

IMPROVEMENT OF MARINE PROFESSIONAL TRAINING METHODS THROUGH THE INVOLVEMENT OF MODERN TECHNOLOGIES

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ МОРСЬКОЇ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ШЛЯХОМ ЗАЛУЧЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

O. Pipchenko, associate professor, DSc, **N. Konon**, lecturer, Ph.D. student

О. Д. Піпченко, доцент, д.т.н., **Н. М. Конон**, ст. викладач, аспірантка

National University "Odessa Maritime Academy", Ukraine

Національний Університет «Одеська Морська Академія», Україна

ABSTRACT

Present work is dedicated to examining the latest advancements in modeling and simulation, specifically their implementation in Maritime Education and Training (MET). The investigation emphasizes the application of progressive technologies like Extended Reality (XR) and computer simulations, as well as the integration of authentic data and scenarios into educational curricula. Moreover, this document critically evaluates the challenges and difficulties linked with the deployment of these technologies in MET, while also contemplating potential effects for the maritime sector. The paper delivers a thorough review of both the existing level of integration of simulation technologies in educational domains and the caliber of training for a variety of maritime operations. The document elucidates how these technologies can enhance the safety and efficiency of vessels in the maritime industry. In this regard, it also presents and discusses user feedback on the incorporation of Virtual Reality into teaching methodologies, based on the provided VR simulators. In conclusion, the paper suggests a concept for a multi-station vessel control simulator that could be further developed and refined.

Keywords: MET, XR, VR, extended reality, simulation, safety at sea, professional maritime training.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Ескалація інтенсивності глобалізації призвела до збільшення попиту як на економічну, так і на екологічну ефективність у сфері морського транспорту. Кульмінацією цього стало різке збільшення обсягів перевезених вантажів у поєднанні зі скороченням відповідних витрат. Огляд, проведений Конференцією ООН з торгівлі та розвитку (ЮНКТАД) [1], виявив переважно позитивну динаміку морської торгівлі за останнє десятиліття з коливаннями показників між 0,5 і 4,8%. Однак поява пандемії COVID-19 у 2020 році, яка спричинила хаос для світової економіки та порушила ланцюги поставок, попит і логістику, призвела до скорочення морської торгівлі на 3,8%. Незважаючи на цю невдачу, у 2021 році світова торгівля товарами зросла на 4,3%, що ненавмисно призвело до додаткового перевантаження портів і зниження надійності обслуговування. Водночас світовий торговельний флот зріс на 3%, загалом склавши 99 800 суден, що підвищує попит зайнятості у морському секторі.

З огляду на зростання попиту на працевлаштування у сфері морського транспорту, наявність достатньої кількості кваліфікованих моряків стало вирішальним фактором для належного ефективного функціонування морської галузі. Моряки зобов'язані постійно дотримуватися положень і розпоряджень, які стосуються підготовки, дипломування та безпеки на морі. Вони відіграють вирішальну роль у гарантуванні безпечної навігації суден у глобальному та мультикультурному середовищі, виконуючи безліч різноманітних

обов'язків для роботи світового морського торговельного флоту. Таким чином, морські професії регулюються відповідними міжнародними угодами на глобальному рівні. Міжнародна морська організація (ІМО) співпрацює з Міжнародною організацією праці (МОП) для створення нормативної бази, яка регулює освіту, підготовку, кваліфікацію, умови праці та безпеку моряків.

Враховуючи постійну еволюцію та трансформацію світової морської галузі, проблема освіти та дипломування моряків залишається актуальною та потребує. Це зумовлює необхідність відповідного вдосконалення існуючих педагогічних підходів і навчальних програм враховуючи досягнення сучасних технологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і виділення невирішених раніше частин загальної проблеми

В контексті сучасних підходів освіти на навчання, слід звернути особливу увагу на передові технології, такі як розширена реальність (XR) і комп'ютерне моделювання, які можуть бути ефективними для підвищення якості морської освіти й професійної підготовки. В навчальних програмах, розширена реальність в більшій мірі застосовується для формування готовності до промислових процесів та надзвичайних ситуацій, а також у охороні здоров'я, пожежогасінні й інших подібних сферах [2]. Таким чином, XR-підготовка продемонструвала позитивні результати в різних областях, таких як пожежна безпека [3], промислове обладнання [4], реабілітація [5] та хірургія [6, 7].

Морський сектор також сприяв розвитку XR, об'єднавши зусилля класифікаційних товариств, морських стартапів (Immerse) [8] та морської освіти та підготовки. Обмеження існуючих методів морської освіти та підготовки, таких як ресурси, навчальні матеріали, час та проблема безпеки, висвітлюються у [9]. Також було проведено дослідження присвячене порівнянню ефективності морської підготовки з використанням віртуальної реальності і симуляторів [10]. Незважаючи на результати, що свідчать про більший рівень занурення при управлінні судном через зорове сприйняття, моделі поведінки судна не вистачало точності. Ергономічні фактори, зокрема пропозиції щодо проектування робочих місць на суднових містках з використанням сценаріїв експлуатації, реконструйованих за допомогою віртуальної реальності, обговорюються у роботі [11]. Однак згадана концепція не враховує орієнтування у просторі на основі визначеної ролі в сценарії. Архітектура програми доповненої реальності (AR) для навігації в реальному часі у внутрішніх та прибережних водах з метою підвищення безпеки плавання, де моряки можуть долучитися до процесу збору даних, запропонована у дослідженні [12]. Незважаючи на те, що проведені тести підтвердили ефективність AR для представлення контенту в процесі навігації, підвищення професійних навичок моряків не є метою розглянутої програми. В результаті проведених досліджень [13-15] був впроваджений термін Immersive Safe Oceans Technologies (ISOT), який передбачає інтеграцію VR та AR-технологій у судноплавство. MarISOT (Maritime ISOT) складається з чотирьох VR-тренажерів: командного містка, машинного відділення, крана і модуля пожежної безпеки. Однак згадані тренажери не враховують взаємодію вказаних департаментів під час нормальної експлуатації судна, а також не враховують роль просторової обізнаності в освітньому процесі. Окрім того, слід зазначити, що завдяки впровадженню віртуальної реальності, сектор проектування суден також зазнає переваги. Вартість проектування системи комунікації може бути знижена за рахунок застосування VR-інструментів, що забезпечують достатній реалізм, оптимізацію користувацького досвіду і широку сумісність даних [16]. Стаття [17] присвячена застосуванню AR-технологій для дистанційного обслуговування автономних суден та надає короткий опис відповідних процедур усунення несправностей та обстеження обладнання з віддалених місць, а також методів підготовки екіпажу автономних суден у майбутньому.

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Метою даного дослідження є оцінка ефективності застосування сучасних досягнень у сфері моделювання і симуляції в галузі морської освіти та підготовки в контексті підвищення безпеки функціонування морського транспорту. Дане дослідження охоплює наступні завдання:

1) Огляд поточного ступеня інтеграції передових технологій в галузі освіти та навчання, таких як розширена реальність (XR) і комп'ютерне моделювання, а також включення реалістичних даних і сценаріїв у педагогічні програми.

2) Оцінка викликів та проблем, пов'язаних з розгортанням вищезазначених технологій у рамках морської освіти та навчання та обговорення потенційних ефектів для галузі. Стаття містить вичерпний огляд як поточного ступеня інтеграції технологій стимулювання в освітніх сферах, так і стандарту підготовки для різноманітних морських операцій.

3) Оцінка ефективності застосування розширеної реальності та симуляції в контексті підвищення безпеки експлуатації морського транспорту, базуючись на відгуках користувачів щодо інтеграції віртуальної реальності в педагогічні методики на основі наданих симуляторів VR.

Виклад матеріалу досліджень з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Розширена реальність (XR) охоплює різні технології, які змінюють або доповнюють реальність, яку ми сприймаємо. Деякі з цих технологій:

- Віртуальна реальність (VR), яка створює повністю імерсивне та імітоване середовище, яке замінює реальне.

- Доповнена реальність (AR), яка додає цифрові елементи або інформацію в реальне середовище, як правило, за допомогою камери смартфона або носимого пристрою.

- Змішана реальність (MR), яка поєднує VR та AR для створення гібридного середовища, де реальні та віртуальні об'єкти можуть взаємодіяти один з одним.

Ці технології мають ряд переваг перед традиційними методами навчання, наприклад:

- XR дозволяє слухачам відпрацьовувати складні процеси в безпечному і контрольованому середовищі, знижуючи ризики, пов'язані з традиційними методами навчання.

- XR реалістично моделює судові операції, щоб слухачі могли розвинути необхідні навички та знання для безпечного та ефективного виконання своїх обов'язків у реальних умовах.

- XR відкриває можливості для більш персоналізованого та захоплюючого навчання, включаючи реальні дані та сценарії в навчальні програми.

- У XR просторова обізнаність підвищується завдяки імерсивному відчуттю фізичної присутності у віртуальному середовищі, що може допомогти користувачеві краще розвинути навички ситуаційної обізнаності. XR також може дати відчуття присутності та емоційної участі, що може підвищити мотивацію та залученість користувачів.

- У деяких додатках XR усуває потребу в дорогому обладнанні, що призводить до значного зниження витрат на процес навчання.

Наприклад, моделювання реального швартовного обладнання при навчанні швартовним операціям для масштабів сучасного великого танкера або контейнеровоза практично неможливе і пов'язане з високими ризиками для слухачів. Однак XR може подолати це обмеження, створивши віртуальне середовище, що імітує реальні умови та завдання швартовних операцій.

З іншого боку, системи XR також створюють деякі проблеми, такі як:

- Використовуючи пристрій віртуальної реальності, користувач може бачити і чути імітований рух у VR-середовищі, але його тіло може не відчувати жодного відповідного руху, що може стати причиною таких симптомів, як нудота, запаморочення, головний біль та втома.

• Морська хвороба може вплинути на здатність користувача сприймати, продуктивність та результати навчання в системах XR.

В даному аспекті важливо розробити VR-системи, які можуть мінімізувати закачування та максимізувати комфорт користувача. Кілька робіт [18-20] вивчали фактори, що можливо сприяють закачуванню, а також методи зменшення закачування. Згідно з згаданими дослідженнями, зорово-вестибулярний конфлікт залежить від типу контенту (рухомого чи статичного), а дослідження, що порівнюють оброблені дані, показують, що це є основним фактором, що впливає на симптоми закачування. Таким чином, важливо не тільки забезпечити високоякісне моделювання простору, але і належним чином протестувати і налаштувати механіку взаємодії користувача з XR, наприклад, швидкість переміщення, обертання, яскравість і т. д.

Також слід зазначити, що технології розширеної реальності, зокрема віртуальна реальність, потенційно можуть стати дуже корисними для систем навчання. Однак, як і будь-яка інша технологія, вона має свої переваги та недоліки. Метою цього дослідження є визначення належного застосування передових технологій для досягнення необхідних цілей навчання та відповідності таким критеріям, як:

- ефективність – результатом навчання має бути досягнення запланованих цілей навчання.
- доступність – обсяг індивідуального доступу (при необхідності повторюваного) до всього навчального контенту та інструментів для кожного учня повинен бути максимальним.
- вартість – загальні капітальні та експлуатаційні витрати повинні бути настільки низькими, наскільки це практично можливо.
- безпека – умови навчання повинні бути настільки безпечними, наскільки це практично можливо.
- комфорт – умови навчання повинні бути виправдано комфортними.

У даній роботі буде розглянуто приклад підготовки з «Управління морськими ресурсами» з акцентом на структуру навчання з метою підвищення доступності та загальної структури багатостанційного тренажера, а також методи, спрямовані на підвищення комфорту користувача при використанні XR.

1. Практичний приклад: управління морськими ресурсами

Згідно зі статистикою EMSA за період з 2014 по 2020 рік, більше половини аварій (58,4%) були навігаційними, тобто контактом, посадкою на мілину, перекиданням і зіткненням з участю декількох суден. З цієї причини це дослідження в основному зосереджено на застосуванні цих технологій у навігаційних тренажерах. Найбільш критичні етапи роботи судна включають навігацію в зонах інтенсивного руху і обмежених водах (вузькі протоки, річки, канали, порти). У згаданих районах зазвичай здійснюються лоцманська провідка і буксирні операції, обов'язкові для переважної більшості відвідуючих їх суден. Близько 55% морських аварій трапляються у внутрішніх водах, особливо в портових районах. На підставі аналізу, проведеного в ході розслідувань, було зроблено висновок, що за той же період 89,5% інцидентів були пов'язані з помилковими діями людини. З точки зору людського фактора, то «рекомендації з безпеки» і «вжиті заходи» були в основному спрямовані на підготовку, навички та досвід всіх залучених сторін (50,8%) [21].

Міжнародна конвенція про підготовку, дипломування та несення вахти (STCW) встановлює глобальні вимоги до освіти та професійної підготовки моряків. Відповідно до вимог манільських поправок 2010 року, офіцери повинні бути обізнані про принципи управління ресурсами містка (Bridge Resource Management, BRM). Ця вимога може бути виконана завдяки проходженню затвердженого тренінгу з BRM або навчання на тренажері та демонстрації компетентності в цій області (Кодекс STCW з поправками, таблиця А-11/1) [22]. Конвенція ПДНВ також передбачає використання тренажерів для підготовки моряків у правилі I/12 «Використання тренажерів» і розділі А-I/12 «Стандарти, що визначають використання тренажерів», В-I/12 «Керівництво стосовно використання тренажерів Кодексу ПДНВ». Навчання з управління судном та управління ресурсами містка (BRM) має вирішальне значення для розвитку навичок та компетенцій членів команди містка, включаючи ситуаційну обізнаність, комунікацію, прийняття рішень, командну

роботу та лідерство. Для проведення курсів BRM зазвичай використовується звичайний повномасштабний навігаційний тренажер. Однак одним із обмежень підготовки з BRM на тренажері є відсутність реальної взаємодії між усіма залученими сторонами. Навіть якщо в рамках навчального сценарію було призначено лоцмана, управління буксиром часто відображається у вигляді вектору на дисплеї електронної карти або автоматично виконується тренажером. Дії швартовних команд зазвичай взагалі не розглядаються в більшості сучасних навчальних програм з BRM.

Ось чому розширене навчання з управління морськими ресурсами (Maritime Resource Management, MRM), в якому беруть участь оператори буксирів і, при необхідності, керівники швартовних бригад, може бути кращою альтернативою. Імітація взаємодії між містком судна, буксирами та швартовними командами могла б підвищити якість підготовки палубних офіцерів, лоцманів та капітанів буксирів. Крім того, імітація комунікації та координації з буксирами може покращити результати навчання членів команди містка та лоцманів, покращивши їх розуміння ролі та обмежень буксирів, а також власних обов'язків та очікувань. Вони також можуть практикуватися в реагуванні на аварійні ситуації з буксирами, такі як втрата потужності, обрив буксирного троса або зіткнення, і розвинути навички стійкості, такі як адаптивність, гнучкість та креативність, вирішуючи складні та динамічні ситуації, що вимагають роботи з буксирами.

Через характер обов'язків палубних офіцерів (усіх рівнів: від 3-го помічника до капітана) відсутність досвіду управління судном може стати серйозною проблемою для морської галузі. Палубні офіцери рідко управляють судном в обмежених водах, і на практиці, поки це роблять капітани, вони часто лише дотримуються команд лоцмана на стерно та у машинне відділення. Управління судном – складна і відповідальна задача, що вимагає високого рівня кваліфікації та досвіду. Без належної підготовки та досвіду палубним офіцерам може бути важко ефективно управляти суднами в складних обмежених умовах, що збільшує ризик інцидентів.

Для вирішення цієї проблеми важливо забезпечити адекватну підготовку для покращення навичок управління судном за допомогою поєднання різних підходів і методів, таких як програми для настільних комп'ютерів та веб-додатки, звичайні повномасштабні та VR навігаційні тренажери. Крім того, важливо враховувати просторову обізнаність, яка є важливою навичкою для морських операцій, оскільки дозволяє членам команди містка зберігати ситуаційну обізнаність, планувати і виконувати маневри, уникати зіткнень і забезпечити безпечне плавання. Просторову обізнаність можна розвивати та вдосконалювати за допомогою підготовки, особливо за допомогою тренажерів, які можуть забезпечити реалістичні імерсивні сценарії. Однак просторова обізнаність у VR-тренажерах та звичайних повномасштабних тренажерах відрізняються ступенем реалізму та імерсивності, які вони пропонують.

Наразі дистанційне навчання на основі інтернет-технологій широко використовується для навчання та професійної підготовки і демонструє не тільки високий рівень ефективності, але й позитивні відгуки студентів [23-26]. Тому важливо підкреслити, що для досягнення повного потенціалу навичок управління судном і BRM у ході навчання слід використовувати весь набір доступних технологій в наступному або взаємозамінному модульному порядку:

Етап 1. Теоретична підготовка за допомогою персоналізованого дистанційного навчання на основі інтернет-технологій.

Етап 2. Практичні заняття з використанням персоналізованих програм для настільних комп'ютерів та веб-додатків, у яких учні повинні виконувати чітко визначені вправи для відточування певних навичок (наприклад, маневрування на низькій швидкості, рух лагом, розворот на місці і т.д.).

Етап 3. Сесії питань і відповідей та розбори вправ з кваліфікованими інструкторами.

Етап 4. Підготовка з управління судном на повномасштабному або VR-тренажері під керівництвом кваліфікованого інструктора.

Етап 5. Підготовка з управління судном на повномасштабному тренажері або комбінованому багатостанційному VR-тренажері з управління судном із залученням усіх сторін (команда містка, лоцман, капітани буксирів).

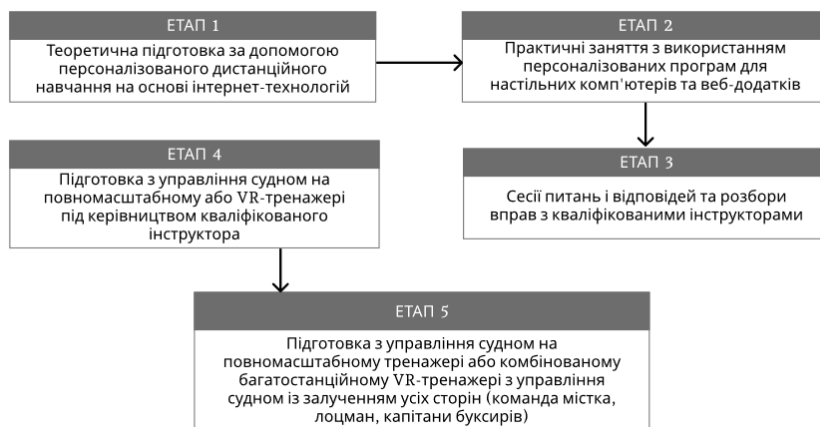


Рис. 1. Запропонований схематичний алгоритм розвитку навичок з управління судном і управління командою

Мета першого етапу (рис. 1) полягає в тому, щоб закласти основу для подальшого навчання. Доцільною та зручною була б можливість давати слухачам можливість вчитися у власному темпі та повертатися до певних матеріалів протягом або навіть після курсу. За такою схемою електронне навчання підходить найкраще.

Другий етап представляє те, чого зараз не вистачає сучасній схемі підготовки з управління судном. Його мета полягає в тому, щоб дати слухачам можливість відточувати свої практичні навички в їх власному темпі і працювати стільки часу, скільки їм потрібно, що можна зробити за допомогою WebGL, RDP (протокол віддаленого робочого столу) або аналогічних технологій. Маневрування суднами будь-якого розміру в режимі реального часу займає години, а відпрацювання маневрування – дні. Слухачі зазвичай не мають такої можливості у звичайному академічному середовищі.

Консультації та настанови спеціалістів в даній області (Subject Matter Expert, SME) необхідні на третьому етапі і повинні бути доступні протягом усього навчання.

Нестачу просторового сприйняття і того, що моряки називають «почуттям інерції судна», можна компенсувати за допомогою повномасштабного тренажера навігаційного містка, змішаної або віртуальної реальності (MR або VR) на етапі 4. Важливою особливістю є те, що у кожного слухача має бути можливість практикуватися індивідуально, що у випадку повномасштабного тренажера не є економічно ефективним. Однак використання невеликих MR-консоль або окремих бездротових VR-гарнітур з джойстиком є прийнятним варіантом через набагато меншу вартість і вимоги до простору.

П'ятий етап передбачає присутність всієї команди, де можна використовувати або комбінацію станцій XR-тренажера, або повномасштабні тренажери. Останній варіант є досить вимогливим з точки зору вартості і необхідного простору.

2. Основні результати та їх обговорення

Описаний вище підхід впроваджується авторами в НУ «Одеська морська академія» з використанням навчальних програм Learnmarine [27], пов'язаних з управлінням суднами і крановими операціями.

Етапи 1 і 2 реалізуються за допомогою LMS (система управління навчанням) як поєднання електронного навчання та технології WebGL. Слухачі мають доступ до навчального контенту протягом усього періоду навчання. Протягом цього періоду студенти повинні пройти тести з множинним вибором та виконати спеціально розроблені вправи у додатку WebGL, використовуючи свої персональні пристрої (як правило, ноутбук).

Етап 3 можна провести як у фізичному, так і у віртуальному класі за допомогою програмного забезпечення для відеоконференцій (наприклад, Zoom, MS Teams, GoogleMeet).

Етапи 4 та 5 вимагають фізичної присутності слухачів у навчальному центрі та відповідного обладнання. Далі буде обговорюватися структура багатостанційного тренажера

з висвітленням конкретних рішень і аналізом відгуків слухачів, пов'язаних з можливими випадками закачування.

2.1. Структура тренажера

Мультистанційний тренажер з управління судном матиме однакову структуру комунікації як для повномасштабного випадку, так і для випадку розширеної реальності (рис. 2):

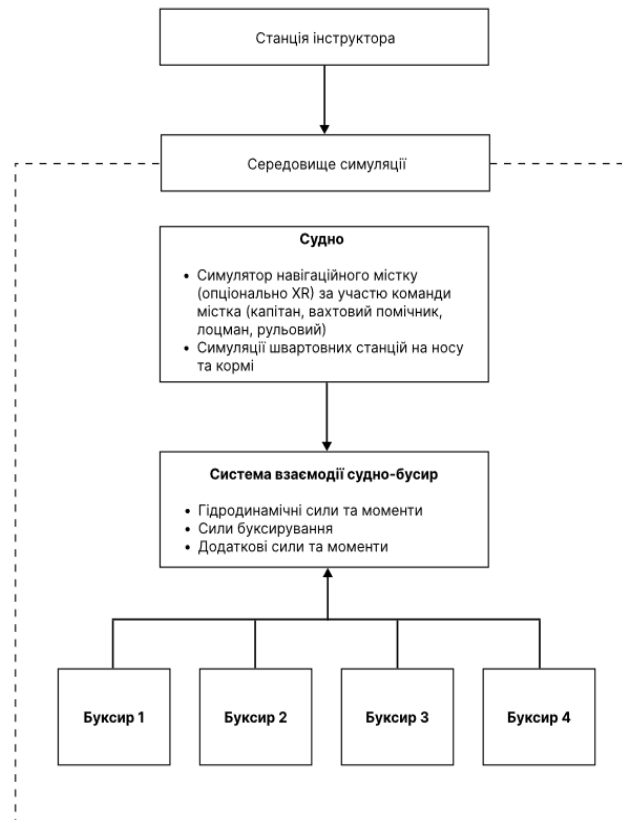


Рис. 2. Схема для роботи декількох суден

1) Інструктор є основним клієнтом, якому доручено почати вправу (створити середовище), а також контролювати зовнішні умови, дані слухачів і записи про дії. Крім того, інструктор має доступ до серверних даних;

2) Тренажер навігаційного містка – це простір всередині середовища, створений інструктором. До команди містка можуть підключитися до 4 користувачів. У цьому випадку судно відчуває взаємодію із зовнішніми умовами та супроводжуючими або буксирувальними суднами;

3) Опціонально можуть бути підключені 2 окремі станції, що представляють керівників команд носової і кормової швартовних станцій у відповідних віртуальних просторах.

4) Простори буксирних суден призначені для залучення капітанів буксирів у навчальний процес. У цьому прикладі всередині середовища може бути створено до 4 окремих просторів. Буксири взаємодіють з судном в залежності від поставленого завдання (супровід, штовхання, тяга або комбінація). Результатом взаємодії є реалістична поведінка декількох суден, що наближує сприйняття до реальної ситуації.

2.2. Міркування щодо ергономіки

2.2.1. Положення (стоячи або сидячи) і рух при роботі з VR-тренажером.

Немає однозначної відповіді на те, яке положення краще підходить для віртуальної реальності, оскільки це може залежати від контексту та цілей її застосування. Однак

існують деякі загальні рекомендації, які можна виділити на основі існуючих досліджень, такі як:

- Сидіння може бути більш зручним, безпечним і доступним для користувачів з обмеженою рухливістю, простором або часом для використання віртуальної реальності.
- Робота стоячи може бути більш захоплюючою, імерсивною та реалістичною для користувачів, які хочуть природним чином досліджувати віртуальне середовище або взаємодіяти з ним.

У процесі проектування були використані і протестовані обидва варіанти. Важливо відзначити, що навіть сидячи користувач все одно може віртуально переміщатися по сцені за допомогою так званої локомоції, іншими словами, використовуючи джойстики для переміщення, повороту або телепортації. Однак важливо обмежити швидкість руху, щоб мінімізувати ризик морської хвороби, і використовувати точки телепортації, де це доречно.

Хоча для додатків, що вимагають значного обсягу рухів і взаємодії з різними механізмами, таких як симулятор швартування (рис. 4), стояче положення в умовах віртуальної реальності забезпечує кращий рівень занурення.

Сидяче положення менш вимогливе до фізичних навантажень і може зменшити дискомфорт в ногах, ступнях і спині. Управління судном не вимагає багато пересувань, насправді більшість сучасних містків оснащені кріслами. Тому для членів команди містка як на головному судні, так і на буксирах було обрано сидяче положення.



Рис. 3. Варіанти тренажера ASD буксира в положенні сидячи і стоячи



Рис. 4. Тренажер швартовних операцій (Learnmarine)

2.2.2. VR-джойстики проти реалістичних маніпуляторів

Як видно з рис. 3, на етапі проектування тренажера ASD буксира використовувалися контролери обох типів. Розширене тестування показало, що для таких програм, як тренажер швартовних операцій або навіть тренажер з управління великим судном, для взаємодії з віртуальним середовищем, будь то компонент швартовної лебідки, штурвал корабля або судновий двигун, можуть використовуватися стандартні VR-джойстики (наприклад, MetaQuest 2). Це пов'язано з відносно повільною реакцією великого судна на зміни встановленого кута перекладки стерна або положення машинного телеграфу.

Управління буксиром або краном вимагає постійної взаємодії з контролерами, які ергономічно спроектовані для конкретних маніпуляторів. Розвиток рухової пам'яті на положення джойстиків і конкретних кнопок важливо, оскільки увага оператора повинна бути постійно зосереджена на тому, що коїться зовні. Це може бути або підвишений вантаж, або фактичне розташування буксира по відношенню до буксированого судна. Однак зазвичай цього важко досягти за допомогою джойстиків віртуальної реальності. Спроба змінити положення віртуального ASD-маніпулятора за допомогою джойстика вимагає візуального контакту з останнім (рис. 3, праве зображення). Тому використання спеціальних маніпуляторів стає критично важливим для забезпечення безпеки і успішного процесу підготовки.

При використанні маніпуляторів, специфічних для тренажера, з іншим периферійним обладнанням можна взаємодіяти за допомогою функції відстеження рук, яка доступна в сучасних гарнітурах (MetaQuest 2 і вище).

2.2.3. Тестування обладнання

Розробка багатостанційного тренажера почалася у 2020 році в рамках спільного проекту між ТССС НУ «Одеська Морська Академія» та Learnmarine і все ще триває. Нижче представлені результати апробації та тестування одного з доступних в даний час компонентів – симулятора буксира ASD.

Функціональність тренажера Learnmarine з управління буксиром ASD заснована на математичній моделі взаємодії суден, описаній у [29-31], і дозволяє проводити навчання роботи з буксирами та включає:

- управління рухом буксира ASD здійснюється як за допомогою миші, так і за допомогою контролерів розширеної реальності (XR) і азимутального підрулюючого пристрою;
- режими маневрування: лише буксир, супровід, буксировання, а також робота при швартуванні/відшвартування і відхід від причалу;
- контроль метеорологічних умов, а саме швидкості та напрямку вітру та течії, висоти та напрямку хвиль, а також видимості, часу доби та погодних умов;
- вибір точок кріплення буксирних тросів і контроль їх натягу;
- реалістичний сценарій і середовище моделювання, підтримувані математичним моделюванням динаміки судна з урахуванням особливостей остійності азимутальних буксирів.

У 2021-2022 роках морякам, які проходили курси підготовки в Одеському Морському Тренажерному Центрі, було запропоновано оцінити якість і реалістичність симуляторів віртуальної реальності. Із загального числа студентів на запрошення відгукнулися 110 добровольців. Більшість учасників мали значний досвід роботи на морі, в середньому 21,7 року загалом та 9,5 років у званні. Відгуки цих учасників дали цінну інформацію про сильні та слабкі сторони тренажера, а також про їх реакцію на середовище віртуальної реальності.

Узагальнені результати анкетування, заповненого кожним учасником, представлені на рисунку 5. Як можна помітити з результатів опитування, більше 80% погодилися з тим, що віртуальна реальність забезпечує більш реалістичний досвід навчання. 70% позитивно відповіли на питання про актуальність такого роду навчання в контексті морської галузі. Близько 79% рекомендували б використовувати віртуальну реальність у морській освіті.

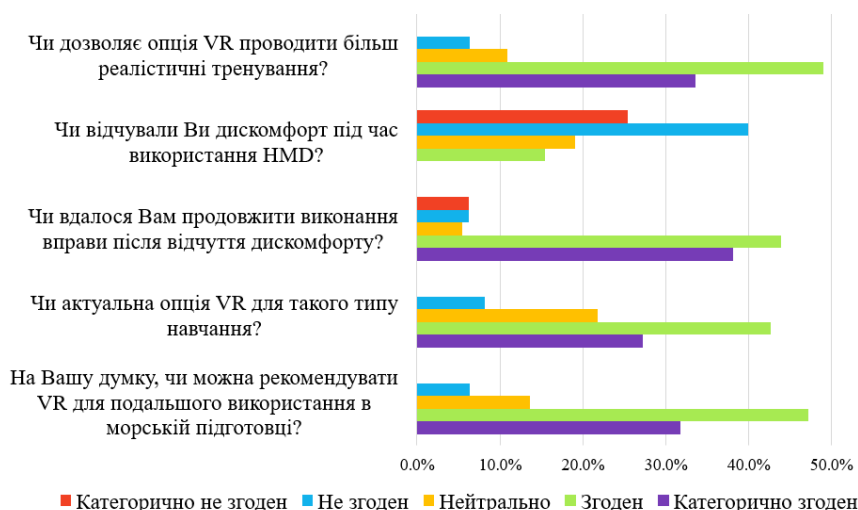


Рис. 5. Результати анкетування про досвід використання віртуальної реальності для навчання

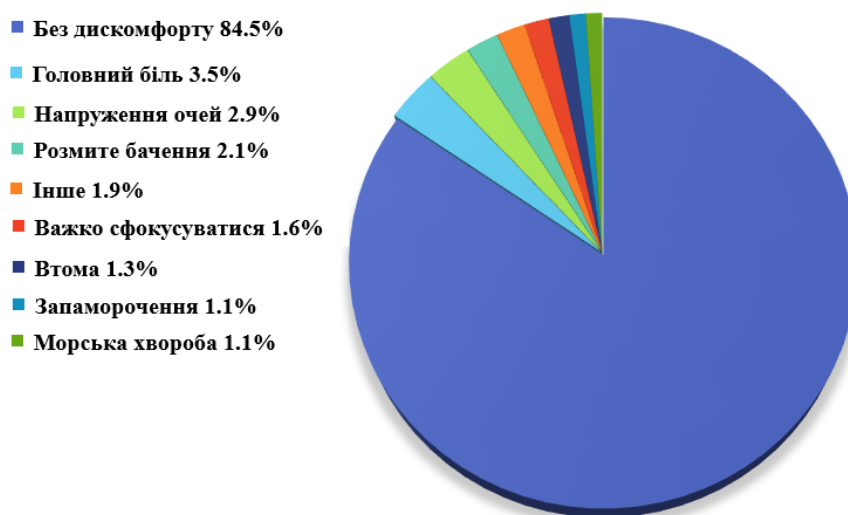


Рис. 6. Типи дискомфорту (симптомів), що відчуються при використанні віртуальної реальності

Із загальної кількості 110 добровольців приблизно 17 осіб відчували дискомфорт під час виконання вправи, а двом було важко продовжувати. Цих добровольців попросили описати тип дискомфорту, який вони відчули (рис. 6). Слід зазначити, що список повідомлених симптомів відповідає найпоширенішим симптомам, виявленим у відповідних дослідженнях [32-34].

Висновки і перспектива подальшої роботи по даному напрямку

Дане дослідження підкреслює перетворювальний потенціал сучасних технологій моделювання, з особливим акцентом на розширеній реальності (XR) у покращенні морської освіти та навчання (МЕТ). Зростаючі вимоги морського сектору до досвідчених моряків у поєднанні з перешкодами, властивими звичайним методологіям навчання, підкреслюють необхідність винахідницьких рішень.

Дослідження з'ясує переваги технологій XR, що охоплюють віртуальну реальність (VR) і доповнену реальність (AR), а також інтернет-платформи для створення захоплюючих і безпечних навчальних середовищ. Ці технології пропонують відмінні переваги, такі як автентичне моделювання, індивідуальний досвід навчання, розширене пізнання простору та підвищене занурення до симуляційного середовища.

Запропонована структура навчання окреслює багаторівневий підхід, який охоплює процес від теоретичного електронного навчання до комплексного XR моделювання. Практичні застосування, на прикладі симулятора керування буксиром ASD від Learnmarine, свідчать про ефективність XR у вдосконаленні навичок маневрування судном і покращенні управління морськими ресурсами.

Визнаючи потенційну небезпеку небажаних симптомів та інших ускладнень, пов'язаних із XR, слід також наголосити на важливості оптимізації графіки, враховуючи ергономіку та гарантуючи комфорт користувача.

Оскільки технологія наполегливо формує морську сферу, включення XR у практику MET відкриває більш широкі перспективи для організації якісної та ефективної підготовки кадрів у галузі.

Подяка

Ми хотіли б подякувати команді Learnmarine за надання необхідних наукових та технічних даних для проведення поточного дослідження.

ЛІТЕРАТУРА

1. UNCTAD (2021). Review of Maritime Transport 2021 (United Nations publication. Sales No. E.21.II.D.21. New York and Geneva.
2. Renganayagalu S., Mallam S. and Nazir S., “Effectiveness of VR Head Mounted Displays in Professional Training: A Systematic Review,” *Technol. Knowl. Learn.* 2021, pp (1–43).
3. Rahmalan H. et al., “Development of Virtual Reality Training for Fire Safety Education,” *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 2020, 9(4), pp. 5906 – 5912.
4. Cassola F., Pinto M., Mendes D., Morgado L., Coelho A. and Paredes H., “Immersive Authoring of Virtual Reality Training,” in *Conference Proceedings: 2021 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops*, March 2021. DOI: 10.1109/VRW52623.2021.00199
5. Afridi A., Malik A.N., Tariq H. and Rathore F.A., “The emerging role of virtual reality training in rehabilitation,” *Journal of the Pakistan Medical Association* 2022, 72(1). DOI: 10.47391/JPMA.22-006
6. Gawecki W., Wegrzyniak M., Mickiewicz P., Gawłowska M.B., Talar M. and Wierzbicka M., “The Impact of Virtual Reality Training on the Quality of Real Antromastoidectomy Performance,” *J. Clin. Med.*, 2020, 9, 3197. DOI: 10.3390/jcm9103197
7. Schreuder, HWR. Hospital Healthcare Europe 2014. Edition: 2014. Chapter: Theatre & Surgery. Publisher: Cogora Limited.
8. Markopoulos E., Lauronen J., Luimula M., Lehto P., Laukkanen S., “Maritime Safety Education with VR Technology (MarSEVR),” In *Proceedings of the 2019 10th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*, Naples, Italy, 23–25 October 2019.
9. Bi Y., Zhao Z., “Application of VR Virtual Reality in Navigation Teaching,” In *J. Phys.: Conf. Ser.* 2020. DOI:10.1088/1742-6596/1648/3/032156
10. Leder R., Laudan M., “Comparing a VR Ship Simulator Using an HMD With a Commercial Ship Handling Simulator in a CAVE Setup,” In *23rd International Conference on Harbour, Maritime & Multimodal Logistics Modeling & Simulation*, September 2021. DOI: 10.46354/i3m.2021.hms.001

11. Aylward K., Dahlman J., Nordby K., Lundh M., “Using Operational Scenarios in a Virtual Reality Enhanced Design Process,” *Educ. Sci.*, 2021, 11, 448. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci11080448>
12. Templin T., Popielarczyk D., Gryszko M., “Using Augmented and Virtual Reality (AR/VR) to Support Safe Navigation on Inland and Coastal Water Zones,” *Remote Sens.* 2022, 14, 1520. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14061520>
13. Markopoulos E., Markopoulos P., Laivuori N., Moridis C., Luimula M., “Finger tracking and hand recognition technologies in virtual reality maritime safety training applications,” In *Conference: 11th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications*, 2020. DOI: 10.1109/CogInfoCom50765.2020.9237915
14. Markopoulos E., Luimula M., “Immersive Safe Oceans Technology: Developing Virtual Onboard Training Episodes for Maritime Safety,” *Future Internet*, 2020, 12, 80.
15. Markopoulos E., Kirane I.S., Piper C., Vanharanta H., “Green ocean strategy: Democratizing business knowledge for sustainable growth,” *Advances in Intelligent Systems and Computing*, Springer Science and Business Media: Berlin, Germany, 2019, 1026, pp. 115–125.
16. Spencer R., Byrne J., Houghton P., “The Future of Ship Design: Collaboration in Virtual Reality,” *Project: Design Collaboration for Megastructures*, 2019, pp. 500-504.
17. Vakil S.S., “Application of Augmented Reality (AR) / Virtual Reality (VR) Technology for Remote Maintenance of Autonomous Ships,” In *Proceedings IAMU AGA21*, Alexandria, Egypt, 2021, pp. 239-248.
18. Won J.-h., Kim Y.S., “A Study on Visually Induced VR Reduction Method for Virtual Reality Sickness,” *Appl. Sci.* 2021, 11, 6339. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11146339>
19. Saredakis D., Szpak A., Birckhead B., Keage H., Rizzo A., Loetscher T., “Factors Associated with Virtual Reality Sickness in Head-Mounted Displays: A Systematic Review and Meta-Analysis,” *Front. Hum. Neurosci.* 2020, 14:96. DOI: 10.3389/fnhum.2020.00096
20. Chang E., Kimb T.H., Yoo B., “Virtual Reality Sickness: A Review of Causes and Measurements,” *International journal of human-computer interaction* 2020, 36(17), pp. 1658–1682. DOI: <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1778351>
21. EMSA, *Annual overview of marine casualties and incidents*. European Maritime Safety Agency, 2021.
22. *International convention on standards of training, certification and watchkeeping for seafarers (STCW)*. IMO: London, 2016.
23. Pipchenko O.D., Kovtunenکو D., “A suggestion of an application of blended learning in MET through a harmonized STCW model,” *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 2020, 14(3), pp. 545-548. DOI:10.12716/1001.14.03.04.
24. Konon N., “Prospects for modern maritime education and training practices in terms of distance learning,” *Shipping & Navigation*, 2022, 33(1), pp. 54–66, DOI: 10.31653/2306-5761.33.2022.54-66.
25. Abercrombie J., “Seafarer Training in the Age of Autonomy,” In: *Bauk, S., Ilčev, S.D. (eds) The 1st International Conference on Maritime Education and Development*. Springer, Cham., 2021. DOI: 10.1007/978-3-030-64088-0_14
26. Vasiljević D., Vasiljević J., Ribarić B., “Artificial Neural Networks in Creating Intelligent Distance Learning Systems,” In: *Bauk, S., Ilčev, S.D. (eds) The 1st International Conference on Maritime Education and Development*. Springer, Cham., 2021. DOI: 10.1007/978-3-030-64088-0_18

27. Learnmarine [Online]. Available: <https://learnmarine.com>
28. Meta Quest – Testing and Performance Analysis [Online]. Available: <https://developer.oculus.com/documentation/unity/unity-perf/>
29. Pipchenko O. D., “Mathematical modelling of operation of the tug equipped with azimuthal thrusters,” *Shipbuilding* 2017, 2, pp. 13-19. DOI 10.15589/jnn20170202
30. Pipchenko O.D., *Development of theory and practice for the risk management of complex navigational tasks*. D.Sc. Thesis. Odessa, 2021, pp. 161-169. [Online]. Available: <https://www.onma.edu.ua/wp-content/uploads/2016/09/Dyssertatsyya-Pypchenko-pechat.pdf>
31. Pipchenko O.D., Tsymbal M., Shevchenko V., “Features of an ultra-large container ship mathematical model adjustment based on the results of sea trials,” *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* 2020, 14(1), pp. 163-170. DOI:10.12716/1001.14.01.20
32. Singla A., Guring S., Keller D., Ramachandra Rao R. R., Fremerey S., Raake A. “Assessment of the Simulator Sickness Questionnaire for Omnidirectional Videos,” In *2021 IEEE Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. <https://doi.org/10.1109/vr50410.2021.00041>
33. Pedram S., Palmisano S., Miellet S., Farrelly M., Perez P., “Influence of age and industry experience on learning experiences and outcomes in virtual reality mines rescue training,” *Frontiers in Virtual Reality*, 3, 2022. <https://doi.org/10.3389/frvir.2022.941225>
34. Huygelier H., Schraepen B., van Ee R., VandenAbeelee V., Gillebert C. R., “Acceptance of immersive head-mounted virtual reality in older adults,” *Scientific Reports*, 9(1), 2019. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41200-6>

REFERENCES

1. UNCTAD (2021). Review of Maritime Transport 2021 (United Nations publication. Sales No. E.21.II.D.21. New York and Geneva.
2. Renganayagalu S., Mallam S. and Nazir S., “Effectiveness of VR Head Mounted Displays in Professional Training: A Systematic Review,” *Technol. Knowl. Learn.* 2021, pp (1–43).
3. Rahmalan H. et al., “Development of Virtual Reality Training for Fire Safety Education,” *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 2020, 9(4), pp. 5906 – 5912.
4. Cassola F., Pinto M., Mendes D., Morgado L., Coelho A. and Paredes H., “Immersive Authoring of Virtual Reality Training,” in *Conference Proceedings: 2021 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops*, March 2021. DOI: 10.1109/VRW52623.2021.00199
5. Afridi A., Malik A.N., Tariq H. and Rathore F.A., “The emerging role of virtual reality training in rehabilitation,” *Journal of the Pakistan Medical Association* 2022, 72(1). DOI: 10.47391/JPMA.22-006
6. Gawecki W., Wegrzyniak M., Mickiewicz P., Gawłowska M.B., Talar M. and Wierzbicka M., “The Impact of Virtual Reality Training on the Quality of Real Antromastoidectomy Performance,” *J. Clin. Med.* 2020, 9, 3197. DOI: 10.3390/jcm9103197
7. Schreuder, HWR. Hospital Healthcare Europe 2014. Edition: 2014. Chapter: Theatre & Surgery. Publisher: Cogora Limited.
8. Markopoulos E., Lauronen J., Luimula M., Lehto P., Laukkanen S., “Maritime Safety Education with VR Technology (MarSEVR),” In *Proceedings of the 2019 10th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*, Naples, Italy, 23–25 October 2019.

9. Bi Y., Zhao Z., “Application of VR Virtual Reality in Navigation Teaching,” In *J. Phys.: Conf. Ser.* 2020. DOI:10.1088/1742-6596/1648/3/032156
10. Leder R., Laudan M., “Comparing a VR Ship Simulator Using an HMD With a Commercial Ship Handling Simulator in a CAVE Setup,” In *23rd International Conference on Harbour, Maritime & Multimodal Logistics Modeling & Simulation*, September 2021. DOI: 10.46354/i3m.2021.hms.001
11. Aylward K., Dahlman J., Nordby K., Lundh M., “Using Operational Scenarios in a Virtual Reality Enhanced Design Process,” *Educ. Sci.*, 2021, 11, 448. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci11080448>
12. Templin T., Popielarczyk D., Gryszko M., “Using Augmented and Virtual Reality (AR/VR) to Support Safe Navigation on Inland and Coastal Water Zones,” *Remote Sens.* 2022, 14, 1520. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14061520>
13. Markopoulos E., Markopoulos P., Laivuori N., Moridis C., Luimula M., “Finger tracking and hand recognition technologies in virtual reality maritime safety training applications,” In *Conference: 11th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications*, 2020. DOI: 10.1109/CogInfoCom50765.2020.9237915
14. Markopoulos E., Luimula M., “Immersive Safe Oceans Technology: Developing Virtual Onboard Training Episodes for Maritime Safety,” *Future Internet*, 2020, 12, 80.
15. Markopoulos E., Kirane I.S., Piper C., Vanharanta H., “Green ocean strategy: Democratizing business knowledge for sustainable growth,” *Advances in Intelligent Systems and Computing*, Springer Science and Business Media: Berlin, Germany, 2019, 1026, pp. 115–125.
16. Spencer R., Byrne J., Houghton P., “The Future of Ship Design: Collaboration in Virtual Reality,” *Project: Design Collaboration for Megastructures*, 2019, pp. 500-504.
17. Vakil S.S., “Application of Augmented Reality (AR) / Virtual Reality (VR) Technology for Remote Maintenance of Autonomous Ships,” In *Proceedings IAMU AGA21*, Alexandria, Egypt, 2021, pp. 239-248.
18. Won J.-h., Kim Y.S., “A Study on Visually Induced VR Reduction Method for Virtual Reality Sickness,” *Appl. Sci.* 2021, 11, 6339. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11146339>
19. Saredakis D., Szpak A., Birckhead B., Keage H., Rizzo A., Loetscher T., “Factors Associated with Virtual Reality Sickness in Head-Mounted Displays: A Systematic Review and Meta-Analysis,” *Front. Hum. Neurosci.* 2020, 14:96. DOI: 10.3389/fnhum.2020.00096
20. Chang E., Kimb T.H., Yoo B., “Virtual Reality Sickness: A Review of Causes and Measurements,” *International journal of human-computer interaction* 2020, 36(17), pp. 1658–1682. DOI: <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1778351>
21. EMSA, *Annual overview of marine casualties and incidents*. European Maritime Safety Agency, 2021.
22. *International convention on standards of training, certification and watchkeeping for seafarers (STCW)*. IMO: London, 2016.
23. Pipchenko O.D., Kovtunenکو D., “A suggestion of an application of blended learning in MET through a harmonized STCW model,” *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 2020, 14(3), pp. 545-548. DOI:10.12716/1001.14.03.04.
24. Konon N., “Prospects for modern maritime education and training practices in terms of distance learning,” *Shipping & Navigation*, 2022, 33(1), pp. 54–66, DOI: 10.31653/2306-5761.33.2022.54-66.

25. Abercrombie J., “Seafarer Training in the Age of Autonomy,” *In: Bauk, S., Ilčev, S.D. (eds) The 1st International Conference on Maritime Education and Development*. Springer, Cham., 2021. DOI: 10.1007/978-3-030-64088-0_14
26. Vasiljević D., Vasiljević J., Ribarić B., “Artificial Neural Networks in Creating Intelligent Distance Learning Systems,” *In: Bauk, S., Ilčev, S.D. (eds) The 1st International Conference on Maritime Education and Development*. Springer, Cham., 2021. DOI: 10.1007/978-3-030-64088-0_18
27. Learnmarine [Online]. Available: <https://learnmarine.com>
28. Meta Quest – Testing and Performance Analysis [Online]. Available: <https://developer.oculus.com/documentation/unity/unity-perf/>
29. Pipchenko O. D., “Mathematical modelling of operation of the tug equipped with azimuthal thrusters,” *Shipbuilding* 2017, 2, pp. 13-19. DOI 10.15589/jnn20170202
30. Pipchenko O.D., *Development of theory and practice for the risk management of complex navigational tasks*. D.Sc. Thesis. Odessa, 2021, pp. 161-169. [Online]. Available: <https://www.onma.edu.ua/wp-content/uploads/2016/09/DySSERTatsyya-Pypchenko-pechat.pdf>
31. Pipchenko O.D., Tsymbal M., Shevchenko V., “Features of an ultra-large container ship mathematical model adjustment based on the results of sea trials,” *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* 2020, 14(1), pp. 163-170. DOI:10.12716/1001.14.01.20
32. Singla A., Guring S., Keller D., Ramachandra Rao R. R., Fremerey S., Raake A. “Assessment of the Simulator Sickness Questionnaire for Omnidirectional Videos,” *In 2021 IEEE Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. <https://doi.org/10.1109/vr50410.2021.00041>
33. Pedram S., Palmisano S., Miellet S., Farrelly M., Perez P., “Influence of age and industry experience on learning experiences and outcomes in virtual reality mines rescue training,” *Frontiers in Virtual Reality*, 3, 2022. <https://doi.org/10.3389/frvir.2022.941225>
34. Huygelier H., Schraepen B., van Ee R., VandenAbeelee V., Gillebert C. R., “Acceptance of immersive head-mounted virtual reality in older adults,” *Scientific Reports*, 9(1), 2019. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41200-6>