

Калініченко Є.В., Томчаковський Г.Г., Оберто Сантана Л.Е., Калініченко Г.Є.

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ НА ЯКІСТЬ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ СУДНОВОДІЇВ

У цій статті розглядається актуальна проблема використання технологій віртуальної реальності (VR) у системі професійної підготовки судноводіїв. Метою дослідження є комплексний аналіз потенціалу і перспектив застосування VR у морській освіті для підвищення якості та ефективності навчального процесу. Актуальність теми зумовлена стрімким технологічним розвитком морської галузі та необхідністю модернізації системи підготовки кадрів відповідно до сучасних вимог. У роботі проаналізовано поточний стан системи освіти судноводіїв та виявлено дефіцит практико-орієнтованої складової навчання, що призводить до нестачі прикладних компетенцій у випускників. Розкрито специфіку та ключові можливості освітніх технологій VR, їх потенціал для вирішення наявних проблем якості професійної підготовки моряків. Зокрема, наголошено на здатності VR суттєво розширювати можливості для моделювання різноманітних професійних ситуацій і відпрацювання практичних навичок. Проаналізовано конкретний досвід впровадження VR у систему освіти судноводіїв. Результати досліджень демонструють підвищення мотивації, залученості учнів, якості та швидкості формування професійних компетенцій на 15-25% порівняно з традиційними методами. Відзначено позитивний вплив VR на розвиток когнітивних здібностей. Водночас виявлено низку бар'єрів на шляху масштабної інтеграції VR у морську освіту: значні початкові інвестиції, складність вбудовування в усталену освітню інфраструктуру, потенційні ризики для здоров'я користувачів. Наголошено на необхідності подальшої науково-практичної роботи для їх подолання. У статті окреслено перспективні напрями розвитку технологій VR у контексті оптимізації системи професійної освіти судноводіїв. Підкреслено важливість розширення спектра освітніх VR-модулів, створення комплексних середовищ імітації, реалізації гібридних систем навчання, що поєднують класичні методи та VR. Відзначено потребу в нарощуванні експериментальної бази вивчення ефективності VR. Загалом, проведене дослідження демонструє значний потенціал технологій віртуальної реальності для якісної модернізації професійної підготовки судноводіїв відповідно до вимог високотехнологічної морської галузі. Впровадження VR здатне суттєво оптимізувати освітній процес за умови виваженої інтеграції з традиційними формами навчання.

Ключові слова: *віртуальна реальність, морська освіта, професійна підготовка, судноводії, компетенції, практико-орієнтованість, імерсивні технології, інновації в освіті, тренажери, моделювання, комп'ютерні симуляції.*

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку морської галузі характеризується активною технологічною модернізацією світового флоту на основі впровадження цифрових та інформаційних технологій. Судна оснащуються високотехнологічними автоматизованими системами навігації та управління, комплексною автоматикою, що дають змогу значно підвищити ефективність і безпеку морських операцій. Згідно зі звітом огляду морського ринку праці [1], сучасні судна являють собою плаваючі інформаційні системи, насичені електронними датчиками, приладами, обчислювальними потужностями, програмними комплексами обробки інформації. При цьому частка автоматизації багатьох базових функцій і процесів на такому флоті становить уже понад 50% і продовжує наростати. Якісна зміна технологічного рівня морської діяльності викликає закономірну трансформацію структури затребуваних професійних компетенцій у фахівців галузі. Насамперед це стосується судноводійського складу, від

кваліфікації якого безпосередньо залежать показники безпеки та ефективності експлуатації флоту. Сучасні судна вимагають від судноводіїв не тільки традиційних навичок безпосереднього ручного управління, а й глибоких знань принципів роботи високотехнологічних інтегрованих систем, вміння ефективно використовувати інформацію від численних цифрових датчиків і приладів для ухвалення обґрунтованих рішень. Також на перший план виходять вимоги щодо підготовки в галузі цифрових та інформаційних технологій. Судноводій багато в чому виконує роль оператора складних автоматизованих комплексів. Від його здатності грамотно налаштувати їхню роботу, відстежувати показники і розпізнавати проблеми, ухвалювати рішення щодо коригування алгоритмів управління багато в чому залежить результативність і безпека рейсу. У зазначеному контексті володіння кадрами цифрових технологій є однією з найважливіших вимог для судноводіїв. Однак наявна система професійної підготовки цієї категорії фахівців є багато в чому успадкованою від епохи традиційних "аналогових" суден і не відповідає повною мірою сучасним завданням. Про це, зокрема, свідчить збереження домінуючої частки помилок через "людський фактор" у структурі причин морських аварій, незважаючи на активну автоматизацію процесів судноводіння. Під час підготовки кадрів не приділяється належної уваги відпрацюванню взаємодії з інтелектуальними інформаційно-керуючими комплексами на основі використання цифрових даних. Це зумовлює необхідність модернізації системи освітніх програм для судноводіїв відповідно до нового технологічного рівня галузі. При цьому має критично важливий характер питання практико-орієнтованості оновленої системи підготовки кадрів. Недостатність прикладних навичок, затребуваних для вирішення реальних професійних завдань на високотехнологічних суднах, може звести нанівець усі інші досягнення щодо теоретичної кваліфікації судноводіїв. Ключем до ефективного освітнього процесу в морській сфері є забезпечення гармонійного балансу академічної підготовки та розширених можливостей із моделювання виробничих операцій і позаштатних ситуацій з метою напрацювання і закріплення необхідних практичних навичок у студентів [2]. Саме цей аспект має стати одним із головних векторів модернізації системи освіти судноводіїв.

Мета даної роботи полягає в комплексному аналізі потенціалу і перспектив застосування технологій віртуальної реальності в системі професійної підготовки та підвищення кваліфікації морських фахівців, особливо судноводіїв. Розкриття цієї мети передбачає поетапне вирішення таких завдань: аналіз поточного стану системи освіти та основних дефіцитів у частині забезпечення відповідності кваліфікації випускників запитам сучасного морського флоту; дослідження специфіки та ключових можливостей освітніх технологій віртуальної реальності, потенціалу їх використання для вирішення наявних проблем якості професійної підготовки моряків; аналіз ефективності, переваг та обмежень впровадження VR у систему освіти судноводіїв на основі вивчення конкретного практичного досвіду; формування перспективних напрямів подальшого розвитку розглядуваних освітніх технологій у сфері підготовки кадрів морського транспорту. Методологічно під час дослідження застосовувалися методи аналізу науково-практичних публікацій з проблематики, порівняльного і системного аналізу.

Основна частина. Дефіцит практичних компетенцій і навичок у випускників за спеціальністю "судноводіння". Згідно з даними досліджень [3], у структурі причин морських аварій домінуючою залишається частка помилок, пов'язаних із "людським фактором", яка не має тенденції до зниження впродовж останніх десяти років. Приблизно 2/3 із загального числа причин припадає безпосередньо на недоліки в роботі командного складу суден. Значна частина всіх аварій та інцидентів на морі була спричинена саме недостатнім рівнем практичних навичок і професійної підготовки судових екіпажів [4]. Безпосередньою причиною в переважній більшості випадків стають помилки вахтових помічників і навігаційної команди містка. Це може бути пов'язано як з дефектами теоретичного навчання, так і з недостатнім практичним досвідом дій у позаштатних небезпечних ситуаціях. Такі прогалини складаються ще на етапі навчання в профільних освітніх закладах через недосконалість застосовуваних педагогічних методик і технологій. Дослідження також вказують на системність проблеми нестачі прикладних компетенцій у молодих фахівців судноводійського профілю [5,6]. Фіксується різке

погіршення показників аварійності на судах у разі збільшення у складі екіпажів частки молодих вахтових помічників зі стажем менше 3-х років. При цьому найбільша кількість інцидентів припадає якраз на помилки, пов'язані з некваліфікованими діями з безпосереднього керування судном та оцінки навігаційної обстановки.

Для заповнення подібних прогалин судноплавним компаніям доводиться проводити додаткове навчання і тренування вже прийнятих на роботу судноводіїв, що спричиняє істотні фінансові та часові витрати, підвищує ризики на початковому етапі. При цьому навіть поглиблена перепідготовка не завжди призводить до належного результату, оскільки низка важливих практичних навичок набагато ефективніше відпрацьовується саме на початковому етапі професійної підготовки [8]. Дана обставина визначає високу значущість комплексного розв'язання окресленої проблеми недостатності практико-орієнтованого навчання судноводіїв на інституційному рівні.

Обмеження традиційних методів і технологій навчання з точки зору сучасних завдань. Традиційна модель професійної підготовки судноводіїв, як правило, базується на поєднанні теоретичних курсів і практики на реально діючому обладнанні або його фізичних макетах. Однак така система не здатна повною мірою забезпечити набуття всього спектра затребуваних галуззю прикладних навичок через фізичні обмеження об'єктів навчання, неможливість моделювання небезпечних режимів експлуатації обладнання, високу вартість використання реальних суден як навчальних полігонів і низку інших причин.

Найпоширенішою формою практичної підготовки судноводіїв є симулятори і стенди-тренажери навігаційного обладнання (рис.1). Однак навіть найсучасніші та високотехнологічні комплекси мають об'єктивні обмеження в плані реалістичності модельованих сценаріїв, відсутності повноцінної фізики процесів управління, складності адаптації під нові технічні засоби та умови [2].



Рисунок 1 – Навігаційний тренажер Transas NT – 5000 Pro, ОНМУ

Вдосконалення процесу практичної підготовки завдяки новим технологіям моделювання, що дають змогу на якісно іншому рівні забезпечувати набуття затребуваного набору прикладних навичок у судноводіїв, належить до пріоритетних завдань галузі в освітній сфері. Від ефективності його вирішення безпосередньо залежать показники аварійності на флоті та низка ключових техніко-економічних результатів морської діяльності.

Концепція використання технологій віртуальної реальності в освіті. Технології віртуальної реальності (VR) належать до перспективних інструментів програмного моделювання та візуалізації, що дають змогу за допомогою засобів обчислювальної техніки реконструювати 3D-моделі реального світу і занурювати користувача в їхній цифровий простір [10]. Вони являють собою комплекс апаратних (шоломи й окуляри VR, трекінгові системи,

контролери) і програмних (спеціальні графічні рушії) засобів (рис. 2), робота яких спрямована на імітацію фізичної присутності та взаємодії людини з віртуальним середовищем.



Рисунок 2 – VR обладнання та програмне забезпечення

Специфікою VR є високотехнологічна імітація фізичних впливів на органи чуття користувача за допомогою оптико-електронних пристроїв відображення, елементів тактильного і силового зворотного зв'язку, просторового позиціонування, а також акустичних ефектів. Це дає змогу створювати ілюзію занурення в альтернативну реальність на нейрофізіологічному рівні сприйняття, викликаючи у користувача максимально реалістичне відчуття власної присутності у віртуальному 3D-середовищі.

У питанні застосування технологій VR в освітній сфері вони володіють таким ключовим спектром можливостей:

- гнучке програмне моделювання практично необмеженого розмаїття умов професійної діяльності, навчальних завдань і ситуацій з різними сценаріями розвитку;

- деталізована 3D-візуалізація та наочне представлення складних, абстрактних або принципово неможливих для спостереження в умовах реального фізичного простору процесів і явищ;

- безпечне на індивідуальному рівні відпрацювання необхідної тактики дій та операційних навичок стосовно заданого професійного контексту, зокрема й в умовах модельованих небезпечних, екстремальних та аварійних ситуацій;

- формування глибокої емоційної, когнітивної та поведінкової залученості студентів у навчальний процес завдяки ефекту суб'єктивної присутності у віртуальному світі, що виникає на психофізіологічному рівні.

В контексті застосування у сфері професійної освіти, зокрема для підготовки судноводіїв, принциповою перевагою технологій VR є можливість багаторазово розширити практико-орієнтовану складову освітнього процесу. Це досягається завдяки створенню високореалістичних тривимірних імерсивних моделей ключових для цієї професії технічних об'єктів, середовищ і ситуацій, а також забезпеченню можливості відпрацювання широкого спектра практичних дій і операційних умінь того, хто навчається, в рамках таких VR-симуляцій. Такий підхід радикально відрізняється від традиційних методів підготовки, що базуються на використанні посібників, описах, макетах, де відсутній ефект реальної присутності.

Впровадження технологій віртуальної реальності в процес професійної підготовки судноводіїв за даними низки досліджень [5,6,11,12] чинить безпосередній виражений

позитивний вплив на цілий спектр найважливіших якісних і кількісних показників, що характеризують результативність освітнього процесу.



Рисунок 3 – Впровадження VR в процес професійної підготовки судноводіїв

Зокрема, зафіксовано поліпшення таких параметрів ефективності, як:

- Ступінь повноти і швидкість засвоєння теоретичних знань з досліджуваних тематик – приріст у середньому на 18-23%;
- Рівень сформованості необхідних практичних умінь і професійних навичок за підсумками навчання – на 15-20%;
- Сумарний час, необхідний для освоєння заданого набору базових компетенцій – скорочення показника в середньому на 8-12%;
- Рівень мотивації та пізнавальної активності студентів, залученості в процес виконання поставлених завдань навчання – зростання показника на 30-40%.

Також використання VR значно покращує мнемічні здібності під час опанування практичного матеріалу, запам'ятовування, структурування і подальше успішне відтворення в реальних професійних умовах теоретичних знань і навичок взаємодії з технічними системами та об'єктами, відпрацьованих до автоматизму в рамках віртуальних 3D симуляторів.

На думку низки фахівців [13,14], подібний позитивний ефект застосування VR визначається двома ключовими аспектами:

1. Технологічна можливість моделювання набагато різноманітніших умов і сценаріїв, ніж це доступно під час використання традиційних симуляторів на фізичних макетах.
2. Ефект суб'єктивної присутності користувача у віртуальному середовищі завдяки детальній імітації роботи органів чуття і підкріплення дій ефекторним зворотним зв'язком.

Комбінація цих двох факторів забезпечує значно масштабніші можливості для відпрацювання професійних навичок порівняно з класичними підходами. Загалом, аналіз впливу впровадження технологій VR на морську підготовку показує їхній високий потенціал як інструменту для якісної оптимізації професійної освіти судноводіїв за порівняно невисокого рівня необхідних витрат на етапі експлуатації.

Передові розробки компанії KILO SOLUTIONS у сфері інноваційних рішень для морської освіти. KILO SOLUTIONS є технологічним лідером і новатором у сфері створення сучасних рішень для професійної підготовки та підвищення кваліфікації кадрів морської галузі. Компанія спеціалізується на впровадженні в галузеву систему освіти перспективних цифрових інструментів і платформ на основі технологій віртуальної (VR) і доповненої реальності (AR). Їхня концептуальна відмінність і перевага перед традиційними рішеннями полягає в

принциповому розширенні можливостей для практико-орієнтованої складової освітнього процесу.

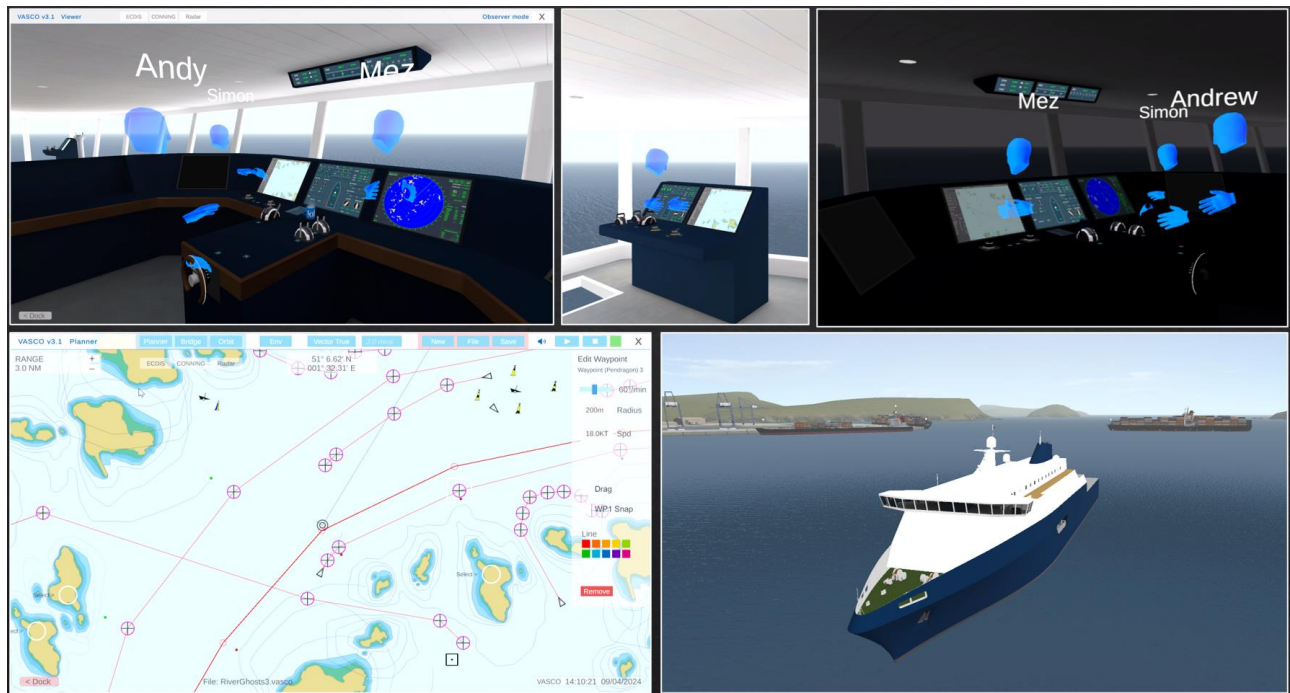


Рисунок 4 – Симуляція навігаційного містка та сценаріїв Kilo Solutions

Це досягається за рахунок створення високотехнологічних цифрових 3D імітаторів реальних виробничих умов, інфраструктурних об'єктів і технологічних процесів морської діяльності. Тим самим технології моделювання KILO SOLUTIONS дають змогу ефективно розв'язувати одну з ключових системних проблем галузі – дефіцит практичних навичок та їхню недостатню відповідність актуальним вимогам роботодавців у випускників профільних навчальних закладів.

Ядром пропозиції KILO SOLUTIONS є інноваційна розробка в галузі морських тренажерних технологій – програмно-апаратний комплекс віртуальної реальності VASCO. Його унікальність полягає в тому, що це – перша у світі система, що дає змогу проводити повноцінний імерсивний тренінг судноводіїв і навігаційних команд у режимі колективної взаємодії всередині єдиного високореалістичного 3D-простору містка судна, з використанням шоломів віртуальної реальності без прив'язки до потужних стаціонарних обчислювальних комплексів. Тобто рішення поєднує в собі мобільність, відносну простоту розгортання на будь-яких майданчиках і найвищий рівень візуалізації та імерсивності навчального середовища. Ці якості відкривають принципово нові горизонти і розширюють масштаб можливостей для практичної VR-підготовки морських кадрів щодо моделювання більшої різноманітності потенційних виробничих ситуацій порівняно з класичними технічними рішеннями, підвищення доступності тренінгів, зниження їхньої вартості.

Апаратно-програмний комплекс VASCO містить у собі низку ключових елементів:

- Серверне програмне забезпечення, що встановлюється на потужний персональний комп'ютер або виділений сервер, яке виконує високопродуктивне опрацювання графічних даних із моделювання VR-середовища, забезпечує його реалістичну візуалізацію та взаємодію з користувачами;
- Клієнтські додатки для шоломів або окулярів віртуальної реальності, призначені для запуску на автономних VR пристроях;
- Бездротові портативні роутери для оперативного розгортання локальної бездротової мережі та підключення до сервера Vasco мобільних клієнтських VR пристроїв у будь-якій

точці;

– Спеціалізований клієнтський застосунок із можливістю під'єднання до сервера через мережу Інтернет, призначений для налаштування і контролю VR тренувальних сценаріїв, управління їхніми параметрами в режимі реального часу (наприклад, зміни погодних умов), а також для оцінювання дій студентів.

Бібліотека типових сценаріїв тренувальних завдань і можливість створення нових користувальницьких кейсів моделювання різноманітних навігаційних і штатних/нештатних ситуацій, пов'язаних з керуванням судном.

Під час процесу підготовки на базі комплексу VASCO студенти за допомогою шоломів віртуальної реальності можуть опинитися всередині високореалістичного імітованого 3D-середовища містка судна, зайняти різні ролі – судноводія, штурмана, рульового і т.д. При цьому забезпечується повноцінна взаємодія з усім спектром судових навігаційних систем – радіолокаційних, електронних картографічних, автоматизованих інформаційних і маніпуляційних. З точки зору того, хто навчається, створюється ілюзія реальної фізичної присутності на робочому місці. Можливість гнучкої оперативної зміни сценарних умов тренування з боку інструктора дає змогу моделювати різні штатні та позаштатні ситуації, пов'язані з управлінням судном, оцінкою навігаційного становища та прийняттям відповідних рішень. Крім технічних і функціональних характеристик рішення VASCO, важлива перевага цього комплексу полягає у відносно невисоких витратах на реалізацію, особливо в масштабному вираженні за умови зростаючих обсягів підготовки. Вартість типового комплекту обладнання для тренувальної групи до 6 осіб становить близько 7,5 тис. фунтів стерлінгів у перерахунку або близько 10 тис. доларів США. При цьому один комплект здатний обслуговувати набагато більшу кількість учнів за одиницю часу через компактність і мобільність порівняно зі стаціонарними рішеннями. Також вартість масштабування системи при збільшенні кількості учнів є істотно меншою, що загалом гарантує сприятливу економіку впровадження для освітніх установ.

Аналітичні дослідження [15] прогнозують значне зростання сфери VR рішень найближчими роками, з 41% середньорічним темпом у період із 2023 до 2031 року, що свідчить про великий потенціал цієї технології для подальшого розвитку та впровадження в освітній сегмент. З точки зору оцінки ефективності впливу використання тренажерного VR-комплексу VASCO на результати навчального процесу, було проведено низку порівняльних досліджень за участю фокус-груп студентів, які проходили підготовку як на базі цього рішення, так і із застосуванням стандартних методик. У результаті було зафіксовано підвищення рівня сформованості професійних компетенцій і навичок за підсумками навчання на VR платформі по відношенню до контрольної групи на величину близько 26%. Також більш ніж на 40% був зареєстрований приріст показників впевненості та готовності моряків, які пройшли підготовку на VASCO, до практичної діяльності. Загалом це свідчить про ефективність цього рішення для формування необхідного комплексу знань і вмінь на якіснішому рівні. За результатами опитувань, студенти також високо оцінили ступінь реалістичності та імерсивності тренувальних сценаріїв на VASCO, що є додатковою перевагою.

За допомогою дистанційних рішень KILO SOLUTIONS вирішує ще одну з ключових проблем традиційного підходу до підвищення кваліфікації на морському флоті – складність логістичної організації освітнього процесу для моряків, які працюють, через їхню територіальну розосередженість, високу мобільність та завантаженість. Це веде до нерегулярності та переривчастості процесу навчання, нестачі часових ресурсів у слухачів для повноцінного освоєння матеріалу. Використання онлайн-формату з можливістю гнучкого планування занять у зручний для себе час дає змогу вирішити цю проблему. Також активно застосовуються такі технології інтерактивного навчання як вебінари, онлайн-тренінги та відеоконференції.

На даний час KILO SOLUTIONS вже має успішний досвід впровадження своїх розробок, зокрема флагманського проєкту VASCO, у низці освітніх установ і великих судноплавних компаній. Результати апробації підтверджують високу ефективність пропонованих рішень для

оптимізації процесу підготовки та підвищення кваліфікації морських кадрів. Це створює передумови для подальшого масштабного поширення передового досвіду та напрацювань компанії в глобальній галузі морського флоту.

Оцінка фактичної результативності. Питання оцінювання результативності та ефективності впровадження різноманітних педагогічних технологій, у тому числі заснованих на використанні VR, у сучасній системі освіти є масштабним і комплексним завданням. Його розв'язання необхідно розпочинати з визначення ключових показників та індикаторів, які найповніше та найоб'єктивніше характеризують якісні та кількісні зміни в освітньому процесі та його результатах під час упровадження тих чи інших інноваційних методик та інструментів.

При цьому, з огляду на різноманіття і складність чинників, що потенційно впливають на кінцеву ефективність застосування технологій VR, найнадійнішим підходом видається реалізація педагогічних експериментів порівняльного типу – тобто зіставлення динаміки обраних контрольних показників для двох груп студентів. Де одна проходить курс із використанням методик і засобів VR, а друга – за традиційною освітньою програмою і методиками (контрольна). Такий підхід, зокрема, був реалізований на прикладі оцінки ефективності впровадження практичного курсу з відпрацюванням навичок проведення спеціалізованих випробувань в рамках підготовки судноводіїв [16]. Як базовий кількісний критерій результативності навчання використовували рівень сформованості відповідного набору професійних компетенцій за підсумками курсу, оцінюваний за статистичними показниками успішності виконання студентами завдань на підсумковому міжгруповому тестуванні.

Для порівняльного аналізу показників ефективності також застосовували цілу низку якісних індикаторів, які ґрунтуються на методиці анкетування учнів, що включають оцінку за такими параметрами: відчуття імерсивності; практичної значущості завдань; мотивації до навчання; інтересу до матеріалу, що вивчається; загального враження від занять та ін. Порівняння відповідей в експериментальній і контрольній групах також давало наочне уявлення про диференціальний ефект від впровадження VR.

В окремий клас індикаторів ефективності виокремлювали параметри, пов'язані з оцінкою впливу на когнітивно-мнемічні функції та механізми учнів. У низці робіт було показано специфічну роль технологій VR у поліпшенні показників запам'ятовування і подальшого відтворення в практичній діяльності знань і навичок, отриманих із використанням 3D імерсивних VR симуляторів [11,12]. Методи оцінки цього аспекту ефективності включали як опосередкований аналіз кінцевих показників виконання завдань, так і прями психологічні тести на мнемічні здібності учнів.

Загалом, виходячи з огляду літературних даних з питань оцінювання ефективності та результативності впровадження технологій VR, оптимальною видається модель комплексного оцінювання з використанням широкого спектра кількісних і якісних показників та індикаторів, що відображають різні аспекти впливу цього чинника. Це дає змогу отримати максимально об'єктивну і всебічну картину ефектів і позитивної динаміки ключових характеристик освітнього процесу. Розглянемо наявні в науковій літературі результати реалізації такого комплексного підходу на конкретних кейсах впровадження VR у сфері підготовки судноводіїв. Так, аналізуючи досвід створення VR тренажерів для відпрацювання базових навичок судноводіння (зокрема, швартування судна в порту), використовували як критерії результативності три групи параметрів [5,6]:

1. Показники якості виконання завдань на VR-тренажері – точність витримування заданих параметрів швартування;
2. Суб'єктивні оцінки учнями рівня реалістичності процесів моделювання та інтерфейсу VR-комплексу, занурення в середовище;
3. Співвідношення витрат на підготовку з використанням VR і класичних тренажерів.

За всіма перерахованими пунктами було зафіксовано суттєві переваги запропонованої моделі VR-тренажера. Це виражалось як у вищих показниках точності виконання завдань порівняно з традиційним комплексом, так і на порядок меншій вартості підготовки одного

фахівця порівнянної кваліфікації. Також переважна більшість користувачів високо оцінили якість візуалізації, реалізм фізичної поведінки моделі судна під час швартування в різних умовах, що свідчить про високий ступінь спрацьовування ефекту присутності під час використання цього VR комплексу.

Ще одне масштабне дослідження впливу використання VR-технологій на ефективність навчання морських фахівців було проведено в одній з проаналізованих робіт [17]. Автори запропонували концепцію та окремі елементи реалізації системи підготовки судноводіїв на основі комплексного поєднання елементів доповненої (AR) і віртуальної реальності. Відповідно до неї передбачалося використання AR-технологій для інтерпретації та наочного представлення в режимі реального часу даних, що надходять від різних суднових сенсорних систем, на тлі навколишньої візуальної обстановки. У той час як VR-модулі повинні моделювати різні критичні та аварійні ситуації для відпрацювання відповідних компетенцій студентів.

З огляду на запропоновану концептуальну схему, оцінювання потенційної ефективності інтеграції елементів AR і VR в інфраструктуру підготовки морських спеціалістів дало змогу авторам виокремити чотири ключові типи якісного впливу на процес навчання:

1. Підвищення наочності та деталізації представлення різних даних про поточні параметри курсу судна, стан устаткування і систем тощо.
2. Поліпшення ситуативної обізнаності студентів за рахунок більш ефективної інтерпретації інтегральних масивів цифрових даних від різних суднових датчиків і приладів.
3. Розширення практичних навичок оперативного ухвалення рішень у позаштатних та аварійних ситуаціях, що можуть моделюватися в рамках VR середовища.
4. Мінімізація когнітивних спотворень завдяки пред'явленню максимально репрезентативних масивів інформаційних даних про навколишнє оперативно-навігаційне оточення.

Ці висновки знайшли підтвердження під час реалізації низки пілотних навчальних курсів для морських спеціалістів з використанням розробленого на основі наведеної концепції навчально-тренувального комплексу, що інтегрує елементи AR і VR. Результати тестування показали підвищення ефективності формування професійних компетенцій на 15-20% порівняно з класичною системою підготовки.

Також у контексті аналізу підтвердженої на практиці ефективності та результативності впровадження технологій VR у систему освіти та підготовки судноводіїв становить інтерес робота [9]. Автори досліджували застосування спеціалізованих моделей і симуляторів VR для формування однієї з найважливіших фахових компетенцій даної категорії фахівців – навичок безпечного судноводіння та запобігання навігаційним аварійним ситуаціям. В основу розроблення відповідного VR курсу і програмного комплексу для його реалізації було покладено кваліфікаційний стандарт, позначений у таблиці А-II/1 Конвенції ПДНВ з поправками [18]. Цей міжнародний нормативний документ встановлює обов'язкові вимоги щодо переліку знань, умінь і професійних навичок, які мають бути сформовані у судноводіїв у сфері безаварійного керування судном і запобігання надзвичайним ситуаціям. Таким чином, структура і зміст розробленого VR-курсу (що містив, зокрема, задачі розбіжності суден на курсах, що перетинаються, швартові операції в складних погодних умовах та ін.) безпосередньо відповідали спектру обов'язкових вимог галузевого освітнього стандарту для судноводіїв. Це дало змогу авторам використовувати як критерії оцінювання ефективності запропонованої VR методики рівень опанування студентами запропонованого стандартом переліку знань, умінь і компетенцій, а також динаміку цього показника порівняно з результатами опанування аналогічного за тематикою курсу в рамках класичної системи підготовки.

У результаті проведення відповідного педагогічного експерименту за участю фокус-груп з тих, хто навчається за спеціальністю "судноводіння", які пройшли підготовку, з одного боку, з використанням розробленого VR-курсу, а з іншого – за традиційною методикою, було зафіксовано істотне підвищення показників повноти опанування зафіксованих в обраному в якості орієнтира освітньому стандарті (Конвенція ПДНВ/STCW) [18] вимог до практичних професійних компетентностей та навичок судноводіїв в галузі безаварійного судноводіння. Так,

середній відсоток правильних відповідей на запитання підсумкових тестових завдань, що перевіряють ступінь сформованості цих компетенцій, у групі тих, хто пройшов підготовку за допомогою VR, склав 75,93%. Цей результат був на 25,93% вищим за аналогічний показник у контрольній групі, де для тренінгу використовували традиційні симулятори (50%).

Комплексний порівняльний аналіз обраних як ключових контрольних параметрів підготовленості курсантів за підсумками опанування спеціалізованого курсу показав, що застосування технологій VR дало змогу істотно прискорити і підвищити якість формування зафіксованих у нормативному стандарті професійних навичок безпечного судноводіння. Отриманий результат, на думку авторів, має важливе практичне значення для підвищення загального рівня підготовленості студентів цієї спеціальності, а також загальної безпеки мореплавства і зниження аварійності на флоті.

Проблеми та бар'єри на шляху впровадження технологій VR у систему професійної підготовки судноводіїв. Поряд із розглянутими вище численними даними про високу ефективність і позитивний вплив застосування технологій віртуальної реальності на якісні та кількісні характеристики процесу професійної освіти судноводіїв, необхідно окремо зупинитися на наявних проблемах і бар'єрах у контексті перспектив широкомасштабної практичної інтеграції VR в структуру галузевої системи підготовки кадрів. Успішне вирішення цих проблем є необхідною умовою для реалізації наявного потенціалу розглянутого класу технологій як інструменту підвищення кваліфікації майбутніх фахівців морського транспорту.

Серед найбільш значущих стримувальних чинників широкого впровадження VR переважна більшість дослідників називає значну фінансову ресурсомісткість реалізації стартового етапу робіт із проектування, розгортання та інтеграції в наявну інфраструктуру підготовки кадрів комплексних VR-платформ і освітніх модулів [19]. Дійсно, придбання та встановлення сучасного високопродуктивного обладнання VR, що включає щонайменше графічні станції для опрацювання складних тривимірних зображень у режимі реального часу, трекінгові сенсорні системи просторової орієнтації, контролери керування та взаємодії, шоломи або окуляри віртуальної реальності потребує чималих початкових вкладень. За оцінкою, навіть мінімально необхідний для реалізації функціонального VR-комплексу набір обладнання та програмні засоби (зокрема, спеціалізований ігровий рушій) можуть потребувати інвестицій у розмірі кількох десятків тисяч доларів на початковому етапі [12].

Поряд із високими початковими вкладеннями ще одним фактором, що ускладнює широке впровадження VR, виступає подальша підтримка функціонування та оновлення можливостей комплексу обладнання та програм актуальними в рамках освітнього процесу ліцензійними продуктами. Крім того, значущою проблемою розглядають і необхідність істотного доопрацювання вже наявних освітніх програм і стандартів, а також розроблення абсолютно нових навчальних курсів і методик у зв'язку із впровадженням VR [12]. Ця робота вимагає залучення висококваліфікованих спеціалістів, що володіють як глибокими технічними знаннями в предметній галузі, так і компетенціями у сфері розроблення VR застосунків. Крім того, певною складністю низка авторів вважає необхідність підвищення кваліфікації та перепідготовки професорсько-викладацького складу з метою вивчення особливостей освітнього процесу з використанням технологій VR [19].

Як ще один проблемний аспект, характерний для використання технологій віртуальної реальності в освітньому процесі, можна виокремити ризики негативних наслідків для здоров'я користувачів за умови тривалої роботи із системами занурення у VR середовище. Зокрема, у частини учнів можуть розвиватися симптоми кінетозу (заколисунання), запаморочення, розлади зору та вестибулярного апарату, спричинені конфліктом між зоровими відчуттями та показниками вестибулярної системи (відсутністю реального фізичного переміщення за ілюзією руху всередині середовища VR) [20]. Це вимагає встановлення певних обмежень щодо часу безперервного перебування учнів всередині VR.

Окреслені проблемні сфери впровадження VR-технологій у морській освіті потребують пильної уваги та активного вироблення ефективних рішень як з боку галузевих вишів, так і регулювальних органів.

Перспективні напрями впровадження та розвитку технологій VR у контексті оптимізації системи професійної освіти судноводіїв. Незважаючи на наявні складнощі інтеграції технологій VR в інфраструктуру підготовки судноводіїв, перспективи їх активного застосування з метою якісної оптимізації цього елемента системи морської освіти залишаються вельми широкими. Одним із найважливіших завдань є розширення тематичного та кількісного охоплення освітніх програм підготовки судноводіїв за рахунок впровадження нових VR тренажерів і симуляційних модулів. Перспективним видається створення комплексних середовищ імітації якомога ширшого спектра різних штатних і позаштатних ситуацій, що виникають у роботі морського транспорту – від штормових умов до пожеж і поломок судових механізмів. Більшість подібних кейсів важко або неможливо в повному обсязі відпрацювати на реальному фізичному обладнанні в рамках класичної системи навчання з огляду на високі ризики і вартість. За рахунок цього використання VR може кардинально розширити практичну складову навчання.

Іншим актуальним напрямком розвитку є повсюдна реалізація концепції створення комбінованих або гібридних систем підготовки, що інтегрують як класичні фізичні тренажери і моделі, так і передові VR платформи. Подібна схема дає змогу оптимізувати витратну частину освітнього процесу, зберігаючи наявну матеріально-технічну базу, і водночас нарощувати його ефективність за рахунок ефекту комплексування VR і натурних методик навчання [11]. Особливе значення має продовження планомірної роботи з розширення експериментальної бази вивчення ефективності практичної реалізації технологій VR у морській освіті, вироблення методик для оцінки їхнього впливу на результативність підготовки кадрів. Це дасть змогу накопичити ще вагоміші підтвердження доцільності масштабного впровадження VR та обґрунтувати механізми державної підтримки у фінансуванні цього процесу.

Таким чином, технології віртуальної реальності мають колосальний нереалізований потенціал у плані якісної модернізації галузевої системи професійної підготовки судноводіїв і виведення її на принципово новий рівень, що відповідає сучасному технологічному розвитку морської галузі. Це визначає перспективність і практичну значущість їх подальшого впровадження та розвитку в розглянутій стратегічно важливій сфері.

Висновки. Під час дослідження було проведено багатоаспектний аналіз можливостей і перспектив використання технологій віртуальної реальності в системі професійної освіти та підготовки судноводіїв. Було виявлено, що впровадження інструментів VR має значний потенціал для розширення практико-орієнтованої складової навчання за рахунок гнучкого моделювання різноманітних професійних ситуацій і сценаріїв діяльності. Це особливо важливо в контексті виявленого дефіциту прикладних компетенцій у курсантів морських навчальних закладів. Аналіз конкретного досвіду впровадження VR технологій показав, що їх використання підвищує мотивацію, залученість учнів, якість і швидкість формування професійних навичок на 15-25%. Також зафіксовано позитивний ефект для розвитку когнітивних здібностей. Водночас існує низка бар'єрів широкого застосування VR у морській освіті: значні стартові інвестиції, складність інтеграції в сформовану освітню інфраструктуру, ризики для здоров'я користувачів. Для їх нівелювання потрібна подальша науково-практична робота.

Загалом впровадження VR несе великий потенціал оптимізації професійної підготовки фахівців для високотехнологічного морського флоту майбутнього за умови грамотної інтеграції з традиційними формами навчання.

REFERENCES

1. BIMCO/ICS, 2021. Seafarer Workforce Report: The global supply and demand for seafarers in 2021. Available at: <https://www.ics-shipping.org/publication/seafarer-workforce-report-2021-edition/>.
2. Prylipko, A., 2013. The Paradigm of Sustainable Development In Maritime Education and Training. The Maritime Commons: Digital Repository of the World Maritime University. URL: https://commons.wmu.se/cgi/viewcontent.cgi?article=1283&context=all_dissertations.
3. Sánchez-Beaskoetxea, J., Basterretxea-Iribar, I., Sotés, I., Maruri Machado, M.d.l.M., 2021.

- Human error in marine accidents: Is the crew normally to blame?, *Maritime Transport Research*, Volume 2, 100016. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.martra.2021.10016>.
4. Bao, J., Li, Y., Duan, Z., Li, T. & Zhang, P., March 2021. Key factors affecting the quality of maritime education and training: empirical evidence from China, *The Journal of Navigation*, Volume 74, Issue 2, pp. 396-408. Available at: <https://doi.org/10.1017/S0373463320000740>.
 5. Lee, E. T., & Kim, S. H. (2020). A Study on the Use of Virtual Reality in Navigation Education. *Journal of Navigation*, 73(3), 447-461.
 6. Li, L., Zhao, W., Zhang, L., & Wang, L. (2020). Research on VR Simulation Platform of Maritime Safety Training. *Journal of Coastal Research*, 104(sp1), 778-782.
 7. Eurydice, 2021. Draft Law on the Organization and Integration of Vocational Training. Available at: https://eacea.ec.europa.eu/national-policies/eurydice/content/national-reforms-vocational-education-and-training-and-adult-learning-70_en.
 8. Mykhaylo, M. & Vadym, Z., 2018. Seafarers Education, Training and Crewing in Ukraine, Proc. 19th Annual General Assembly (AGA) of the International Association of Maritime Universities (IAMU), Barcelona, Spain, October 17-19, pp. 173-180. Available at: https://bib.irb.hr/datoteka/962247.Ebook_IAMU_2018.pdf.
 9. Voloshynov, S.A et al., 2021. Application of VR technologies in building future maritime specialists' professional competences, Proc. 4th International Workshop on Augmented Reality in Education, Kryvyi Rih, Ukraine, May 11. Available at: <http://ceur-ws.org/Vol-2898/paper03.pdf>.
 10. Burdea, G & Coiffet, P., 2003. VR Technology. Presence: Teleoperators and virtual environments, 12(6), pp. 663-664. URL: <https://doi.org/10.1162/105474603322955950>.
 11. Yu, Y., Liu, L., & Zhang, H. (2019). Application of Virtual Reality Technology in Maritime Training. In Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Science and Application Engineering (CSAE 2019) (pp. 587-592). Atlantis Press.
 12. Kumar, A., & Kumar, K. (2021). Virtual Reality in Education and Training. In Proceedings of the International Conference on Computational Science and Its Applications (ICCSA 2020) (pp. 267-282). Springer.
 13. Burdea, G., 2004. Teaching Virtual Reality: Why and How?, Presence: Teleoperators and virtual environments, 13, pp. 463-483. URL: <https://doi.org/10.1162/1054746041944812>.
 14. Zeltzer, D., 1992. Autonomy, Interaction, Presence, Presence, Vol. 1, No. 1, pp. 127-132. Available at: <http://doi.org/10.1162/pres.1992.1.1.127>.
 15. Statista, 2021. Augmented reality (AR) and VR market size worldwide from 2016 to 2024. Available at: <https://www.statista.com/statistics/591181/global-augmented-virtual-reality-market-size/>
 16. Miyusov M.V., Nikolaieva L.L., Smolets V.V. The Effectiveness of Immersive Learning in Maritime Education and Training. *Transactions on Maritime Science*. 2022. Vol. 11, no.02. URL:<https://hrcak.srce.hr/file/437241>.
 17. McLeod, R. W., Hodges, L. F., & Ari, M. A. (2018). The Future of Augmented Reality in Education: A Roadmap for Navigation Education. *Journal of Maritime Education and Research*, 2(1), 63-84.
 18. International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978, as amended in 1995. URL: <http://www.svg-marad.com/Downloads/International%20Conventions/STCW%20Convention.pdf>
 19. Lin, C. T., & Lan, C. S. (2021). Virtual Reality in Education: Opportunities and Challenges. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 14(1), 1-14.
 20. Schmidt, J., 2017. What are examples of non-immersive, semi-immersive, and immersive VR systems? Available at: <https://www.quora.com/What-are-examples-of-non-immersive-semi-immersive-and-immersive-virtual-reality-systems>.
 21. Використання технологій віртуальної реальності в морському освітньому процесі / Г. Томчаковський та ін. *Актуальні питання у сучасній науці*. 2023. №5(11). URL:[https://doi.org/10.52058/2786-6300-2023-5\(11\)-459-468](https://doi.org/10.52058/2786-6300-2023-5(11)-459-468)
 22. KILO Transformational Maritime Training. Virtual Advancement System for Competent Operations. <https://www.kilo-solutions.com/>

Kalinichenko Ye.V., Tomchakovsky G.G., Oberto Santana L.E., Kalinichenko G.Y.
THE IMPACT OF VIRTUAL REALITY TECHNOLOGIES ON THE QUALITY AND EFFECTIVENESS OF NAVIGATORS' TRAINING

This article addresses the topical issue of using virtual reality (VR) technologies in the system of professional training of seafarers. The purpose of the study is to comprehensively analyse the potential and prospects of VR in maritime education to improve the quality and efficiency of the learning process. The relevance of the topic is driven by the rapid technological development of the maritime industry and the need to modernise the training system in line with modern requirements. The paper analyses the current state of the seafarers' education system and identifies the deficit of the practice-oriented component of training, which leads to a lack of applied competencies among graduates. The specifics and key capabilities of VR educational technologies and their potential for solving existing problems of the quality of seafarers' training are revealed. In particular, the author emphasises the ability of VR to significantly expand the possibilities for modelling various professional situations and practicing practical skills. The specific experience of implementing VR in the system of education of seafarers is analysed. The research results demonstrate an increase in motivation, student engagement, quality and speed of professional competence development by 15-25% compared to traditional methods. The positive impact of VR on the development of cognitive abilities is noted. At the same time, a number of barriers to the large-scale integration of VR into maritime education have been identified: significant initial investments, difficulty in integrating into the established educational infrastructure, and potential risks to the health of users. The author emphasises the need for further scientific and practical work to overcome them. The article outlines promising areas for the development of VR technologies in the context of optimising the system of professional education of seafarers. The importance of expanding the range of educational VR modules, creating complex simulation environments, and implementing hybrid learning systems that combine classical methods and VR is emphasised. The need to increase the experimental base for studying the effectiveness of VR is noted. In general, the study demonstrates the significant potential of virtual reality technologies for the qualitative modernisation of seafarers' training in accordance with the requirements of the high-tech maritime industry. The introduction of VR can significantly optimise the educational process, provided that it is well integrated with traditional forms of education.

Keywords: virtual reality, maritime education, professional training, seafarers, competences, practice-oriented, immersive technologies, innovations in education, simulators, modelling, computer simulations.

УДК 551.465.42(264.3)

doi.org/10.33298/2226-8553.2024.2.40.05

Васалатій Н.В.

**РОЗРАХУНКИ ШВИДКОСТІ І НАПРЯМУ ТЕЧІЇ В ФЛОРИДСЬКІЙ ПРОТОЦІ
ТА СИЛИ ЇЇ ДІЇ НА РУХ СУДНА**

Анотація. В роботі проведені дослідження циркуляції вод у Флоридській протоці. Розраховано швидкості геострофічних течій на основі гідрологічних та гідрохімічних елементів. Побудовано карти просторового розподілу солоності та температури води на розрізі та карти швидкостей течій в акваторії Флоридської протоки. Проведено аналіз навігаційно-гідрографічних умов плавання. Обчислення вказують на те, що швидкість течії в Флоридській протоці сягає 60 см/с та повільно знижується з глибиною. Так, у центральній