



*В.-П. О. Пархоменко, О. В. Лазаренко, Р. М. Конанець,
 Р. В. Пархоменко, Ю. І. Панчишин, А. Р. Фрис*

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7431-4801> – В.-П. О. Пархоменко

<https://orcid.org/0000-0003-0500-0598> – О. В. Лазаренко

<https://orcid.org/0000-0003-2360-4002> – Р. М. Конанець

<https://orcid.org/0009-0008-2954-6767> – Р. В. Пархоменко

<https://orcid.org/0000-0001-8056-2326> – Ю. І. Панчишин

<https://orcid.org/0009-0002-6118-6163> – А. Р. Фрис



pvpo2018@gmail.com

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ГЕЙМІФІКАЦІЇ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ПОЖЕЖНИХ-РЯТУВАЛЬНИКІВ

Проблема. Підготовка пожежних-рятувальників є критично важливою для ефективного реагування особового складу ОРС ЦЗ на пожежі, аварії та катастрофи, але традиційні методи обмежені вартістю, ризиками для здоров'я, логістикою та недостатньою реалістичністю, що ускладнює навчання в умовах сьогодення. В умовах технологічного процесу гейміфікація підготовки пожежних-рятувальників може осучаснити класні заняття в системі службової підготовки, та замінити деякі практичні відпрацювання.

Мета. Висвітлити можливості використання віртуальних тренувальних комплексів для осучаснення та гейміфікації в підготовці особового складу пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України.

Методи дослідження. Аналітичний огляд наукових публікацій, експериментальних даних та електронних ресурсів щодо використання VR та AR-систем для підготовки пожежних-рятувальників.

Основні результати дослідження. Описано вітчизняні (СИМ-1, СИМ-3, «Прасувальна дошка. Вогонь», «Електрична духовка») та можливості і переваги закордонних тренувальних комплексів (Fire&Flames, XpertVR, Rescue-Sim, PIXO VR, BullEx Attack, XVR, FLAIM Trainer, 4HelpVR) для включення їх у систему службової підготовки пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України. Запропоновано класифікацію сучасних віртуальних тренувальних комплексів та шляхи забезпечення ними підрозділів ДСНС України.

Висновки та конкретні пропозиції авторів Гейміфіковані віртуальні комплекси є ключовим інструментом для модернізації класних занять в системі службової підготовки ДСНС України. Рекомендовано розробити національний стандарт стосовно тренувальних комплексів для підготовки особового складу пожежно-рятувальних підрозділів. Забезпечити завдяки міжнародній співпраці та грантовому фінансуванню (AFG, SAFER, Polska Pomoc, EU4Business) навчально-тренувальні полігони ДСНС України.

Ключові слова: гейміфікація, тренажери віртуальної реальності, підготовка пожежних-рятувальних, віртуальна реальність (VR), доповнена реальність (AR), службова підготовка, гасіння пожеж, непридатне для дихання середовище.

*В.-П. О. Parkhomenko, O. V. Lazarenko, R. M. Konanets,
 R. V. Parkhomenko, Yu. I. Panchyshyn, A. R. Fryns*

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

ANALYSIS OF MODERN GAMIFICATION METHODS FOR TRAINING FIREFIGHTERS

Introduction. Firefighter-rescuer training is critically important for the effective response of Civil Protection Operational Rescue Service (ORS CZ) personnel to fires, accidents, and disasters. However, traditional training methods are limited by costs, health risks, logistical challenges, and insufficient realism, complicating effective preparation under contemporary conditions. With ongoing technological progress, the gamification of firefighter-rescuer training can modernize classroom sessions within the service training system and partially replace practical drills.

Purpose. To highlight the opportunities for using virtual training systems to modernize and gamify the preparation of personnel in firefighting and rescue units of the State Emergency Service of Ukraine (SES of Ukraine).

Methods. Analytical review of scientific publications, experimental data, and online resources on the use of VR and AR systems for firefighter-rescuer training.

Results. The study describes domestic training systems (SYM-1, SYM-3, “Ironing Board. Fire”, “Electric Oven”) and highlights the opportunities and advantages of foreign training systems (Fire&Flames, XpertVR, Rescue-Sim, PIXO VR, BullEx Attack, XVR, FLAIM Trainer, 4HelpVR) for integration into the service training system of SES of Ukraine firefighting and rescue units. A classification of modern virtual training systems is proposed, along with pathways for equipping SES of Ukraine units with these technologies.

Conclusion. Gamified virtual systems are a key tool for modernizing classroom sessions within the SES of Ukraine service training system. It is recommended to develop a national standard for training systems used in firefighter-rescuer personnel preparation and to equip SES of Ukraine training grounds through international cooperation and grant funding (AFG, SAFER, Polska Pomoc, EU4Business).

Keywords: gamification, virtual reality simulators, firefighter-rescuer training, virtual reality (VR), augmented reality (AR), service training, fire suppression, non-breathable environment.

Вступ. Підготовка пожежних-рятувальників є критично важливою для забезпечення ефективного реагування на надзвичайні ситуації, такі як пожежі, аварії та природні катастрофи. Традиційні методи навчання, що базуються на теоретичних лекціях, практичних вправах на полігонах та симуляціях з використанням реального обладнання, часто стикаються з обмеженнями: високою вартістю, ризиком для здоров'я учасників, логістичними труднощами та недостатньою реалістичністю сценаріїв. У сучасному світі, де надзвичайні події стають все складнішими через урбанізацію, кліматичні зміни та технологічний прогрес, існує нагальна потреба в інноваційних підходах до тренувань, які б підвищували мотивацію, ефективність та безпеку навчання.

Гейміфікація, як метод інтеграції ігрових елементів (таких як бали, рівні, нагороди та змагання) у неігрові процеси, демонструє значний потенціал для покращення підготовки пожежних-рятувальників. Дослідження показують, що гейміфікація підвищує залученість учасників, сприяє кращому засвоєнню знань та формує навички швидкого прийняття рішень у стресових ситуаціях. Зокрема, серйозні ігри та симуляції дозволяють моделювати небезпечні сценарії без реального ризику, що особливо актуально для служб порятунку.

Сучасні віртуальні реальності (VR) та інші тренажери відіграють ключову роль у гейміфікації при підготовці пожежних-рятувальників, де може бути включеною у систему службової підготовки особового складу оперативно-рятувальної служби цивільного захисту [1].

Мета дослідження. Висвітлення сучасних тренувальних комплексів для осучаснення і гейміфікації підготовки особового складу пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України.

Для вирішення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати закордонні та вітчизняні літературні джерела щодо сучасних тренувальних комплексів для підготовки пожежних-рятувальників;

- виділити тренувальні комплекси, які вже використовують в Україні, та розглянути перспективи використання закордонних тренувальних комплексів;

- запропонувати класифікацію таких тренувальних комплексів;

- визначити можливі шляхи забезпечення підрозділів, які здійснюють підготовку особового складу до дій за призначенням, такими тренувальними комплексами.

Методи дослідження. Дослідження проведено аналітичним методом з обробкою наукових публікацій, експериментальних даних, електронних ресурсів щодо використання, можливостей та основних характеристик сучасних віртуальних тренувальних комплексів для підготовки особового складу пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України.

Результати дослідження. Віртуальна реальність (VR) і технологія мета-всесвіту стали потужними інструментами для інтенсивного навчання, надаючи здобувачам реалістичні сценарії, які допомагають розвинути їхні навички та впевненість у безпечному та контрольованому середовищі.

Віртуальні симулятори – це сучасний інструмент, який допомагає навчати людей правильно реагувати на надзвичайні події, такі як пожежі, дорожньо-транспортні пригоди (ДТП), землетруси та робота під завалами і та інші. Особливостями віртуальних симуляторів є їхня реалістичність, оскільки вони відтворюють реальні сценарії реагування особового складу пожежно-рятувальних підрозділів під час виконання завдань за призначенням. Вони включають в себе динаміку розвитку пожежі та небезпечні фактори, які створюють стресові ситуації для психологічної підготовки пожежних-рятувальників. Інтерактивність є однією з особливостей, оскільки в симуляторах користувачі приймають рішення в реальному часі, що допомагає відпрацювати певні алгоритми дій. І також однією з головних особливостей є аналіз результатів. Після завершення тренування

система аналізує дії учасників, показуючи їхні помилки та правильні кроки.

Оскільки попит на кваліфіковані кадри для Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту (ОРС ЦЗ) продовжує зростати перспективним напрямком в процесі їх підготовки є сучасні інноваційні та ефективні методи навчання. Підготовка особового складу відіграє ключову роль для ефективності підрозділів під час проведення оперативних дій на пожежі. Цій тематиці присвячена велика кількість наукових статей та науково-дослідних робіт [2-7]. Вони описують методику підготовки пожежних-рятувальників та тренажери для їх тренувань за різних умов: в непридатному для дихання середовищі (НДС), обмеженому просторі та на свіжому повітрі. Однак ані дослідження, ані науково-дослідні роботи не розкривають можливостей та інноваційних підходів до

підготовки особового складу пожежно-рятувальних підрозділів.

Враховуючи задачі цього дослідження автори виділили розробку ТЗОВ "Учебного Центру "НОВАТОР" СИМ-1. Метою розробки цього тренажера було відпрацювання особовим складом навичок з використання у пожежогасінні первинних засобів вогнегасника. Тренажер «СИМ-1» виконаний у формі симулятора вогнегасника, що дозволяє відпрацювати навички з ліквідації пожеж різних класів. Ліквідація займання відбувається різними типами вогнегасників, користувач при цьому, перебуває в безпечній від дії небезпечних факторів пожежі зоні. Також користувачу надається можливість вибору необхідного вогнегасника для гасіння певного типу пожежі, відповідно до існуючих класів пожежі, та користувач не є обмеженим в запасі вогнегасної речовини у "віртуальному" вогнегаснику [8].



Рисунок 1 – Функціонал різних режимів роботи тренажера «СИМ-1» (вигляд від користувача)

Ще однією вітчизняною розробкою у сфері пожежогасіння є симулятор пожежі «Прасувальна дошка. Вогонь». Цей симулятор дозволяє продемонструвати причини та наслідки виникнення пожежі в побутових умовах, а саме і займання речей домашнього вжитку від праски. Спостерігаючи цю імітацію горіння можна бачити як відбувається займання предметів домашнього вжитку (речей), якщо користувач недбало поставився до вимкнення електроприладу у житловій кімнаті.

Для симуляції загоряння предмета на прасувальній дошці використовуються світлові та візуальні ефекти, що імітують полум'я. Симулятор складається із муляжу праски, прасувальної дошки з модулем управління та об'єкта горіння. При цьому, для імітації займання у цій моделі симулятора не використовуються ефекти задимлення. Середня цінова категорія такого симулятора варіюється в проміжку від 8 000 до 13 800 грн за 1 комплект без врахування ціни за доставку [9].



Рисунок 2 – Зовнішній вигляд симулятора пожежної безпеки «Прасувальна дошка. Вогонь»

Не менш цікавим симулятором пожежної безпеки є «Електрична духовка», що відноситься до тієї ж категорії симуляторів, що і «Прасувальна дошка. Вогонь». Вона використовується для демонстрації наслідків неналежного використання електричних побутових приладів користувачами в домашніх умовах. Відмінністю цього типу тренажера є те, що функціонал симулятора дозволяє проводити демонстрацію негативних наслідків не лише необережного поводження з електричним приладом, і наслідків короткого замикання в мережі. Також, ще однією суттєвою відмінністю є демонстрація не лише світлових ефектів під час займання, але і ефект задимлення, що надає більшої реалістичності даній ситуації [10].



Рисунок 3 – Зовнішній вигляд симулятора пожежні «Електрична духовка»

Цікавим та інноваційним з вітчизняних тренажерів є VR-симулятор СИМ-3, що є доповненою версією тренажера СИМ-1. Він призначений для відпрацювання навичок з ліквідації пожеж різних класів необхідним типом вогнегасника. Цей тренажер є черговою розробкою ТзОВ "Учебного Центру "НОВАТОР", що підтверджується патентом України №155667

на корисну модель "Апаратно-програмний комплекс для навчання та закріплення навичок поводження з вогнегасником". Корисна модель належить до навчальних тренажерів, зокрема до тренажерів для гасіння пожежі за допомогою вогнегасників, і може бути використана в процесі навчання з пожежної безпеки для набуття практичного досвіду пожежогасіння вогнегасниками у віртуальному середовищі, а також для перевірки набутих навичок користування вогнегасниками. Перевагою цього тренажера є можливість його застосування без дорогого і громіздкого екрана, використовуючи тільки ноутбук або планшет і VR окуляри [11].



Рисунок 4 – Зовнішній вигляд VR-тренажера СИМ-3

Прикладом використання закордонних тренувальних комплексів в Україні є тренувальний комплекс FLAIM Trainer. Вона розроблена австралійською компанією FLAIM Systems у 2017 році, є передовою системою для підготовки пожежних-рятувальників, що поєднує віртуальні сценарії пожеж з інтерфейсами та реальним обладнанням для створення реальних умов без фізичних ризиків. Система моделює реалістичні надзвичайні ситуації, такі як пожежі в промислових об'єктах, на транспорті чи в закритих приміщеннях, комплектується: VR-шоломом, симулятором пожежного рукава зі стволем, захисного одягу (жилета) з можливістю відтворення дії теплового випромінювання під час ліквідації та апарата автономного дихання стисненим повітрям з відкритим контуром. Використання повної комплектації цього тренувального комплексу сприяє формуванню м'язової пам'яті та навичок прийняття рішень під час ліквідації пожеж чи надзвичайних ситуацій на відкритому просторі та у непридатному для дихання середовищі (НДС). FLAIM Trainer забезпечує відтворення понад 150 різних сценаріїв за 28 умов. Платформа підтримує хмарне аналітичне програмне забезпечення Capture для реєстрації даних у реальному часі. Квазі-експериментальні дослідження, проведені з 22

пожежниками в Португальській національній школі пожежної служби, демонструють високу прийнятність та ефективність системи, з підвищенням рівня занурення, зменшенням стресу

та покращенням когнітивних реакцій порівняно з традиційними методами, а також підтвердженням як доповнення до реальних тренувань особового складу пожежно-рятувальних підрозділів [12-16].



Рисунок 5 – FLAIM Trainer у використанні

Ще одним цікавим закордонним тренувальним комплексом, який використовується в Україні, є 4HelpVR. Він створений в рамках міжнародного проєкту для систематичної підготовки пожежних-рятувальників, представників екстрених служб та цивільного населення, забезпечуючи повноцінне відтворення кризових сценаріїв у контрольованому цифровому середовищі. Ключовими аспектами підготовки на цьому тренувальному комплексі є поетапність підготовки від ознайомлення з конструктивними особливостями засобів пожежогасіння до практичного відпрацювання технік локалізації осередків загоряння та організованого виведення людей із зон ураження, що сприяє формуванню навичок і мислення в особового складу на місці виклику. Платформа розроблена з урахуванням нормативів охорони праці та здоров'я, а її автори є фахівцями з багаторічним практичним досвідом у сфері екстреної медичної допомоги. Особлива увага приділена адаптації контенту для пожежно-рятувальних підрозділів з обмеженим доступом до традиційних тренувальних полігонів. Технічна архітектура 4HelpVR передбачає автономний офлайн-режим (до 30 діб) і можливість одночасної роботи малих груп (3-4 особи на годину з одним комплектом VR-гарнітури), що робить систему придатною для масштабування в корпоративному, муніципальному та освітньому секторах України з мінімальними логістичними затратами [17-20].

Аналіз використання тренувальних комплексів для підготовки пожежних-рятувальників вітчизняного та закордонного виробництва, які використовуються в Україні, наводить на висновок, що вони є подвійного

призначення, тобто підходять не лише особовому складу ОРС ЦЗ а і цивільному населенню.

Перейдемо до наступного пункту досягнення мети дослідження проведемо аналіз тренувальних комплексів закордонного виробництва та розглянемо їх функціонал.

Система віртуальної реальності Fire&Flames представляє собою інноваційний інструмент для підготовки пожежних-рятувальників, дозволяючи симулювати реалістичні кризові ситуації в контрольованому середовищі без ризиків для здоров'я. Дослідження [21-26], проведені в галузі пожежної безпеки, демонструють, що VR-тренування підвищують ефективність реагування на надзвичайні події, зменшуючи час на прийняття рішень та кількість помилок у реальних умовах, порівняно з традиційними методами. Ці віртуальні комплекси, розроблені для екстрених служб та навчальних закладів, відтворюють сценарії пожеж з високим ступенем занурення, сприяючи формуванню навичок командної роботи та стресостійкості. Партнерство з професійними пожежниками, парамедиками та інструкторами забезпечує відповідність симуляцій до реальних викликів рятувальної галузі, що підтверджується емпіричними даними про покращення організаційної відданості та задоволеності роботою. Додатково, VR-системи дозволяють тренуватись у рідкісних високоризикових ситуаціях, таких як пожежі в закритих приміщеннях, з мінімальними витратами на ресурси. Простота інтерфейсу робить технологію доступною навіть для новачків, сприяючи швидкому впровадженню в програми підготовки пожежних підрозділів.



Рисунок 6 – Приклад комплектації та використання Fire&Flames



Однією з перспективних віртуальних тренувальних комплексів підготовки пожежних-рятувальників є канадська XpertVR. Система дозволяє відтворювати сценарії пошуково-рятувальних операцій, включаючи використання пожежно-технічного обладнання та можливості командної взаємодії в мультиплеєрному режимі, що сприяє формуванню практичних навичок у контрольованому середовищі. Розробка навчальних модулів здійснювалась у тісній співпраці з професійними пожежниками, інструкторами та викладачами, зокрема в партнерстві з Conestoga College (Онтаріо), де VR-симуляції адаптовано до державних стандартів і реальних сценаріїв надзвичайних ситуацій і пожеж, навіть у період пандемічних обмежень. XpertVR пропонує гнучкі рішення,

включаючи готові курси з пошуку та порятунку, симуляції аварій з небезпечними хімічними речовинами на великих об'єктах до 1000 м², а також спеціалізований режим для тренування комунікації КГП та особового складу для прийняття рішень під дією психологічних факторів. Емпіричні дані з впровадження у Meaford Fire Department, де 33 % бюджету на навчання спрямовано на VR, свідчать про значне покращення стресостійкості, швидкості реагування та загальної ефективності підготовки порівняно з традиційними методами. Таким чином, XpertVR трансформує систему підготовки пожежних-рятувальників, забезпечуючи безпечне та економічно вигідне навчання під час ліквідації різних надзвичайних ситуацій [27-29].



Рисунок 7 – Приклад використання XpertVR



Rescue-Sim є провідною інтерактивною онлайн-платформою для підготовки пожежних-рятувальників, що фокусується на симуляції сценаріїв першої допомоги постраждалим та дорожньо-транспортних пригод транспортних засобів у безпечному віртуальному середовищі. Ця система поєднує онлайн-модулі з практичними заняттями на місці, дозволяючи моделювати реалістичні надзвичайні ситуації, такі як травми від пожеж чи аварій, з миттєвим зворотним зв'язком для вдосконалення навичок

прийняття рішень. Розроблена для особового складу пожежних-рятувальників, організацій екстреної допомоги та навчальних центрів, платформа забезпечує масштабованість та економічну ефективність, зменшуючи потребу в фізичних ресурсах і ризиках для учасників тренування. Дослідження демонструють, що подібні симуляційні інструменти підвищують ефективність тренувань, сприяючи кращій координації команд та зменшенню помилок у реальних ситуаціях. Rescue-Sim підтримує

змішане навчання, роблячи її доступною для великих груп, і хвалена професіоналами по всьому світу для підвищення готовності до оперативних дій на місці виклику. Таким чином,

платформа трансформує традиційне навчання, забезпечуючи повторюваність сценаріїв і фокус на практичних навичках без реальних небезпек [30, 31].

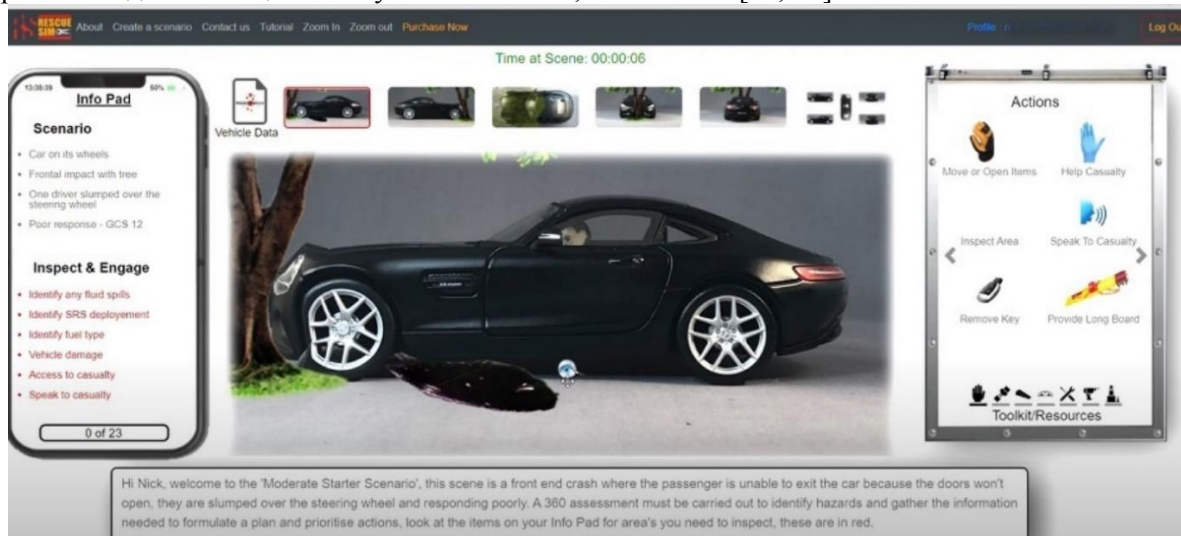


Рисунок 8 – Приклад інтерфейсу Rescue-Sim

PIXO VR представляє собою передову платформу віртуальної реальності (VR), спеціально адаптовану для підготовки пожежних-рятувальників. Система дозволяє відтворювати реалістичні сценарії, такі як витік небезпечних хімічних речовин (НХР) чи горючих рідин (ГР) та їх займання внаслідок аварій транспортних засобів (ТЗ) з можливістю вибору ролей (КПП, пожежний-рятувальник, парамедик) та застосування стандартних протоколів, відповідно до Emergency Response Guide (ERG), у мультиплеєрному режимі

з автоматизованою оцінкою дій. Навчальний контент розроблено враховуючи велику кількість сценаріїв: денні та нічні сценарії, із займанням та без займання матеріали ГР, необхідність деблокування постраждалих з ТЗ, що гарантує відповідність реальним сценаріям на місці виклику. Платформа підтримує хмарне середовище та офлайн управління тренувальними сесіями, що робить її масштабною для великої кількості пожежних підрозділів та економічно вигідною альтернативою польовим навчанням [32, 33].



Рисунок 9 – Приклад використання PIXO VR

Система підготовки BullEx Attack, розроблена компанією LION Training у співпраці з Міжнародним товариством інструкторів пожежної безпеки, є інноваційною системою цифрового тренування на базі доповненої реальності (AR) для підготовки пожежних-рятувальників, що створює симуляцію реалістичних сценаріїв ліквідації пожеж в огороженнях. Система зображає цифрове полум'я на основі LED-панелі, створюючи звукові ефекти та задимлення, з використанням рукавної

лінії та пожежного ствола для гасіння теплових сенсорів, дозволяючи моделювати ліквідацію пожеж класів А, В, С та електричних мереж з різними рівнями складності, що охоплює базові навички гасіння, пошуково-рятувальні роботи та оперування вогнегасними струменями. Розробка базується на принципах сучасної підготовки пожежних-рятувальників SFBT, з оперуванням вогнегасними струменями під час ліквідації пожеж в огороженнях. BullEx Attack доповнює традиційне навчання, дозволяючи фокусуватися

на нюансах тактики без непередбачуваності вогню, з інтеграцією димогенераторів для

посилення імітації впливу небезпечних факторів пожежі [34-36].



Рисунок 10 – Приклад використання та комплектації BullEx Attack

XVR Simulation Platform, розроблена нідерландською компанією LearnPro Group, є передовою системою віртуальної реальності (VR) для підготовки пожежних-рятувальників та інших екстрених служб, забезпечуючи моделювання кризових ситуацій у 3D-середовищах без фізичного контакту із небезпечними факторами пожежі. Система підтримує індивідуальні, командні та мультидисциплінарні сценарії, включаючи пожежі в житлових, промислових та транспортних об'єктах (порти, аеропорти, нафтопереробні підприємства), з можливістю

кастомізації тренувань, а також інтеграцією з інструментами для оцінки та зворотного зв'язку в реальному часі. Розробка XVR базується на принципах адаптивного навчання, з повним контролем інструктора над динамікою подій. Платформа інтегрує інструменти для аналізу виконаних дій, дозволяючи учасникам переглядати та коригувати рішення, що сприяє розвитку командної координації та стресостійкості в безпечних умовах, з мінімальним часом налаштування (менше 5 хвилин на сесію) [37-40].

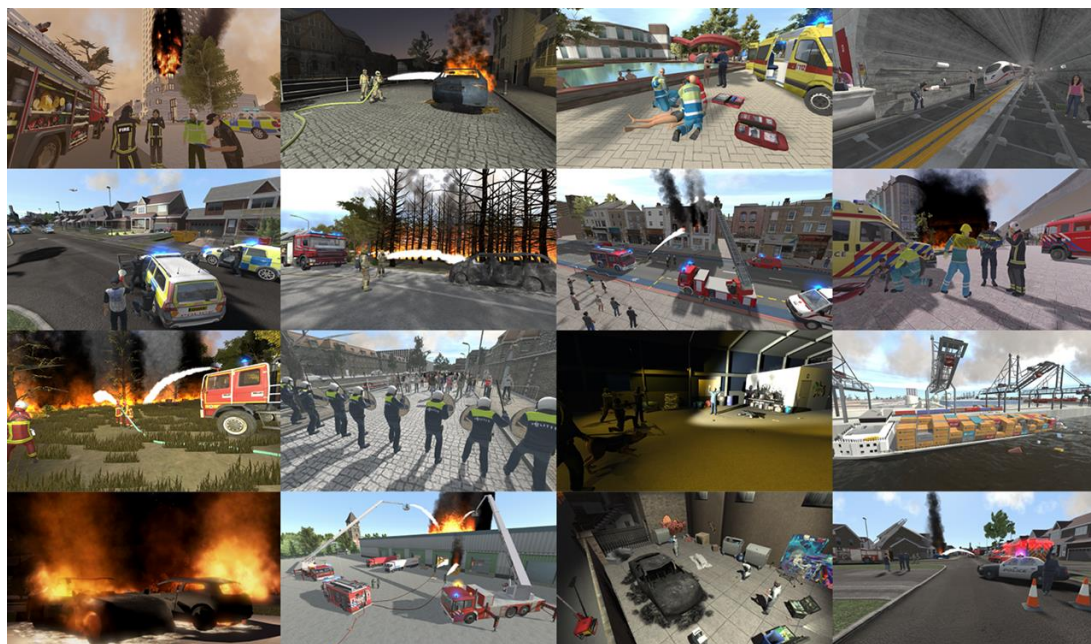


Рисунок 11 – Приклад інтерфейсу XVR

Територіальні органи та підрозділи ДСНС України повинні щороку планувати заходи із вдосконалення навчально-матеріальної бази для проведення теоретичних та практичних занять зі службової підготовки. На даний час немає загальноприйнятих тлумачень визначень та понять для елементів проведення навчань та тренувань в нормативних документах, а також відсутні єдині підходи до класифікації навчально-

тренувальних комплексів. У зв'язку з цим виникають певні проблеми під час проєктування та будівництва в Україні сучасних тренінгових центрів відповідно до міжнародних стандартів, що передбачено у плані заходів з розвитку наряду реагування на надзвичайні ситуації.

Відповідно до наказу Міністерства внутрішніх справ України [1], а саме розділу “V. Навчально-тренувальна база”, визначено, що основна

навчально-матеріальна база залежно від завдань за призначенням підрозділу має складатися з різних навчальних елементів, у тому числі навчальних споруд, башт, смуг психологічної підготовки, полігонів, смуг із перешкодами, обладнаних необхідними технічними засобами. Деякі вимоги до навчально-матеріальної бази визначено у Державному стандарті України [41] в пункті 9.2, де встановлено вимоги до зон території пожежно-рятувальної частини, яка включає в себе майданчик для стометрової смуги з перешкодами, біговий майданчик з навчальною вежею тощо. Інших визначень для елементів проведення навчань та тренувань в нормативних документах не встановлено.

За обраним напрямом наукових досліджень проведено ряд науково-дослідних робіт у яких проаналізовано наявні навчально-тренувальні бази, їх елементи, обґрунтовано вимоги до елементів смуги психологічної підготовки, та є пропозиції щодо єдиного тлумачення визначення «смуги»/а [5]. В [6] здійснено аналіз сучасних методів і засобів підготовки пожежників-рятувальників на тренажерах (симуляторах), обґрунтовано їхні конструкції, оснащення та методику проведення занять, правила безпеки праці під час виконання навчальних вправ особовим складом пожежно-рятувальних підрозділів. Зважаючи на зазначене вище, існує необхідність удосконалення нормативної бази України стосовно навчально-тренувальних комплексів через розроблення єдиного стандарту

України, де буде вказано: класифікацію, комплектування та опис полігонів для тренування пожежних-рятувальників із використанням тренувальних комплексів різних видів.

У даній роботі представлено можливості та перспективи використання лише віртуальних тренувальних комплексів, тому, відповідно до аналізу різних інтернет-джерел та наукових ресурсів, розроблена їх класифікація для подальшого впровадження в систему тренувальних полігонів, як комплексів для підготовки особового складу пожежно-рятувальних підрозділів, що можуть урізноманітнити та підвищити ефективність аудиторних занять в системі службової підготовки ДСНС України. Провівши аналіз літературних джерел інформації, зрозуміло, що велика кількість виробників тренувальних комплексів не зосереджуються на підготовці лише пожежних-рятувальників. Для збільшення комерційного ефекту, вони розробляють не лише вузьконапрямлені тренувальні комплекси, а в більшості – подвійного призначення, тобто для використання особовим складом пожежно-рятувальних підрозділів та цивільним населенням, для навчання осіб відповідальних за пожежну безпеку чи охорону праці на підприємствах, працівників в системі HR, працівники підрозділів екстреної медичної допомоги та медицини катастроф тощо. Це дає можливість розширити горизонт використання тренувальних комплексів та підвищити їх економічний ефект.

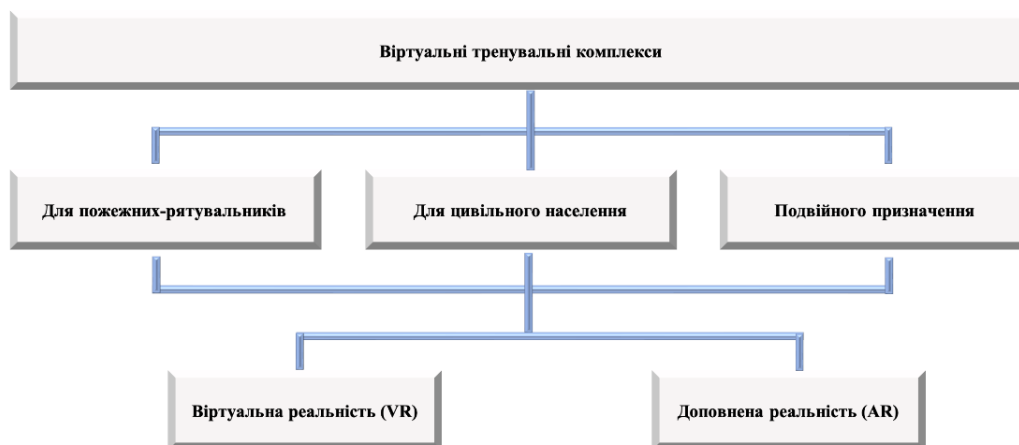


Рисунок 12 – Класифікація віртуальних тренувальних комплексів

Забезпечення сучасними тренувальними комплексами для підготовки особового складу пожежно-рятувальних підрозділів повинно бути ініційоване ДСНС на державному рівні, тому що вона, як ніхто інший, має бути зацікавлена в якості належної підготовки особового складу ОРС ЦЗ. Але, враховуючи реалії сьогодення та російську агресію, відсутність фінансування цього напрямку є зрозумілою. Тому, є альтернативний шлях – закупівля тренувальних

комплексів за кошти грантів. На сьогодні існує багато грантових пропозицій в рамках міжнародної співпраці з країнами-партнерами, якими можуть скористатися пожежно-рятувальні підрозділи, спеціалізовані аварійно-рятувальні формування, наукові установи та заклади освіти із специфічними умовами навчання, які належать до сфери управління центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері цивільного захисту для покращення і посилення

своїї навчально-тренувальної бази. Найпопулярнішими рушіями в цьому напрямку є: Polska Pomoc, Assistance to Firefighters Grant, EArly-concept Grants for Exploratory Research, Tailored Logistics Support Program, SAFER, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit та Danish Emergency Management Agency.

У співпраці з цими асоціаціями та рятувальними службами впродовж років ДСНС України повинна оновлювати матеріально-технічну базу своїх підрозділів та розширювати кордони співпраці для якісної і безпечної підготовки особового складу ОРС ЦЗ.

Висновки. Проведене дослідження, орієнтоване на висвітлення сучасних віртуальних тренувальних комплексів для осучаснення та гейміфікації підготовки особового складу пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України, дозволило комплексно реалізувати поставлену мету шляхом аналізу літературних джерел, опису вітчизняних та закордонних систем підготовки, розробки класифікації та обґрунтування шляхів забезпечення таким комплексами. Встановлено, що віртуальні симулятори, інтегруючи елементи гейміфікації, забезпечують високий рівень реалістичності, інтерактивності та безпеки порівняно з традиційними методами, дозволяючи моделювати динаміку пожежі, небезпечні фактори та їх дію на особовий склад у контрольованому середовищі без ризиків травм, чи значних ресурсних витрат. В Україні вже існують вітчизняні симулятори подвійного призначення та окремі закордонні комплекси, однак перспективи розширення охоплюють інтеграцію систем із адаптивної до різних сценаріїв, що радикально осучаснить службову підготовку практичних працівників ДСНС України та підвищить її відповідність міжнародним стандартам. Запропонована класифікація віртуальних тренувальних комплексів створює науково обґрунтовану основу для стандартизації навчально-матеріальної бази та проєктування навчально-тренувальних полігонів. Отже, системне впровадження віртуальних тренувальних комплексів є необхідним для модернізації підготовки пожежних-рятувальників ДСНС України, що забезпечить підвищення оперативної готовності, безпеки особового складу та ефективності реагування на надзвичайні ситуації в умовах сьогодення.

Для майбутніх досліджень перспективним напрямком є оцінка ефективності таких тренувальних комплексів під час навчання особового складу пожежно-рятувальних підрозділів різних медико-вікових груп особового складу пожежно-рятувальних підрозділів та здобувачів освіти закладів освіти із специфічними умовами навчання, які належить до сфери

управління центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері цивільного захисту. Потрібно також розвинути питання класифікації навчально-тренувальних комплексів для підготовки особового складу ОРС ЦЗ та їх комплектування навчально-тренувальними полігонами підрозділів ДСНС.

Список літератури:

1. Про затвердження Порядку організації службової підготовки осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту: наказ Міністерства внутрішніх справ України від 15.06.2017 року №511. Офіційний вісник України. 2017. №59. С. 135. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0835-17#Text>
2. Луц В.І., Пархоменко Р.В., Луц І. В. Аналіз підготовки газодимозахисників ДСНС України та шляхи підвищення її ефективності. *Пожежна безпека: зб. наук. праць*. Львів: ЛДУ БЖД, 2017. №30. С. 114-125. URL: <https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/PB/article/view/20>
3. Луц В.І., Яковчук Р.С., Войтович Д.П. Методика проведення практичних занять у багатофункціональному тренажері контейнерного типу. *Пожежна безпека: зб. наук. праць*. Львів: ЛДУ БЖД, 2020. №36. С. 84-94. URL: <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.36.2020.09>
4. Луц В.І., Великий Я.Б., Пархоменко В.-П.О. Створення полігону для підготовки газодимозахисників до проведення аварійно-рятувальних робіт в обмеженому просторі на горизонтальних ділянках. *Пожежна безпека: зб. наук. праць*. Львів: ЛДУ БЖД, 2020. №36. С. 59-65. URL: <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.36.2020.06>
5. Провести дослідження та розробити технічні вимоги щодо облаштування смуги психологічної підготовки рятувальників та методику проведення занять на ній: звіт про науково-дослідну роботу / Ю.О. Абрамов, В.О. Собина, В.М. Стрілець, О.М. Колєнов, А.Ю. Побідаш, Д.В. Тарадуда, І.М. Неклонський, Д.Л. Соколов. Харків: НУЦЗУ, 2019. 95 с.
6. Провести дослідження та розробити методику проведення занять на багатофункціональному тренажері (симуляторі) контейнерного типу» «багатофункціональний тренажер»: звіт про науково-дослідну роботу / В.І. Луц, А.М. Петренко, О.В. Лазаренко, В.Б. Лоїк. Львів: ЛДУ БЖД, 2019. 105 с.
7. Покалюк В.М. Підготовка особового складу оперативних розрахунків рятувальних частин в структурних підрозділах Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту України. *International Journal of Innovative Technologies in Social Science*,

2020. 2(23), C. 39-43. URL: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ijitss/28022020/6947

8. Новатор [електронний ресурс]. URL: <https://www.ucnovator.com.ua/uk/%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0%D0%B6%D0%B5%D1%80-%D1%81%D0%B8%D0%BC-1-%D1%81%D0%B8%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80-%D0%B2%D0%BE%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D0%B3%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%B8/>

9. STEM Class [електронний ресурс]. URL: <https://stemclass.com.ua/catalog/kabinet-bezpeki/mobilni-simulyatori/simulyator-pozhezhnoi-bezpeki-prasuvalna-doshka-vogon>

10. STEM Class [електронний ресурс]. URL: <https://stemclass.com.ua/catalog/kabinet-bezpeki/mobilni-simulyatori/simulyator-pozhezhnoi-bezpeki-elektrichna-duhovka>

11. Новатор [електронний ресурс]. URL: <https://www.ucnovator.com.ua/uk/sim3/>

12. Flaim Systems [електронний ресурс]. URL: <https://flaimsystems.com/trainer>

13. Підвищення професійних умінь під час практичних занять на віртуальному симуляторі FLAIM Trainer. Львівський державний університет безпеки життєдіяльності. 2024. [електронний ресурс]. URL: <https://ldubgd.edu.ua/node/8852>

14. Міжнародна конференція у ЛДУБЖД - виклики пожежної безпеки. Львівський державний університет безпеки життєдіяльності. 2024. [електронний ресурс]. URL: <https://ldubgd.edu.ua/node/8878>

15. Investing in virtual reality technology to make firefighting safer. Breakthrough Victoria. 2023. [електронний ресурс]. URL: <https://breakthroughvictoria.com/stories/flaim-systems-media-release/>

16. Jeon S., Paik S., Yang U., Shih P., Han K. The More, the Better? Improving VR Firefighting Training System with Realistic Firefighter Tools as Controllers. *Sensors (Basel)*. 2021. 21 (21). 7193. URL: <https://doi.org/10.3390/s21217193>

17. 4 HelpVR [електронний ресурс]. URL: <https://4helpvr.com/>

18. Kimmel A. Why VR training for firefighters is beneficial for fire departments. *Verizon Business*. 2025. URL: <https://www.verizon.com/business/resources/articles/s/how-virtual-reality-helps-improve-firefighter-training-programs/>

19. Innovative Training Solutions. Darley [електронний ресурс]. URL: <https://www.darley.com/what-we-provide/vr-ar/>

20. Nonak M. Virtual Reality Training for the Fire Service. *Firehouse*. 2025. [електронний ресурс]. URL: <https://www.firehouse.com/technology/virtual-reality/article/55249874/virtual-reality-training-for-the-fire-service>

21. Oliveira J., Dias J., Correia R., Pinheiro R., Reis V., Sousa D., Agostinho D., Simões M., Castelo Branco M. Exploring Immersive Multimodal Virtual Reality Training, Affective States, and Ecological Validity in Healthy Firefighters: Quasi-Experimental Study. *JMIR Serious Games*. 2024. Vol. 12. 53683. URL: <https://doi.org/10.2196/53683>

22. Wheeler S., Engelbrecht E., Hoermann S. Human Factors Research in Immersive Virtual Reality Firefighter Training: A Systematic Review. *Front. Virtual Real.* Vol. 2. 2021. 13 p. URL: <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.671664>

23. Berthiaume M., Kinader M., Emond B., Cooper N., Obeegadoo I., Lapointe J.-F. Evaluation of a virtual reality training tool for firefighters responding to transportation incidents with dangerous goods. *Education and Information Technologies*. 2024. Vol. 29. P. 14929-14967. URL: <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12357-5>

24. Grabowski A. Practical skills training in enclosure fires: An experimental study with cadets and firefighters using CAVE and HMD-based virtual training simulators. *Fire Safety Journal*. 2021. Vol. 125. P. 103440. URL: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2021.103440>

25. Corelli F., Battegazzorre E., Strada F., Bottino A. Assessing the Usability of Different Virtual Reality Systems for Firefighter Training. *Proceedings of the 15th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications*. Valletta, Malta. 2020. Vol. 0VISIGRAPP. P. 146-153. URL: <https://doi.org/10.5220/0008962401460153>

26. Narciso D., Melo M., Rodrigues S., Cunha J., Vasconcelos-Raposo J., Bessa M. Using Heart Rate Variability for Comparing the Effectiveness of Virtual vs Real Training Environments for Firefighters. *IEEE Trans Vis Comput Graph*. 2023. 29 (7). P. 3238-3250. URL: <https://doi.org/10.1109/TVCG.2022.3156734>

27. Braun P., Grafelmann M., Gill F., Stolz H., Hinckeldeyn J., Lange A.-K. Virtual reality for immersive multi-user firefighter-training scenarios. *Virtual Reality & Intelligent Hardware*. 2022. Vol. 4, Is. 5. P. 406-417. URL: <https://doi.org/10.1016/j.vrih.2022.08.006>

28. The Best VR Training Simulations For Firefighters [електронний ресурс]. URL: <https://xpertvr.ca/the-best-vr-training-simulations-for-firefighters/>

29. Hoey I. The virtuality reality revolution: Is VR the future of firefighter training? *Fire & Safety Journal Americas (FSJA)*. 2024 [електронний ресурс]. URL: <https://fireandsafetyjournalamericas.com/the-virtuality-reality-revolution-is-vr-the-future-of-firefighter-training/>

30. Rescue Sim [електронний ресурс]. URL: <https://www.rescue-sim.com/>

31. Kman N., Price A., Berezina- Blackburn V., Patterson J., Maicher K., Way D., McGrath J., Panchal P., Luu K., Oliszewski A., Swearingen S., Danforth D. First Responder Virtual Reality Simulator to train and assess emergency personnel for mass casualty response. JACEP Open. 2023. Vol. 4. Is. 1. 12903. URL: <https://doi.org/10.1002/emp2.12903>

32. Emergency Response Guidebook. US Department of Transportation. 2024. 392 p. URL: <https://www.phmsa.dot.gov/sites/phmsa.dot.gov/files/2024-04/ERG2024-Eng-Web-a.pdf>

33. PIXO Immersive Training Platform [електронний ресурс]. URL: <https://pixovr.com/>

34. ATTACK™ Digital FireTraining System [електронний ресурс]. URL: <https://www.lionprotection.com/firefighter-training-props-attack>

35. BullEx Australia [електронний ресурс]. URL: <https://bullexaustralia.com.au/product/attack-trainerspackage/>

36. ISFSI and BullEx Partner for Fire Training Opportunity at FDIC. Firehouse. 2016. [електронний ресурс]. URL: <https://www.firehouse.com/operations-training/props-simulators/press-release/12173100/bullex-digital-safety-firefighter-training-props-fire-prevention-and-public-education-extinguisher-training-props-firefighter-products-isfsi-and-bullex-partner-for-modern-attack-fire-training-opportunity-at-fdic>

37. Yarmolovich Y. Virtual Reality (VR) for Fire Service Training. HQ Software. 2025 [електронний ресурс]. URL: <https://hqsoftwarelab.com/blog/vr-for-fire-training/>

38. XVR. Virtual Reality Training that Prepares You for Real Emergencies. Future Shield [електронний ресурс]. URL: <https://www.futureshield.com/products/xvr>

39. FAAC and XVR bringing VR training to the next level in the US. XVR Simulation. 2020 [електронний ресурс]. URL: <https://www.xvrsim.com/en/news/faac-and-xvr-bringing-vr-training-to-the-next-level-in-the-us/>

40. Secord K. Virtual reality. Canadian firefighter. 2022 [електронний ресурс]. URL: <https://www.cdnfirefighter.com/virtual-reality/>

41. ДСТУ 8767 Пожежно-рятувальні частини. Вимоги до дислокації та району виїзду, комплектування пожежними автомобілями та проектування [Чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2010. 16 с.

References:

1. Pro zatverdzhennia Poriadku orhanizatsii sluzhbovoi pidhotovky osib riadovoho i nachalnytskoho skladu sluzhby tsyvilnoho zakhystu:

nakaz Ministerstva vnutrishnikh sprav Ukrainy vid 15.06.2017 roku №511. Ofitsiyni visnyk Ukrainy. 2017. №59. S. 135 [On approval of the Procedure for organizing professional training of rank-and-file and senior personnel of the civil protection service]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0835-17#Text>

2. Lushch V.I., Parkhomenko R.V. & Lushch I.V. (2017). Analiz pidhotovky hazodymozakhysnykiv DSNS Ukrainy ta shliakhy pidvyshchennia yii efektyvnosti [Analysis of the training of gas and smoke protection specialists of the State Emergency Service of Ukraine and ways to improve its effectiveness]. Pozhezhna bezpeka: zb. nauk. prats. Lviv: LDU BZhD. 30. 114-125. URL: <https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/PB/article/view/20>

3. Lushch V.I., Yakovchuk R.S. & Voitovych D.P. (2020). Metodyka provedennia praktychnykh zaniat u bahatofunktsionalnomu trenazheri konteinerneho typu [Methodology for conducting practical training sessions in a multifunctional container-type simulator]. Pozhezhna bezpeka: zb. nauk. prats. Lviv: LDU BZhD. 36. 84-94. doi: <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.36.2020.09>

4. Lushch V.I., Velykyi Ya.B. & Parkhomenko V.-P.O. (2020). Stvorennia polihonu dlia pidhotovky hazodymozakhysnykiv do provedennia avariinoriatuvalnykh robot v obmezhenomu prostori na horyzontalnykh diliankakh [Creation of a training ground for gas and smoke protection specialists to conduct emergency rescue operations in confined spaces on horizontal sections]. Pozhezhna bezpeka: zb. nauk. prats. Lviv: LDU BZhD. 36. 59-65. doi: <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.36.2020.06>

5. Provesty doslidzhennia ta rozrobyty tekhnichni vymohy shchodo oblashtuvannia smuhy psykholohichnoi pidhotovky riatuvalnykh ta metodyku provedennia zaniat na nii [Conduct research and develop technical requirements for the arrangement of a psychological training area for rescuers and a methodology for conducting classes there]: zvit pro naukovu-doslidnu robotu / Yu.O. Abramov, V.O. Sobyna, V.M. Strilets, O.M. Kolienov, A.Yu. Pobidash, D.V. Taraduda, I.M. Neklonskyi, D.L. Sokolov. Kharkiv: NUTsZU, 2019. 95 s.

6. Provesty doslidzhennia ta rozrobyty metodyku provedennia zaniat na bahatofunktsionalnomu trenazheri (symulatori) konteinerneho typu» «bahatofunktsionalnyi trenazher» [Conduct research and develop a methodology for conducting classes on a multifunctional container-type simulator. Multifunctional simulator]: zvit pro naukovu-doslidnu robotu / V.I. Lushch, A.M. Petrenko, O.V. Lazarenko, V.B. Loik. Lviv: LDU BZhD, 2019. 105 s.

7. Pokaliuk V.M. (2020). Pidhotovka osobovoho skladu operatyvnykh rozrakhunkiv riatuvalnykh

chastyn v strukturnykh pidrozdilakh Operatyvno-ratiuvalnoi sluzhby tsyvilnoho zakhystu Ukrainy [Training of personnel for operational calculations of rescue units in structural subdivisions of the Operational Rescue Service of Civil Protection of Ukraine]. *International Journal of Innovative Technologies in Social Science*. 2 (23). 39-43. doi: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ijitss/28022020/6947

8. Novator [elektronnyi resurs]. URL: <https://www.ucnovator.com.ua/uk/%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0%D0%B6%D0%B5%D1%80-%D1%81%D0%B8%D0%BC-1-%D1%81%D0%B8%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80-%D0%B2%D0%BE%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D0%B3%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%B8/>

9. STEM Class. URL: <https://stemclass.com.ua/catalog/kabinet-bezpeki/mobilni-simulyatori/simulyator-pozhezhnoi-bezpeki-prasuvalna-doshka.-vogon>

10. STEM Class. URL: <https://stemclass.com.ua/catalog/kabinet-bezpeki/mobilni-simulyatori/simulyator-pozhezhnoi-bezpeki-elektrichna-duhovka>

11. Novator. URL: <https://www.ucnovator.com.ua/uk/sim3/>

12. Flaim Systems. URL: <https://flaimsystems.com/trainer>

13. Pidvyshchennia profesiynykh umin pid chas praktychnykh zaniat na virtualnomu symulatori FLAIM Trainer (2024). Lvivskyi derzhavnyi universytet bezpeky zhyttiedialnosti. URL: <https://ldubgd.edu.ua/node/8852>

14. Mizhnarodna konferentsiia u LDUBZhD - vyklyky pozhazhnoi bezpeky (2024). Lvivskyi derzhavnyi universytet bezpeky zhyttiedialnosti. URL: <https://ldubgd.edu.ua/node/8878>

15. Investing in virtual reality technology to make firefighting safer (2023). Breakthrough Victoria. URL: <https://breakthroughvictoria.com/stories/flaim-systems-media-release/>

16. Jeon S., Paik S., Yang U., Shih P. & Han K. (2021). The More, the Better? Improving VR Firefighting Training System with Realistic Firefighter Tools as Controllers. *Sensors (Basel)*. 21 (21). 7193. doi: <https://doi.org/10.3390/s21217193>

17. 4 HelpVR. URL: <https://4helpvr.com/>

18. Kimmel A. (2025). Why VR training for firefighters is beneficial for fire departments. Verizon Business. URL: <https://www.verizon.com/business/resources/articles/s/how-virtual-reality-helps-improve-firefighter-training-programs/>

19. Innovative Training Solutions. Darley. URL: <https://www.darley.com/what-we-provide/vr-ar/>

20. Nonak M. (2025). Virtual Reality Training for the Fire Service. Firehouse. URL: [https://www.firehouse.com/technology/virtual-](https://www.firehouse.com/technology/virtual-reality/article/55249874/virtual-reality-training-for-the-fire-service)

[reality/article/55249874/virtual-reality-training-for-the-fire-service](https://www.firehouse.com/technology/virtual-reality/article/55249874/virtual-reality-training-for-the-fire-service)

21. Oliveira J., Dias J., Correia R., Pinheiro R., Reis V., Sousa D., Agostinho D., Simões M. & Castelo-Branco M. (2024). Exploring Immersive Multimodal Virtual Reality Training, Affective States, and Ecological Validity in Healthy Firefighters: Quasi-Experimental Study. *JMIR Serious Games*. 12. 53683. doi: <https://doi.org/10.2196/53683>

22. Wheeler S., Engelbrecht E. & Hoermann S. (2021). Human Factors Research in Immersive Virtual Reality Firefighter Training: A Systematic Review. *Front. Virtual Real.* 2. 13. doi: <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.671664>

23. Berthiaume M., Kinader M., Emond B., Cooper N., Obeegadoo I. & Lapointe J.-F. (2024). Evaluation of a virtual reality training tool for firefighters responding to transportation incidents with dangerous goods. *Education and Information Technologies*. 29. 14929-14967. doi: <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12357-5>

24. Grabowski A. (2021). Practical skills training in enclosure fires: An experimental study with cadets and firefighters using CAVE and HMD-based virtual training simulators. *Fire Safety Journal*. 125. 103440. doi: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2021.103440>

25. Corelli F., Battagazzorre E., Strada F. & Bottino A. (2020). Assessing the Usability of Different Virtual Reality Systems for Firefighter Training. *Proceedings of the 15th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications*. Valletta, Malta. OVISIGRAPP. 146-153. doi: <https://doi.org/10.5220/0008962401460153>

26. Narciso D., Melo M., Rodrigues S., Cunha J., Vasconcelos-Raposo J. & Bessa M. (2023). Using Heart Rate Variability for Comparing the Effectiveness of Virtual vs Real Training Environments for Firefighters. *IEEE Trans Vis Comput Graph*. 29 (7). 3238-3250. doi: <https://doi.org/10.1109/TVCG.2022.3156734>

27. Braun P., Grafelmann M., Gill F., Stolz H., Hinckeldeyn J. & Lange A.-K. (2022). Virtual reality for immersive multi-user firefighter-training scenarios. *Virtual Reality & Intelligent Hardware*. 4, 5. 406-417. doi: <https://doi.org/10.1016/j.vrih.2022.08.006>

28. The Best VR Training Simulations for Firefighters. URL: <https://xpertvr.ca/the-best-vr-training-simulations-for-firefighters/>

29. Hoey I. (2024). The virtuality reality revolution: Is VR the future of firefighter training? *Fire & Safety Journal Americas (FSJA)*. URL: <https://fireandsafetyjournalamericas.com/the-virtuality-reality-revolution-is-vr-the-future-of-firefighter-training/>

30. Rescue Sim. URL: www.rescue-sim.com/
31. Kman N., Price A., Berezina- Blackburn V., Patterson J., Maicher K., Way D., McGrath J., Panchal P., Luu K., Oliszewski A., Swearingen S. & Danforth D. (2023). First Responder Virtual Reality Simulator to train and assess emergency personnel for mass casualty response. JACEP Open. 4. 1. 12903. doi: <https://doi.org/10.1002/emp2.12903>
32. Emergency Response Guidebook (2024). US Department of Transportation. 392. URL: <https://www.phmsa.dot.gov/sites/phmsa.dot.gov/files/2024-04/ERG2024-Eng-Web-a.pdf>
33. PIXO Immersive Training Platform. URL: <https://pixovr.com/>
34. ATTACK™ Digital FireTraining System. URL: <https://www.lionprotects.com/firefighter-training-props-attack>
35. BullEx Australia. URL: <https://bullexaustralia.com.au/product/attack-trainerspackage/>
36. ISFSI and BullEx Partner for Fire Training Opportunity at FDIC (2016). Firehouse. URL: <https://www.firehouse.com/operations-training/props-simulators/press-release/12173100/bullex-digital-safety-firefighter-training-props-fire-prevention-and-public-education-extinguisher-training-props-firefighter-products-isfsi-and-bullex-partner-for-modern-attack-fire-training-opportunity-at-fdic>
37. Yarmolovich Y. (2025). Virtual Reality (VR) for Fire Service Training. HQ Software. URL: <https://hqsoftwarelab.com/blog/vr-for-fire-training/>
38. XVR. Virtual Reality Training that Prepares You for Real Emergencies. Future Shield. URL: <https://www.futureshield.com/products/xvr>
39. FAAC and XVR bringing VR training to the next level in the US (2020). XVR Simulation. URL: <https://www.xvrsim.com/en/news/faac-and-xvr-bringing-vr-training-to-the-next-level-in-the-us/>
40. Secord K. (2022). Virtual reality. Canadian firefighter. URL: <https://www.cdnfirefighter.com/virtual-reality/>
41. DSTU 8767 Pozhezhno-riatuvalni chastyny. Vymohy do dyslokatsii ta raionu vyizdu, komplektuvannia pozhezhnymi avtomobiliamy ta proektuvannia [Fire and rescue units. Requirements for deployment and response areas, fire engine equipment, and design]. [Chynnyi vid 2019-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv, 2010. 16 s.

© В.-П. О. Пархоменко, О. В. Лазаренко, Р. М. Конанець,
Р. В. Пархоменко, Ю. І. Панчишин, А. Р. Фрис, 2025.

Оглядова стаття.

Надійшла до редакції 29.10.2025.

Прийнято до публікації 26.11.2025.