасних систем управління та моніторингу, впливає на дотримання SOLAS та MARPOL

Джерело: сформовано автором на основі [9, с.1; 12, с. 599; 16]

ність морських перевезень і сформувати рекомендації для гармонізації цифрових стандартів у морській галузі (табл. 4).

Аналіз проблем та викликів імплементації міжнародних морських конвенцій у цифровому середовищі показує, що процес цифрової трансформації морської галузі стикається з комплексом бар'єрів: нормативно-правових, технологічних, стандартизаційних та кадрових. Нормативно-правові бар'єри ускладнюють уніфіковану реалізацію вимог SOLAS, MARPOL і STCW, тоді як технологічні та інфраструктурні обмеження стримують впровадження сучасних систем e-Navigation і інтеграцію AIS, ECDIS та інших платформ. Проблеми стандартизації та сумісності цифрових систем перешкоджають глобальній взаємодії та обміну морською інформацією, а кадрові та освітні виклики підвищують ризики помилок екіпажу та знижують ефективність виконання міжнародних стандартів [26].

Отже, для успішної цифровізації морської галузі необхідна гармонізація міжнародних та національних нормативів, уніфікація технологічних стандартів, модернізація інфраструктури та підвищення кваліфікації персоналу. Тільки комплексний підхід дозволить забезпечити безпечне, ефективне та екологічно відповідальне морське судноплавство у цифрову епоху.

Концепція e-Navigation є ключовим елементом цифрової трансформації морської галузі, спрямованим на підвищення безпеки судноплавства, ефективності управління морським рухом та дотримання міжнародних стандартів. У сучасних умовах зростаючих обсягів перевезень, ускладнення навігаційних обставин та розвитку автоматизованих технологій виникає потреба в удосконаленні нормативно-правової бази, модернізації цифрових платформ та інтеграції інноваційних рішень, таких як штучний інтелект та автономні судна [15, с.1361].

В умовах зростання обсягу морських перевезень, ускладнення навігаційних обставин та впровадження автоматизованих і автономних систем виникає

необхідність удосконалення правового регулювання, інтеграції сучасних цифрових платформ, використання штучного інтелекту та посилення міжнародного співробітництва(табл. 5).

Аналіз перспектив розвитку e-Navigation показує, що гармонізація міжнародного регулювання, розвиток цифрових платформ, впровадження AI та автономних суден, а також активне міжнародне співробітництво є ключовими факторами успішної цифровізації морської галузі. Реалізація цих напрямів дозволить забезпечити сумісність і ефективність систем управління морським рухом, підвищити безпеку судноплавства, оптимізувати маршрути та ресурси, а також забезпечити дотримання конвенцій SOLAS, MARPOL і STCW у сучасному цифровому середовищі [22, с. 34]. Таким чином, комплексний розвиток технологій та нормативно-правової бази створює основу для сталого і безпечного морського судноплавства у глобальному масштабі.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Вивчення поточного стану цифровізації морської сфери та запровадження ідеології e-Навігації виявило, що цифрові технології, на кшталт AIS, ECDIS, VTS, LRIT, супутникових систем орієнтування та аналітичних платформ, суттєво покращують безпеку мореплавства. Водночас впровадження угод International Maritime Organization — SOLAS, MARPOL та STCW — у цифровому просторі наштовхується на перешкоди: законодавчо-правові, технічні, стосовно стандартизації та сумісності рішень, а також кадрові та навчальні.

Цифрові технології e-Навігації вправно втілюють вимоги ключових конвенцій Міжнародної морської організації — SOLAS, MARPOL та STCW — через об'єднання новітніх навігаційних, супутникових та інформаційних систем. Застосування електронних навігаційних карт (ECDIS) гарантує точне орієнтування та моніторинг стану судна, відповідаючи нормам безпеки SOLAS. Автоматизовані системи обміну відомостями та електронні FAL-форми спро-

Таблиця 5

**Перспективи розвитку e-Navigation та вдосконалення імплементації міжнародних норм ІМО**

Напрямок розвитку	Рекомендовані дії	Очікуваний ефект
Удосконалення міжнародно-правового регулювання	Гармонізація національних нормативів з вимогами SOLAS, MARPOL, STCW; розробка стандартів для обміну даними та кібербезпеки	Підвищення сумісності правил, забезпечення безпечного та ефективного судноплавства
Розвиток цифрових платформ управління морським рухом	Інтеграція AIS, ECDIS, VTS, LRIT; використання Big Data та аналітики; глобальна сумісність систем	Оптимізація маршрутів, підвищення безпеки та ефективності морського руху
Інтеграція штучного інтелекту та автономних суден	Використання AI для прогнозування аварійних ситуацій; впровадження автономних суден	Зменшення аварійності, оптимізація витрат пального, підвищення безпеки
Міжнародне співробітництво у цифровому морському управлінні	Обмін технологіями та кращими практиками; розробка глобальних платформ обміну морською інформацією; стандартизація кібербезпеки	Підвищення глобальної сумісності, забезпечення безпеки та ефективності морського судноплавства

Джерело: авторська розробка

щують комунікацію з портами та митними службами, підтримують приписи MARPOL.

У подальших наукових дослідженнях пропонується зосередити увагу на вдосконаленні інтеграції

цифрових навігаційних платформ, розробці універсальних стандартів обміну морською інформацією та підвищенні кібербезпеки суднових інформаційних систем.

### ДОДАТКОВА ІНФОРМАЦІЯ

**ВНЕСОК АВТОРІВ:** Усі автори зробили внесок порівну.

**ФІНАНСУВАННЯ:** Автори не отримували фінансування для цього дослідження.

**ЗАЯВА ПРО ДОСТУПНІСТЬ ДАНИХ:** Не застосовується.

**КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ:** Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

### Література

1. Lee C., Lee S. Expanding IMO Compendium with NAVTEX Messages for Maritime Single Window. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2024. Vol. 12(12). 2328. DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse12122328>
2. Ломачинська І. А., Якубовський С. О., Алексеевська Г. С. Структурна трансформація світової морської торгівлі: геополітичні, енергетичні та логістичні чинники динаміки в умовах цифровізації. *Ринкова економіка: сучасна теорія і практика управління*. 2025. Вип. 24, № 3(61). С. 99–114. DOI: [https://doi.org/10.18524/2413-9998.2025.3\(61\).350189](https://doi.org/10.18524/2413-9998.2025.3(61).350189)
3. Заборський Л., Белаковський Л. М., Шапошников Д. С. Особливості формування цифрового потенціалу підприємств морського транспорту в умовах сталого розвитку. *Розвиток методів управління та господарювання на транспорті*. 2024. № 4(89). С. 81–96. DOI: <https://doi.org/10.31375/2226-1915-2024-4-81-96>
4. Наврозова Ю., Яницька А. Інтеграція автоматизації та цифрових технологій для управління сталим розвитком підприємств морської галузі. *Розвиток методів управління та господарювання на транспорті*. 2024. № 3(88). С. 63–76. DOI: <https://doi.org/10.31375/2226-1915-2024-3-63-76>
5. Сменгина Н. Цифровізація морської галузі України: економічні ефекти та стратегічні пріоритети конкурентоспроможності. *Київський економічний науковий журнал*. 2025. № 9. С. 248–256. DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-765X/2025-9-33>
6. Баришнікова В. В., Сінченко Д. Л. Моделі цифрової трансформації портової діяльності у світовій практиці та адаптація до умов України. *Здобутки економіки: перспективи та інновації*. 2024. Вип. 13. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14258728>
7. Шумілов Д. Планування координат руху та маневрування морського судна під час постановки на якор в умовах кібернетичного ризику. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*. 2025. № 4 (1). С. 141–156. DOI: <https://doi.org/10.46299/j.isjea.20250401.12>
8. Шишкін О. В., Пашенко О. Л., Купровський В. І. Розвиток морського УКХ радіозв'язку для ефективного та безпечного судноплавства. *Судноводіння — Shipping & Navigation*. 2025. № 37. С. 47–62. DOI: [10.31653/2306-5761.37.2025.47-62](https://doi.org/10.31653/2306-5761.37.2025.47-62)
9. Usluer H. B. Understanding of the Maritime Future Mentality; Safe E-navigation and Safe Maritime Surface Communication. *Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences*. 2024. Vol. 10. P. 1–18. DOI: <https://doi.org/10.52998/trjmms.1519901>
10. Zalewski P., Bergmann M., Wawruch R., Weintrit A. Challenges Related to Standardization of GNSS/RNSS Shipborne Equipment by International Maritime Organization (IMO). *International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*. 2023. Vol. 17, № 4. DOI: [10.12716/1001.17.04.12](https://doi.org/10.12716/1001.17.04.12)
11. Alamoush A. S., Ölçer A. I. Maritime Autonomous Surface Ships: Architecture for Autonomous Navigation Systems. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2025. Vol. 13(1). 122. DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse13010122>
12. Stepień B. Navigating New Waters: IMO's Efforts to Regulate Autonomous Shipping. *Chinese Journal of International Law*. 2024. Vol. 23, Issue 3. P. 599–629. DOI: <https://doi.org/10.1093/chinesejil/jmae025>
13. Palma V., Giglio D., Tei A. Investigating the influence of e-navigation and S-100 over the computation of the weather route. *WMU J Marit Affairs*. 2024. Vol. 23. P. 457–475. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13437-024-00344-7>
14. Петровський А. В., Жмур В. М. Щодо питання підвищення професійності користувачів ECDIS. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії*. 2024. № 1 (28). С. 185–195. DOI: [10.33815/2313-4763.2024.1.28.185-195](https://doi.org/10.33815/2313-4763.2024.1.28.185-195)
15. Huda S., Rahayu T., Firdaus M. I. Evaluating the Implementation of Modern Navigation Systems to Improve Maritime Safety in Indonesia. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*. 2025. Vol. 10(4). P. 1361–1367. DOI: <https://doi.org/10.12962/j25481479.v10i4>
16. Zhang M., Zhang X., Fu, S., Dai L., Yu Q. Recent Developments and Knowledge in Intelligent and Safe Marine Navigation. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2023. 11(12). 2303. DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse11122303>

17. IMO — e-Navigation. URL: <https://www.imo.org/en/ourwork/safety/pages/e-navigation.aspx> (дата звернення: 13.02.2026).
18. IMO — FAL Forms. URL: <https://www.imo.org/en/ourwork/facilitation/pages/default.aspx> (дата звернення: 13.02.2026).
19. International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974. URL: [https://www.imo.org/en/about/conventions/pages/international-convention-for-the-safety-of-life-at-sea-\(solas\)-1974.aspx](https://www.imo.org/en/about/conventions/pages/international-convention-for-the-safety-of-life-at-sea-(solas)-1974.aspx) (дата звернення: 13.02.2026).
20. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL). URL: [https://www.imo.org/en/about/conventions/pages/international-convention-for-the-prevention-of-pollution-from-ships-\(marpol\).aspx](https://www.imo.org/en/about/conventions/pages/international-convention-for-the-prevention-of-pollution-from-ships-(marpol).aspx) (дата звернення: 13.02.2026).
21. Шкрібтієнко А. Г. Правове регулювання ІНМАРСАТ в міжнародному морському праві. *Морське право та менеджмент: еволюція та сучасні виклики*: Матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції НУ «ОМА». Одеса: НУ «ОМА», 2021 С. 111–115. URL: <http://onma.edu.ua/wp-content/uploads/2023/03/Zbirnyk-Materialiv-HV-Konferentsii-22-kvitnya-2021.pdf> (дата звернення: 13.02.2026).
22. Plachkova T., Avdieiev O. Public administration of safety of navigation: multi-level challenges and answers. *Lex Portus*. 2020. Vol. 5.pp. 34–62. DOI: 10.26886/2524-101X.5.2020.2
23. Wang Y., Chen X., Wu Y., Zhao J., Postolache O., Liu S. Visual Navigation Systems for Maritime Smart Ships: A Survey. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2024. Vol. 12(10). 1781. DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse12101781>
24. Mohamed E. A. E. Legal Challenges Within the Framework of International Maritime Conventions Pertaining to Autonomous Ships. *Ain journal*. 2025. Vol. 49, Issue 1. P. 80–98. DOI: <https://doi.org/10.59660/49137>
25. Hagaseth M., Rødseth Ø. J., Krogstad T., Bakke M. A New Architectural Framework for Digitalization of Maritime Intelligent Transport Systems. *International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*. 2023. Vol. 17 № 4. DOI: 10.12716/1001.17.04.02
26. Zou Y., Xiao G., Li Q., Biancardo S. A. Intelligent Maritime Shipping: A Bibliometric Analysis of Internet Technologies and Automated Port Infrastructure Applications. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2025. Vol. 13(5). 979. DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse13050979>

## References

1. Lee, C., & Lee, S. (2024). Expanding IMO Compendium with NAVTEX Messages for Maritime Single Window. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12(12), 2328. <https://doi.org/10.3390/jmse12122328>
2. Lomachynska, I. A., Yakubovskiy, S. O., & Alekseyevska, H. S. (2025). Strukturna transformatsiia svitovoi morskoi torhivli: heopolitychni, enerhetychni ta lohistychni chynnyky dynamiky v umovakh tsyfrovizatsii [Structural transformation of world maritime trade: geopolitical, energy and logistics factors of dynamics in the context of digitalization]. *Rynkova ekonomika: suchasna teoriia i praktyka upravlinnia — Market economy: modern theory and practice of management*, 24, 3(61), 99–114. [https://doi.org/10.18524/2413-9998.2025.3\(61\).350189](https://doi.org/10.18524/2413-9998.2025.3(61).350189) [in Ukrainian].
3. Zaborskyi, L., Belakovskiy, L. M., & Shaposhnikov, D. S. (2024). Osoblyvosti formuvannia tsyfrovoho potentsialu pidpriemstv morskoho transportu v umovakh staloho rozvytku [Peculiarities of forming the digital potential of maritime transport enterprises in the context of sustainable development]. *Rozvytok metodiv upravlinnia ta hospodariuvannia na transporti — Development of management and management methods in transport*, 4(89), 81–96. <https://doi.org/10.31375/2226-1915-2024-4-81-96> [in Ukrainian].
4. Navrozova, Yu., & Yanytska, A. (2024). Intehratsiia avtomatyzatsii ta tsyfrovyykh tekhnolohii dlia upravlinnia stalym rozvytkom pidpriemstv morskoi haluzi [Integration of automation and digital technologies to manage the sustainable development of maritime enterprises]. *Rozvytok metodiv upravlinnia ta hospodariuvannia na transporti — Development of management and management methods in transport*, 3(88), 63–76. <https://doi.org/10.31375/2226-1915-2024-3-63-76> [in Ukrainian].
5. Smentyna, N. (2025). Tsyfrovizatsiia morskoi haluzi Ukrainy: ekonomichni efekty ta stratehichni priorytety konkurentospromozhnosti [Digitalization of the maritime industry of Ukraine: economic effects and strategic priorities of competitiveness]. *Kyivskiy ekonomichnyi naukovy zhurnal — Kyiv Economic Scientific Journal*, 9, 248–256. <https://doi.org/10.32782/2786-765X/2025-9-33> [in Ukrainian].
6. Baryshnikova, V. V., & Sinchenko, D. L. (2024). Modeli tsyfrovoy transformatsii portovoi diialnosti u svitovii praktytsi ta adaptatsiia do umov Ukrainy [Models of digital transformation of port activities in world practice and adaptation to Ukrainian conditions]. *Zdobutky ekonomiky: perspektyvy ta innovatsii — Economic achievements: prospects and innovations*, 13. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14258728> [in Ukrainian].
7. Shumilov, D. (2025). Planuvannia koordynat rukhu ta manevruvannia morskoho sudna pid chas postanovky na yakir v umovakh kibernetynohoho ryzyku [Planning the coordinates of movement and maneuvering of a marine vessel during anchoring in conditions of cyber risk]. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*, 4 (1), 141–156. <https://doi.org/10.46299/j.isjea.20250401.12> [in Ukrainian].
8. Shyshkin, O. V., Pashenko, O. L., & Kuprovskiy, V. I. (2025). Rozvytok morskoho UKKh radiozviazku dlia efektyvnoho ta bezpechnoho sudnoplavstva [Development of maritime VHF radio communications for efficient and safe navigation]. *Sudnovodinnia — Shipping & Navigation*, 37, 47–62. 10.31653/2306-5761.37.2025.47-62

9. Usluer, H. B. (2024). Understanding of the Maritime Future Mentality; Safe E-navigation and Safe Maritime Surface Communication. *Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences*, 10, 1–18. <https://doi.org/10.52998/trjmmms.1519901>
10. Zalewski, P., Bergmann, M., Wawruch, R., & Weintrit, A. (2023). Challenges Related to Standardization of GNSS/RNSS Shipborne Equipment by International Maritime Organization (IMO). *International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 17 (4). DOI: 10.12716/1001.17.04.12
11. Alamouh, A. S., & Ölçer, A. I. (2025). Maritime Autonomous Surface Ships: Architecture for Autonomous Navigation Systems. *Journal of Marine Science and Engineering*, 13(1), 122. <https://doi.org/10.3390/jmse13010122>
12. Stępień, B. (2024). Navigating New Waters: IMO's Efforts to Regulate Autonomous Shipping. *Chinese Journal of International Law*, 23(3), 599–629. <https://doi.org/10.1093/chinesejil/jmae025>
13. Palma, V., Giglio, D., & Tei, A. (2024). Investigating the influence of e-navigation and S-100 over the computation of the weather route. *WMU J Marit Affairs*, 23, 457–475. <https://doi.org/10.1007/s13437-024-00344-7>
14. Petrovskiy, A. V., & Zhmur, V. M. (2024). Shchodo pytannia pidvyshchennia profesiinosti korystuvachiv ECDIS [Regarding the issue of improving the professionalism of ECDIS users]. *Naukovyi visnyk Khersonskoi derzhavnoi morskoi akademii — Scientific Bulletin of the Kherson State Maritime Academy*, 1 (28), 185–195. DOI: 10.33815/2313-4763.2024.1.28.185-195 [in Ukrainian].
15. Huda, S., Rahayu, T., & Firdaus, M. I. (2025). Evaluating the Implementation of Modern Navigation Systems to Improve Maritime Safety in Indonesia. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, 10(4), 1361–1367. DOI: <https://doi.org/10.12962/j25481479.v10i4>
16. Zhang, M., Zhang, X., Fu, S., Dai, L., & Yu, Q. (2023). Recent Developments and Knowledge in Intelligent and Safe Marine Navigation. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(12), 2303. <https://doi.org/10.3390/jmse11122303>
17. IMO — e-Navigation. <https://www.imo.org/en/ourwork/safety/pages/e-navigation.aspx>
18. IMO — FAL Forms. <https://www.imo.org/en/ourwork/facilitation/pages/default.aspx>
19. International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974. [https://www.imo.org/en/about/conventions/pages/international-convention-for-the-safety-of-life-at-sea-\(solas\)-1974.aspx](https://www.imo.org/en/about/conventions/pages/international-convention-for-the-safety-of-life-at-sea-(solas)-1974.aspx)
20. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL). [https://www.imo.org/en/about/conventions/pages/international-convention-for-the-prevention-of-pollution-from-ships-\(marpol\).aspx](https://www.imo.org/en/about/conventions/pages/international-convention-for-the-prevention-of-pollution-from-ships-(marpol).aspx)
21. Shkrebtiienko, A. H. (2021). Pravove rehuliuвання INMARSAT v mizhnarodnomu morskomu pravi [Legal regulation of INMARSAT in international maritime law]. *Morske pravo ta menedzhment: evoliutsiia ta suchasni vyklyky — Maritime Law and Management: Evolution and Modern Challenges: Materialy XV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii NU “OMA”*. Odesa: NU “OMA”, 111–115. <http://onma.edu.ua/wp-content/uploads/2023/03/Zbirnyk-Materialiv-HV-Konferentsii-22-kvitnya-2021.pdf> [in Ukrainian].
22. Plachkova, T., & Avdieiev, O. (2020). Public administration of safety of navigation: multi-level challenges and answers. *Lex Portus*, 5, 34–62. DOI: 10.26886/2524-101X.5.2020.2
23. Wang, Y., Chen, X., Wu, Y., Zhao, J., Postolache, O., & Liu, S. (2024). Visual Navigation Systems for Maritime Smart Ships: A Survey. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12(10), 1781. <https://doi.org/10.3390/jmse12101781>
24. Mohamed, E. A. E. (2025). Legal Challenges Within the Framework of International Maritime Conventions Pertaining to Autonomous Ships. *Ain journal*, 49(1), 80–98. <https://doi.org/10.59660/49137>
25. Hagaseth, M., Rødseth, Ø.J., Krogstad, T., & Bakke, M. (2023). A New Architectural Framework for Digitalization of Maritime Intelligent Transport Systems. *International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 17 (4). DOI: 10.12716/1001.17.04.02
26. Zou, Y., Xiao, G., Li, Q., & Biancardo, S. A. (2025). Intelligent Maritime Shipping: A Bibliometric Analysis of Internet Technologies and Automated Port Infrastructure Applications. *Journal of Marine Science and Engineering*, 13(5), 979. <https://doi.org/10.3390/jmse13050979>

Дата першого надходження статті до видання: 19.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.03.2026

Дата публікації: 26.03.2026