

УДК 378.016:53:656.6

DOI [https://doi.org/10.32782/NPU-VOU.2025.2\(97\).13](https://doi.org/10.32782/NPU-VOU.2025.2(97).13)

Оксана БАРИЛЬНИК-КУРАКОВА

старша викладачка кафедри природничо-наукової підготовки
Херсонська державна морська академія
<https://orcid.org/0000-0003-4340-9474>

Іван БАРИЛЬНИК-КУРАКОВ

старший викладач кафедри управління судном
Херсонська державна морська академія
<https://orcid.org/0000-0002-7628-6602>

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІРТУАЛЬНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ У НАВЧАННІ ФІЗИКИ В КОНТЕКСТІ МОРСЬКОЇ ОСВІТИ

Статтю присвячено актуальній проблемі модернізації методики навчання фізики в морських закладах вищої освіти шляхом впровадження цифрових лабораторій і симуляторів. Дослідження обґрунтовує необхідність застосування комбінованого підходу, що поєднує реальні та віртуальні експерименти для підвищення ефективності навчання майбутніх морських фахівців. Автори аналізують специфічні особливості підготовки морських кадрів, які працюють в умовах підвищеної відповідальності, де розуміння фізичних процесів безпосередньо пов'язане з безпекою мореплавства. У роботі визначено основні переваги комбінованого підходу: підвищення реалістичності та безпеки навчання, формування комплексних професійних компетентностей, забезпечення гнучкості та економічної ефективності, підвищення мотивації курсантів, можливість індивідуалізації навчання. На основі аналізу професійних вимог конвенції STCW і навчальних програм здійснено відбір найбільш актуальних тем для віртуального експериментування: механіка рідин і гідро статика, механіка хвиль, термодинаміка та електромагнетизм. Представлено детальні методичні рекомендації щодо організації лабораторного заняття з теми «Остійність судна» із застосуванням комбінованого підходу.

Ключові слова: морська освіта, фізика, лабораторні заняття, віртуальні лабораторії, симуляція, комбінований підхід, цифрові технології.

Oksana BARYLNYK-KURAKOVA

Ivan BARYLNYK-KURAKOV

EFFECTIVENESS OF VIRTUAL EXPERIMENTS IN PHYSICS TEACHING IN THE CONTEXT OF MARITIME EDUCATION

The article is devoted to the urgent problem of modernizing the methodology of teaching physics in maritime higher education institutions through the implementation of digital laboratories and simulators. The research substantiates the need for a combined approach that combines real and virtual experiments to improve the effectiveness of training future maritime specialists. The authors analyze the specific features of training maritime personnel who work

in conditions of increased responsibility, where the understanding of physical processes is directly related to the safety of navigation. The paper identifies the main advantages of the combined approach: increasing the realism and safety of training, forming complex professional competencies, ensuring flexibility and economic efficiency, increasing the motivation of cadets, and the possibility of individualizing training. Based on the analysis of the professional requirements of the STCW Convention and training programs, the most relevant topics for virtual experimentation were selected: fluid mechanics and hydrostatics, wave mechanics, thermodynamics, and electromagnetism. Detailed methodological recommendations for organizing a laboratory lesson on the topic “Ship Stability” using a combined approach are presented.

Key words: maritime education, physics, laboratory classes, virtual laboratories, simulation, combined approach, digital technologies.

Вступ. Модернізація фізичної підготовки в морських закладах вищої освіти є імперативом у контексті цифровізації технічної освіти. Зростання значення віртуальної реальності в освітньому процесі пов'язане з потребою формування практичних компетентностей, визначених стандартом STCW [7], та обмеженістю доступу до реальних навчальних суден. Відповідно, сучасна морська освіта стоїть перед необхідністю кардинальної модернізації методів навчання, особливо у сфері природничо-наукової підготовки. Тож стрімкий розвиток морських технологій, ускладнення суднового обладнання і зростання вимоги до безпеки мореплавства зумовлюють потребу в глибокому розумінні фізичних процесів, що лежать в основі функціонування сучасних суден.

Актуальність дослідження зумовлена кількома факторами. По-перше, потреба в модернізації підготовки з фізики в морських закладах вищої освіти вимагає пошуку нових ефективних методів навчання. По-друге, щораз більше значення цифрових лабораторій і симуляторів у технічній освіті, зокрема морській, відкриває нові можливості для підвищення якості підготовки фахівців. По-третє, відповідність міжнародним стандартам підготовки морських фахівців, установленим конвенцією STCW, потребує глибокого розуміння фізичних процесів, що відбуваються в морському середовищі та суднових системах.

Мета дослідження полягає в розробленні та науковому обґрунтуванні методики впровадження цифрових лабораторій і симуляторів для підвищення ефективності навчання фізики морських фахівців.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання дослідження:

- проаналізувати сучасний стан використання цифрових лабораторій та симуляторів у підготовці з фізики морських фахівців;

- визначити найбільш ефективні для формування і розвитку професійних компетентностей майбутніх моряків форми і методи проведення лабораторних занять з фізики;

- визначити теми з фізики, які є найбільш актуальними для віртуального експериментування в морській освіті;

- розробити методичні рекомендації щодо поєднання реальних та віртуальних дослідів на лабораторних заняттях з фізики для закладів вищої освіти морського профілю.

Підготовка морських фахівців має низку специфічних особливостей, які необхідно враховувати в розробленні методики навчання фізики. Морські фахівці працюють в умовах підвищеної відповідальності, де розуміння фізичних процесів безпосередньо пов'язане з безпекою мореплавства та ефективністю експлуатації суднового обладнання. Фізика в морській освіті виконує фундаментальну роль, забезпечуючи теоретичну основу для розуміння принципів роботи суднових систем, процесів, що відбуваються в морському середовищі, та взаємодії судна з навколишнім середовищем. У цьому аспекті особливого значення набуває засвоєння курсантами розділів механіки рідин і газів, термодинаміки, електродинаміки та механічних хвиль.

Аналіз вимог конвенції STCW показує, що сучасні морські фахівці повинні мати глибокі знання фізичних принципів функціонування суднових систем. Однак традиційні методи навчання фізики не завжди дозволяють сформувати необхідні компетентності, особливо в частині практичного застосування теоретичних знань у професійній діяльності.

Перспективним шляхом розв'язання цієї проблеми є впровадження віртуальних лабораторій та симуляторів, які дозволяють поєднати теоретичне навчання з практичною діяльністю в умовах, максимально наближених до реальних. Міжнародний досвід використання віртуальних лабораторій у STEM-освіті демонструє їх високу ефективність.

Так, дослідження науковців [9] показало, що впровадження віртуальних лабораторій на заняттях підвищують якість засвоєння фізики порівняно з традиційними методами. Це зумовлено можливістю багаторазового повторення експериментів, візуалізації складних процесів і моделювання явищ, недоступних для спостереження у звичайних умовах.

У контексті морської освіти особливий інтерес становлять симуляційні технології, що дозволяють моделювати складні фізичні процеси, які відбуваються в морському середовищі. А. Ала та ін. [4] зазначають, що симуляційні технології в морській освіті дозволяють значно покращити розуміння гідростатичних процесів і механіки судна.

Українські дослідники також підтверджують ефективність віртуальних лабораторій у вищій технічній освіті [2].

Відомо, що виключне використання лише традиційних лабораторних робіт обмежує можливості студентів у дослідженні складних фізичних явищ через брак обладнання, часові обмеження та фактори безпеки. Водночас повна заміна реальних експериментів віртуальними симуляціями призводить до втрати важливих практичних навичок роботи з реальними приладами й об'єктами та недостатнього розвитку сенсорного сприйняття фізичних процесів. Оптимальний

навчальний ефект, на нашу думку, досягається в разі поєднання обох підходів до організації освітнього процесу з фізики. Таким чином, комбінований підхід забезпечує максимальну ефективність навчання, коли віртуальні лабораторії слугують для опрацювання теоретичного матеріалу та підготовки до експерименту, а реальні досліді закріплюють отримані знання через безпосередню взаємодію з фізичними об'єктами. Синергетичний ефект від поєднання віртуальних та реальних лабораторій полягає у взаємному доповненні їх переваг та компенсації недоліків кожного з підходів. Серед переваг комбінованого підходу до організації освітнього процесу з фізики, зокрема в закладах морського профілю, можна визначити такі:

1. Підвищення реалістичності та безпеки навчання.

Віртуальні симуляції дозволяють моделювати складні, небезпечні або рідкісні ситуації (наприклад, аварії, екстремальні погодні умови) без ризику для життя та обладнання. Реальні лабораторні роботи дають змогу відчувати фізичні властивості матеріалів, роботу з обладнанням і розвивати моторні навички, які неможливо повністю відтворити у віртуальній реальності [6].

2. Формування комплексних професійних компетентностей.

Поєднання практики і віртуальної взаємодії сприяє кращому засвоєнню як теоретичних знань, так і практичних навичок, що підтверджено експериментальними дослідженнями: студенти, які навчалися за змішаною методикою, демонструють вищий рівень підготовки та кращі результати тестування [8; 10]. Віртуальні досліді дозволяють багаторазово відпрацьовувати сценарії, а реальні – закріплюють ці навички у фізичному світі.

3. Гнучкість, адаптивність та економічна ефективність.

Віртуальні лабораторії зменшують потребу в дорогому обладнанні, дозволяють швидко оновлювати сценарії та розширювати кількість тренувальних ситуацій без значних фінансових вкладень [6]. Реальні досліді залишаються незамінними для пе-

ревірки навичок, які вимагають фізичного контакту з обладнанням.

4. Підвищення мотивації та залученості курсантів.

Інтерактивність, ігрові елементи та можливість бачити наслідки власних дій у віртуальній реальності підвищують зацікавленість і залученість здобувачів вищої освіти [5]. Емоційний ефект від занурення у віртуальне середовище робить навчання більш захопливим, що сприяє кращому запам'ятовуванню матеріалу.

5. Можливість індивідуалізації навчання та зворотного зв'язку.

Здобувачі вищої освіти можуть самостійно повторювати віртуальні експерименти, аналізувати помилки та отримувати миттєвий зворотний зв'язок, що важко реалізувати в традиційних лабораторіях [8]. Викладачі отримують детальні дані про дії кожного курсанта у віртуальній реальності, що дозволяє коригувати освітній процес.

Отже, поєднання реальних і віртуальних експериментів створює синергію, що дозволяє морським спеціалістам не лише ефективно засвоювати складні фізичні явища, а й формувати стійкі практичні навички для роботи в реальних умовах. Такий підхід відповідає сучасним вимогам морської освіти, підвищує безпеку, мотивацію та якість підготовки майбутніх моряків.

На основі аналізу професійних вимог до морських фахівців і навчальних програм з фізики було здійснено відбір найбільш актуальних тем для віртуального експериментування. У відборі зазначених тем ми дотримувались таких критеріїв:

- забезпечення міждисциплінарної інтеграції через установлення органічних зв'язків між фізичними принципами та фаховими дисциплінами [1];
- професійна значущість;
- складність для розуміння за традиційного навчання;
- можливість ефективного моделювання;
- відповідність вимогам STCW.

Результати пошуку наведено в табл. 1.

Відібрані напрями охоплюють найбільш критичні аспекти фізичних

знань, необхідних для морських фахівців, і водночас становлять найбільші виклики для традиційного навчання через складність або неможливість проведення реальних експериментів у навчальних умовах.

Під час розроблення методики організації лабораторних занять було дотримано принцип максимального наближення навчального середовища до реальних умов професійної діяльності морських фахівців. Кожна лабораторна робота передбачає наявність таких компонентів.

Постановка проблеми. Формулюється практичне завдання, з яким може зіткнутися морський фахівець у професійній діяльності. Наприклад, необхідність визначення остійності судна в разі зміни завантаження або розрахунок оптимального режиму роботи двигуна для мінімізації витрати пального.

Теоретична підготовка. Надається необхідний теоретичний матеріал з акцентом на фізичні принципи, що лежать в основі розглядуваного явища. Загалом, матеріал з фізики структуровано так, що засвоєння теоретичного матеріалу курсантами з певних питань і тем передують виконанню лабораторних робіт.

Віртуальний експеримент. Використовується інтерактивний симулятор, який дозволяє змінювати параметри системи й спостерігати їх вплив на досліджувані фізичні процеси. Симулятор містить засоби візуалізації, що дають змогу наочно уявити процеси, які відбуваються.

Аналіз результатів. Здобувачі вищої освіти повинні проаналізувати отримані дані, зробити висновки щодо впливу різних факторів на досліджуване явище і запропонувати практичні рекомендації для професійної діяльності.

Реальний експеримент. Курсанти виконують експериментальне дослідження, використовуючи реальні фізичні об'єкти; роблять висновки.

Слід зазначити, що послідовність виконання експериментів – від віртуального до реального чи навпаки – визначається специфікою досліджуваної тематики та

Пріоритетні напрями для віртуального моделювання

n/n	Напря́м	Фізичні явища для моделювання	Професійна значущість	Переваги віртуального моделювання
1.	Механіка рідин і гідростатика	- процеси остійності судна; - розрахунок центру мас; - метацентрична висота; - закон Архімеда	Критично важливі для безпеки мореплавства	Можливість проведення експериментів із суднами в навчальних умовах
2.	Механіка хвиль	- дослідження морських хвиль; - вплив хвиль на судно; - резонансні явища в суднових конструкціях; - різні типи хвиль	Важливість розуміння хвильових процесів для морських фахівців	Можливість вивчення різних типів хвиль та їх впливу на судові конструкції в безпечних умовах
3.	Термодинаміка	Робота суднових двигунів: - процеси теплообміну; - системи охолодження; - системи опалення	Критично важливе для суднових механіків і інженерів	Моделювання складних термодинамічних процесів без ризику для обладнання
4.	Електро-магнетизм	Робота суднових електричних систем: - навігаційне обладнання; - системи зв'язку; - електронні системи сучасних суден	Зростання ролі електронних систем у сучасному суднобудуванні (Smith і Brown)	Безпечне вивчення складних електронних систем без ризику пошкодження дорогого обладнання

методичною доцільністю для досягнення максимальної ефективності освітнього процесу.

Нижче наведено розроблені нами методичні рекомендації щодо проведення лабораторного заняття з фізики із застосуванням комбінованого підходу, що поєднує реальні та віртуальні експерименти.

Тема заняття: «Остійність судна: дослідження впливу розміщення вантажу на остійність плавзасобу».

Мета заняття: пояснити фізичні основи остійності судна; навчити курсантів аналізувати вплив розміщення вантажу на остійність судна; розвинути навички роботи з реальним лабораторним обладнанням та віртуальними симуляторами.

Структура заняття.

I. Теоретичний вступ (10 хв).

Актуалізація знань: поняття центр мас, метацентрична висота; значення остійності для безпеки мореплавства.

II. Ознайомлення з обладнанням (5 хв).

Демонстрація реального лабораторного макета «Судно у воді» (наприклад, прямокутна коробка на воді, набір тягарців).

Ознайомлення з інтерфейсом віртуального симулятора (наприклад, Labster, PhET, OceanIQ, MarISOT або власна розробка).

III. Реальний експеримент (20 хв).

Завдання: визначити, як змінюється остійність судна за різного розміщення тягарців.

Хід роботи.

1. Встановити макет судна у ванну з водою.

2. Послідовно розміщувати тягарці в різних точках макету (по центру, збоку, на носі, на кормі).

3. За допомогою лінійки та транспортира вимірювати кут крену за однакового зовнішнього впливу (наприклад, легке натискання).

4. Занести результати в таблицю.
5. Зробити висновки.

IV. Віртуальний експеримент (20 хв).

Завдання: моделювати ті ж самі ситуації у віртуальному симуляторі.

Хід роботи.

1. Вибрати тип судна та вантажу в програмі.

2. Змінювати розміщення вантажу, спостерігати за зміною метацентричної висоти, центру мас, кута крену.

3. Дослідити додаткові сценарії (наприклад, вплив хвиль, різна щільність води).

4. Зберегти скріншоти та дані для порівняння та висновків.

V. Порівняння та аналіз результатів (5 хв).

Обговорення подібностей і відмінностей між реальним і віртуальним експериментом. Аналіз помилок, причин розбіжностей (наприклад, ідеалізація у віртуальній моделі, помилки вимірювань у реальному досліді).

VI. Формування висновків (5 хв).

Які навички та знання отримані. Як результати лабораторної роботи можна застосувати в професійній діяльності моряка.

VII. Онлайн-тест для закріплення матеріалу (10 хв.)

VIII. Оцінювання (5 хв).

Оцінювання за виконання обох експериментів, аналіз результатів, оформлення звіту, участь в обговоренні.

Зазначимо, що для виконання завдання з моделювання остійності судна, впливу розміщення вантажу, зміни метацентричної висоти, центру мас і кута крену у віртуальному середовищі можна використати такі конкретні симулятори:

MarISOT – сучасний морський симулятор, що підтримує моделювання фізичних параметрів судна, зміну вантажу, вплив метеоумов, а також дозволяє інтерактивно змінювати розташування вантажу й одразу бачити зміну остійності та крену судна [3, с. 129].

Labster Virtual Labs – хоча це універсальна платформа для STEM-освіти, вона містить модулі з фізики, де можна моделювати принципи плавучості, остійності, зміну центру мас та вплив зовнішніх факторів на стійкість об'єктів у рідині. Її можна адап-

тувати для морської тематики. Так, наприклад, симуляція «Applications of Buoyancy: floatation» дозволяє вивчити умови плавання та занурення об'єктів, вплив щільності рідини на плавучість та визначити, яка частина плаваючого об'єкта занурена під поверхню. Посилання на зазначену симуляцію: <https://www.labster.com/simulations/applications-of-buoyancy-flotation-new>

Запропонована методика може бути адаптована для інших тем (гідродинаміка, механіка хвиль, термодинаміка судових двигунів тощо) з урахуванням специфіки морської освіти та сучасних цифрових можливостей.

Висновки. Обґрунтовано необхідність модернізації методики навчання фізики в морських закладах вищої освіти відповідно до вимог цифровізації освіти та стандартів STCW, що зумовлена зростанням складності судового обладнання та підвищенням вимог до безпеки мореплавства.

1. Встановлено, що комбінований підхід, який поєднує реальні та віртуальні експерименти, забезпечує максимальну ефективність навчання фізики майбутніх морських фахівців через синергетичний ефект взаємного доповнення переваг обох методів.

2. Визначено п'ять ключових переваг комбінованого підходу: підвищення реалістичності та безпеки навчання, формування комплексних професійних компетентностей, забезпечення гнучкості та економічної ефективності, підвищення мотивації курсантів, можливість індивідуалізації навчання та зворотного зв'язку.

3. Здійснено науково обґрунтований відбір чотирьох пріоритетних напрямів для віртуального моделювання в морській освіті: механіка рідин і гідростатика, механіка хвиль, термодинаміка та електромагнетизм, які є критично важливими для професійної діяльності морських фахівців.

4. Розроблено методичні рекомендації щодо організації лабораторних занять з фізики із застосуванням комбінованого підходу на прикладі теми «Остійність судна», які можуть бути адаптовані для інших тем фізики, що вивчаються в закладах вищої освіти морського профілю.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Барильник-Куракова, О.А., & Коробова, І.В.** (2020). Міждисциплінарні зв'язки як провідний принцип підготовки фахівців у морській галузі. *Професіоналізм педагога: теоретичні й методичні аспекти*, Вип. 13, С. 57–72.
2. **Калініченко, Є.В., Томчаковський, Г.Г., & Оберто Сантана, Л.Е.** (2024). Вплив технологій віртуальної реальності на якість та ефективність професійної підготовки судноводіїв. *Водний транспорт: зб. наук. пр.*, № 2 (40), С. 128–142. URL: <https://vt.duit.in.ua/index.php/home/article/view/344>
3. **Піпченко, О.Д., & Конон, Н.М.** (2023). Удосконалення методів морської професійної підготовки шляхом залучення сучасних технологій. *Судноводіння (Shipping & Navigation)*, 35, 128–142. <https://doi.org/10.31653/2306-5761.35.2023.128-142>
4. **Ala, A., Hamidi, N., Yoniessa, S., Masito, F., & Muis, M. A.** (2024). Simulation-based learning in maritime training: enhancing competency and preparedness. *METEOR: Maritime Education Training and Operation Research*, 17(1). URL: <https://ejournal.stipjakarta.ac.id/index.php/meteor/article/view/361/274>
5. **Buenaobra, N. A., Dela Cerna Jr., E., Go, C. N., & Ramos III, S.** (2018). Impact of virtual reality in maritime education and training: The case of the Maritime Academy of Asia and the Pacific. *International Journal on Open and Distance e-Learning*. Vol. 4, № 2. p. 1–16. URL: <https://ijodel.upou.edu.ph/index.php/ijodel/article/view/58>
6. **Elsayed, A. M., & Ibrahim, H. S.** (2024). Examining the effect of full-mission simulation training on the safety and education in the maritime sector. *Maritime Research and Technology*, 3(2), 142–149. <https://doi.org/10.21622/MRT.2024.03.2.983>
7. International Maritime Organization. (2019). STCW Convention and Code: Competency Requirements for Seafarers. URL: <https://www.imo.org/en/OurWork/HumanElement/Pages/STCW-Convention.aspx>
8. **Miyusov, M. V., Nikolaieva, L. L., & Smolets, V. V.** (2022). The effectiveness of immersive learning in maritime education and training. *Transactions on Maritime Science*, 11(2), 263–274. <https://doi.org/10.7225/toms.v11.n02.014>
9. **Sellberg, C., Nazari, Z., & Solberg, M.** (2024). Virtual Laboratories in STEM Higher Education: A Scoping Review. *Nordic Journal of Systematic Reviews in Education*, 2, 58–75. <https://doi.org/10.23865/njsre.v2.5766>
10. **Voloshynov, S. A., Zhuravlev, F. M., Riabukha, I. M., Smolets, V. V., & Popova, H. V.** (2021). Application of VR technologies in building future maritime specialists' professional competences. *CEUR Workshop Proceedings*. Vol. 2898. C. 68–79. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2898/paper03.pdf>

REFERENCES

1. **Barylnyk-Kurakova, O. A., & Korobova, I. V.** (2020). Mizhdystsyplinarni zviazky yak providnyi pryntsyp pidhotovky fakhivtsiv u morskii haluzi [Interdisciplinary connections as a leading principle of training specialists in the maritime industry]. *Profesionalizm pedahoha: teoretychni y metodychni aspekty*, 13, 57–72 [in Ukrainian].
2. **Kalinichenko, Ye. V., Tomchakovskiy, H. H., & Oberto Santana, L. E.** (2024). Vplyv tekhnolohii virtualnoi realnosti na yakist ta efektyvnist profesiinoi pidhotovky sudnovodiiv [The impact of virtual reality technologies on the quality and effectiveness of professional training of navigators]. *Vodnyi transport*, 2(40). Retrieved from: <https://vt.duit.in.ua/index.php/home/article/view/344> [in Ukrainian].
3. **Pipchenko, O. D., & Konon, N. M.** (2023). Udoskonalennia metodiv morskoi profesiinoi pidhotovky shliakhom zaluchennia suchasnykh tekhnolohii [Improvement of marine professional training methods through the involvement of modern technologies]. *Sudnovodinnia*

(Shipping & Navigation), 35, 128–142. <https://doi.org/10.31653/2306-5761.35.2023.128-142> [in Ukrainian].

4. **Ala, A., Hamidi, N., Yoniessa, S., Masito, F., & Muis, M. A.** (2024). Simulation-based learning in maritime training: enhancing competency and preparedness. *METEOR: Maritime Education Training and Operation Research*, 17(1). Retrieved from: <https://ejournal.stipjakarta.ac.id/index.php/meteor/article/view/361/274> [in English].

5. **Buenaobra, N. A., Dela Cerna Jr., E., Go, C. N., & Ramos III, S.** (2018). Impact of virtual reality in maritime education and training: The case of the Maritime Academy of Asia and the Pacific. *International Journal on Open and Distance e-Learning*, 4(2), 1–16. <https://ijodel.upou.edu.ph/index.php/ijodel/article/view/58> [in English].

6. **Elsayed, A. M., & Ibrahim, H. S.** (2024). Examining the effect of full-mission simulation training on the safety and education in the maritime sector. *Maritime Research and Technology*, 3(2), 142–149. <https://doi.org/10.21622/MRT.2024.03.2.983> [in English].

7. International Maritime Organization. (2019). *STCW Convention and Code: Competency Requirements for Seafarers*. Retrieved from: <https://www.imo.org/en/OurWork/HumanElement/Pages/STCW-Convention.aspx> [in English].

8. **Miyusov, M. V., Nikolaieva, L. L., & Smolets, V. V.** (2022). The effectiveness of immersive learning in maritime education and training. *Transactions on Maritime Science*, 11(2), 263–274. <https://doi.org/10.7225/toms.v11.n02.014> [in English].

9. **Sellberg, C., Nazari, Z., & Solberg, M.** (2024). Virtual Laboratories in STEM Higher Education: A Scoping Review. *Nordic Journal of Systematic Reviews in Education*, 2, 58–75. <https://doi.org/10.23865/njsre.v2.5766> [in English].

10. **Voloshynov, S. A., Zhuravlev, F. M., Riabukha, I. M., Smolets, V. V., & Popova, H. V.** (2021). Application of VR technologies in building future maritime specialists' professional competences. *CEUR Workshop Proceedings*, 2898, 68–79. Retrieved from: <https://ceur-ws.org/Vol-2898/paper03.pdf> [in English].



Отримано: 30.06.2025
Рекомендовано: 04.08.2025
Опубліковано: 25.09.2025