

Державна служба України з надзвичайних ситуацій

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Олександр ПРИДАТКО

**ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ
РЯТУВАЛЬНИКІВ ТА МЕТОДИ ЇХ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Монографія

Львів – 2021

УДК 004.92:378.1

Олександр Придатко. Інноваційні технології підготовки рятувальників та методи їх дослідження. – Львів: ЛДУ БЖД, 2021. – 90 с.

Рецензенти:

Пелешко Дмитро, доктор технічних наук, професор, професор кафедри систем штучного інтелекту Національного університету «Львівська політехніка»;

Гожий Олександр, доктор технічних наук, професор, професор кафедри інтелектуальних інформаційних систем Чорноморського національного університету ім. Петра Могили;

Тригуба Анатолій, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних технологій Національного аграрного університету;

Гащук Петро, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри експлуатації транспортних засобів та пожежно-рятувальної техніки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності.

Монографія «Інноваційні технології підготовки рятувальників та методи їх дослідження» об'єднує у собі опис сучасних технологій, що орієнтовані на забезпечення якості підготовки рятувальників в сучасних умовах, у тому числі ті, що розроблені на базі Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. Основна частина видання орієнтована на огляд можливих методів для дослідження ефективності інноваційних технологій підготовки рятувальників. Описані методи наводяться одразу із прикладами їх застосування.

Для здобувачів другого (магістерського) та третього (доктор філософії) рівнів вищої освіти.

Рекомендовано Вченою радою

Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

(Протокол №__ від _____ 20__ року).

© .Олександр Придатко, 2020

© ЛДУ БЖД 2020

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ I. Сучасні засоби новаційних технологій підготовки рятувальників.	11
РОЗДІЛ II. Розроблення засобів новаційної технології підготовки рятувальників.....	26
РОЗДІЛ III. Статистичні методи дослідження ефективності застосування новаційних технологій підготовки рятувальників.....	42
РОЗДІЛ IV. Метод регресійного аналізу для дослідження ефективності застосування новаційних технологій підготовки рятувальників.....	68
ВИСНОВКИ.....	88
ЛІТЕРАТУРА.....	90

ВСТУП

В сучасних умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій в усіх галузях та сферах життєдіяльності, зокрема у рятувальній сфері, актуальною задачею стає підготовка “сучасного рятувальника”, здатного працювати в умовах глобальної інформатизації суспільства. Якість сформованої компетенції, набутих умінь та навичок в процесі підготовки визначає фаховий рівень майбутнього рятувальника та його конкурентоспроможність на ринку праці. Саме тому, розроблення та дослідження ефективності сучасних інноваційних підходів до процесу формування професійної компетенції є актуальною науково-прикладною задачею сьогодення.

На сьогодні створення інноваційних засобів підготовки рятувальників обмежується розробленням комп'ютерних тренажерів та інтерактивних симуляторів тільки для відпрацювання тактичних навичок та оволодіння прийомами прийняття проектних рішень в умовах надзвичайних ситуацій. Зокрема в роботі [1] розглядається методологія удосконалення процесу прийняття проектних рішень засобами комп'ютерного тренажера з динамічним сценарієм. Застосування тренажера в умовах комп'ютерної лабораторії спрямоване на формування професійної компетенції майбутніх рятувальників з метою автоматизації процесів прийняття проектних рішень у подальшому на практиці. Аналогічний проект реалізований в Головній школі пожежної служби (м. Варшава, Республіка Польща), зміст якого полягає в удосконаленні умінь прийняття проектних рішень з використанням інтерактивного симулятора. Відмінністю від попереднього тренажера є можливість одночасного відпрацювання вправи у складі відділення (п'ять чоловік) та налагодження зв'язку між учасниками. Подібні розробки впроваджуються компанією Flame-Sim (Сполучені Штати Америки) [2, 3]. В цій установі розроблено інтерактивний симулятор ідентичний за призначенням, можливостями та застосуванням із згаданим "польським" взірцем.

В Командно-інженерному інституті МНС Республіки Білорусь знедавна функціонує комплекс підготовки керівників гасіння пожеж також у вигляді

інтерактивного симулятора [3], імітаційна модель якого моделює розвиток надзвичайної ситуації та оцінює правильність прийняття командних рішень. Основним недоліком програмного комплексу є дотримання чіткої послідовності виконання операцій та відсутність динамічного сценарію його розвитку, що не в повній мірі відтворює реальну обстановку.

Деякі вітчизняні проекти, в основу яких покладено використання інтерактивних симуляторів, спрямовані на здійснення контролю попередньо отриманих умінь та навичок. Такі симулятори впроваджені в Національному університеті цивільного захисту України (м. Харків) для проведення планового поточного контролю з тактичної підготовки. Основним недоліком цього симулятора є націленість на контроль попередньо отриманих знань та умінь із частковою візуалізацією без можливості формування у студента нових знань.

В Україні розробленням інтерактивних тренінгових систем також займається науково-виробниче підприємство «Метекол» (м. Ніжин). В компанії проводять активну роботу щодо створення сучасних технічних засобів навчання та тренажерних комплексів [4]. На рахунку підприємства налічується низка різноманітних тренажерів, які спрямовані на формування професійної компетенції роботи з технічними засобами оборонного призначення. Такі засоби впроваджені у передових навчальних закладах, що здійснюють підготовку фахівців для Збройних Сил України.

Зважаючи на вітчизняний та світовий досвід у створенні сучасних інтерактивних комплексів із підготовки рятувальників можна зробити висновок, що в процесі практичних відпрацювань з їх допомогою нівелюється можливість одержання практичних навиків роботи з технічними засобами порятунку. Інакше кажучи, фахівець знатиме "що потрібно робити", проте не орієнтуватиметься "як робити". Саме тому виникає необхідність інтеграції у подібні програмні комплекси можливості інтерактивної роботи із технічними засобами порятунку або створення інтерактивних тренажерів, лабораторних робіт та плакатів з метою їх послідовного застосування. Крім зазначеного, в оглянутій літературі та низці інших джерел не

зустрічається жодної інформації щодо досліджень ефективності застосування симуляторів та рівня їх впливу на кінцевий результат підготовки рятувальників.

РОЗДІЛ І. СУЧАСНІ ЗАСОБИ НОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПІДГОТОВКИ РЯТУВАЛЬНИКІВ

Основні методики та концепції, які використовуються в світовій практиці з метою покращення якості проектів підготовки рятувальників, направлені на відпрацювання тактичних навиків та удосконалення процесу прийняття проектних рішень успішної ліквідації пожеж. Зокрема, в науковій роботі, яка виконана у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності розглядається методологія удосконалення процесу прийняття проектних рішень засобами комп'ютерного тренажера з динамічним сценарієм. Застосування тренажера в умовах комп'ютерної лабораторії направлене на формування професійної компетенції майбутніх рятувальників з метою автоматизації процесів прийняття проектних рішень на практиці. Динамічний сценарій тренажера дозволяє моделювати виникнення різноманітних пожеж із непередбачуваним розвитком. В ході виконання завдань тренажера курсант або студент має прийняти правильне рішення у залежності від модельованої ситуації шляхом відповіді на тестове завдання.

Аналогічний проект реалізований в Головній школі пожежної служби м.Варшава, Республіки Польща, зміст якого полягає в удосконаленні умінь прийняття проектних рішень з використанням інтерактивного симулятора (рисунок 1.1). Відмінністю від попереднього тренажера є принцип одночасного відпрацювання вправи в складі відділення з п'яти чоловік та налагодженням зв'язку між учасниками (рисунок 1.2).

Інтерактивний симулятор створений з метою набуття навичок прийняття тактичних рішень при ліквідації надзвичайних ситуацій (НС) різного характеру та походження. Симулятор являє собою п'ять робочих місць, розміщених в межах однієї кімнати, для можливості підтримання зв'язку між учасниками групи. Робочі місця симулятора включають в себе: місце керівника ліквідації НС, та місця чотирьох осіб оперативного розрахунку, які обладнані програмно-апаратним середовищем, представленого в якості персональних комп'ютерів із засобами керування користувацького інтерфейсу у вигляді джойстика на кожному робочому

місці. Кожен учасник групи має визначені обов'язки в межах одного завдання, виконанням яких займається протягом практичного заняття на симуляторі. Керівник групи з ліквідації НС в межах свого робочого місця здійснює координацію роботи решти учасників та приймає сам безпосередню участь у ліквідації НС.



Рисунок 1.1 – Робоче місце керівника ліквідації НС

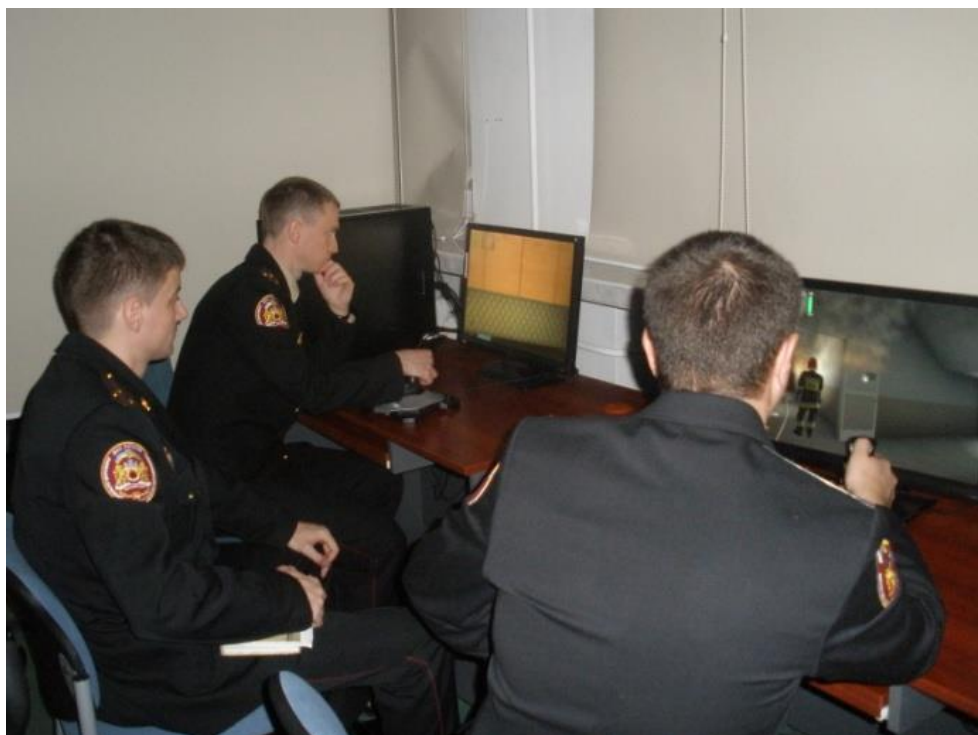


Рисунок 1.2 – Робочі місця осіб оперативного розрахунку

В основі симулятора закладено імітаційну модель, яка визначає параметри та характер надзвичайної ситуації (рисунок 1.3). Ці параметри можуть задаватись як програмою так і інструктором з врахуванням елементу випадковості. Тому робота, яку виконують учасники групи може мати різноманітний характер, починаючи від організації процесу евакуації людей, гасіння локальних вогнищ з допомогою первинних засобів пожежогасіння, і аж до організації гасіння затяжних великомасштабних пожеж, ліквідації НС із витіканням небезпечних речовин тощо. В програмному середовищі симулятора передбачений логічний процес протікання надзвичайної ситуації, із елементами випадковості введення різноманітних факторів, що впливають на розвиток ситуації. Тому від правильності та точності дій учасників групи залежить успішна ліквідація НС. Імітаційна модель створює динамічний сценарій розвитку НС, який може змінюватись залежно від прийнятих рішень. При прийнятті неправильних рішень, або взагалі бездіянні, НС може вийти з під контролю.

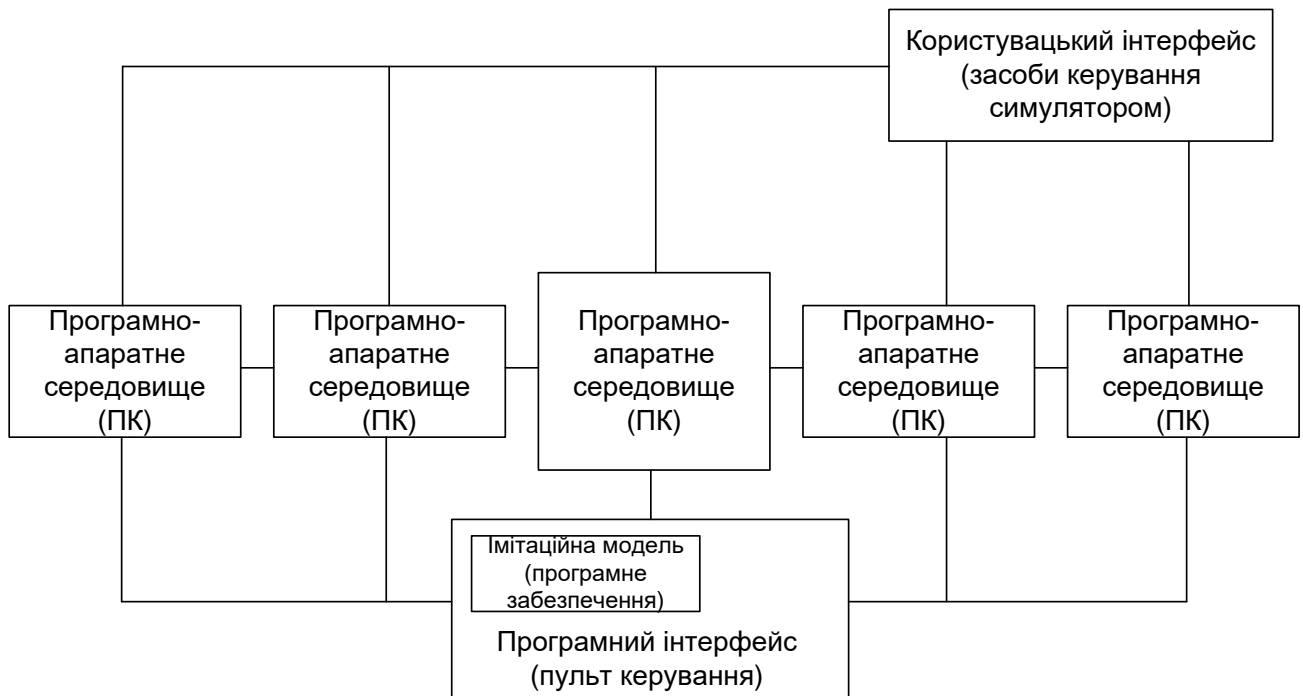


Рисунок 1.3 – Модель роботи інтерактивного симулятора

Відпрацювання вправ на симуляторі направлене на оволодіння навиками прийняття проектних рішень, надає можливість здобувати практичні уміння та навички успішної ліквідації НС, а також взаємодії і координації роботи учасників групи (рисунки 1.4, 1.5).

За процесом формування професійної компетенції спостерігає інструктор. Місце інструктора в моделі інтерактивного симулятора відіграє роль програмного інтерфейсу та обладнане засобами управління і контролю у вигляді шести моніторів і серверу (рисунок 1.6). З допомогою моніторів ведеться повне спостереження за діями кожного з учасників групи. Програмний інтерфейс дає змогу управляти роботою симулятора, вибирати початковий стан та сценарій розвитку НС задаючи або змінюючи певні фактори. Ці завдання автоматично може виконувати і сама імітаційна модель.



Рисунок 1.4 – Користувацький інтерфейс учасників групи



Рисунок 1.5 – Процес ліквідації пожежі з допомогою симулятора

Початкові умови виникнення та розвитку надзвичайної ситуації зазвичай задаються інструктором. До початкових умов можна віднести місце виникнення пожежі, поверх, наявність кранів внутрішнього протипожежного водопостачання тощо. Проте ряд факторів приймаються імітаційною моделлю автоматично і не прогнозовано. До таких факторів можна віднести час слідування підрозділів до місця виклику, кількість людей в приміщенні, поверховість будівлі, розміщення перешкод на шляху евакуації, стан здоров'я рятувальника тощо. Таке непередбачуване введення імітаційною моделлю незалежних факторів, призводить до не прогнозованого розвитку НС. Таким чином повторюваність однакових сценаріїв розвитку НС майже не можлива.

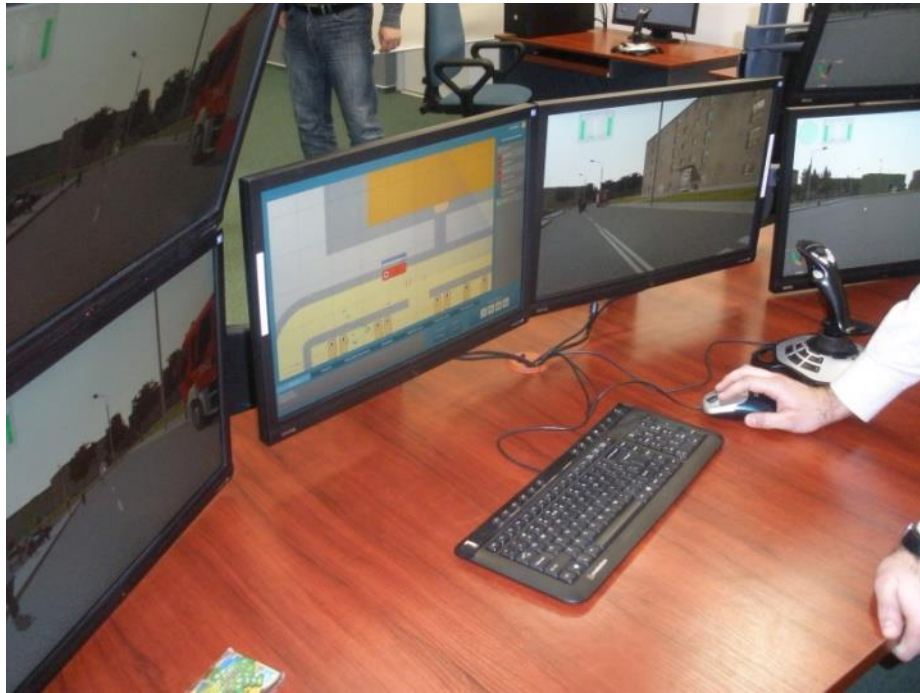


Рисунок 1.6 – Робоче місце інструктора

Оцінювання адекватності прийняття рішень, та в цілому, успішності ліквідації надзвичайної ситуації проводиться інструктором, що є одним з недоліків даної моделі, так як при оцінюванні може враховуватись фактор суб'єктивності інструктора або його некомпетентності.

Деякі вітчизняні проекти, в основу яких покладено використання інтерактивних симуляторів, направлені на здійснення контролю попередньо

отриманих умінь та навичок. Такі симулятори впроваджені в Національному університеті цивільного захисту України (м. Харків), для проведення планового поточного контролю з тактичної підготовки (рисунок 1.7). В основу симулятора закладено імітаційну модель, яка моделює виникнення різних надзвичайних ситуацій, залежно від обраної тематики. В ході моделювання розвитку НС, користувачеві пропонується дати відповідь на запитання у тестовій формі. Залежно від заданої відповіді імітаційна модель симулятора продовжує розвиток НС. Якщо хід відповідей був коректний, в кінцевому випадку ліквідація надзвичайної ситуації проводиться успішно без негативних наслідків, в протилежному випадку, призведе до погіршення становища. По закінченні виконання вправи, фаховість прийняття проектних рішень оцінюється симулятором автоматично.



Рисунок 1.7 – Симулятор для проведення планового поточного контролю з тактичної підготовки

Основним недоліком оглянутого симулятора є направленість на контроль попередньо отриманих знань та умінь із частковою візуалізацією, а не на безпосередній процес формування якості продукту освітнього проекту.

В Командно-інженерному інституті МНС Республіки Білорусь знедавна функціонує комплекс підготовки керівників гасіння пожеж (рисунки 1.8, 1.9).



Рисунок 1.8 – Програмний комплекс підготовки керівників гасіння пожеж

Імітаційна модель програмного комплексу здійснює моделювання пожежі за типовим сценарієм для різних об'єктів. Користувачеві надається можливість здійснювати оперативне керівництво процесом ліквідації пожежі. Для успішного виконання завдань симулятора, користувачеві надається можливість проводити управління визначеною кількістю сил та засобів. Хід розвитку пожежі, а також її ліквідації відтворюється з допомогою 3-D анімаційної графіки. Іншими словами,

симулятор функціонує у вигляді комп'ютерної гри із визначеним переліком необхідних завдань.



Рисунок 1.9 – Робочі місця комплексу підготовки керівників гасіння пожеж

Основним недоліком описаного програмного комплексу є дотримання чіткої послідовності виконання операцій та відсутність динамічного сценарію його розвитку, що не в повній мірі відтворює реальну обстановку на пожежі.

Компанією Flame-Sim (Сполучені Штати Америки), розроблений інтерактивний симулятор (рисунок 1.10) ідентичний за призначенням та

можливістю застосування до симулятора Головної школи пожежної служби (м.Варшава). В імітаційну модель симулятора закладені усі сфери діяльності рятувальних служб. Перед початком роботи із симулятором, інструктор проводить введення вихідних умов (вид техніки, час слідування, кількість рятувальників та їх оснащення тощо), що представлено на рисунку 1.11.



Рисунок 1.10 – Симулятор Flame-Sim

В переліку вихідних умов симулятора також задаються: вид будівлі де сталась пожежа, місце горіння, положення дверних та віконних отворів, місцезнаходження потерпілих, задимленість приміщення, часові показники розповсюдження пожежі, місця відключення електроенергії, опалення, газу тощо.

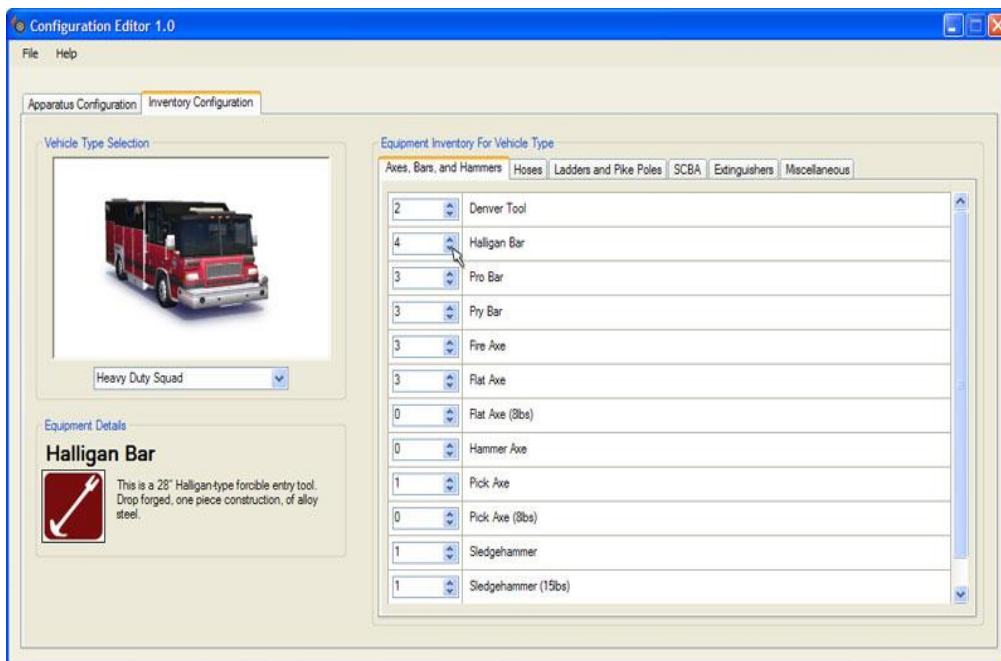
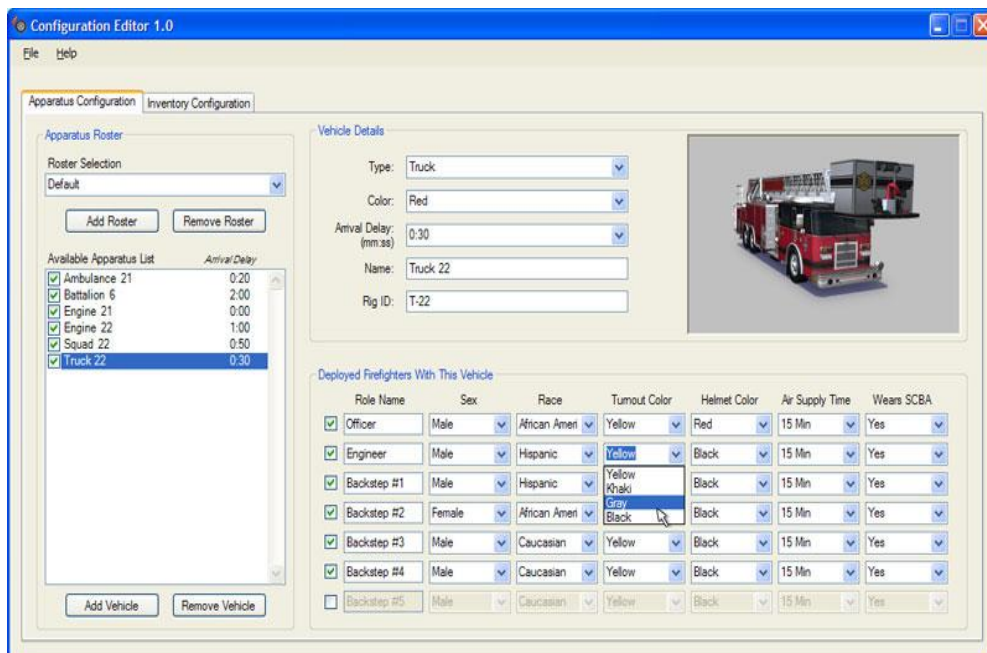


Рисунок 1.11 – Робочі вікна симулятора Flame-Sim для вибору вихідних даних

Російською фірмою «Проект сервіс» розроблено тренажер протипожежної автодрабини із всебічним залученням методів інтерактивності (рисунок 1.12). Тренажер являє собою комплекс, що складається з робочого місця оператора, монітору для спостереження, тренувального модуля «сходи», тренувального модуля «аутригери», програмного забезпечення та робочого місця викладача.



Рисунок 1.12 – Інтерактивний тренажер протипожежної автодрабини

Інтерактивний тренажер призначений для оволодіння практичними навиками роботи з протипожежними автодрабинами. Тренажер має ряд режимів роботи:

- комплексне відпрацювання порядку дій при виконанні завдань в умовах віртуальної пожежі;
- робота в режимі індивідуального тестування;
- відображення принципу роботи гідравлічної системи автодрабини в процесі виконання завдань;
- відпрацювання дій в аварійних ситуаціях;
- почергове виконання окремих операцій пов'язаних із залученням пожежного автомобіля (встановлення упорів, рятування людей з допомогою драбини тощо).

Модуль мультимедійного супроводу тренажера забезпечує візуалізацію робочої зони автодрабини (загальний вигляд) на місці оператора у всіх режимах її роботи.

Науково-виробниче підприємство «Метекол» (м.Ніжин Чернігівської обл.) проводить активну роботу щодо створення сучасних технічних засобів навчання та тренажерних комплексів. На рахунку підприємства налічується низка різноманітних тренажерів направлених на формування професійної компетенції роботи з технічними засобами оборонного призначення, які впроваджені у передових навчальних закладах України, що здійснюють підготовку фахівців для Збройних Сил України (рисунок 1.13). На замовлення цивільних навчальних закладів, підприємством розробляються тренажери набуття навиків керування транспортними засобами (автомобілі, потяги метрополітену, залізничні локомотиви, трактори, автомобільні крани тощо). Розроблення сучасних технічних навчальних засобів та тренажерів пожежогасіння підприємством поки що не проводиться. Тому у зв'язку із невідповідністю розроблених тренажерів предметній області дисертації, їх детального огляду проводити не будемо.



Рисунок 1.13 – Інтерактивні тренажери підприємства «Метекол»

Висновки за результатами розділу:

Зважаючи на вітчизняний та світовий досвід створення інтерактивних тренажерів для відпрацювання практичних завдань поставлених для виконання рятувальникам. Які за допомогою даних розробок фахівці знатимуть "що потрібно робити", проте не орієнтуватиметься "як робити". Саме тому необхідно інтегрувати

у подібні програмні комплекси можливості інтерактивної роботи із технічними засобами з метою їх послідовного застосування.

РОЗДІЛ II. РОЗРОБЛЕННЯ ЗАСОБІВ НОВАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ РЯТУВАЛЬНИКІВ

2.1. Аналіз інновацій та порівняння їх з традиційними технологіями навчання.

В основу створення сучасних інноваційних технологій підготовки рятувальників, очевидно, закладено поняття "інновація", тому розглянемо тлумачення цього терміна. За визначенням австрійського ученого-економіста Йозефа Шумпетера, інновація – це нововведення у галузі технології або організації виробництва. Історія зародження цього поняття вказує, що інновація – не просто "відкриття" або "винахід", це нововведення прикладного характеру, яке може бути технологічним або навпаки. Під технологічними інноваціями розуміють створення нового або покращення існуючого продукту чи послуги. Нетехнологічні інновації вбачають зміну форм та методів організації виробництва або управління, спрямованих на підвищення продуктивності, отримання додаткового доходу, покращення якості продукції тощо.

В джерелах, які висвітлюють першоджерело та історію зародження терміна "інновація", не подано чіткого поділу між поняттями "новації" та "інновації". Ґрунтовно, з цієї точки зору, поняття інновації описано в роботі проф. Бушуєва С.Д., де вказано, що інновація (в перекладі з латинської "novatio" – оновлення, нововведення або зміна; а приставка "in" – в напрямку) – це впроваджене нововведення, спрямоване на якісне зростання ефективності процесів, продукції або функціонування будь-якої системи. В науковій праці проф. Бушуєва зазначено, що інновація означає підвищення ефективності діючої системи, що забезпечується рухом в напрямку змін. Погоджуючись та узагальнюючи усі подані тлумачення можна сформулювати означення освітньої інновації. Освітня інновація – це впроваджене нововведення, яке спрямоване на підвищення ефективності функціонування освітнього середовища шляхом покращення якості основних процесів та зменшення негативного впливу від обмеження тривалості навчання і мінімізації його ресурсів. Отже, використання інноваційного підходу буде

корисним тільки в тому випадку, якщо він підвищує ефективність функціонування існуючої системи. В нашому випадку основною метою запровадження інноваційних технологій (ІТ) в освітнє середовище є покращення якості процесу підготовки з одночасною мінімізацією вартості навчання.

Далі розглянемо існуючі традиційні технології підготовки рятувальників. Зазвичай, процес практичної підготовки рятувальників виконується за класичною схемою, яка полягає у виконанні визначеного переліку робіт із залученням реального рятувального обладнання та устаткування (засобів традиційної технології) на базі полігонів або навчально-тренувальних центрів після циклу професійно-теоретичної підготовки. Попри складність своєї реалізації, така технологія має безперечну перевагу – можливість закріплення сформованої компетенції шляхом власноручного відпрацювання практичної вправи на устаткуванні, з яким фахівець буде працювати на практиці. Проте існує і низка недоліків існуючої технології, які виникають в умовах обмеження ресурсів. Усі засоби традиційної технології є високовартісними в утриманні, обслуговуванні, перезарядці та застосуванні. Відповідно, умови глобального обмеження вартості процесів навчання зумовлюють зменшення кількості циклів практичних відпрацювань або взагалі їх ліквідацію, що сприяє погіршенню якості підготовки. Окрім того, існуючі засоби традиційної технології не придатні для самостійного застосування студентами у непристосованих для того умовах без нагляду керівників занять.

Саме тому, з метою створення сучасних та більш ефективних засобів інноваційної технології підготовки рятувальників в умовах обмежених ресурсів, у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності ведеться активна робота щодо їх розроблення та запровадження. Як показує досвід, альтернативою засобам традиційної технології, які можуть застосовуватись виключно в умовах полігону, є інформаційні комп'ютерні технології. Звичайно, повноцінна заміна засобів традиційної технології не можлива, адже фахівцеві на практиці необхідно буде працювати з реальним устаткуванням. Проте можливо суттєво обмежити кількість їх застосування за рахунок розроблених засобів альтернативної

технології. Отже, загальний принцип інноваційної технології підготовки яку ми пропонуємо полягає у комбінованому (почерговому) застосуванні інноваційних комп'ютерних засобів та реального устаткування. Звичайно такий новаційний підхід стимулюватиме до зменшення вартості процесів навчання, проте він не буде інноваційним, до поки не приносить якісної користі існуючій системі.

Узагальнюючи викладені поняття можна зробити висновок, що новизна технології, яку ми пропонуємо, полягає у можливості покращення якості процесу підготовки шляхом збільшення кількості практичних відпрацювань із залученням альтернативних засобів та мінімізації вартості шляхом зменшення кількості відпрацювань із залученням засобів традиційної технології.

2.2. Розроблення засобів новаційної технології підготовки рятувальників.

У пошуках нової та більш ефективної форми подачі навчального матеріалу у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності активно розробляється низка інтерактивних засобів навчання для курсантів та студентів освітніх установ, що працюють у сфері забезпечення безпеки життєдіяльності людини. Як показує досвід, альтернативою засобам традиційної технології, які можуть застосовуватись виключно в умовах полігону або центру, є комп'ютерні технології, застосування яких потребує наявності тільки персонального комп'ютера із відповідним програмним забезпеченням. Звичайно, повноцінна заміна засобів традиційної технології не можлива, адже фахівцеві на практиці необхідно буде працювати з реальним устаткуванням. Проте можливо суттєво обмежити кількість їх застосування за рахунок розроблених засобів альтернативної технології. Отже, загальний принцип інноваційної технології, яка пропонується з метою реалізації проектів практичної підготовки рятувальників, полягає у комбінованому (почерговому) застосуванні інноваційних комп'ютерних засобів та реального устаткування. Звичайно такий новаційний підхід стимулюватиме до зменшення вартості підготовки, проте він не буде інноваційним, поки не

приноситиме якісної користі існуючій системі. Дослідження цього питання буде розглядатись в наступному розділі.

Зважаючи на вищевикладені позиції, коротко розглянемо перелік засобів новаційної технології, розроблених у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності. Коротко опишемо кожен з новаційних продуктів.

До переліку розроблених засобів новаційної технології відносять:

1. Комплекс інтерактивних тренажерів з відпрацювання практичних вправ роботи із протипожежними відцентровими насосами (ПН-40УВ, НВП-40/100, НВПН-40/100, ЦГС-7,2/150), а саме:

- будова насосного відсіку протипожежного автомобіля;
- перевірка насоса на герметичність;
- нагнітання води з цистерни протипожежного автомобіля;
- нагнітання води з водогінної мережі;
- забір та нагнітання води з відкритого вододжерела;
- забір та нагнітання води з допомогою Г-600 (дві схеми);
- подача повітряно-механічної піни (піноутворювач-пінобак; вода-цистерна);
- подача повітряно-механічної піни (піноутворювач-стороння ємність; піноутворювач-цистерна);
- заповнення насоса водою при несправній вакуумній системі.

2. До другого комплексу відносять інтерактивні комп'ютерні тренажери із відпрацювання порядку приведення в дію різних типів вогнегасників залежно від модельованого класу пожежі. З допомогою розроблених інтерактивних тренажерів, які об'єднані в один програмний продукт, можна навчатися приводити в дію водяні, водопінні, порошкові, вуглекислотні вогнегасники. Модельовані класи пожеж: клас А — горіння твердих речовин; клас В — горіння рідких речовин; клас С — горіння газоподібних речовин; клас D — горіння металів та їх сплавів; клас Е — горіння електроустановок, що перебувають під напругою електричного струму.

Практика створення комп'ютерних тренажерів показує, що для імітації окремо взятого об'єкта, наприклад, протипожежного насоса, цілком достатньо

показати цей об'єкт з одного боку (двовимірна картинка) (рисунок 2.1). Швидка зміна деякої частини цього зображення створює ілюзію руху об'єкта (анімацію). В такій технології є безсумнівна перевага – простота реалізації. Усе це реалізується за допомогою використання багатофункціонального та простого у використанні анімаційного пакету Macromedia Flash MX, який використано для створення інтерактивних комп'ютерних тренажерів. Цей пакет є досконалим середовищем для створення найрізноманітнішої мультимедійної продукції. Саме цей пакет дав можливість зменшити трудомісткість промальовування кадрів, за його допомогою створюється початковий кадр, і з нього шляхом трансформації можна одержати кінцевий кадр анімації. Проміжні кадри будуються пакетом автоматично (рисунок 2.2).

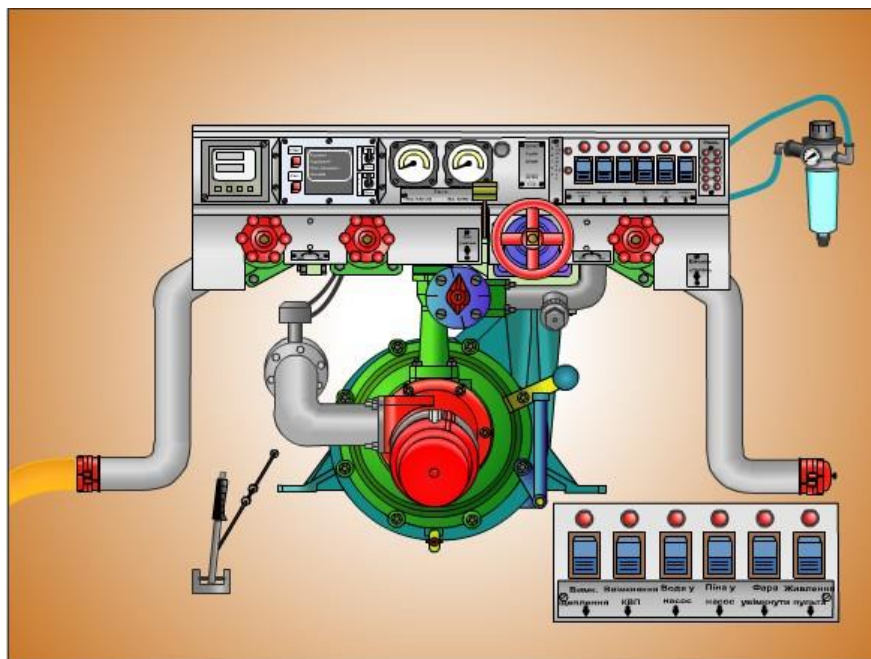
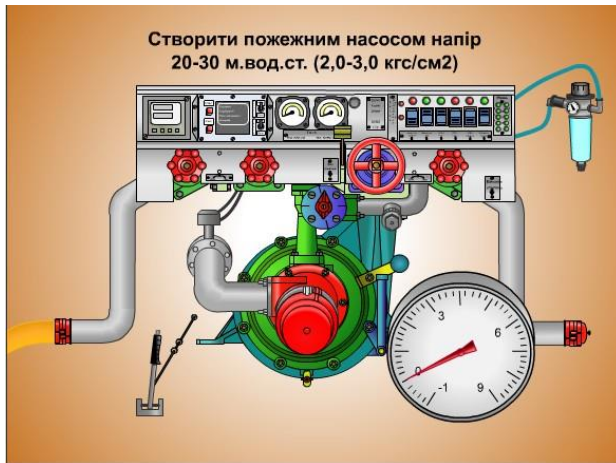
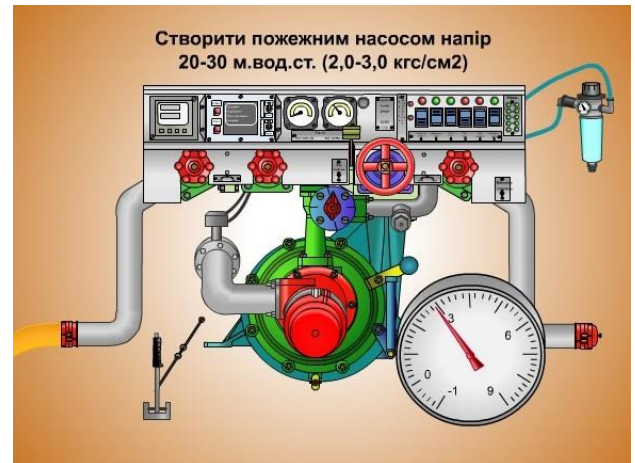


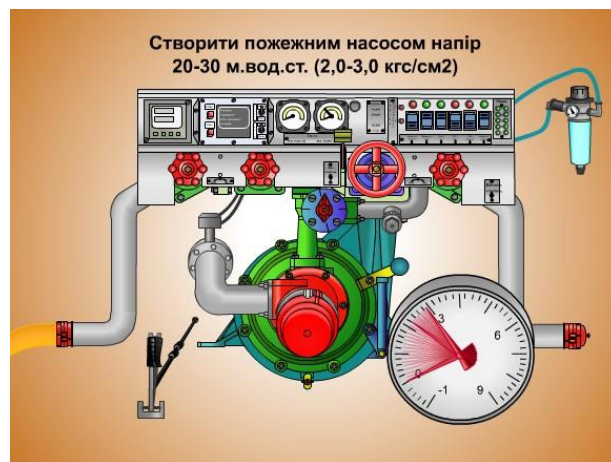
Рисунок 2.1 – Загальний вигляд інтерактивного комп'ютерного тренажера



а) початковий кадр;



б) кінцевий кадр;



в) автоматична побудова проміжних кадрів

Рисунок 2.2 – Принцип відтворення анімації

За допомогою розроблених інтерактивних комп'ютерних тренажерів можна навчитись виконувати будь-які вправи щодо роботи з протипожежним насосом (рисунок 2.3). Цей тренажер дозволяє практично відпрацювати вправу без значного фізичного навантаження та з відповідною економією ресурсів. Єдиною вимогою є наявність комп'ютера з відповідним програмним забезпеченням. Відпрацювання вправи на тренажері здійснюється поетапно, згідно з чіткою послідовністю. Кожен етап виконання вправи під час роботи із тренажерами супроводжується текстовими та голосовими повідомленнями.

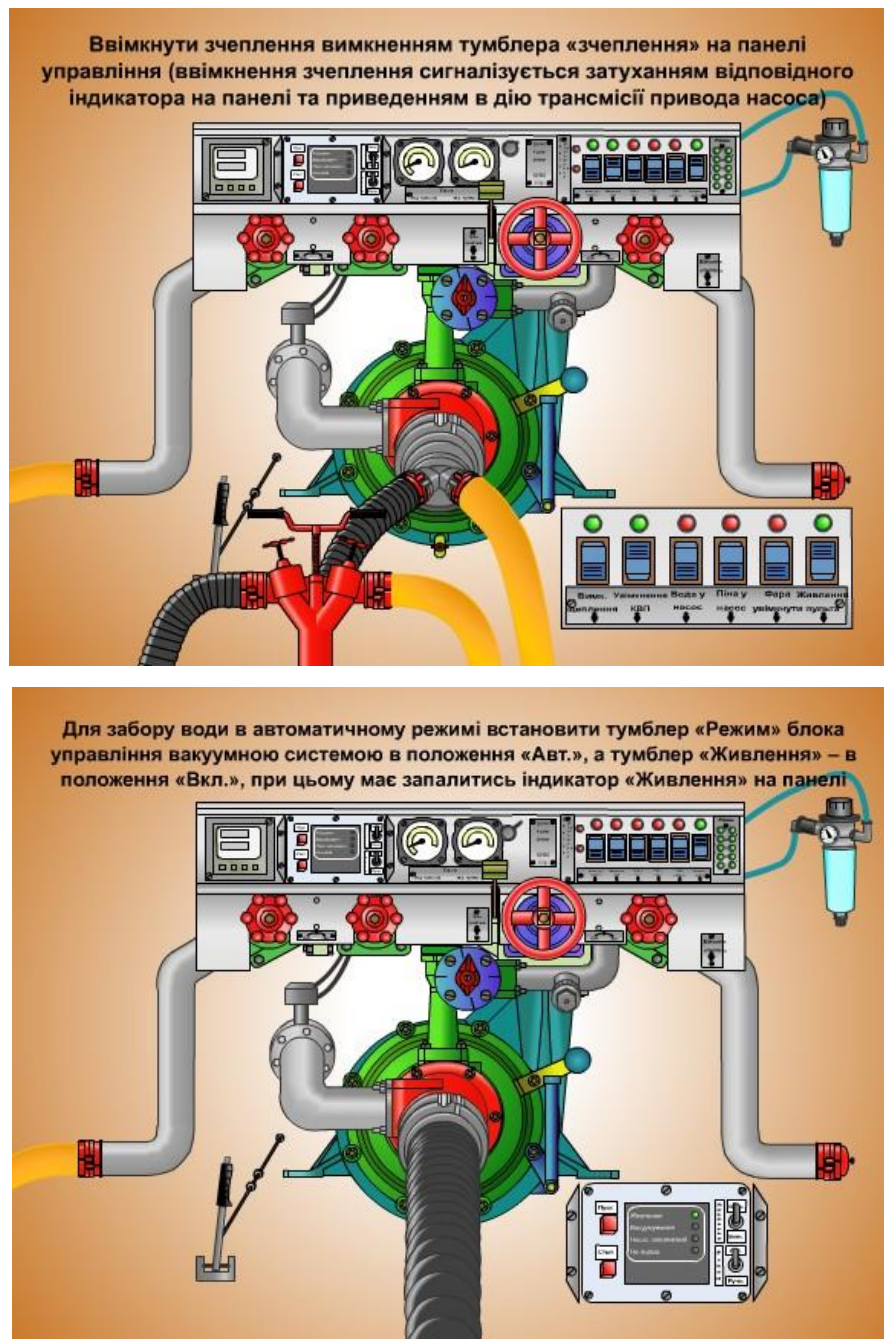


Рисунок 2.3 – Робоче вікно інтерактивного тренажера протипожежного відцентрового насоса НВП-40/100

При допущенні помилки робоче вікно тренажера повідомляє користувача про неправильну дію текстовим та голосовим коментарем і дає можливість самостійно виправитись (рисунок 2.4). Курсант і студент, при бажанні, може відпрацювати вправу необмежену кількість разів.



Рисунок 2.4 – Помилка при виконанні вправи

Для запобігання допущення помилок на практиці, які можуть спричинити вихід з ладу певного агрегату чи вузла, після закінчення вправи курсанту і студенту дається можливість ознайомитися з характерними помилками, які трапляються при роботі з реальним устаткуванням.

Вправи з використанням інтерактивних тренажерів дозволяють створити фундамент у вигляді сформованих знань та умінь для майбутнього формування професійних навичок. Головна перевага таких тренажерів у тому, що вони дозволяють опрацьовувати ключові, можна сказати, технологічні навички для вирішення більш складних, комбінованих завдань у традиційній формі на практиці. При цьому забезпечується активна розумова і маніпулятивна активність курсанта і студента. На рисунку 2.5 зображено загальний алгоритм дії розробленого інтерактивного комп'ютерного тренажера з відпрацювання практичних вправ.

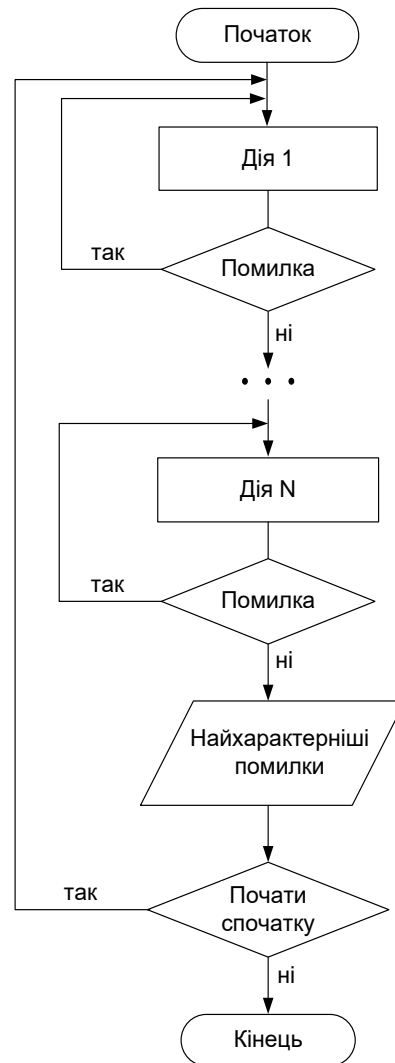


Рисунок 2.5 – Загальний алгоритм дії інтерактивного тренажера роботи з протипожежним насосом

Для зручності використання розроблених тренажерів, нами сформовано програмне меню, яке зводить усі розробки у єдиний файл, яке зображене на рисунку 2.6. Після запуску програми вискакує робоче вікно у якому вказано, який тип насосу буде запропонований для тренування, у нашому випадку це експлуатація протипожежного відцентрового насосу НВП-40/100. Також у даному вікні є посилання на сайт Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, а також коротка інформація про авторів. У подальшому переході користувачу надається змога обрати необхідну вправу для відпрацювання (рисунок 2.7). Після обрання меню програми залишається активною, що дозволяє швидко змінити вправу за необхідності. Таким чином курсант чи студент не витрачає час на повторний запуск програмного меню.



Рисунок 2.6 – Робоче вікно програмного меню

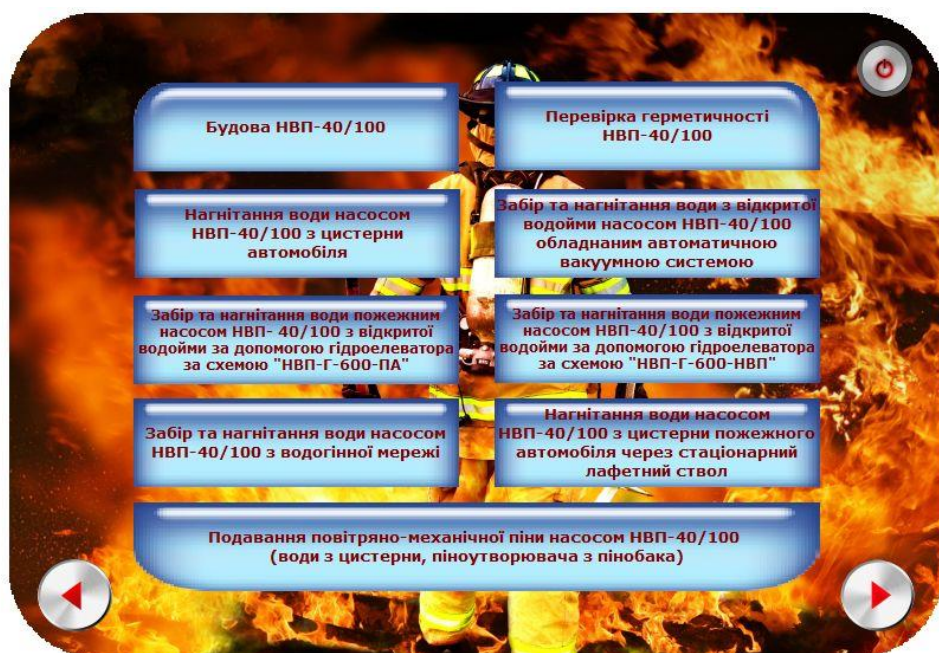


Рисунок 2.7 – Вікно програмного меню з розробленими тренажерами

Що стосується другого розробленого засобу інноваційної технології, то він призначений для відпрацювання порядку приведення в дію різних типів вогнегасників, залежно від модельованого класу пожежі (рисунок 2.7). Таким чином, крім оволодіння навичками правильної послідовності приведення в дію різноманітних вогнегасників, користувачеві надається можливість навчитись вірно

визначати необхідний тип вогнегасника у залежності від матеріалу, який охоплено полум'ям (рисунок 2.8).

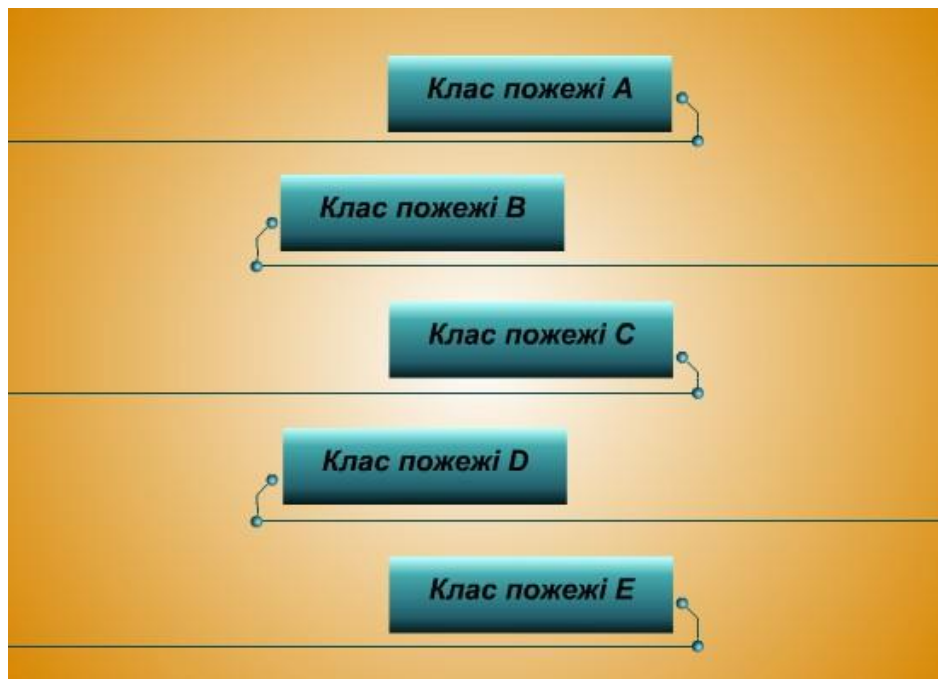


Рисунок 2.7 – Модельовані класи пожеж



Рисунок 2.8 – Визначення необхідного типу вогнегасника

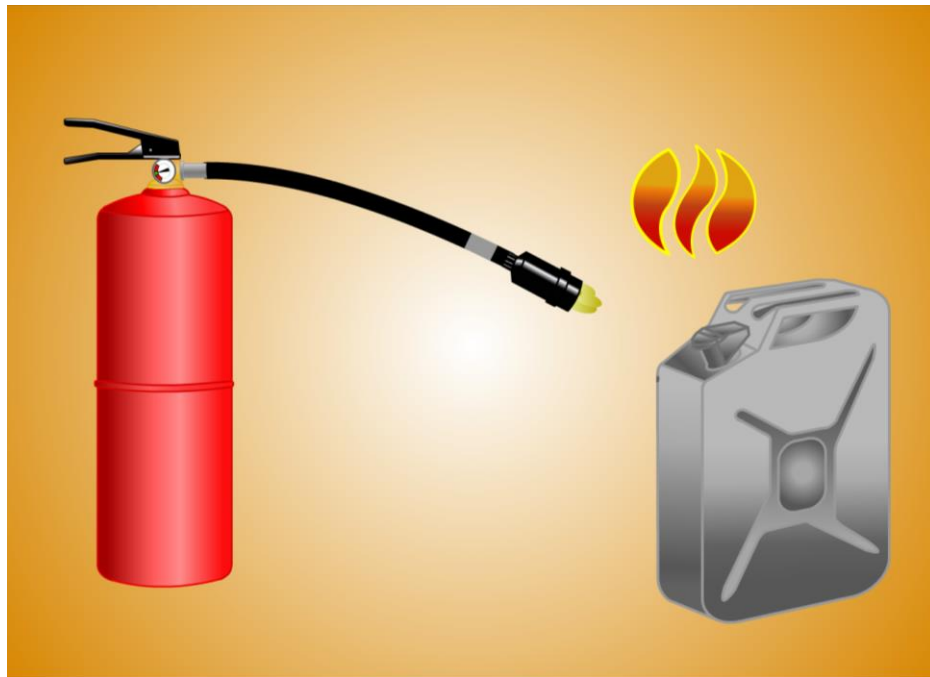


Рисунок 2.9 – Виконання вправи

У даному тренажері також закладений чіткий алгоритм дії послідовність виконання вправи. Як з протипожежним насосом при допущені помилки робоче вікно тренажера сповіщає про це користувача голосовим та текстовим повідомленням. При виконанні операції вірно, програма тренажера надає можливість користувачеві виконати наступну операцію згідно алгоритму. Кількість циклів виконання вправи залежать від складності практичної вправи та завчасно закладені в алгоритм дії інтерактивного тренажера. Курсанти і студенти, за бажанням, можуть відпрацювати вправу необмежену кількість разів. Єдиною вимогою є наявність персонального комп'ютера з відповідним програмним забезпеченням. Алгоритм дії інтерактивного комп'ютерного тренажера роботи з первинними засобами пожежогасіння представлений на рисунку 2.10.

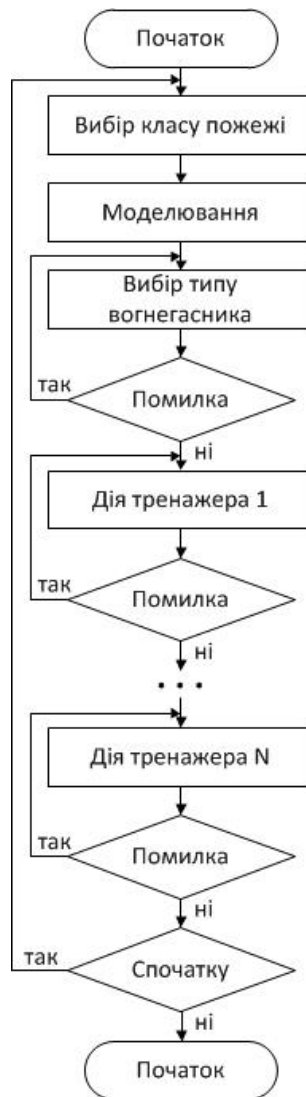


Рисунок 2.10 – Алгоритм дії інтерактивного комп’ютерного тренажера роботи із первинними засобами пожежогасіння

Отже, як показує досвід, альтернативою засобам традиційної технології, є інформаційні комп’ютерні технології. Звичайно, повноцінна заміна засобів традиційної технології не можлива, проте можливо суттєво обмежити кількість їх застосування за рахунок розроблених засобів альтернативної технології. Звичайно, такий новаційний підхід активізуватиме студентів до роботи на заняттях, проте він не буде інноваційним, до поки не приносить якісної користі існуючій системі.

Узагальнюючи викладені поняття можна зробити висновок, що новизна технології, яку ми пропонуємо, полягає у можливості покращення якості процесу підготовки шляхом запровадження принципово нової технології відпрацювання практичних вправ.

2.3. Особливості застосування розроблених 3D-інтерактивних технологій навчання

Не завжди усе новаційне та сучасне є корисним. Впровадження в освітнє середовище передових технологій може стимулювати як до покращення процесів, так і завдавати шкоди. Погіршення процесу від новацій може виникати з низки причин, насамперед це незацікавленість певної категорії викладачів в оволодінні прикладними програмами для розроблення та використання сучасних засобів навчання. На жаль така ж ситуація спіткає і значну категорію студентів, які не вміють використовувати новації. Однією із причин такої ситуації є незнання, де саме та у яких випадках можливо і необхідно їх використовувати. Саме тому в статті буде досліджено освітнє середовище та виділено області застосування ІТ на прикладі 3D-плакатів.

Розроблення 3D-технологій навчання зосереджено у двох напрямках. Перший напрям охоплює 3D-моделювання технічних засобів пожежогасіння та порятунку з метою детального вивчення їх конструкції та принципу роботи. Другий напрямок зосереджено на створенні 3D-віртуального комплексу вивчення дисциплін пожежно-профілактичного циклу.

Розглянемо спочатку перший напрям, який представлено у форматі 3D-плакатів. Перші спроби розроблення подібного роду засобів описані в роботах [12, 13]. В цих працях висвітлені результати досліджень та доведено ефективність застосування інноваційних технологій, зокрема 3D-плакатів, в процесі підготовки рятувальників. Розроблення 3D-плакатів націлено на висвітлення особливостей будови протипожежного устаткування показуючи прилад з різних ракурсів. З цією метою обрано пакет програмного забезпечення Google Sketch Up. Використання модуля Sketch Up від компанії в Google, окрім самого створення 3D-моделей, дає можливість їх огляду, в тому числі у збільшеному вигляді без погіршення якості зображення. Самостійний вибір ракурсу для огляду устаткування дає безсумнівну перевагу над звичайний плакатом, схемою, слайдом тощо. Крім того, з допомогою таких плакатів з'являється можливість огляду як загальної конструкції

протипожежного устаткування, так і будови його окремих елементів. Для наочності деякі з розроблених та описаних плакатів представлено на рисунку 1.

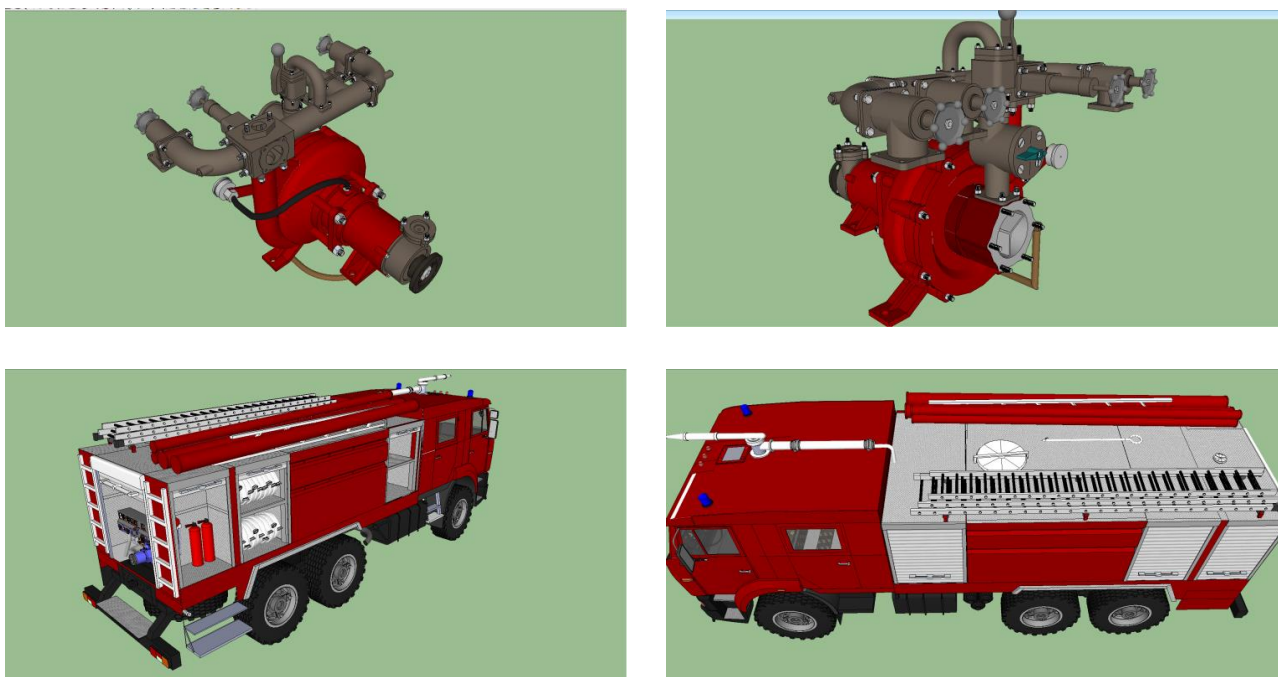


Рисунок 1 – 3D-плакати технічних засобів протипожежного призначення

За умови завантаження 3D-плакатів у віртуальне навчальне середовище, їх використання можливе під час індивідуальної підготовки в домашніх умовах. Це надаватиме можливість закріплювати отримані теоретичні знання під час самостійної роботи, а також ефективно засвоювати новий матеріал у випадку дистанційної форми навчання.

Основна перевага обраного пакета полягає у можливості розрізу устаткування в будь-якій площині з метою огляду його конструкції «з середини». Трансформований 3D-плакат також піддається зміні масштабу та ракурсу огляду (рис. 2).



Рисунок 2 – Розріз пожежно-рятувального автомобіля у повздовжній площині

Висновки за результатами розділу:

З метою створення сучасних та більш ефективних засобів інноваційної технології підготовки рятувальників в умовах обмежених ресурсів ведеться активна робота щодо їх розроблення та запровадження. Загальний принцип роботи полягає у комбінованому (почерговому) застосуванні інноваційних комп'ютерних засобів та реального устаткування. Дані розроблені тренажери сприяють покращенню якості процесу підготовки рятувальника.

РОЗДІЛ ІІІ

СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ НОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПІДГОТОВКИ РЯТУВАЛЬНИКІВ

3.1. Дослідження ефективності новаційних технологій вивчення конструкції та принципу роботи первинних засобів пожежогасіння.

Очевидно, що актуальним питанням стає дослідження ефективності застосування розроблених засобів новаційної технології навчання. Відповідно, вивченню цього питання була присвячена наукова робота на тему «Інноваційні технології покращення якості процесу оволодіння навичками застосування первинних засобів пожежогасіння», яка посіла друге місце на Всеукраїнському конкурсі студентських наукових робіт з напрямку «Безпека життєдіяльності».

Зважаючи на масштаби виконання окреслених досліджень, як в науковій так і в дипломній роботі поки що висвітлено результати досліджень ефективності тільки одного напрямку – оволодіння навичками застосування первинних засобів пожежогасіння.

Дослідження ефективності розроблених засобів навчання проведено з курсантами і студентами третього курсу під час вивчення теми «Вогнегасники» дисципліни «Протипожежна та аварійно-рятувальна техніка» за двома різними методиками на заняттях згідно розкладу. Відмінність методик полягає у проведенні занять з використанням та без використання новаційних засобів. В обох випадках в ході проведення заняття проведено тестування з використанням мобільної інтерактивної діалогової системи тестування Smart Senteo (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Комплект інтерактивної діалогової системи Smart Senteo

В ході проведення досліджень, під час викладення матеріалу, за допомогою WEB-посилань у лекцію рівномірно інтегровані поодинокі тестові запитання, метою яких є визначення рівня сприйняття нової інформації. Тестування проведено анонімно (рисунок 3.2). Як показує досвід, при анонімному опитуванні курсанти і студенти дають більш об'єктивні відповіді за менший проміжок часу. Після завершення тестування, у вигляді протоколу, одержано результати якості оволодіння новими знаннями на підставі чого зроблено висновок про ефективність пропонованих засобів (рисунок 3.3). Результати досліджень представлені у вигляді гістограм на рисунку 3.4.

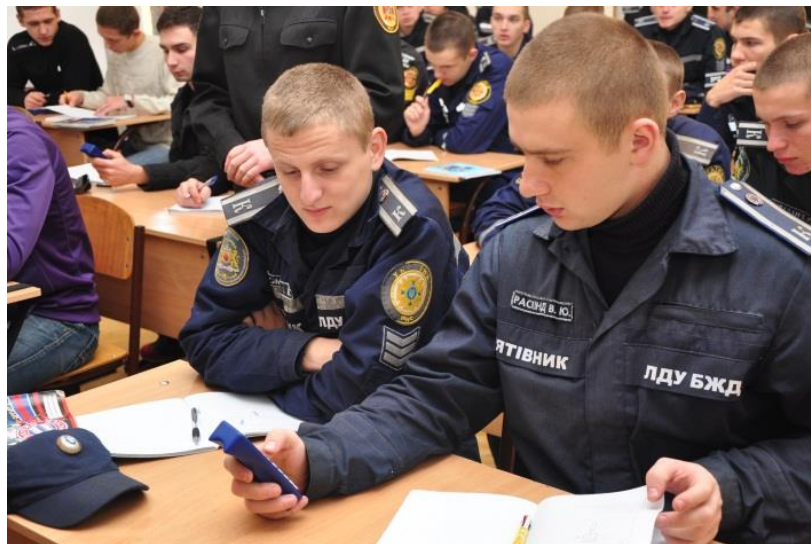
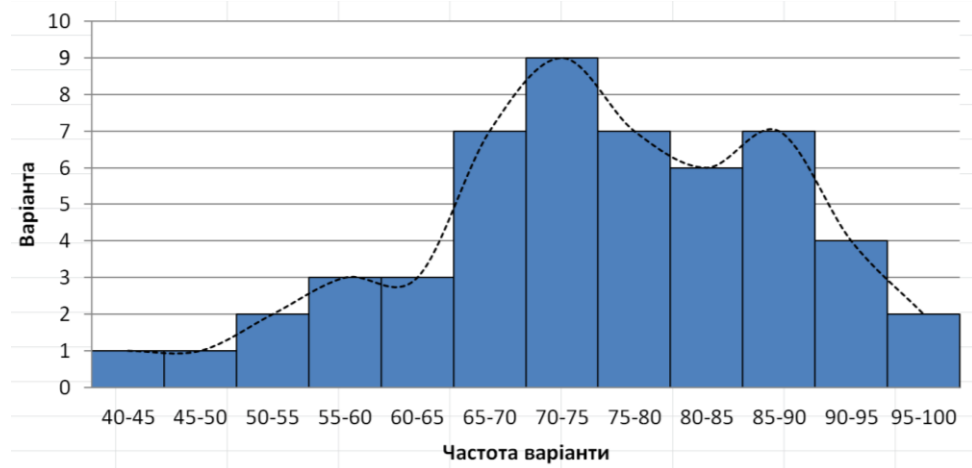


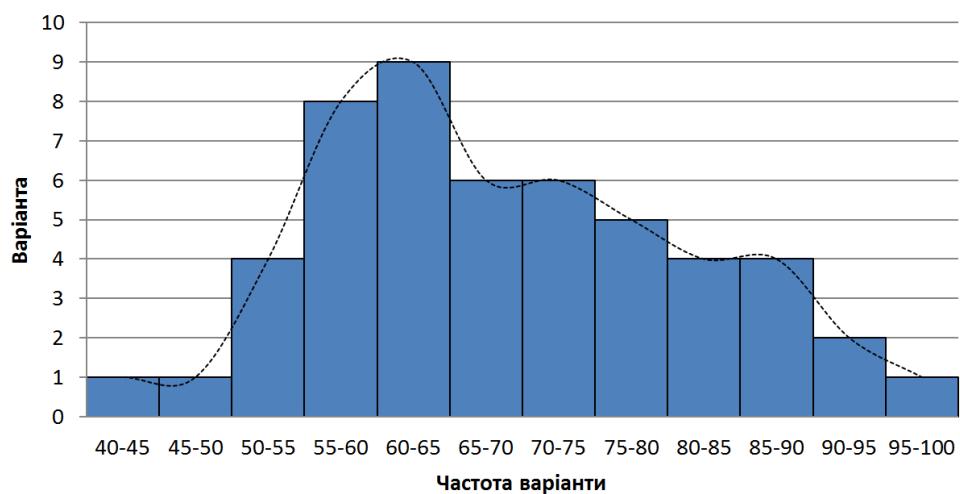
Рисунок 3.2 – Проведення анонімного тестування

		Questions												
Name	ID	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Correct	Grade	
Anonymous	Anonymous	C	No	A	C	B	B	B	D	B	No	8	90%	
Anonymous	Anonymous	C	No	A	C	B	B	B	D	B	No	8	90%	
Anonymous	Anonymous	C	No	A	C	B	B	B	D	B	No	8	90%	
Anonymous	Anonymous	C	No	A	C	B	B	B	D	B	No	8	90%	
Anonymous	Anonymous	A	No	A	C	B	B	B	D	B	No	8	80%	
Anonymous	Anonymous	A	No	A	C	B	B	B	D	B	No	8	80%	
Anonymous	Anonymous	A	No	A	C	B	B	B	D	B	No	8	80%	
Anonymous	Anonymous	A	No	A	C	C	B	B	B	B	No	8	80%	
Anonymous	Anonymous	C	No	A	C	B	B	B	D	B	No	8	80%	
Anonymous	Anonymous	A	No	A	C	B	B	B	D	B	No	8	80%	
Anonymous	Anonymous	A	No	A	C	B	B	B	D	B	No	8	80%	
Anonymous	Anonymous	A	No	A	C	B	B	B	D	B	No	8	80%	
Anonymous	Anonymous	A	No	A	C	B	B	B	D	B	No	8	80%	
Anonymous	Anonymous	A	No	A	C	B	B	B	D	B	No	8	80%	
Anonymous	Anonymous	B	Yes	A	C	B	B	B	B	B	No	8	80%	
Anonymous	Anonymous	C	Yes	A	C	B	B	B	D	B	No	8	80%	
Anonymous	Anonymous	C	Yes	A	C	A	B	B	B	A	No	7	70%	
Anonymous	Anonymous	B	No	A	C	B	B	B	A	B	Yes	7	70%	
Anonymous	Anonymous	C	Yes	A	C	B	B	B	A	A	No	7	70%	
Anonymous	Anonymous	C	Yes	A	C	B	B	B	A	A	No	7	70%	
Anonymous	Anonymous	C	Yes	A	C	B	B	B	A	A	No	7	70%	
Anonymous	Anonymous	B	No	A	C	D	B	A	B	B	No	7	70%	
Anonymous	Anonymous	A	No	A	C	B	B	B	D	A	No	7	70%	
Anonymous	Anonymous	C	Yes	A	C	B	C	E	B	B	No	7	70%	
Anonymous	Anonymous	B	Yes	A	C	A	B	B	B	B	Yes	6	60%	
Anonymous	Anonymous	A	No	A	C	B	C	B	B	D	A	No	6	60%
Anonymous	Anonymous	A	Yes	A	C	C	B	A	D	B	No	5	50%	
Anonymous	Anonymous	A	Yes	A	C	B	A	B	D	A	Yes	5	50%	
Anonymous	Anonymous	A	Yes	A	C	C	B	A	B	A	No	4	40%	
Number Correct / Class Average		13	19	30	29	22	27	23	13	20	24	7,3	73,30%	
Answer Key		C	Hi	A	C	B	B	B	B	B	Hi			

Рисунок 3.3 – Протокол результатів анонімного тестування у форматі «.xls»



а) із залученням новаційних засобів



б) без залучення новаційних засобів

Рисунок 3.4 – Результати досліджень ефективності процесу оволодіння навичками застосування первинних засобів пожежогашіння

Звертаючи увагу на обриси вершин гістограм частот висунуто гіпотезу, що статистичний розподіл результатів спостереження (тестування) підпадає під ознаку нормального закону розподілу, який описується "кривою Гауса". Проте зважаючи на те, що твердження є лише гіпотетичним, його перевірено з використанням критерію узгодженості Пірсона:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^q \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} \quad , \quad (3.1)$$

де q — число інтервалів статистичного розподілу вибірки; n_i — емпіричні частоти вибірки; np_i — теоретичні частоти вибірки.

Для наочності здійсненого розрахунку теоретичних частот в таблицях 1 та 2 представлено окремі значення для двох досліджуваних випадків.

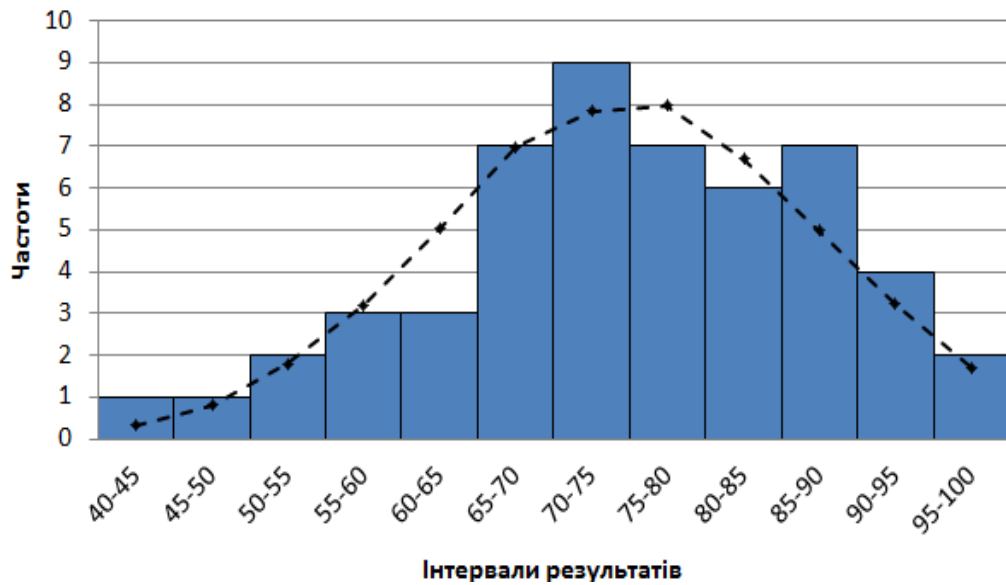
Таблиця 3.1 – Теоретичні частоти статистичного розподілу результатів експериментальних досліджень ефективності інноваційної технології навчання

x_i	x_{i+1}	n_i	z_i	$z_i + 1$	$\Phi(z_i)$	$\Phi(z_{i+1})$	n'_i	$n_i - n'_i$	$(n_i - n'_i)^2$	$(n_i - n'_i)^2 / n'_i$
40	45	1	-2,75039	-2,3564	-0,497	-0,4906	0,3328	0,6672	0,445156	1,33760769
45	50	1	-2,3564	-1,9624	-0,4906	-0,475	0,8112	0,1888	0,035645	0,04394162
50	55	2	-1,9624	-1,56841	-0,475	-0,4406	1,7888	0,2112	0,044605	0,02493596
55	60	3	-1,56841	-1,17441	-0,4406	-0,379	3,2032	-0,2032	0,04129	0,01289031
60	65	3	-1,17441	-0,78042	-0,379	-0,2823	5,0284	-2,0284	4,114407	0,81823374
65	70	7	-0,78042	-0,38642	-0,2823	-0,148	6,9836	0,0164	0,000269	0,000038
70	75	9	-0,38642	0,007577	-0,148	0,003	7,852	1,148	1,317904	0,1678431
75	80	7	0,007577	0,401573	0,003	0,1564	7,9768	-0,9768	0,954138	0,11961416
80	85	6	0,401573	0,795569	0,1564	0,2852	6,6976	-0,6976	0,486646	0,07265972
85	90	7	0,795569	1,189565	0,2852	0,381	4,9816	2,0184	4,073939	0,81779721
90	95	4	1,189565	1,583561	0,381	0,4429	3,2188	0,7812	0,610273	0,18959657
95	100	2	1,583561	1,977556	0,4429	0,4756	1,7004	0,2996	0,08976	0,05278767

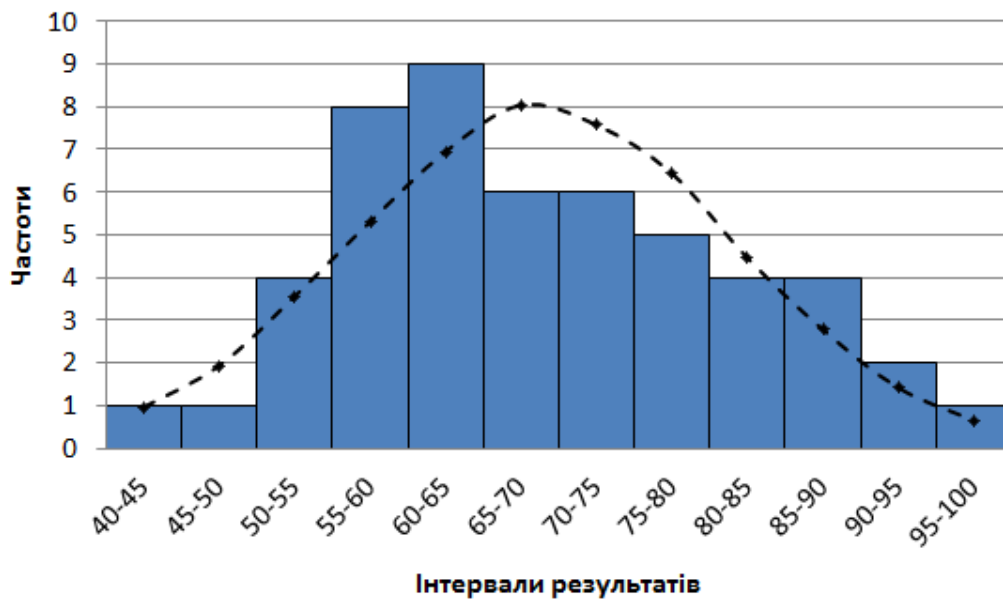
Таблиця 3.2 – Теоретичні частоти статистичного розподілу результатів експериментальних досліджень ефективності традиційної технології навчання

x_i	x_{i+1}	n_i	z_i	$z_i + 1$	$\Phi(z_i)$	$\Phi(z_{i+1})$	n'_i	$n_i - n'_i$	$(n_i - n'_i)^2$	$(n_i - n'_i)^2 / n'_i$
40	45	1	-2,28343	-1,88799	-0,4889	-0,4706	0,93177	0,06823	0,004655	0,00499623
45	50	1	-1,88799	-1,49256	-0,4699	-0,4319	1,938	-0,938	0,879844	0,45399587
50	55	4	-1,49256	-1,09713	-0,4319	-0,3621	3,5598	0,4402	0,193776	0,05443453
55	60	8	-1,09713	-0,7017	-0,3621	-0,258	5,3091	2,6909	7,240943	1,36387388
60	65	9	-0,7017	0,089166	-0,258	0,0359	14,9889	-5,9889	35,86692	2,39289896
65	70	6	-0,30627	0,089166	-0,1217	0,0359	8,0376	-2,0376	4,151814	0,51654894
70	75	6	0,089166	0,484598	0,0359	0,1844	7,5735	-1,5735	2,475902	0,32691652
75	80	5	0,484598	0,88003	0,1844	0,3106	6,4362	-1,4362	2,06267	0,32047954
80	85	4	0,88003	1,275462	0,3106	0,398	4,4574	-0,4574	0,209215	0,0469365
85	90	4	1,275462	1,670894	0,398	0,4525	2,7795	1,2205	1,48962	0,53593101
90	95	2	1,670894	2,066326	0,4525	0,4803	1,4178	0,5822	0,338957	0,23907239
95	100	1	2,066326	2,461758	0,4803	0,4931	0,6528	0,3472	0,120548	0,18466275

Результати одержаних теоретичних частот порівняно із значенням емпіричних та представлено на рисунку 3.5.



а) із залученням новаційних засобів



б) без залучення новаційних засобів

Рисунок 3.5 – Інтервальний розподіл і теоретична крива нормального розподілу результатів спостереження

З проведеного розрахунку розподілу χ^2 (оволодіння знаннями та уміннями із залученням ІТ – $\chi^2 = 3,65$; без ІТ – $\chi^2 = 6,44$) встановлено, що спостережене значення у двох досліджуваних випадках є меншим за критичне значення $\chi_{кр}^2(0,05; 9) = 16,9$. Оскільки $\chi_{сп}^2 \in [0; 16,9]$, то гіпотеза про нормальний закон розподілу ознаки генеральної сукупності підтверджується (рис. 3.6).

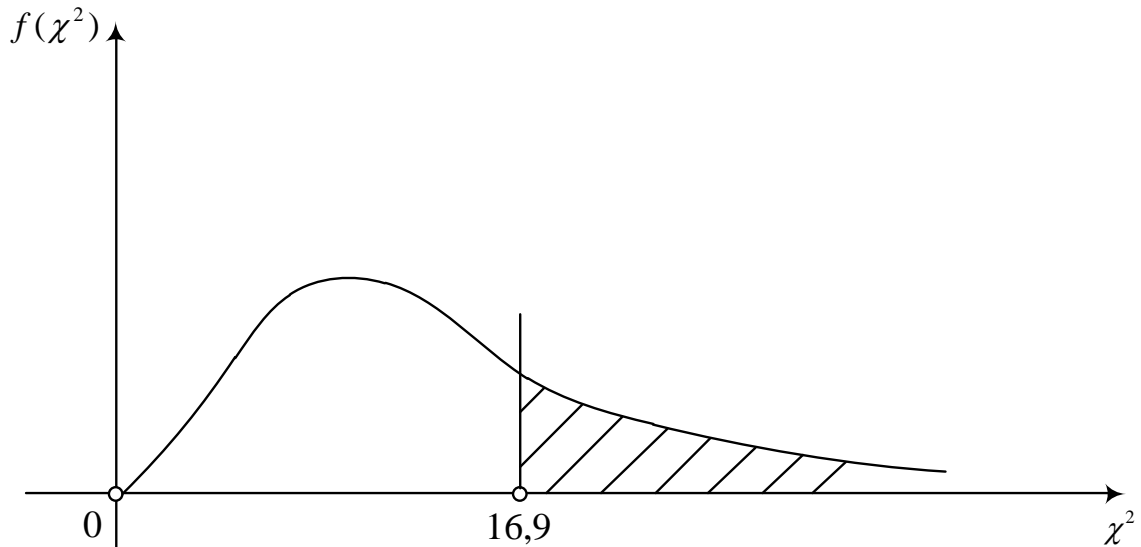


Рисунок 3.6 – Схематичне зображення критичної області

Таким чином, керуючись результатами проведених досліджень, здійснено прогнозування ймовірності формування відповідного рівня знань курсантами і студентами, які навчатимуться за різними методиками (з залучення ІТ та без залучення). За умовний вимірник ймовірності, що якість набутих знань та умінь буде набувати відповідного значення, взято густину розподілу випадкової величини, яку визначено з залежності:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad (3.2)$$

де x – очікуваний рівень оволодіння навичками; μ – математичне сподівання; σ – середнє квадратичне відхилення.

Густина розподілу відповідної якості набутих знань під час традиційних та інноваційних підходів до процесу викладення нового матеріалу описано відповідними кривими та представлено на рисунку 3.7.

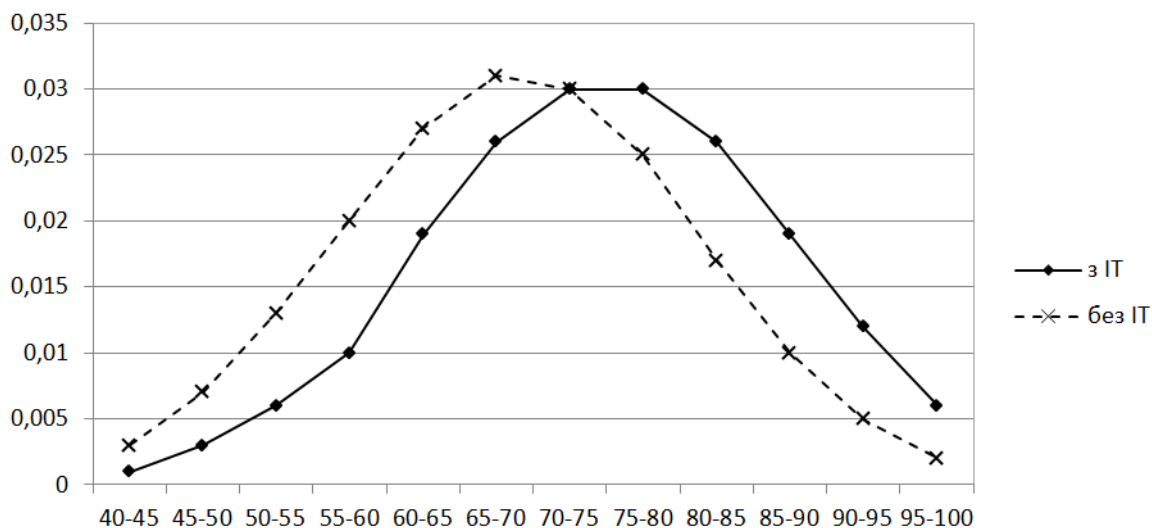


Рисунок 3.7 – Результати прогнозування очікуваної якості отриманих знань

З одержаних результатів прогнозування можна зробити висновок, що засвоєння нового матеріалу щодо застосування первинних засобів пожежогасіння із високим показником ефективності можливе у випадку використання розроблених засобів інноваційної технології навчання. Отже, створений інноваційних продукт підвищує ефективність функціонування існуючої системи підготовки та істотно впливає на позитивний приріст рівня якості одержаних знань майбутнього рятувальника здатного конкурувати на світовому ринку праці.

3.2. Дослідження ефективності новаційних технологій вивчення конструкції та принципу роботи відцентрової протипожежної помпи НВП-40/100.

Дослідження ефективності розроблених інноваційних технологій проводилося на базі Львівського державного університету безпеки життєдіяльності протягом календарного 2016 року, а саме з курсантами та студентами четвертого року навчання, котрі під час практичних занять всебічно використовували розроблені інноваційні технології.

У тестуванні приймали участь чотири навчальні групи, під час паралельного вивчення теми «Насосне устаткування пожежного автомобіля» з дисципліни «Протипожежна та аварійно-рятувальна техніка» (рис. 3.8 –3.9).

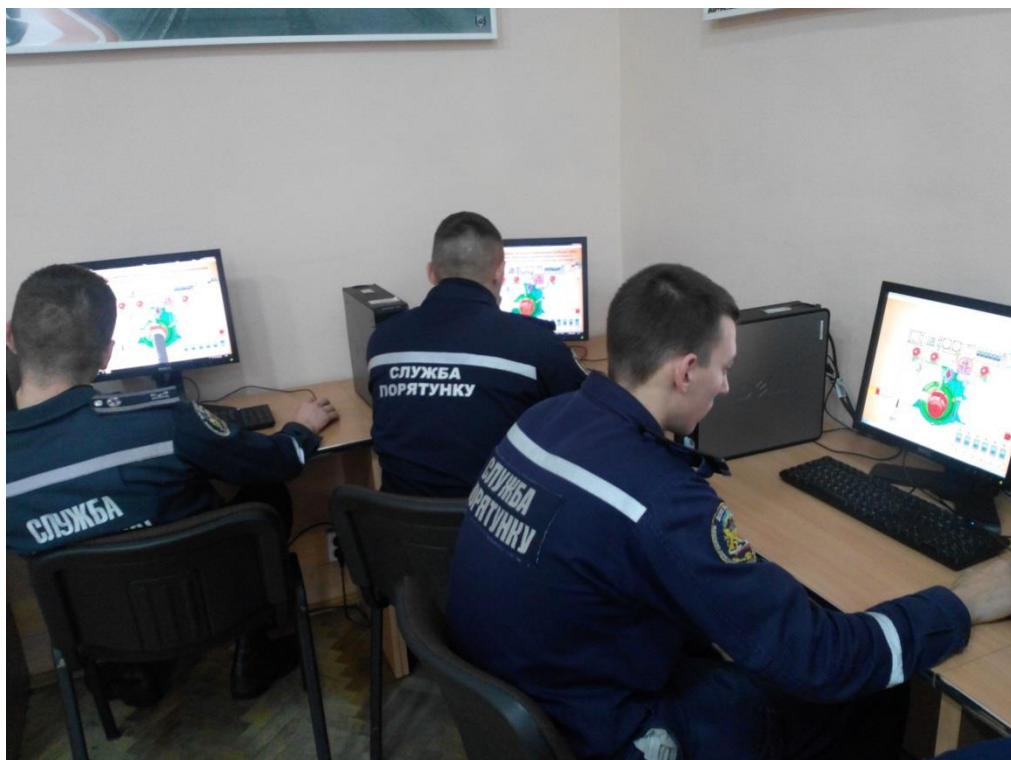


Рисунок 3.8 – Проведення тестування

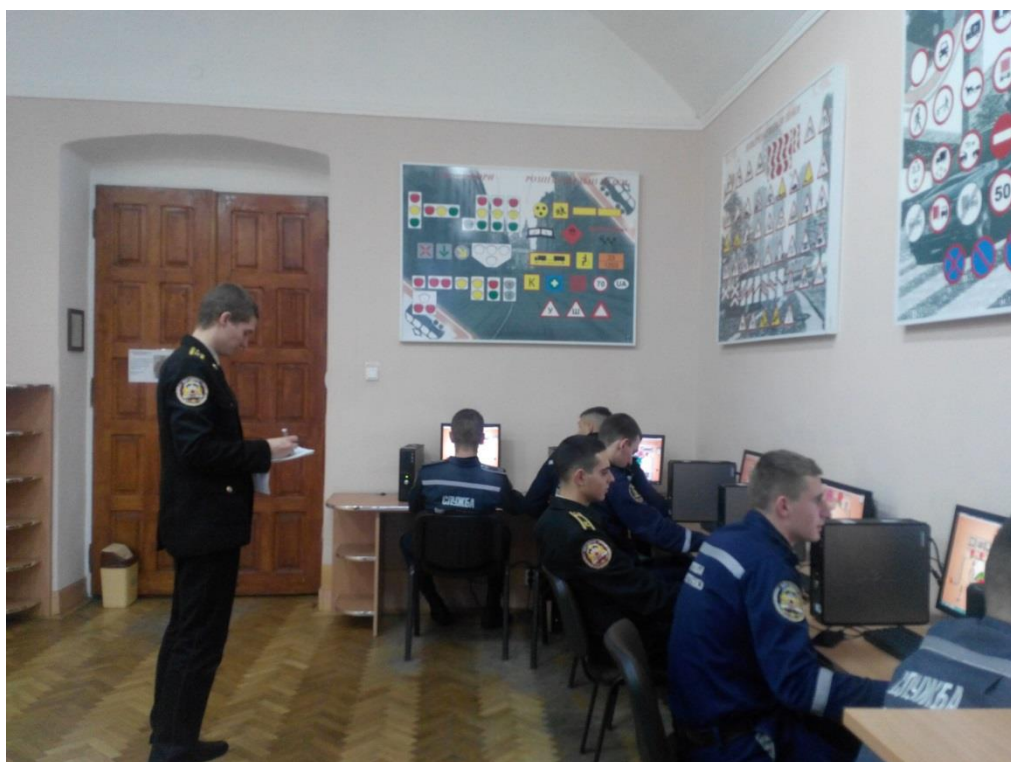


Рисунок 3.9 – Проведення тестування

Перед проходженням тестування учасникам було надана інформація, щодо будови НВП-40/100 та теоретична частина котра містить у собі опис послідовності виконання дій при роботі з даним насосом.

Для тестування використовувалися такі тренажери:

- Нагнітання води насосом НВП-40/100 з цистерни автомобіля;
- Нагнітання води з відкритої водойми насосом НВП-40/100 обладнаним автоматичною вакуумною системою;
- Забір та нагнітання води насосом НВП-40/100 з водогінної мережі.

У котрих, на кожному циклі, бралися до уваги наступні показники:

- Кількість учасників;
- Кількість максимальних та мінімальних помилок;
- Максимальний та мінімальний час на виконання вправи;
- Кількість спроб до безпомилкового виконання вправи.

Для зручності нами була складена таблиця для запису зведених результатів (таблиця 3.3). Дані результати тестування досліджуваних тренажерів представлено у вигляді зведеної вибірки.

Таблиця 3.3 – Зведені результати експериментів

№ з.п.	Назва тренажера	К-сть учасників	К-сть спроб	Помилки		Час виконання вправи (хв.)	
				n_{\min}	n_{\max}	t_{\min}	t_{\max}
1.	Нагнітання води насосом НВП-40/100 з цистерни автомобіля	56	8	0	19	2,01	13,42
2.	Нагнітання води з відкритої водойми насосом НВП-40/100 обладнаним автоматичною вакуумною системою	53	6	0	16	1,46	15,12
3.	Забір та нагнітання води насосом НВП-40/100 з водогінної мережі	51	7	0	17	2,18	14,53

Результати тестування тренажера «Нагнітання води насосом НВП-40/100 з цистерни автомобіля» представлені у вигляді інтервального статистичного розподілу вибірки та подані в таблиці 3.4. Результати «Нагнітання води з відкритої водойми насосом НВП-40/100 обладнаним автоматичною вакуумною системою», «Забір та нагнітання води насосом НВП-40/100 з водогінної мережі» висвітлені в таблиці 3.5 та 3.6 відповідно.

Таблиця 3.4 – Інтервальний статистичний розподіл результатів ефективності використання тренажера «Нагнітання води насосом НВП-40/100 з цистерни автомобіля»

h	0 – 1	1 – 2	2 – 3	3 – 4	4 – 5	5 – 6	6 – 7	7 – 8
n_i	19	15	12	9	6	4	2	1

Таблиця 3.5 – Інтервальний статистичний розподіл результатів ефективності використання тренажера «Нагнітання води з відкритої водойми насосом НВП-40/100 обладнаним автоматичною вакуумною системою»

h	0 – 1	1 – 2	2 – 3	3 – 4	4 – 5	5 – 6
n_i	16	13	11	7	5	2

Таблиця 3.6 – Інтервальний статистичний розподіл результатів ефективності використання тренажера «Забір та нагнітання води насосом НВП-40/100 з водогінної мережі»

h	0 – 1	1 – 2	2 – 3	3 – 4	4 – 5	5 – 6	6 – 7
n_i	17	14	10	7	5	3	1

Для наочності порівняння інтервальні статистичні розподіли вибірок зобразимо графічно у вигляді гістограм частот (рис. 3.10 – 3.12).

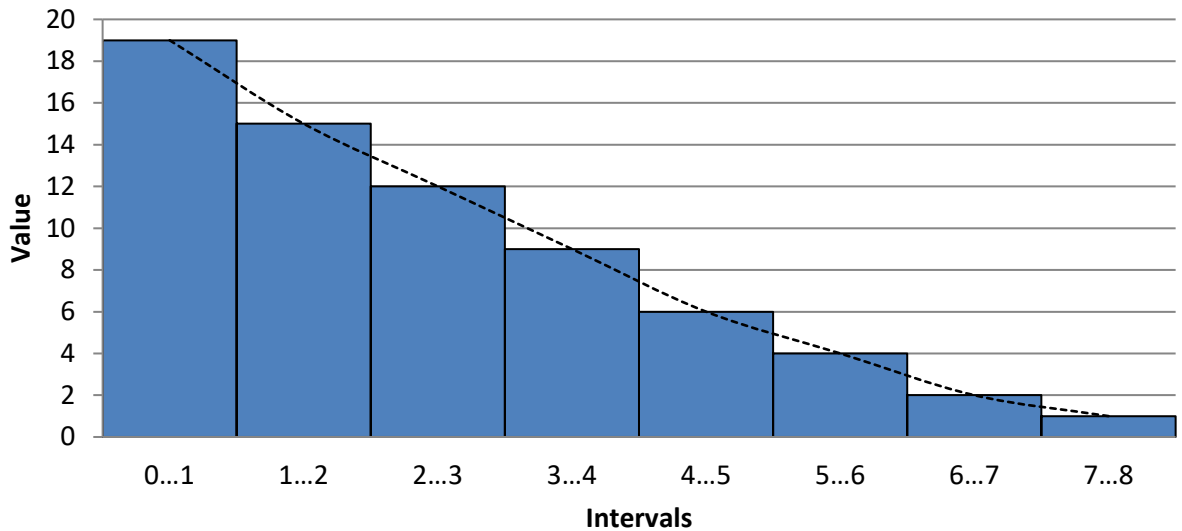


Рисунок 3.10 – Гістограма частот статистичного розподілу результатів ефективності використання тренажера «Нагнітання води насосом НВП-40/100 з цистерни автомобіля»

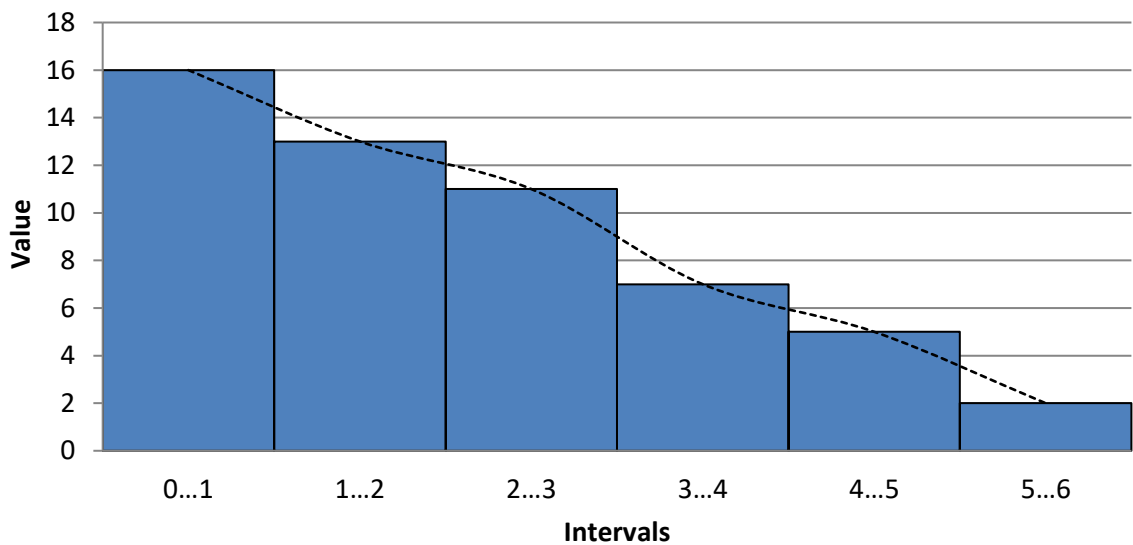


Рисунок 3.11 – Гістограма частот статистичного розподілу результатів ефективності використання тренажера «Нагнітання води з відкритої водойми насосом НВП-40/100 обладнаним автоматичною вакуумною системою»

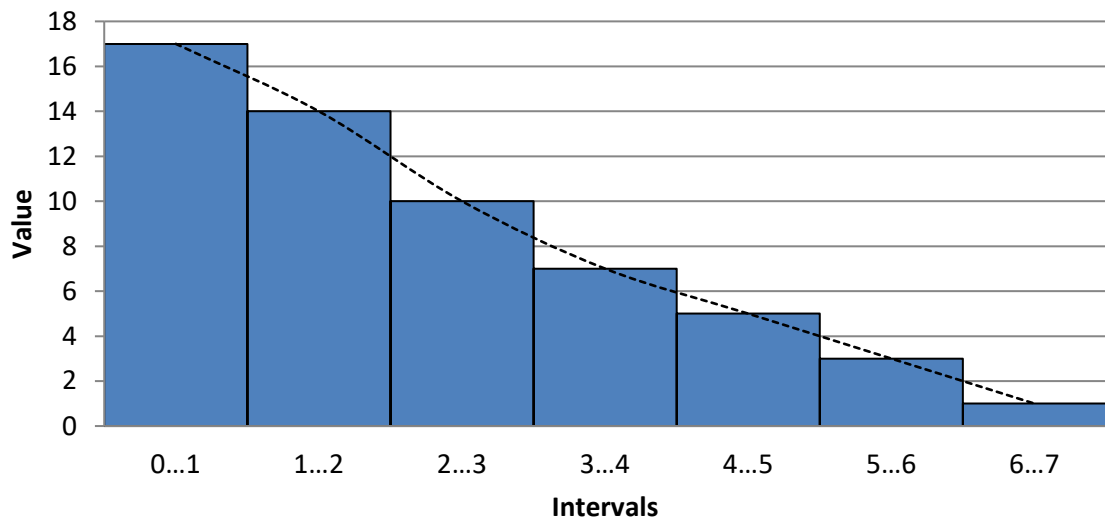


Рисунок 3.12 – Гістограма частот статистичного розподілу результатів ефективності використання тренажера «Забір та нагнітання води насосом НВП-40/100 з водогінної мережі»

За формою обрисів гістограм частот (рисунок 3.10 – 3.12) можемо припустити, що ознака X має експотенціальний закон розподілу ймовірностей. Проте наші твердження є лише гіпотетичні, і правильність цієї гіпотези необхідно перевірити. Для перевірки нульової гіпотези про експотенціальний закон розподілу ознаки генеральної сукупності, в математичній статистиці використовують критерій узгодженості Пірсона. Саме тому для обчислення цього критерію визначені числові характеристики інтервального статистичного розподілу вибірок, а саме n , \bar{x}_B .

Опрацювавши інтервальні варіаційні ряди трьох статистичних розподілів, були одержані результати, які занесені у таблицю 3.7.

Таблиця 3.7 – Числові характеристики досліджуваних інтервальних статистичних розподілів

№ з.п.	Тренажер	$n = \sum_{i=1}^k n_i$	$\bar{x}_B = \frac{\sum x_i^* n_i}{n}$	$\lambda = \frac{1}{\bar{x}_B}$
1.	Нагнітання води насосом НВП-40/100 з цистерни автомобіля	56	2,91	0,3436

Продовження табл. 3.7

№ з.п.	Тренажер	$n = \sum_{i=1}^k n_i$	$\bar{x}_B = \frac{\sum x_i^* n_i}{n}$	$\lambda = \frac{1}{\bar{x}_B}$
2.	Нагнітання води з відкритої водойми насосом НВП-40/100 обладнаним автоматичною вакуумною системою	53	2,132	0,469
3.	Забір та нагнітання води насосом НВП-40/100 з водогінної мережі	51	2,313	0,4322

Згідно з критерій узгодженості Пірсона має розподіл χ^2 із $k = q - m - 1$ ступенями свободи та визначається за залежністю:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^q \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} \quad (3.3)$$

де q — число інтервалів статистичного розподілу вибірки; m — число параметрів, якими визначається закон розподілу ймовірностей генеральної сукупності згідно з нульовою гіпотезою (для експотенціального закону $m=1$); n_i — емпіричні частоти вибірки; np_i — теоретичні частоти вибірки.

Для здійснення перевірки достовірності гіпотези про експотенціальний закон розподілу статистичних показників за результатами спостереження ефективності використання тренажерів " Нагнітання води насосом НВП-40/100 з цистерни автомобіля ", " Нагнітання води з відкритої водойми насосом НВП-40/100 обладнаним автоматичною вакуумною системою " та " Забір та нагнітання води насосом НВП-40/100 з водогінної мережі " у досліджуваних областях проведено визначення теоретичних та емпіричних частот (таб. 3.8 – 3.13 та рис. 3.13 – 3.17).

Таблиця 3.8 – Результати розрахунку теоретичних частот статистичного розподілу результатів спостереження за тренажером "Нагнітання води насосом НВП-40/100 з цистерни автомобіля"

x_i	x_{i+1}	n_i	$e^{-\lambda x_i}$	$e^{-\lambda x_{i+1}}$	$n \cdot p_i = n(e^{-\lambda x_i} - e^{-\lambda x_{i+1}})$
0	1	19	1	0,709242	16
1	2	15	0,709242	0,503024	12
2	3	12	0,503024	0,356766	8
3	4	9	0,356766	0,253034	6
4	5	6	0,253034	0,179462	4
5	6	4	0,179462	0,127282	3
6	7	2	0,127282	0,090274	2
7	8	1	0,090274	0,064026	1

Таблиця 3.9 – Обчислення спостережуваного значення критерію χ^2 для тренажера "Нагнітання води насосом НВП-40/100 з цистерни автомобіля"

n_i	np_i	$n_i - np_i$	$(n_i - np_i)^2$	$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
19	16	3	9	0,552742711
15	12	3	9	0,779342733

Продовження табл. 3.9

n_i	np_i	$n_i - np_i$	$(n_i - np_i)^2$	$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
12	8	4	16	1,953491068
9	6	3	9	1,54931392
6	4	2	4	0,970872882
4	3	1	1	0,342221937
2	2	0	0	0
1	1	0	0	0

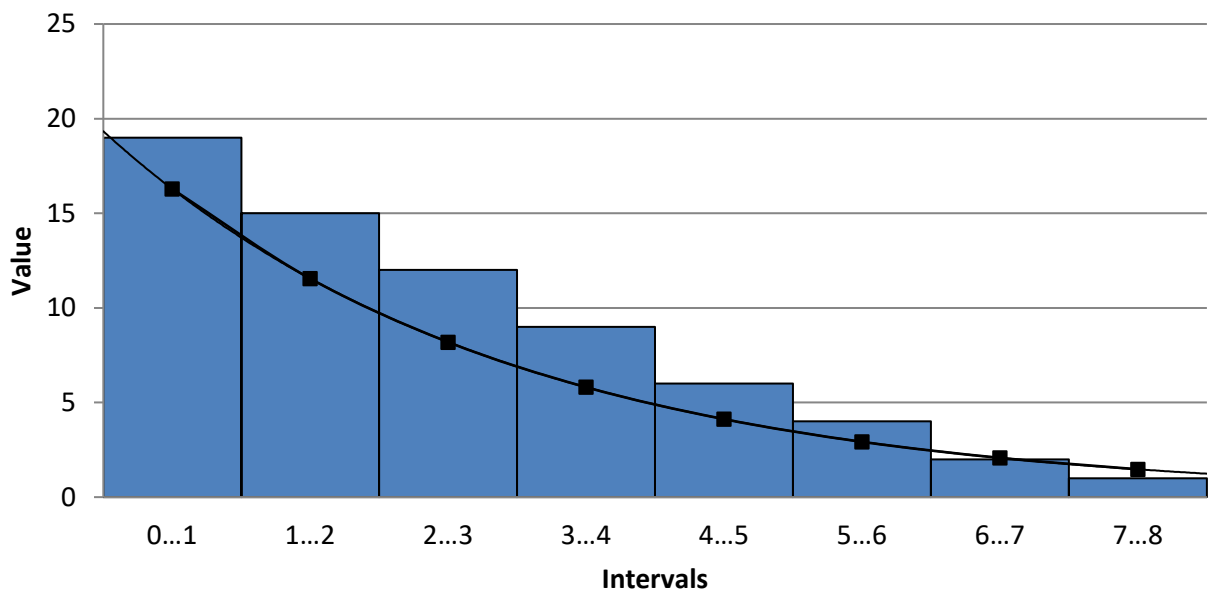


Рисунок 3.13 – Порівняння теоретичних та емпіричних частот статистичного розподілу результатів спостереження за тренажером "Нагнітання води насосом НВП-40/100 з цистерни автомобіля"

Отже, можна зробити висновок, що ознака генеральної сукупності гіпотетично узгоджується із експотенціальним законом розподілу, оскільки

розбіжність між емпіричними та теоретичними частотами є незначною. Проте у зв'язку з тим, що це твердження є гіпотетичним, його необхідно перевірити з допомогою критерію узгодженості:

$$\chi_{\text{сп}}^2 = \sum_{i=1}^8 \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} = 6,15.$$

Визначивши за рівня значущості $\alpha=0,05$ і числа ступенів свободи $k=6$ критичну точку $\chi_{\text{кр}}^2$, побудуємо критичну область (рис. 3.14).

$$\chi_{\text{кр}}^2 (\alpha = 0,05; k = 8 - 1 - 1) = 12,6.$$

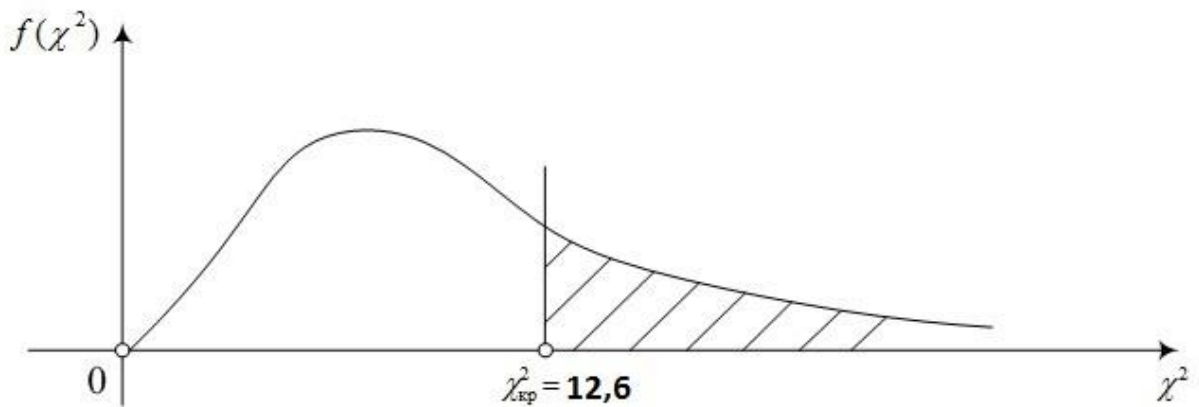


Рисунок 3.14 – Схематичне зображення критичної області $\chi_{\text{кр}}^2$

Отже, можемо зробити висновок, що підстав для відхилення нульової гіпотези про експотенціальний закон розподілу результатів спостереження якості тренажера "Нагнітання води насосом НВП-40/100 з цистерни автомобіля" у досліджуваних областях (ймовірностей ознаки X) немає, адже $\chi_{\text{сп}}^2 \in [0; 12,6]$.

Таблиця 3.10 – Результати розрахунку теоретичних частот статистичного розподілу результатів спостереження за тренажером " Нагнітання води з відкритої водойми насосом НВП-40/100 обладнаним автоматичною вакуумною системою "

x_i	x_{i+1}	n_i	$e^{-\lambda x_i}$	$e^{-\lambda x_{i+1}}$	$n \cdot (e^{-\lambda x_i} - e^{-\lambda x_{i+1}})$
0	1	16	1	0,625611	20
1	2	13	0,625611	0,391389	12
2	3	11	0,391389	0,244857	8
3	4	7	0,244857	0,153185	5
4	5	5	0,153185	0,095834	3
5	6	2	0,095834	0,059955	2

Таблиця 3.11 – Обчислення спостережуваного значення критерію χ^2 тренажера " Нагнітання води з відкритої водойми насосом НВП-40/100 обладнаним автоматичною вакуумною системою "

n_i	np_i	$n_i - np_i$	$(n_i - np_i)^2$	$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
16	20	-4	16	0,806345195
13	12	1	1	0,080555772
11	8	3	9	1,158870248
7	5	2	4	0,823280705

Продовження таблиці 3.11

n_i	np_i	$n_i - np_i$	$(n_i - np_i)^2$	$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
5	3	2	4	1,315962698
2	2	0	0	0

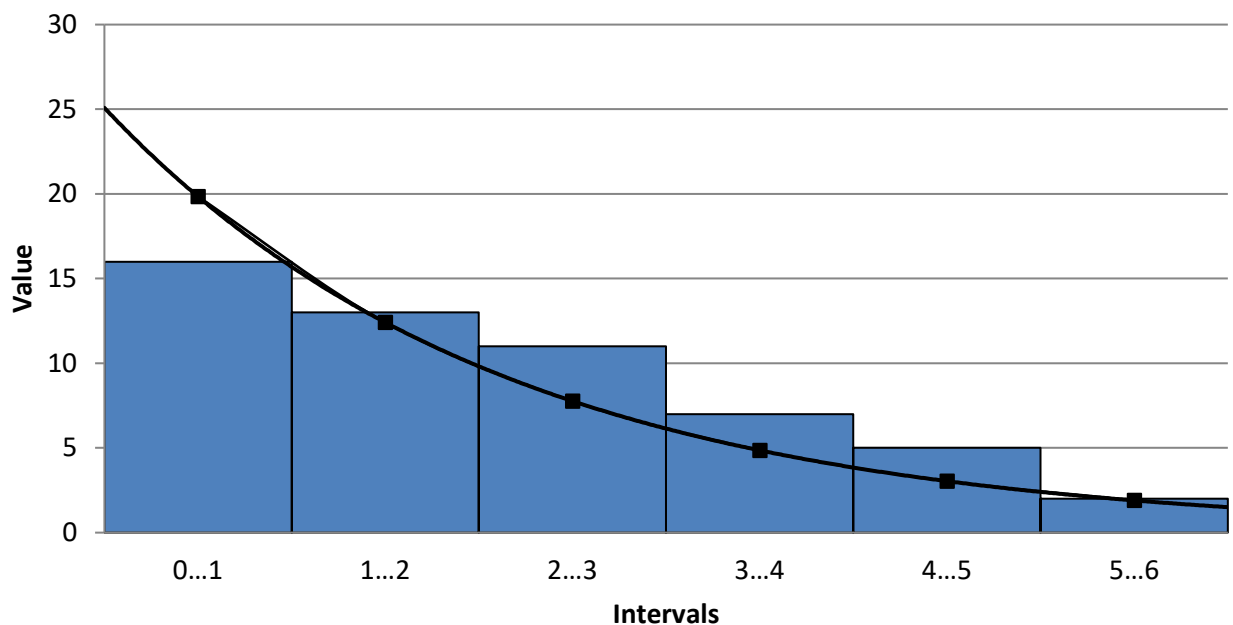


Рисунок 3.15 – Порівняння експериментальних та теоретичних частот статистичного розподілу результатів спостереження за тренажером " Нагнітання води з відкритої водойми насосом НВП-40/100 обладнаним автоматичною вакуумною системою "

Ознака генеральної сукупності гіпотетично узгоджується із експотенціальним законом розподілу, оскільки розбіжність між емпіричними та теоретичними частотами є незначною. Проте у зв'язку з тим, що це твердження є гіпотетичним, його необхідно перевірити з допомогою критерію узгодженості:

$$\chi_{\text{сп}}^2 = \sum_{i=1}^6 \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} = 4,19.$$

Визначивши за рівня значущості $\alpha=0,05$ і числа ступенів свободи $k=4$ критичну точку $\chi_{кр}^2$ та скориставшись схематичним зображенням критичної області (рис. 3.16), можемо зробити висновок, що підстав для відхилення нульової гіпотези про експотенціальний закон розподілу результатів спостереження досліджуваних областях тренажера " Нагнітання води з відкритої водойми насосом НВП-40/100 обладнаним автоматичною вакуумною системою " немає, адже $\chi_{сп}^2 \in [0; 9,5]$.

$$\chi_{кр}^2 (\alpha = 0,05; k = 6 - 1 - 1) = 9,5.$$

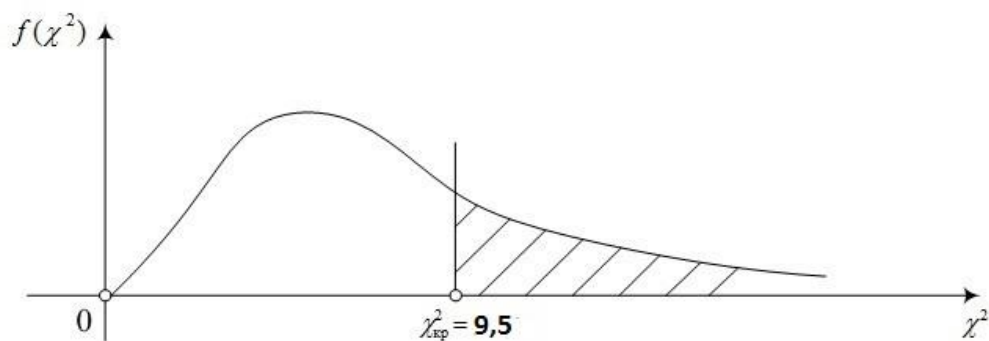


Рисунок 3.16 – Схематичне зображення критичної області $\chi_{кр}^2$

Таблиця 3.12 – Результати розрахунку теоретичних частот статистичного розподілу результатів спостереження за тренажером " Забір та нагнітання води насосом НВП-40/100 з водогінної мережі "

x_i	x_{i+1}	n_i	$e^{-\lambda x_i}$	$e^{-\lambda x_{i+1}}$	$n \cdot (e^{-\lambda x_i} - e^{-\lambda x_{i+1}})$
0	1	17	1	0,649077	18
1	2	14	0,649077	0,421301	12
2	3	10	0,421301	0,273457	8
3	4	7	0,273457	0,177495	5

Продовження таблиці 3.11

x_i	x_{i+1}	n_i	$e^{-\lambda x_i}$	$e^{-\lambda x_{i+1}}$	$n \cdot (e^{-\lambda x_i} - e^{-\lambda x_{i+1}})$
4	5	5	0,177495	0,115208	3
5	6	3	0,115208	0,074779	2
6	7	1	0,074779	0,048537	1

Таблиця 3.13 – Обчислення спостережуваного значення критерію χ^2 тренажера " Забір та нагнітання води насосом НВП-40/100 з водогінної мережі "

n_i	np_i	$n_i - np_i$	$(n_i - np_i)^2$	$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
17	18	-1	1	0,055875114
14	12	2	4	0,344335627
10	8	2	4	0,530500144
7	5	2	4	0,906177738
5	3	2	4	1,25919387
3	2	1	1	0,42682607
1	1	0	0	0

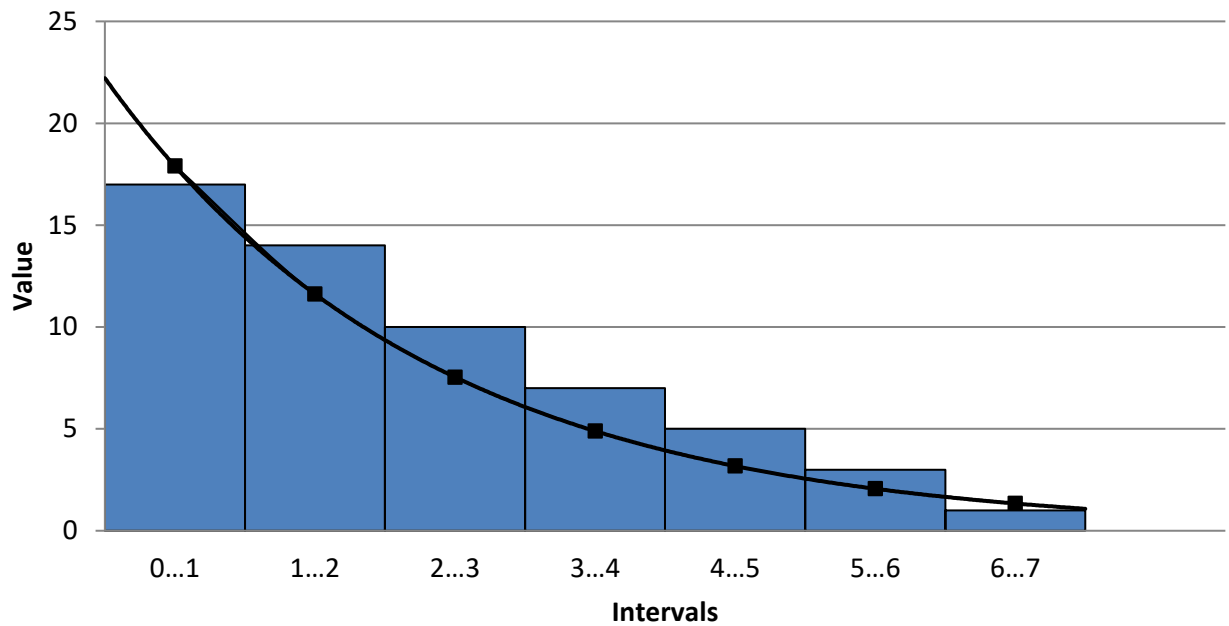


Рисунок 3.17 – Порівняння експериментальних та теоретичних частот статистичного розподілу результатів спостереження за тренажером "Забір та нагнітання води насосом НВП-40/100 з водогінної мережі"

Аналогічно попереднім випадкам можна зробити висновок, що ознака генеральної сукупності гіпотетично узгоджується із експотенціальним законом розподілу, оскільки розбіжність між емпіричними та теоретичними частотами є незначною. Проте у зв'язку з тим, що це твердження є гіпотетичним, здійснюється його перевірка:

$$\chi_{\text{сп}}^2 = \sum_{i=1}^6 \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} = 3,52.$$

Визначивши за рівня значущості $\alpha=0,05$ і числа ступенів свободи $k=5$ критичну точку $\chi_{\text{кр}}^2$ та скориставшись схематичним зображенням критичної області (рисунок 3.17), можемо зробити висновок, що підстав для відхилення нульової гіпотези про експотенціальний закон розподілу результатів спостереження тренажера "Забір та нагнітання води насосом НВП-40/100 з водогінної мережі" немає, адже $\chi_{\text{сп}}^2 \in [0; 11,1]$.

$$\chi_{\text{кр}}^2 (\alpha = 0,05; k = 7 - 1 - 1) = 11,1.$$

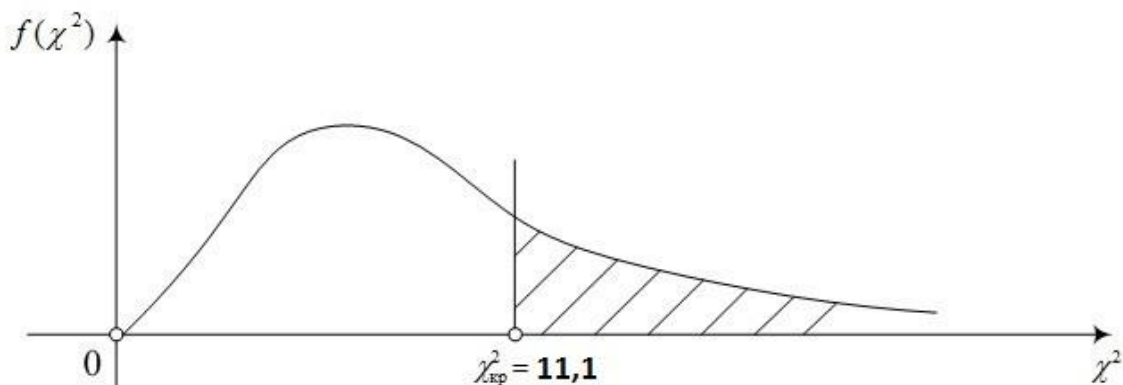


Рисунок 3.17 – Схематичне зображення критичної області $\chi_{\text{кр}}^2$

Як видно з проведених перевірок (використавши критерій узгодженості Пірсона), результати спостереження інноваційного підходу при підготовці до використання НВП-40/100 узгоджується із експотенціальним законом розподілу ймовірностей, а отже, висунуті гіпотези підтверджуються.

Таким чином, керуючись результатами проведених досліджень, здійснимо прогнозування ймовірності формування відповідних умінь та навиків курсантів та студентів навчальних, які в подальшому навчатимуться за допомогою розроблених засобів інноваційної підготовки.

За умовний вимірник ймовірності, що якість практичних умінь та навичок набувати відповідного значення, беремо густину (щільність) розподілу випадкової величини. Відповідно прогнозування проводимо з використанням формули, яка описує щільність імовірності випадкових величин експотенціального закону розподілу:

$$y = \lambda e^{-\lambda x}, \quad (3.4)$$

де λ – обернене значення математичного сподівання; e – число Ейлера; x – середнє значення досліджуваного інтервалу оцінок.

При обчисленні даної формули ми одержали дані, які занесені у таблиці 3.14 – 3.16, що підтверджують експотенціальним законом розподілу ймовірностей,

оскільки, як ми бачимо, що при більшій кількості відпрацюванні вправи кількість помилок прямує до 0.

Таблиця 3.14 – Щільність імовірності випадкових величин експотенціального закону розподілу результатів спостереження за тренажером "Нагнітання води насосом НВП-40/100 з цистерни автомобіля"

h	0 – 1	1 – 2	2 – 3	3 – 4	4 – 5	5 – 6	6 – 7	7 – 8
y	0,29	0,24	0,16	0,12	0,07	0,05	0,04	0,03

Таблиця 3.15 – Щільність імовірності випадкових величин експотенціального закону розподілу результатів спостереження за тренажером "Нагнітання води з відкритої водойми насосом НВП-40/100 обладнаним автоматичною вакуумною системою"

h	0 – 1	1 – 2	2 – 3	3 – 4	4 – 5	5 – 6
y	0,37	0,25	0,18	0,1	0,06	0,04

Таблиця 3.16 – Щільність імовірності випадкових величин експотенціального закону розподілу результатів спостереження за тренажером "Забір та нагнітання води насосом НВП-40/100 з водогінної мережі"

h	0 – 1	1 – 2	2 – 3	3 – 4	4 – 5	5 – 6	6 – 7
y	0,35	0,24	0,17	0,11	0,06	0,04	0,03

Метою проведених розрахунків є встановлення необхідної кількості циклів відпрацювання вправи з метою досягнення так званого «автоматизму», тобто виконання поставленого завдання без помилок за максимально менших проміжків часу.

Не менш важливим показником є час, оскільки як найшвидше буде подано вогнегасні речовини тим швидше працівники ДСНС можуть приступити до

ліквідації НС, а у деяких випадках і до рятування життя. Але основним поставленим завданням є забезпечення якісного процесу оволодіння практичними навичками та уміннями у курсантів та студентів. З цією метою реалізацію практичних занять необхідно налагоджувати за комбінованою схемою, спочатку тренажер, потім – реальний агрегат протипожежного автомобіля. Згідно проведених досліджень встановлено, що для максимально ефективного засвоєння практичних умінь роботи із відцентровою протипожежною помпою НВП-40/100 достатньо 5-6 циклів. Результатами досліджень також встановлено, що середній час для виконання такої кількості прав з допомогою реалізованих тренажерів становить (три вправи) складає 60 хвилин. Зважаючи на протяжність заняття в Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності (80 хвилин) цього часу достатньо щоб теоретично підготуватись та практично відпрацювати три основні вправи в достатній для кожного учасника кількості.

Саме тому, для економії людських, матеріальних ресурсів та ресурсу техніки, пропонуємо замість шести годинних практичних занять на навчальному полігоні здійснити наступний розподіл: дві академічні години – заняття у навчальному класі з використанням розроблених тренажерів; чотири години заняття на навчальному полігоні із застосування реального устаткування з метою закріплення отриманих практичних умінь і навичок.

Висновки за результатами розділу:

1. За результатами експериментальних досліджень, використовуючи статистичні методи прогнозування, доведено ефективність запропонованих інноваційних підходів до процесу формування професійної компетенції майбутніх рятувальників, що дає підстави для їх використання в мережі навчальних установ системи цивільного захисту.

2. Одержані результати вказують на необхідність подальшого розроблення та дослідження ефективності сучасних засобів технічної підготовки з метою оволодіння навичками роботи із різноманітними взірцями протипожежної і аварійно-рятувальної техніки, вузлів і агрегатів рятувальних автомобілів тощо.

3. На підставі експериментальних досліджень та математичних розрахунків результатів, встановлені оптимальні часові показники для належного оволодіння практичними вміннями роботи з помповим устаткуванням, які використовуються у процесі планування дисципліни.

РОЗДІЛ IV

МЕТОД РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ НОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПІДГОТОВКИ РЯТУВАЛЬНИКІВ

4.1. Планування експериментальних досліджень.

Основною метою експериментальних досліджень є визначення впливу та обґрунтування оптимального співвідношення кількості відпрацювань практичних вправ комбінованим способом із використанням засобів інноваційних технологій та реальних агрегатів пожежних автомобілів на якість продукту освітнього проекту. Дослідження проводилися з курсантами та студентами 3-го курсу, що навчаються за напрямом підготовки "Пожежна безпека", під час вивчення спеціальних дисциплін.

Під час проведення досліджень курсантам (студентам) було запропоновано відпрацювати однакові практичні вправи із застосуванням принципово різних методів. Відмінність методів полягає у різниці циклів виконання практичних вправ комбінованим способом, граничні значення яких наведені в таблиці 4.1. Комбінований спосіб формування якості продукту освітнього проекту своєю чергою включає почергове відпрацювання практичних вправ із використанням засобів інноваційних технологій та реальних агрегатів пожежних автомобілів. Під час проведення досліджень декілька досвідчених викладачів оцінювали якість формування продукту проекту підготовки за різними методами.

Таблиця 4.1 – Граничні значення параметрів експериментального дослідження

№ з/п	Параметр	Мінімальне значення	Максимальне значення	Примітка
1.	Кількість відпрацювань на агрегаті пожежного автомобіля	$H_{min} = 2$ рази	$H_{max} = 6$ разів	Згідно з відведеними навчальними годинами на відпрацювання практичних вправ
2.	Кількість відпрацювань із залученням засобів інноваційних технологій	$T_{min} = 2$ рази	$T_{max} = 6$ разів	Згідно з відведеними навчальними годинами

				на відпрацювання практичних вправ
3.	Показники компетенції за останні роки навчання	$M_{\Gamma min} = 50,654$ бали	$M_{\Gamma max} = 91,380$ бали	Згідно з проведеним аналізом

В таблиці 4.1 представлені граничні значення параметрів експериментальних досліджень, з яких відпрацювання практичних вправ на реальному агрегаті та з використанням засобів інноваційних технологій визначаються як максимальні, що можна виконати в межах годин, відведених навчальним планом. А показники компетенції студентів за останні роки навчання приймаються згідно з проведеним аналізом. В якості цього показника обирається середнє значення успішності найгіршого та найкращого студента (враховуючи результати успішності з усіх вивчених дисциплін). Ці показники необхідні для визначення діапазону здібностей користувачів проекту.

Експериментальне дослідження ефективності комбінованого способу формування якості продукту освітнього проекту проводимо на основі методу повнофакторного експерименту типу 2^3 . Цей тип експерименту передбачає врахування трьох факторів, що визначають якість продукту освітнього проекту. Для того, щоб внести елемент випадковості впливу цих факторів на результат експерименту, встановлено випадкову послідовність проведення дослідів у часі. Це необхідно для обґрунтованого використання апарату математичної статистики. Тому експериментальні дослідження згідно з [12] проводились відповідно до план-матриці експериментальних досліджень у такій послідовності: 2, 3, 6, 5, 7, 1, 8, 4, 2, 1, 7, 8, 4, 3, 6, 5.

Як вже було зазначено, незалежними чинниками, що впливають на якість продукту освітнього проекту, при відпрацюванні вправ комбінованим способом є: кількість відпрацювань на реальному агрегаті пожежного автомобіля (H), кількість відпрацювань із залученням інноваційних технологій (T) та показник компетенції студента за останні роки навчання, що визначає його інтелектуальні здібності (M_{Γ}). Тому реалізація плану експерименту спрямована на визначення залежності

прогнозованого рівня якості M від параметрів H , T , M_{II} . Значення параметрів приймаємо відповідно до таблиці 4.1.

Згідно з [Помилка! Джерело посилання не знайдено.] планування та оброблення результатів повнофакторного експерименту складається з таких етапів: кодування факторів; побудова план-матриці експерименту; рандомізація дослідів; реалізація плану експерименту; перевірка адекватності моделі.

Дотримуючись послідовності, проведемо кодування факторів, перевівши натуральні величини в безрозмірні та представивши їх в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Рівні зміни факторів

Рівень факторів		H , раз		T , раз		M_{II} , бал	
Назва	Кодоване значення	$\tilde{X}_1 = H$	$\ln \tilde{X}_1$	$\tilde{X}_2 = T$	$\ln \tilde{X}_2$	$\tilde{X}_3 = M_{II}$	$\ln \tilde{X}_3$
Верхній	+1	6	1,792	6	1,792	91,380	4,515
Основний	0	4	–	4	–	71,017	–
Нижній	-1	2	0,693	2	0,693	50,654	3,925

Експериментальні дослідження ефективності комбінованого способу формування якості продукту освітнього проекту здійснювались на базі навчально-тренувального комплексу Львівського державного університету безпеки життєдіяльності за восьма різними методиками під час проведення занять згідно з розкладом. Відмінність методик полягає у різниці циклів відпрацювання практичної вправи на реальному агрегаті та з використанням інноваційних технологій (рис. 4.1).

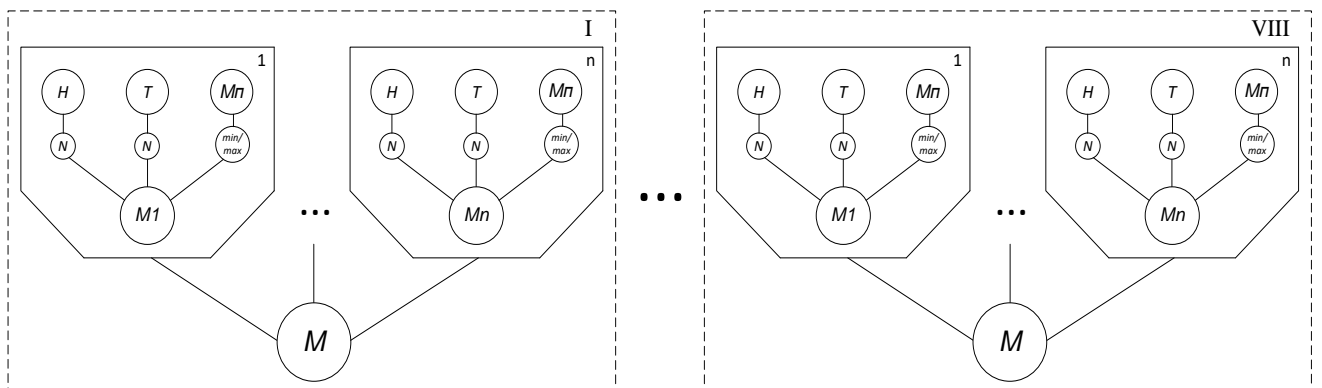


Рисунок 4.1 – Порядок проведення експериментального дослідження із визначення ефективності комбінованого способу формування якості продукту освітнього проекту, де: H – відпрацювання практичної вправи на реальному агрегаті; T – відпрацювання практичної вправи із залученням інноваційних технологій; M_{II} – параметр, що враховує рівень засвоєння матеріалу (мінімальний/максимальний показник компетенції потоку); N – кількість циклів відпрацювання вправи; $M_1 \dots M_n$ – якість засвоєння практичної вправи студентом після її виконання; M – середній показник якості засвоєння виконаної практичної вправи навчальною групою.

Дослідження проводились таким чином: кожен студент навчальної групи (від 1 до n) відпрацьовує практичні вправи визначену кількість разів N з використанням засобів інноваційних технологій T , потім ті самі вправи – визначену кількість разів N на реальному агрегаті H із врахуванням мінімального або максимального показника компетенції потоку за минулі роки навчання M_{II} . Показник M_{II} визначає межі якості засвоєння навчального матеріалу. Під час виконання останнього циклу вправи визначається якість її засвоєння студентом $M_1 \dots M_n$. Закінчивши відпрацювання вправ усіма учасниками групи, визначається середній рівень якості засвоєння вправи, який приймають для майбутніх розрахунків.

Формування якості продукту освітнього проекту комбінованим способом контролювалось та оцінювалось двома досвідченими викладачами з представленої дисципліни.

Користуючись методикою [Помилка! Джерело посилання не знайдено., Помилка! Джерело посилання не знайдено., Помилка! Джерело посилання не знайдено.] та таблицею 4.2, побудуємо план-матрицю експериментальних досліджень (табл. 4.3) для математичного опрацювання експериментально отриманих даних з використанням методу повнофакторного експерименту типу 2^3 . Результати експериментальних досліджень, кожне з яких було проведено два рази, відображені в таблиці 4.4 та на рисунку 4.2.

Таблиця 4.3 – План-матриця експериментальних досліджень

№ дос-ду	Фактори					
	X ₁		X ₂		X ₃	
	код	H, раз	код	T, раз	код	M _П , бал
1.	-1	2	-1	2	-1	50,654
2.	+1	6	-1	2	-1	50,654
3.	-1	2	+1	6	-1	50,654
4.	+1	6	+1	6	-1	50,654
5.	-1	2	-1	2	+1	91,380
6.	+1	6	-1	2	+1	91,380
7.	-1	2	+1	6	+1	91,380
8.	+1	6	+1	6	+1	91,380

Таблиця 4.4 – Результати експериментальних досліджень

№ дос-ду	Результати дослідів		\bar{M} , бали	$\ln \bar{M}$
	M(1), бали	M(2), бали		
1.	68,3	72,6	70,45	4,255
2.	80,2	76,4	78,3	4,361
3.	79,55	74,65	77,1	4,345
4.	86,8	92,4	89,6	4,495
5.	66,84	74,7	70,77	4,259
6.	81,04	79,24	80,14	4,384
7.	76,32	71,96	74,14	4,306
8.	95,2	94,52	94,86	4,552

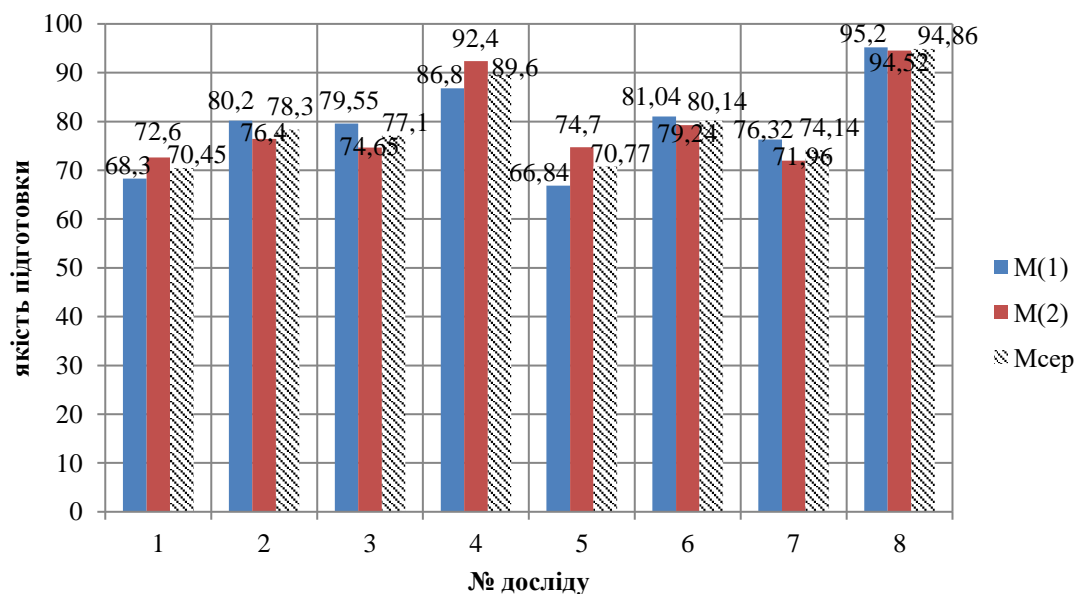


Рисунок 4.2 – Діаграма результатів експериментальних досліджень

4.2. Математичне оброблення результатів експериментальних досліджень. Після виконання експериментальних досліджень необхідно провести перевірку відтворюваності процесів при однаковому числі паралельних дослідів за критерієм Кохрена. Далі здійснити перевірку адекватності моделі за допомогою критерію Фішера. Оцінювання значущості коефіцієнтів регресії проводимо за допомогою критерію Стьюдента. Якщо коефіцієнт незначущий, то це означає, що даний чинник не впливає на параметри оптимізації.

З метою перевірки достовірності результатів прогнозування якості продукту освітнього проекту проведемо лінійно-лінійне, лінійно-логарифмічне, логарифмічно-лінійне та логарифмічно-логарифмічне відтворення функції відгуку.

Для початку, враховуючи те, що фактори, які визначають якість продукту освітнього проекту, належать до різних розмірних величин, проведемо побудову логарифмічно-логарифмічного відтворення функції. Операції перевірки відтворюваності дослідів, адекватності моделі та оцінювання значущості коефіцієнтів регресії проведемо саме для цього рівняння. Для виконання окреслених завдань незалежні змінні \tilde{X}_i (таблиця 4.2) перетворено в безрозмірні величини за залежностями [Помилка! Джерело посилання не знайдено.]:

$$X'_i = \frac{2 \cdot (\ln \tilde{X}_i - \ln \tilde{X}_{i\max})}{\ln \tilde{X}_{i\max} - \ln \tilde{X}_{i\min}} + 1, \quad (4.1)$$

або:

$$X_i = \frac{2X_i - X_i^+ - X_i^-}{X_i^+ - X_i^-}, \quad i = 1; 2; 3. \quad (4.2)$$

Підставивши числові значення у (3.1), одержано такі вирази:

$$\begin{aligned} X'_1 &= 1,82 \ln H - 2,262, \\ X'_2 &= 1,82 \ln T - 2,262, \end{aligned} \quad (4.3)$$

$$X'_3 = 3,389 \ln M_{II} - 14,305 .$$

Запишемо рівняння регресії, що визначає залежність прогнозованої якості продукту освітнього проекту від трьох незалежних чинників (H , T , M_{II}) з кодованими змінними, що враховують взаємодію даних чинників:

$$\ln M = b'_0 + b'_1 X'_1 + b'_2 X'_2 + b'_3 X'_3 + b'_{12} X'_1 X'_2 + b'_{13} X'_1 X'_3 + b'_{23} X'_2 X'_3 + b'_{123} X'_1 X'_2 X'_3 . \quad (4.4)$$

Визначення коефіцієнтів b'_n для рівняння (4.4) з врахуванням експериментально одержаних значень \bar{M}_i проводились за залежністю [Помилка! Джерело посилання не знайдено.]:

$$b'_n = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{in} \ln \bar{M}_i , \quad (4.5)$$

де X_{in} – код n -го фактора i -го дослідю (згідно з табл. 4.3); \bar{M}_i – середнє значення результату i -го дослідю за певних значень факторів; N – кількість дослідів (в нашому випадку – 8).

Результати розрахунку коефіцієнтів b'_n для рівняння (3.4) представлені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Значення коефіцієнтів рівняння регресії

Коефіцієнт	Значення	Коефіцієнт	Значення	Коефіцієнт	Значення	Коефіцієнт	Значення
b'_0	4,369	b'_2	0,054	b'_{12}	0,02	b'_{23}	-0,001
b'_1	0,078	b'_3	0,005	b'_{13}	0,014	b'_{123}	0,009

При однаковій кількості паралельних дослідів r (в нашому випадку $r = 2$) на кожному поєднанні рівнів факторів відтворюваність перевіряється за критерієм Кохрена [Помилка! Джерело посилання не знайдено.]:

$$G = \frac{S_{pi \max}^2}{S_B^2} \leq G_{(0,05;N;r)} , \quad (4.6)$$

де $S_{pi\max}^2$ – максимальне значення дисперсії розсіювання S_{pi}^2 (за залеж. (4.7));
 S_B^2 – значення дисперсії відтворюваності (за залеж. (4.8)); N – кількість дослідів;
 f_r – кількість ступенів вільності кожної оцінки (в нашому випадку $f_r=r-1=2-1=1$);
 $G_{(0,05;N;f_r)}$ – табличне значення критерію Кохрена [**Помилка! Джерело посилання не знайдено.**].

Значення дисперсії розсіювання визначають за залежністю:

$$S_{pi(1,2)}^2 = (\ln M_{i(1,2)} - \ln \bar{M})^2. \quad (4.7)$$

Для зручності порівняння результатів розрахунків дисперсії розсіювання та визначення її максимального значення одержані результати представлено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Значення дисперсії розсіювання S_{pi}^2

№ дослідів	$S_{pi(1,2)}$	S_{pi}^2	№ дослідів	$S_{pi(1,2)}$	S_{pi}^2
1 (M1)	$S_{p1} = -0,031$	0,000961	5 (M1)	$S_{p9} = -0,0571$	0,00326041
1 (M2)	$S_{p2} = 0,03$	0,0009	5 (M2)	$S_{p10} = 0,0541$	0,00292681
2 (M1)	$S_{p3} = 0,024$	0,000576	6 (M1)	$S_{p11} = 0,0111$	0,00012321
2 (M2)	$S_{p4} = -0,0245$	0,00060025	6 (M2)	$S_{p12} = -0,0113$	0,00012769
3 (M1)	$S_{p5} = 0,0313$	0,00097969	7 (M1)	$S_{p13} = 0,0289$	0,00083521
3 (M2)	$S_{p6} = -0,0323$	0,00104329	7 (M2)	$S_{p14} = -0,0299$	0,00089401
4 (M1)	$S_{p7} = -0,0318$	0,00101124	8 (M1)	$S_{p15} = 0,0036$	0,00001296
4 (M2)	$S_{p8} = 0,0307$	0,00094249	8 (M2)	$S_{p16} = -0,0036$	0,00001296

Значення дисперсії відтворюваності визначається як сума значень дисперсії розсіювання:

$$S_B^2 = \sum_{i=1}^{16} S_{pi}^2. \quad (4.8)$$

Підставивши значення S_{pi}^2 в (3.8), одержимо $S_B^2 = 0,01520722$.

Отримавши значення дисперсій розсіювання та відтворюваності, проведено визначення розрахункового значення критерію Кохрена та його порівняння з критичним значенням [**Помилка! Джерело посилання не знайдено.**], використавши залежність (4.6):

$$G = \frac{S_{pi\max}^2}{S_B^2} = 0,21439 < G_{(0,05;8;1)} = 0,680.$$

З представленої порівняльної залежності видно, що гіпотеза однорідності дисперсій підтверджується, оскільки $G < G_{кр}$.

Оцінювання значущості коефіцієнтів регресії здійснюємо за допомогою критерію Стьюдента [Помилка! Джерело посилання не знайдено., Помилка! Джерело посилання не знайдено., Помилка! Джерело посилання не знайдено.]. Коефіцієнт вважається значущим, якщо виконується нерівність з урахуванням половини довжини довірчого інтервалу:

$$|b'_i| \geq \Delta b'_i = t_{(0,05;f)} \cdot S(b'_i) , \quad (4.9)$$

де $t_{(0,05;f)}$ – критичне значення критерію Стюдента для $f=N(r-1)$ ($f=8(2-1)=8$, $\alpha=0,05$; згідно з [Помилка! Джерело посилання не знайдено., Помилка! Джерело посилання не знайдено.] $t=2,31$),

$$S(b'_i) = \pm \sqrt{\frac{S_B^2}{N^2 \cdot r}} = \pm 0,010899. \quad (4.10)$$

Отже, половина довжини довірчого інтервалу $\Delta b'_i$ дорівнюватиме 0,02517.

Згідно з (3.9) встановлено, що значущими коефіцієнтами моделі є: $|b'_0|=4,369$, $|b'_1|=0,078$, $|b'_2|=0,054$, а коефіцієнти $|b'_3|=0,005$, $|b'_{12}|=0,02$, $|b'_{13}|=0,014$, $|b'_{23}|=0,001$, $|b'_{123}|=0,009$ є незначущими.

Враховуючи значущі коефіцієнти, рівняння (4.4) набуде вигляду:

$$\ln M = 4,369 + 0,078X'_1 + 0,054X'_2. \quad (4.11)$$

Наступним кроком згідно з методикою повнофакторного експерименту є перевірка адекватності моделі за критерієм Фішера.

Модель вважається адекватною у випадку виконання нерівності [Помилка! Джерело посилання не знайдено.]:

$$F = \frac{S_{a\hat{\theta}}^2}{S_{\hat{\theta}}^2} \leq F_{кр(0,05;f_1;f_2)} , \quad (4.12)$$

де $S_{a\hat{\theta}}^2$ – дисперсія адекватності, що визначається за залежністю (4.13);

$S_{\hat{\theta}}^2$ – похибка дослідження, що визначається за залежністю (3.14); $F_{(0,05;f_1;f_2)}$ – критичне значення критерію Фішера за умови $\alpha=0,05$, $f_1=N-m$, $f_2=N(r-1)$.

В нашому випадку $f_1=8-3=5$ (m – число членів апроксимуючого полінома), $f_2=8(2-1)=8$, отже, згідно з табличними значеннями [Помилка! Джерело посилання не знайдено.] $F_{кр}=3,69$.

$$S_{ad}^2 = \frac{r}{N-m} \sum_{i=1}^N (\ln \bar{M}_i - \hat{M}_i)^2, \quad (4.13)$$

де \hat{M}_i – розрахункове значення параметра за залежністю (3.11) після підстановки значень (-1) та $(+1)$ згідно з план-матрицею експериментальних досліджень.

$$S_o^2 = \frac{S_B^2}{N(r-1)}. \quad (4.14)$$

За рівнянням (4.11) знаходимо значення параметра \hat{M}_i з метою визначення дисперсії адекватності: $\hat{M}_1=4,237$; $\hat{M}_2=4,393$; $\hat{M}_3=4,345$; $\hat{M}_4=4,501$; $\hat{M}_5=4,237$; $\hat{M}_6=4,393$; $\hat{M}_7=4,345$; $\hat{M}_8=4,501$.

Проміжні значення для розрахунку дисперсії адекватності занесені в допоміжну таблицю 4.7.

Таблиця 3.7 – Проміжні дані розрахунку дисперсії адекватності

№ досліду	$\ln \bar{M}_i$	\hat{M}_i	$\ln \bar{M}_i - \hat{M}_i$	$(\ln \bar{M}_i - \hat{M}_i)^2$
1	4,255	4,237	0,018	0,000324
2	4,361	4,393	-0,032	0,001024
3	4,345	4,345	0	0
4	4,495	4,501	-0,006	0,000036
5	4,259	4,237	0,022	0,000484
6	4,384	4,393	-0,009	0,000081
7	4,306	4,345	-0,039	0,001521
8	4,552	4,501	0,051	0,002601
$\sum_{i=1}^N (\ln \bar{M}_i - \hat{M}_i)^2 :$				0,006071

За залежностями (4.13) та (4.14) знаходимо дисперсію адекватності моделі та похибку досліду: $S_{ad}^2 = 0,002428$, $S_o^2 = 0,0019009$. Після цього визначаємо розрахункове значення критерію Фішера за (4.12): $F = 1,277$.

Зіставлення розрахункового та критичного значення $F = 1,277 < F_{кр} = 3,69$ свідчить про те, що модель (4.11) є адекватною. Проте представлена модель не враховує всіх значень незалежних факторів, які в кінцевому результаті визначають

якість продукту освітнього проекту. Тому перехід до моделі натуральних змінних будемо проводити за залежністю (4.4).

Для того, щоб встановити точність опису експериментальних даних рівнянням регресії, визначаємо коефіцієнт множинної кореляції за залежністю:

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^N (\ln \bar{M}_i - \hat{M}_i)^2}{\sum_{i=1}^N (\ln \bar{M}_i - \bar{M}^*)^2}}, \quad (4.15)$$

де \bar{M}^* – середнє значення функції $\ln \bar{M}_i$, яке визначається за залежністю (4.16) та дорівнює 4,37:

$$\bar{M}^* = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln \bar{M}_i. \quad (4.16)$$

Проміжні значення для розрахунку коефіцієнта множинної кореляції занесені в допоміжну таблицю 4.8.

Таблиця 4.8 – Проміжні дані розрахунку коефіцієнта множинної кореляції

№ дослідю	$\ln \bar{M}_i$	$\ln \bar{M}_i - \bar{M}^*$	$(\ln \bar{M}_i - \bar{M}^*)^2$
1	4,255	-0,11463	0,013138891
2	4,361	-0,00863	0,0000744769
3	4,345	-0,02463	0,000606391
4	4,495	0,125375	0,015178891
5	4,259	-0,11063	0,012237891
6	4,384	0,014375	0,000206641
7	4,306	-0,06363	0,004048141
8	4,552	0,182375	0,033260641
$\sum_{i=1}^N (\ln \bar{M}_i - \bar{M}^*)^2 :$			0,078752

Отже, за залежністю (4.15) визначено коефіцієнт множинної кореляції, який становить $R = 0,96068$. Розрахункове значення коефіцієнта R наближається до 1, а отже, можемо стверджувати, що рівняння (4.4) та (4.11) майже повністю описують результати експериментальних досліджень.

Для здійснення переходу до моделі в натуральних змінних підставимо рівняння (4.3) в модель (4.17) та проведемо розрахунок (4.18):

$$\ln M = 4,369 + 0,078X'_1 + 0,054X'_2 + 0,005X'_3 + 0,02X'_1X'_2 + 0,014X'_1X'_3 - (4.17)$$

$$- 0,001X'_2X'_3 + 0,009X'_1X'_2X'_3,$$

$$\ln M = 4,369 + 0,078 \cdot (1,82 \cdot \ln H - 2,262) + 0,054 \cdot (1,82 \cdot \ln T - 2,262) +$$

$$+ 0,005 \cdot (3,389 \cdot \ln M_{II} - 14,305) + 0,02 \cdot (1,82 \cdot \ln H - 2,262) \cdot (1,82 \ln T - 2,262) +$$

$$+ 0,014 \cdot (1,82 \cdot \ln H - 2,262) \cdot (3,389 \cdot \ln M_{II} - 14,305) - 0,001 \cdot (1,82 \cdot \ln T - 2,262) \cdot (4.18)$$

$$\cdot (3,389 \cdot \ln M_{II} - 14,305) + 0,009 \cdot (1,82 \cdot \ln H - 2,262) \cdot (1,82 \ln T - 2,262) \cdot$$

$$\cdot (3,389 \ln M_{II} - 14,305),$$

спростивши вираз (4.18), одержимо:

$$\ln M = 3,817 + 0,25 \cdot \ln H + 0,611 \cdot \ln T + 0,084 \cdot \ln M_{II} - 0,387 \cdot \ln H \cdot \ln T - (4.19)$$

$$- 0,045 \cdot \ln H \cdot \ln M_{II} - 0,141 \cdot \ln T \cdot \ln M_{II} + 0,108 \cdot \ln H \cdot \ln T \cdot \ln M_{II}.$$

Отже, кінцева модель визначення впливу незалежних чинників H , T , M_{II} на якість продукту освітнього проекту M , яка формується в процесі відпрацювання практичних вправ комбінованим способом, набуде такого вигляду:

$$M = \exp(3,817 + 0,25 \cdot \ln H + 0,611 \cdot \ln T + 0,084 \cdot \ln M_{II} - 0,387 \cdot \ln H \cdot \ln T - (4.20)$$

$$- 0,045 \cdot \ln H \cdot \ln M_{II} - 0,141 \cdot \ln T \cdot \ln M_{II} + 0,108 \cdot \ln H \cdot \ln T \cdot \ln M_{II}),$$

або:

$$M = 45,492 \cdot H^{0,250} T^{0,611} M_{II}^{0,084} \cdot 0,679^{\ln H \ln T} \cdot 0,955^{\ln H \ln M_{II}} \cdot 0,868^{\ln T \ln M_{II}} \cdot 1,114^{\ln H \ln T \ln M_{II}}. (4.21)$$

Моделі (4.20) та (4.21) можуть застосовуватись з метою прогнозування окремих значень параметрів індексу компетенції (знань та умінь), який характеризує якість продукту проекту підготовки рятувальників. Особливість методу прогнозування полягає у можливості визначення індексу компетенції, задаючи величину ресурсного забезпечення. Величина ресурсного забезпечення зазначається шляхом введення визначеної кількості циклів відпрацювання вправ на агрегатах H та із залученням інноваційних технологій T . Можливість встановлення фіксованого значення ресурсного забезпечення в процесі прогнозування індексу компетенції дає підстави здійснювати управління матеріальними, людськими та часовими ресурсами в проектах (програмах) практичної підготовки рятувальників.

Використовуючи отриману залежність логарифмічно-логарифмічного відображення функції відгуку, проведемо розрахунок очікуваного значення якості продукту освітнього проекту за умови різних способів реалізації проекту комбінованим способом, що представлено на рисунку 4.3.

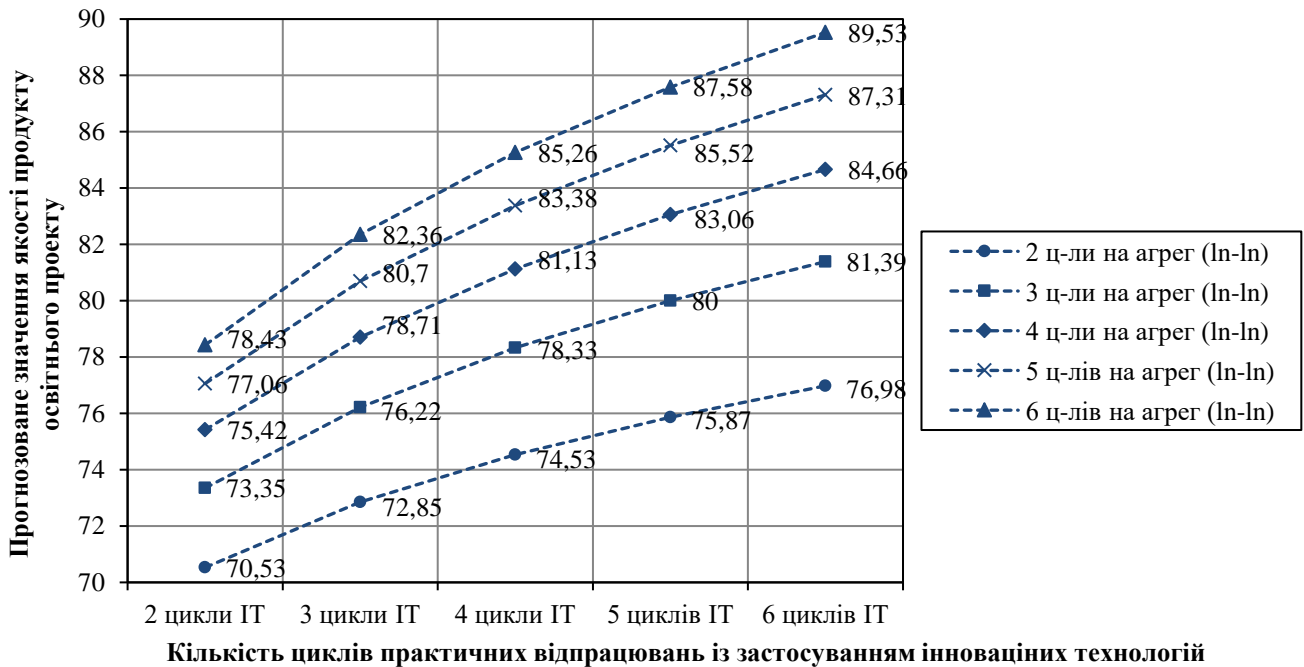


Рисунок 4.3 – Залежність якості продукту проекту практичної підготовки рятувальників від величини чинників H і T , враховуючи показник M_{II} (51 бал)

Далі з метою перевірки достовірності результатів, отриманих з допомогою логарифмічно-логарифмічного відтворення функції відгуку у вигляді моделей (4.20) і (4.21), проведемо визначення відповідних показників якості продукту освітнього проекту з допомогою рівнянь, побудованих шляхом логарифмічно-лінійного, лінійно-логарифмічного та лінійно-лінійного відображення функції. Відмінність різних відображень функції відгуку полягає у способі представлення незалежних змінних \tilde{X}_i та коефіцієнтів рівняння регресії b_n .

Логарифмічно-лінійне відображення має такий вигляд:

$$M = b_0 + b_1X'_1 + b_2X'_2 + b_3X'_3 + b_{12}X'_1X'_2 + b_{13}X'_1X'_3 + b_{23}X'_2X'_3 + b_{123}X'_1X'_2X'_3. \quad (4.22)$$

Визначення коефіцієнтів b_n для моделі (4.22), враховуючи експериментально одержані значення \bar{M}_i , проводиться за залежністю:

$$b_n = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{in} \bar{M}_i, \quad (4.23)$$

де X_{in} – код n -го фактора i -го дослідю (згідно з табл. 4.3); \bar{M}_i – середнє значення результату i -го дослідю за певних значень факторів; N – кількість дослідів.

Результати розрахунку коефіцієнтів b_n для моделі (4.22) представлені в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Значення коефіцієнтів рівняння регресії у вигляді логарифмічно-лінійного відображення

Коефіцієнт	Значення	Коефіцієнт	Значення	Коефіцієнт	Значення	Коефіцієнт	Значення
b_0	79,412	b_2	4,497	b_{12}	1,992	b_{23}	0,01
b_1	6,297	b_3	0,55	b_{13}	1,21	b_{123}	0,83

Перетворення незалежних змінних \tilde{X}_i в безрозмірні величини для моделі (4.22) здійснюється з допомогою (4.1) та набуває вигляду (4.3). В кінцевому вигляді модель (4.22) у випадку логарифмічно-лінійного відображення функції відгуку набуває такого виразу:

$$\begin{aligned}
 M = & 79,412 + 6,297 \cdot (1,82 \cdot \ln H - 2,262) + 4,497 \cdot (1,82 \cdot \ln T - 2,262) + \\
 & + 0,55 \cdot (3,389 \cdot \ln M_{II} - 14,305) + 1,992 \cdot (1,82 \cdot \ln H - 2,262) \cdot (1,82 \ln T - 2,262) + \\
 & + 1,21 \cdot (1,82 \cdot \ln H - 2,262) \cdot (3,389 \cdot \ln M_{II} - 14,305) + 0,01 \cdot (1,82 \cdot \ln T - 2,262) \cdot \\
 & \cdot (3,389 \cdot \ln M_{II} - 14,305) + 0,83 \cdot (1,82 \cdot \ln H - 2,262) \cdot (1,82 \ln T - 2,262) \cdot \\
 & \cdot (3,389 \ln M_{II} - 14,305), \quad (4.24)
 \end{aligned}$$

спростивши вираз одержимо:

$$\begin{aligned}
 M = & 36,02 + 20,64 \cdot \ln H + 48,67 \cdot \ln T + 6,9 \cdot \ln M_{II} - 32,71 \cdot \ln H \cdot \ln T - 4,13 \cdot \\
 & \cdot \ln H \cdot \ln M_{II} - 11,53 \cdot \ln T \cdot \ln M_{II} + 9,31 \cdot \ln H \cdot \ln T \cdot \ln M_{II}. \quad (4.25)
 \end{aligned}$$

Використовуючи одержану залежність, проведено розрахунок очікуваного значення якості продукту освітнього проекту за умови різних способів відпрацювання практичних вправ комбінованим способом, результати якого представлені за допомогою графічної залежності (рис. 4.4).

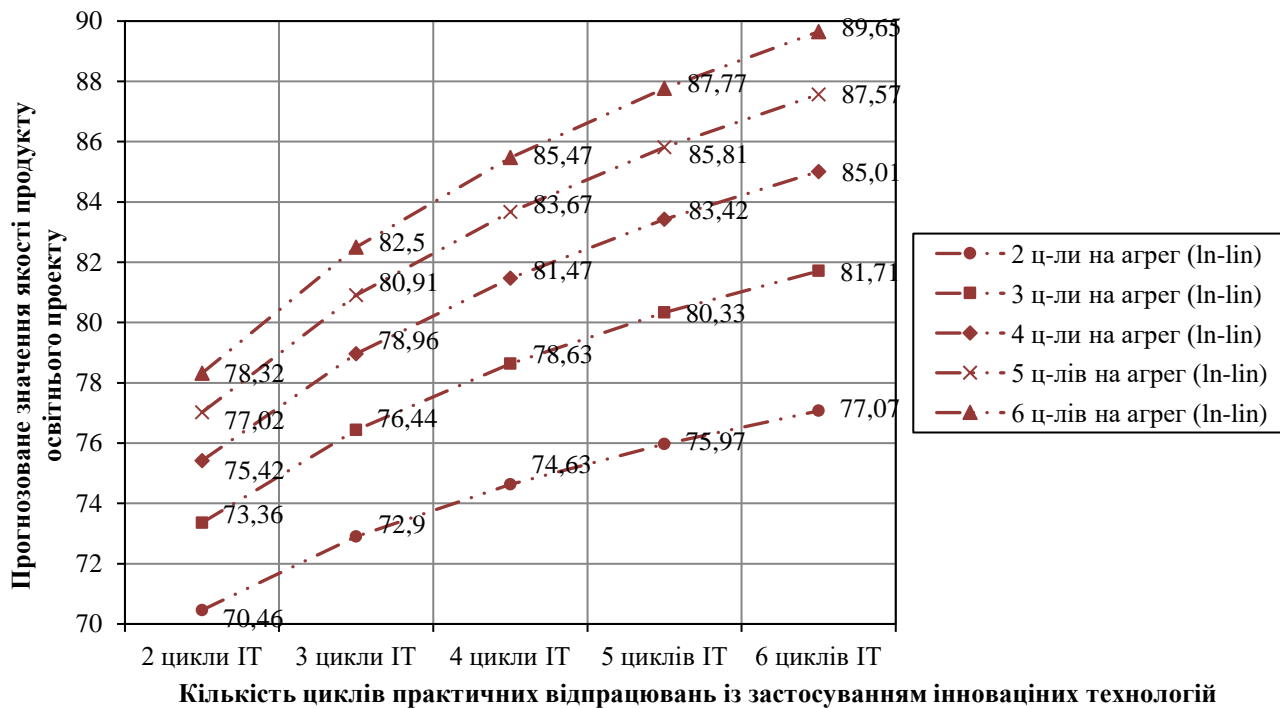


Рисунок 4.4 – Залежність якості продукту проекту практичної підготовки рятувальників від величини чинників H і T , враховуючи сталий показник $M_{II} = 51$ бал (логарифмічно-лінійне відображення)

Лінійно-логарифмічне відображення має вигляд:

$$\ln M = b'_0 + b'_1 X_1 + b'_2 X_2 + b'_3 X_3 + b'_{12} X_1 X_2 + b'_{13} X_1 X_3 + b'_{23} X_2 X_3 + b'_{123} X_1 X_2 X_3. \quad (4.26)$$

Визначення коефіцієнтів b'_n проводилось за залежністю (4.5) та представлено в таблиці 4.5. Проте перетворення незалежних змінних \tilde{X}_i для лінійно-логарифмічного відтворення здійснюється без логарифмування за залежністю (4.2) та набуває таких значень:

$$X_1 = \frac{H}{2} - 2,$$

$$X_2 = \frac{T}{2} - 2, \quad (4.27)$$

$$X_3 = \frac{M_{II}}{20,363} - 3,488.$$

Підставивши рівняння (4.27) в модель (4.26), з урахуванням коефіцієнтів b'_n , отримаємо лінійно-логарифмічне відображення функції відгуку:

$$\begin{aligned}
 M = \exp & \left(4,369 + 0,078 \cdot \left(\frac{H}{2} - 2 \right) + 0,054 \cdot \left(\frac{T}{2} - 2 \right) + 0,005 \cdot \left(\frac{M_{\Pi}}{20,363} - 3,488 \right) + \right. \\
 & + 0,02 \cdot \left(\frac{H}{2} - 2 \right) \cdot \left(\frac{T}{2} - 2 \right) + 0,014 \cdot \left(\frac{H}{2} - 2 \right) \cdot \left(\frac{M_{\Pi}}{20,363} - 3,488 \right) - \\
 & \left. - 0,001 \cdot \left(\frac{T}{2} - 2 \right) \cdot \left(\frac{M_{\Pi}}{20,363} - 3,488 \right) + 0,009 \cdot \left(\frac{H}{2} - 2 \right) \cdot \left(\frac{T}{2} - 2 \right) \cdot \left(\frac{M_{\Pi}}{20,363} - 3,488 \right) \right).
 \end{aligned} \quad (4.28)$$

Використовуюючи одержану залежність, проведено розрахунок очікуваного значення якості продукту освітнього проекту, результати якого представлені за допомогою графічної залежності (рис. 4.5).

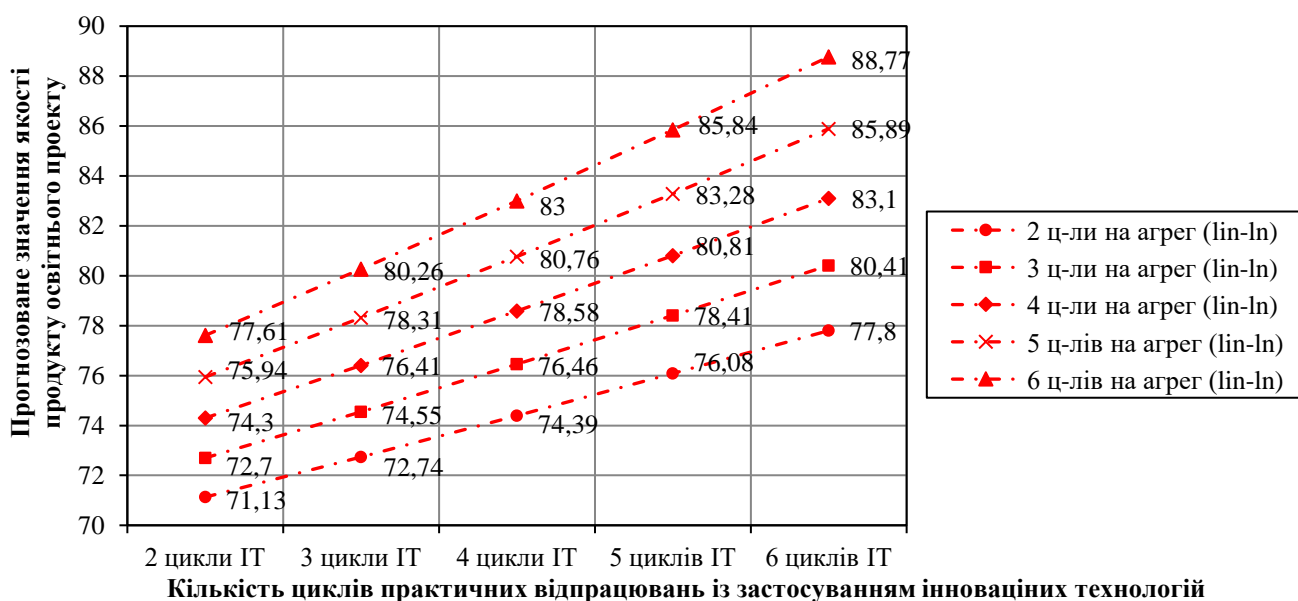


Рисунок 4.5 – Залежність якості продукту проекту практичної підготовки рятувальників від величини чинників H і T , враховуючи сталий показник

$$M_{\Pi} = 51 \text{ бал (лінійно-логічне відображення)}$$

Лінійно-лінійне відображення функції відгуку має вигляд:

$$\begin{aligned}
 M = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + b_{23} X_2 X_3 + \\
 + b_{123} X_1 X_2 X_3.
 \end{aligned} \quad (4.29)$$

Визначення коефіцієнтів b_n проводилось за залежністю (4.23) та представлено в таблиці 4.9. А перетворення незалежних змінних \tilde{X}_i здійснюється без логарифмування за залежністю (4.2) та набуває значень (4.27).

Остаточний вигляд лінійно-лінійного відображення моделі (4.29) набуває такого значення:

$$\begin{aligned}
 M = & 79,412 + 6,297 \cdot \left(\frac{H}{2} - 2\right) + 4,497 \cdot \left(\frac{T}{2} - 2\right) + 0,55 \cdot \left(\frac{M_{\Pi}}{20,363} - 3,488\right) + \\
 & + 1,992 \cdot \left(\frac{H}{2} - 2\right) \cdot \left(\frac{T}{2} - 2\right) + 1,21 \cdot \left(\frac{H}{2} - 2\right) \cdot \left(\frac{M_{\Pi}}{20,363} - 3,488\right) + \\
 & + 0,01 \cdot \left(\frac{T}{2} - 2\right) \cdot \left(\frac{M_{\Pi}}{20,363} - 3,488\right) + 0,83 \cdot \left(\frac{H}{2} - 2\right) \cdot \left(\frac{T}{2} - 2\right) \cdot \left(\frac{M_{\Pi}}{20,363} - 3,488\right).
 \end{aligned}
 \tag{4.30}$$

Використовуючи одержану залежність, проведено розрахунок очікуваного значення якості продукту освітнього проекту за умови різних способів відпрацювання практичних вправ комбінованим способом, результати якого представлені у вигляді графічного зображення (рис. 4.6).

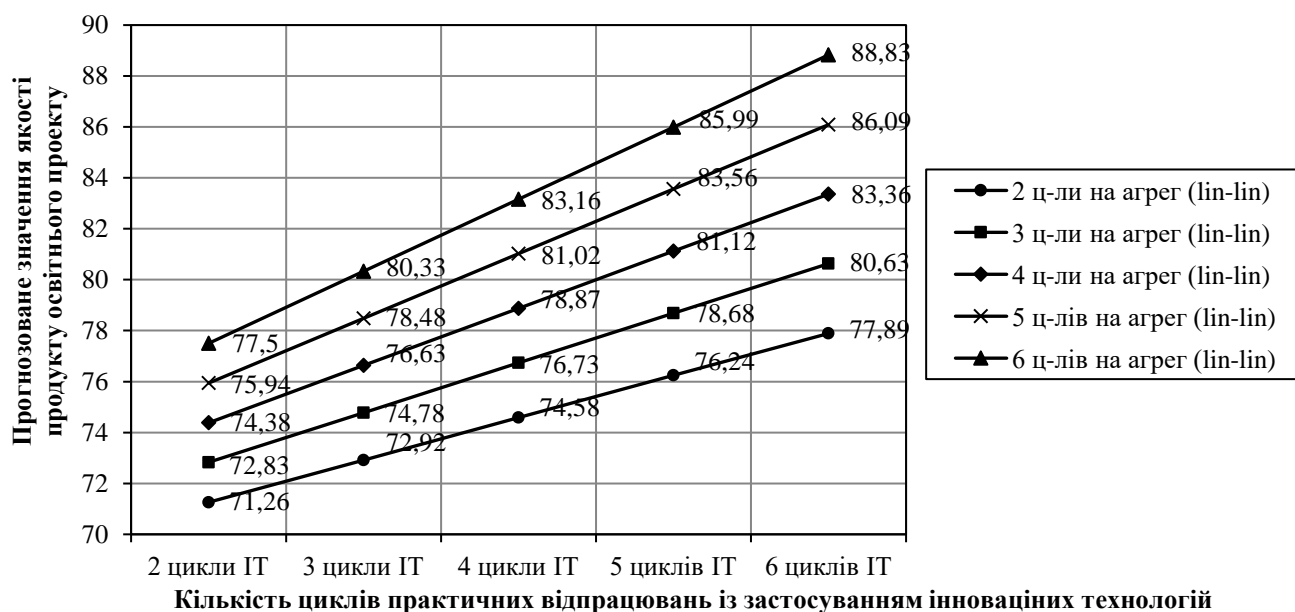


Рисунок 4.6 – Залежність якості продукту проекту практичної підготовки рятувальників від величини чинників H і T , враховуючи сталий показник

$M_{\Pi} = 51$ бал (лінійно-лінійне відображення)

4.3. Оброблення та аналіз одержаних результатів. За результатами прогнозування, використовуючи одержані моделі (4.20), (4.25), (4.28) та (4.30), побудовано порівняльну графічну залежність, яка висвітлена на рисунку 3.7.

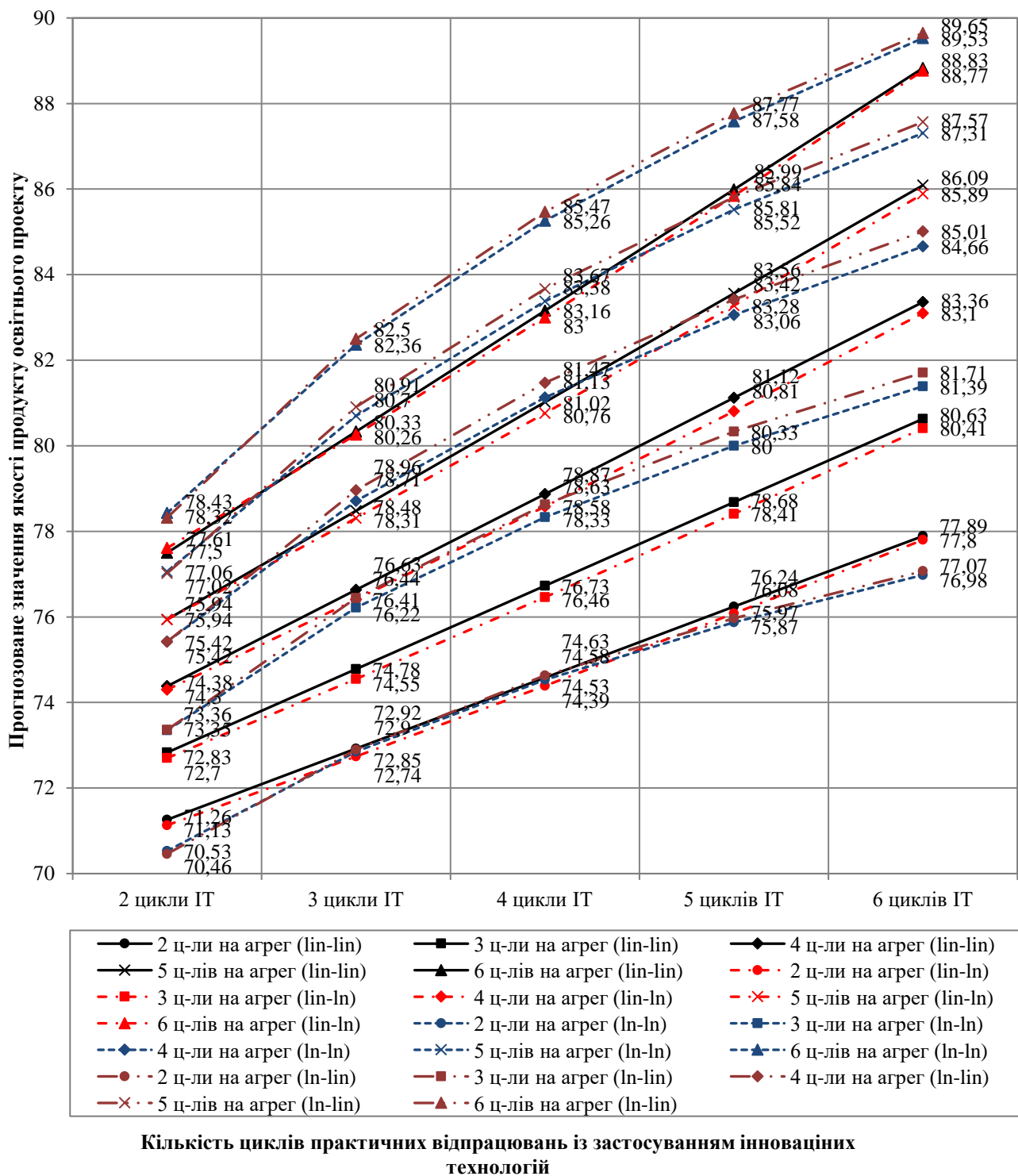


Рисунок 4.7 – Порівняльна графічна залежність якості продукту проекту практичної підготовки рятувальників від величини чинників H і T , враховуючи сталий показник $M_{II} = 51$ бал

Прийнято, що параметр M_{II} дорівнює 51 балу, оскільки цей показник відповідає мінімально допустимому позитивному результату. Таке значення параметра M_{II} прийнято з тією метою, щоб кінцевий результат прогнозованої моделі відтворював ймовірнісні показники якості продукту проекту практичної

підготовки студента з найнижчими інтелектуальними здібностями. При такому показнику фактора M_{II} відтворено ймовірнісні показники значення M в умовах різних методик формування якості продукту освітнього проекту з використанням лінійно-лінійної, лінійно-логарифмічної, логарифмічно-лінійної та логарифмічно-логарифмічної моделей.

Графічні залежності (рис. 4.7) розкривають повну сутність комбінованого способу формування якості продукту в проектах практичної підготовки рятувальників у ВНЗ системи цивільного захисту. За допомогою порівняльного відображення результатів якості продукту освітнього проекту можна спостерігати, що максимальні розбіжності в результатах прогнозування за різними моделями становлять до 3%. На підставі цього ми можемо стверджувати про адекватність кожної з одержаних моделей, оскільки способи їх відображення відрізняються принципом оброблення вхідних даних, а результати вказують на ідентичні досягнення. Виходячи з цього, можна припустити, що перевірка відтворюваності дослідів, адекватності моделі та оцінювання значущості коефіцієнтів регресії, проведені для логарифмічно-логарифмічного відтворення функції відгуку, також описують та підтверджують логарифмічно-лінійне, лінійно-логарифмічне та лінійно-лінійне відображення одержаної моделі.

Аналіз одержаних результатів показав, що найвищого показника якості продукту проекту підготовки можна досягти при шести практичних відпрацюваннях на реальному агрегаті та з використанням інноваційних технологій. Проте в межах годин, відведених навчальним планом, виконати таку кількість практичних вправ із одночасною користю для студентів майже не можливо. Для цього необхідно залучати 3-х і більше викладачів та декілька одиниць техніки, що призведе до нераціонального використання людських та матеріальних ресурсів. Відповідно, необхідно знайти оптимальне співвідношення кількості практичних відпрацювань комбінованим способом, щоб отримати високі ймовірнісні показники якості продукту освітнього проекту при одночасній мінімізації часових, трудових і матеріальних ресурсів. З практики проведення практичних відпрацювань встановлено, що під час одного заняття кожен студент

групи в змозі відпрацювати запропоновані програмою практичні вправи не більше 8 разів. Відповідно до цього, та скориставшись результатами експериментального дослідження, можна зробити висновок, що оптимальним співвідношенням циклів відпрацювання вправи комбінованим способом, яка дорівнює 8, є 4:4. Таке співвідношення циклів відпрацювання практичної вправи дає добрі ймовірнісні показники якості при одночасній мінімізації ресурсного забезпечення, необхідного для роботи із спецагрегатами пожежних автомобілів.

Висновки за результатом розділу

1. Запропоновано та досліджено спосіб встановлення показника ресурсного забезпечення процесу практичної підготовки рятувальників із можливістю майбутнього визначення очікуваної якості продукту проекту практичної підготовки рятувальників у вищих навчальних закладах ДСНС України шляхом зазначення кількості циклів практичних відпрацювань H та T , що може використовуватись як один із фундаментальних принципів ідентифікації індексу витратності.

2. На підставі оброблення результатів експериментальних досліджень методом регресійного аналізу одержано адекватні моделі визначення основних компонентів якості продукту освітнього проекту підготовки рятувальників у ВНЗ, що дають можливість створити фундаментальний підхід до визначення очікуваної якості проекту в межах фіксованого показника ресурсного забезпечення з метою його відбору до освітньої програми. Коефіцієнт множинної кореляції одержаних залежностей $R=0,96068$.

ВИСНОВКИ

Основні результати роботи відповідають меті та дають підстави для таких висновків:

1. Зважаючи на вітчизняний та світовий досвід створення інтерактивних тренажерів для відпрацювання практичних завдань поставлених для виконання рятувальникам. Які за допомогою даних розробок фахівці знатимуть "що потрібно робити", проте не орієнтуватиметься "як робити". Саме тому необхідно інтегрувати у подібні програмні комплекси можливості інтерактивної роботи із технічними засобами з метою їх послідовного застосування.

2. З метою створення сучасних та більш ефективних засобів інноваційної технології підготовки рятувальників в умовах обмежених ресурсів ведеться активна робота щодо їх розроблення та запровадження. Загальний принцип роботи полягає у комбінованому (почерговому) застосуванні інноваційних комп'ютерних засобів та реального устаткування. Дані розроблені тренажери сприяють покращенню якості процесу підготовки рятувальника.

3. За результатами експериментальних досліджень, використовуючи статистичні методи прогнозування, доведено ефективність запропонованих інноваційних підходів до процесу формування професійної компетенції майбутніх рятувальників, що дає підстави для їх використання в мережі навчальних установ системи цивільного захисту.

4. Одержані результати вказують на необхідність подальшого розроблення та дослідження ефективності сучасних засобів технічної підготовки з метою оволодіння навичками роботи із різноманітними взірцями протипожежної і аварійно-рятувальної техніки, вузлів і агрегатів рятувальних автомобілів тощо.

5. На підставі експериментальних досліджень та математичних розрахунків результатів, встановлені оптимальні часові показники для належного оволодіння практичними вміннями роботи з помповим устаткуванням, які використовуються у процесі планування дисципліни.

6. Запропоновано та досліджено спосіб встановлення показника ресурсного забезпечення процесу практичної підготовки рятувальників із

можливістю майбутнього визначення очікуваної якості продукту проекту практичної підготовки рятувальників у вищих навчальних закладах ДСНС України шляхом зазначення кількості циклів практичних відпрацювань N та T , що може використовуватись як один із фундаментальних принципів ідентифікації індексу витратності.

7. На підставі оброблення результатів експериментальних досліджень методом регресійного аналізу одержано адекватні моделі визначення основних компонентів якості продукту освітнього проекту підготовки рятувальників у ВНЗ, що дають можливість створити фундаментальний підхід до визначення очікуваної якості проекту в межах фіксованого показника ресурсного забезпечення з метою його відбору до освітньої програми. Коефіцієнт множинної кореляції одержаних залежностей $R=0,96068$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рак Ю. П. Удосконалення процесу прийняття проектних рішень для ліквідації пожежі засобами комп'ютерного тренажера / Рак Ю. П., Зачко О. Б. // Пожежна безпека : зб. наук. праць. Львів : ЛДУ БЖД, 2011. – №19. – С.124-130.
2. Департамент навчання та моделювання програмного забезпечення з гасіння пожеж США [Електронний ресурс]. – Доступний з : <http://www.flame-sim.com>.
3. Штайн Б. В. 3-D тренажер як проект підготовки рятувальника-пожежника / Б. В. Штайн, В. Б. Лоїк, В. С. Дубасюк // Вісник ЛДУБЖД : зб. наук. пр. – Львів : ЛДУБЖД, 2013. – № 7. – С. 147-154.
4. Метекол. Технические средства обучения [Электронный ресурс]. – Доступен с : <http://metecol.com.ua>.
5. Шевченко О. О. Історія економіки та економічної думки [Електронний ресурс]. – Доступний з : <http://pidruchniki.ws>.
6. Гончаров В. В. Важнейшие понятия и концепции в современном управлении / В. В. Гончаров. – М. : МНИИПУ, 1998. – 176 с.
7. Креативные технологии управления проектами и программами : монография / С. Д. Бушуев, Н. С. Бушуева, И. А. Бабаев и др. – К. : Саммит-Книга, 2010. – 768 с.
8. Бушуев С. Д. Інноваційні механізми інтуїтивного управління проектами та програмами / С. Д. Бушуев, Ю. В. Яцишин // Управління розвитком складних систем : зб. наук. пр. – К. : КНУБА, 2011. – № 6. – С. 27-32.
9. Козяр М. М. Віртуальний університет / М. М. Козяр, О. Б. Зачко, Т. Є. Рак. – Львів: ЛДУ БЖД, 2009. – 168 с.
10. Інтерактивні діалогові системи тестування при підготовці фахівців цивільного захисту / О. В. Придатко, А. Г. Ренкас, Т. Є. Рак, М. І. Сичевський // Інформаційно-комунікаційні технології в сучасній освіті: досвід, проблеми, перспективи: зб. мат. III Міжн. наук.-практ. кон-ції. – Київ-Львів : ЛДУБЖД, 2012. – Вип.3, Ч.2. – С.48-51.

11. Шпильовий В. Д. Створення тестів та проведення тестового контролю якості підготовки / В. Д. Шпильовий, В. Г. Жила. – Луганськ : вид-во східноукр. держ. ун-ту, 1997. – 78 с.

12. Большев Л. Н. Таблицы математической статистики / Л. Н. Большев, Н. В. Смирнов. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 416 с.

13. Придатко О.В. Інноваційні технології підвищення якості освітніх проектів в системі цивільного захисту / О.В. Придатко, Ю.Р. Лозинський // Вісник ЛДУБЖД: Зб. наук. праць. Львів: ЛДУ БЖД, 2013. – №7. – С. 125-133.

14. Придатко О.В. Моделювання процесу практичної підготовки фахівців оперативно-рятувальної служби при проектно-орієнтованому управлінні / О.В. Придатко // Вісник ЛДУБЖД: Зб. наук. праць. Львів: ЛДУ БЖД, 2012. – №6. – С. 90-100.

15. Придатко А.В. Исследование эффективности разработанных интерактивных средств обучения и тренировки как элементов системы обеспечения пожарной безопасности / А.В. Придатко // Вестник Кокшетауского технического института МЧС Республики Казахстан: Научный журнал. Кокшетау: КТИ МЧС РК, 2012. – №4(8). – С. 79-84.

16. Придатко О.В. Дослідження ефективності та основні аспекти запровадження інтерактивних засобів організації навчального процесу / О.В. Придатко, А.Г. Ренкас, М.І. Сичевський // Вісник ЛДУБЖД: Зб. наук. праць. Львів: ЛДУ БЖД, 2009. – №3. – С. 46-50.

17. Ренкас А.Г. Впровадження застосування інтерактивних тренажерів пожежної техніки в навчальний процес / А.Г. Ренкас, О.В. Придатко, М.І.Сичевський // Пожежна безпека: Зб.наук.праць. Львів: ЛДУ БЖД, 2008. – №12. – С. 116-122.

18. Горностаева А. М. Диалог с компьютером: Интерактивные средства обучения, созданные при помощи программы Macromedia Flash / А. М. Горностаева, Э. С. Ларина. – М. : Глобус, 2008. – 120 с.

19. Лаврик Т. Реалізація методу вправ з використанням комп'ютерних тренажерів в умовах дистанційного навчання / Т. Лаврик // *Information Technologies in Education for All*. – К. : МННЦТС, 2006 – С. 81-84.

20. Матвієнко Р. М. Використання інформаційних технологій при проведенні лабораторних і практичних занять з технічних дисциплін / Р. М. Матвієнко, Л. О. Сав'юк // *Information Technologies in Education for All* : збірник праць першої Міжнародної конференції. – К. : Академперіодика, 2006. – С. 415-420.

21. Наказ МНС України №312 від 07.05.2007 «Про затвердження Правил безпеки праці в органах і підрозділах МНС».

22. Особливості охорони праці при роботі з комп'ютером [Електронний ресурс]. – Доступний з : <http://3222.ua>

23. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник / В. Е. Гмурман. – [Изд. 9]. – М. : Высшая школа, 2003. – 479 с.

24. Жлутенко В. І. Теорія ймовірностей і математична статистика: навчально-методичний посібник у 2-х частинах. Ч. II / В. І. Жлутенко, С. І. Наконечний, С. С. Савіна. – К. : КНЕУ, 2001. – 336 с.

25. Положення про організацію професійно-технічного навчання в мережі навчально-методичних центрів цивільного захисту та безпеки життєдіяльності АР Крим, областей : затверджене наказом МНС України № 461 від 02.07.2007 р.

26. Положення про порядок кваліфікаційної атестації та присвоєння кваліфікації особам, які здобувають професійно-технічну освіту : затверджене спільним наказом Міністерства праці та соціальної політики і Міністерства освіти № 201/469 від 31.12.1998 р.