

УДК 351.861

[https://doi.org/10.36910/3083-6255/1\(1\).2025.59-82](https://doi.org/10.36910/3083-6255/1(1).2025.59-82)

І.В. Маловик
С.О. Степанчук
В.В. Стрілець
А.А. Хижняк

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОВЕДЕННЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ В УМОВАХ МОЖЛИВОГО БОЙОВОГО УРАЖЕННЯ

Мета. Провести дослідження. Розробити методику підвищення ефективності проведення аварійно-рятувальних робіт рятувальниками в умовах можливого бойового ураження.

Методика. Оцінка показників якості функціонування системи «рятувальник – засоби захисту та забезпечення аварійно-рятувальних робіт – надзвичайна ситуація з можливістю бойового ураження» із заданим рівнем значимості за результатами фізичного моделювання аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження ворогом з подальшим обґрунтуванням оперативно-технічних рекомендацій рятувальникам.

Результат. Полягає у розробці та перевірці оперативно-технічних рекомендацій у відповідності до закономірностей скорочення часу оперативної діяльності рятувальників, які отримують за результатами фізичного моделювання аварійно-рятувальних робіт, передбачає послідовне виконання п'ятих процедур, а саме: – визначення обмежень, які є характерними для проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження; – оцінка показників якості функціонування системи «рятувальник – засоби захисту та забезпечення аварійно-рятувальних робіт – надзвичайна ситуація з можливістю бойового ураження» за результатами фізичного моделювання дій особового складу; – отримання функціональних залежностей показників якості проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження від обраних для аналізу факторів; – обґрунтування оперативно-технічних рекомендацій; – вибір рекомендацій для впровадження в нормативні документи за результатами статистичних оцінок того, наскільки ефективність від їх реалізації є значимою.

Наукова новизна. Розроблено методику підвищення ефективності проведення аварійно-рятувальних робіт рятувальниками в умовах можливого бойового ураження, основу якої складає математична модель підвищення ефективності проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження.

Практична значимість. Розробка практичних рекомендацій, наприклад щодо підвищення ефективності підготовки рятувальників.

Ключові слова: аварійно-рятувальні роботи, ефективність, бойове ураження, методика, експеримент, моделювання.

Вступ. Оперативно-рятувальні підрозділи ДСНС кожен день здійснюють близько 200 виїздів на ліквідацію наслідків обстрілів ворогом населених пунктів та об'єктів інфраструктури [1].

Такий стан справ, а також непоодинокі факти загибелі рятувальників під час виконання ними безпосередніх завдань за призначенням, свідчить про те, що підвищення ефективності проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження є актуальною науковою проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням підвищення ефективності проведення аварійно-рятувальних робіт присвячена достатня кількість наукових робіт в провідних країнах

світу, зокрема таких, що пов'язані із їх підвищеною складністю виконання. Так, в [2] відмічено, що значні складності з точки зору підвищеної температури, видимості та відсутності досвіду роботи у закритих приміщеннях мають місце у рятувальників під час надзвичайних ситуацій у тунелях, але основна увага під час обґрунтування рекомендацій була приділена навчальним заходам, що визнають різні інтерпретації та мотиви для подальшої розробки заходів реагування. Питання безпосередньої оцінки результатів діяльності особового складу, у тому разі в непридатному для дихання середовищі, не розглядались. Це було зроблено в [3-5], де були відмічені суттєві відмінності як за часом виконання типових операцій, так і за витратою повітря. Але і в

цьому випадку отримані результати складно використовувати для обґрунтування пропозицій щодо підвищення ефективності аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження, оскільки не враховуються особливості, що пов'язані із необхідністю використання особовим складом відповідних засобів захисту.

Як не було це зроблено і в [4-9], де основна увага приділялась формуванню клімату безпеки серед пожежних, у даному випадку за рахунок використання відповідних засобів індивідуального захисту, як особливих факторів робочих одиниць. При цьому не враховувалась не тільки наявність самих засобів захисту, але й те, що їх застосування призводить до додаткового навантаження на організм рятувальника. Також це, без урахування особливостей роботи рятувальників в умовах можливого бойового ураження, відмічено в [10-13], де здійснено критичний погляд на фізичні вимоги екстреного реагування і аргументацію для експертів у цій області щодо підвищення рівня знань про здоров'я та фізичну підготовленість серед персоналу служб екстреного реагування та визначення різних компонентів навчання та освіти. А в [14-16] показано, що урахування фізичних навантажень працівників в екстремальних умовах зменшить професійні стреси і травми, вплине на ефективність їх діяльності, а також підтримає здоров'я на визначеному рівні.

При цьому, в [17,18] на прикладі аналізу проведення аварійно-рятувальних робіт в 2011 році на АЕС «Фукусіма-дайті» (АЕС) Токійської електроенергетичної компанії показана необхідність визначення закономірностей дій тих рятувальників, які безпосередньо працювали біля та в осередку надзвичайної ситуації. Але отримані там результати практично неможливо використовувати для обґрунтування пропозицій щодо підвищення ефективності дій рятувальників одночасно як в непридатних для дихання умовах, так і у вибухонебезпечному середовищі. В той же час, дослідження [19-21], в якому розглядалися закономірності щодо оцінки готовності лікарів до хімічних, радіологічних та ядерних інцидентів, показало, що їх підготовка, особливо лікарів швидкої допомоги, повинна враховувати специфічні

особливості навколишнього середовища надзвичайної ситуації.

Схожа ситуація має місце і у випадку, коли розглядаються дії оперативних розрахунків пожежно-рятувальних автомобілів. На сьогоднішній день обґрунтування рекомендацій для відповідного особового складу відбувається з урахуванням того, як він здійснює виконання типові для гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій операції та процеси. Так, в США під час підготовки оперативно-рятувальних підрозділів Федеральне агентство по реагуванню на надзвичайні ситуації [22], яке відповідає за цей напрямок, у відповідності до стандарту NFPA 1500-2002 [23], враховує як пожежну техніку, яка стоїть на озброєнні в підрозділах, так і місцеві особливості. При цьому особливості, що пов'язані із застосуванням засобів бронезахисту особового складу, під час оперативних розгортань не розглядаються.

Питання руху пожежних, які використовують засоби індивідуального захисту, розглянуто в [24]. Основна увага приділена як стандартним методам відповідних випробувань, так і використанню суб'єктивних експертних оцінок. Проте питання щодо визначення індивідуальних кількісних оцінок для порівняння рівня підготовленості окремих пожежних не розглядалися. Хоча в [25-27] відмічається, що показником кваліфікованого застосування специфічного пожежного обладнання є регламентовані часові стандарти оперативних розгортань як важливих етапів реагування первинних оперативних розрахунків. І це стосується як професійних [28], так і волонтерських [29-31] підрозділів. В той же час, питання, пов'язані з тим, що дії рятувальників під час оперативних розгортань відбуваються в умовах застосування засобів бронезахисту, не розглядалися. Як не розглядаються вони і в базовому стандарті ЄС [32], який вимагає урахування під час підготовки до проведення оперативних розгортань пожежних автомобілів кількості особового складу в оперативних розрахунках (3 в загальноприйнятому пожежному екіпажі або 6 – в так званій, пожежній «ескадрильї») та клас пожежного автомобіля. Аналогічна ситуація має місце і в Японії [33].

Хоча стосовно маркерів фізіологічного стресу пожежного в [34-36] відмічено, що кількісні оцінки часу виконання типових завдань у процесі дослідження працездатності рятувальника є важливими маркерами, які дозволяють отримати кількісні показники для визначення критеріїв успіху. Аналогічна теза була підтверджена в [37] стосовно виконання тестових завдань авіаційними рятувальниками. Але і в [34-36], і в [37] питання градації пожежних не конкретизувались.

В [38], де розглядаються питання безпечного та ефективного управління фізичною підготовкою працівників екстремальних служб, відмічено, що зацікавлені сторони на експертному рівні у стилі світлофору можуть узгодити стандарти для оцінювання рівня підготовленості та відповідні порогові значення. Аналогічним чином це було зроблено і в [39], де розглядалась відповідність фізичних здібностей обраним початковим завданням реагування пожежних. Але і в першому, і в другому випадку питання визначення початкових критичних значень для оцінювання рівня підготовленості пожежних-рятувальників з урахуванням особливостей, які можна біло б пов'язувати хоча б по аналогії з роботою в засобах бронезахисту, не розглядались.

Тобто, в провідних країнах світу не розглядалась ситуація, коли проведення аварійно-рятувальних робіт в специфічних умовах екстремального впливу навколишнього середовища супроводжується одночасним застосуванням як загальноприйнятих засобів індивідуального захисту [40-44], так і засобами бронезахисту від можливого бойового ураження внаслідок виконання рятувальниками в таких умовах завдань за призначенням.

Можна було б вважати, що за кордоном бронезахист особового складу забезпечується застосуванням броньованих пожежно-рятувальних автомобілів, але їх аналіз показав, що до них умовно можна віднести аеродромні автомобілі, оскільки всі вони створюються на базі військової техніки і обов'язково передбачають захист від осколків пошкоджених літаків [45]. Так, пожежна машина Rosenbauer Panther австрійської компанії Rosenbauer

International AG, одного з найбільших світових фахівців у галузі пожежної техніки, побудована за модульним принципом [46]. Гіперкар серед «пожежних» повною масою понад 50 тон розганяється до 80 км/год менш ніж за 25 секунд і летить до місця події на максимальних 135 км/год.

Ще одне вражаюче творіння австрійців – Tigon [47]. В даному випадку має місце помісь чеської Tatra і технічних рішень Rosenbauer. Цей автомобіль нагадує аеродромних рятувальників, але по факту таким не є – компанія-виробник позиціонує його для індустріальних завдань і застосування там, де немає асфальту. За базу взято чотирьох- і п'ятиосні шасі військової вантажівки Tatra Force 8×8 і Force 10×10 з фірмовою хребтової рамою і незалежною підвіскою. Силова установка та ж, що і у «пантери» – 700-сильний двигун Volvo D16, який агрегатований з автоматичною коробкою передач Allison. Їх тандем дозволяє прискорюватися до 80 км/год за 35 секунд і набирати 120 км/год.

Найбільш броньованою пожежною машиною є пожежний танк Big Wind («Сильний вітер»), розроблений і побудований угорською компанією MB Drilling [48]. Ця машина використовує принцип газоводяного гасіння, при якому суміш повітря і води відсікає від пального кисень. За основу Big Wind був узятий радянський танк Т-34. Величезні «гармати» на поворотній платформі – це реактивні двигуни РД-25-300 винищувача МіГ-21 з форсажними камерами. Але і ця машина має вузьке призначення – гасіння масштабних пожеж на газових та нафтових свердловинах.

Все це свідчить про те, що броньовані пожежні автомобілі, які виробляються в провідних країнах світу показав, що до них умовно можна віднести аеродромні автомобілі, оскільки всі вони створюються на базі військової техніки і обов'язково передбачають захист від осколків пошкоджених літаків, а також пожежний танк Big Wind, який створено на базі танку Т-34. Проте, їх застосування під час гасіння пожеж в умовах міської забудови або на об'єктах критичної інфраструктури, а саме це найпоширенішим видом діяльності пожежних-рятувальників ДСНС за результатами дії окупантів, є неможливим внаслідок, в першу чергу, громіздкості цієї техніки.

Тобто, в провідних країнах світу вдосконалення ефективності проведення аварійно-рятувальних робіт в специфічних екстремальних умовах не передбачає здійснення такої діяльності особовим складом одночасно як в загальноприйнятих засобах індивідуального захисту, так і в засобах індивідуального бронезахисту від можливого бойового ураження внаслідок виконання рятувальниками в таких умовах завдань за призначенням.

Аналогічна ситуація стосовно броньованих пожежно-рятувальних автомобілів має місце і в Україні [49-55].

При цьому основні нормативні вимоги щодо оперативних розгортань оперативно-рятувальної техніки [56] конкретизовані тільки для умов мирного стану.

Діяльність рятувальників в зоні можливого ворожого ураження характеризується тим, що він використовує не тільки загальноприйняті засоби індивідуального захисту, але й засоби противибухового захисту, як правило бронежилети [57]. На цей час особливості оперативної діяльності особового складу оперативно-рятувальних підрозділів в таких умовах ніде не розглядались, хоча не викликає сумнівів, що на складність дій вплине як і додаткове навантаження (близько 10 кг), так і обмеження рухомості.

Тим більше, що наявні експериментальні дослідження проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження і стосовно бойового розгортання пожежно-рятувальних автомобілів [79], і стосовно роботи газодимозахисників [80] в засобах бронезахисту, а також гуманітарного розмінування в радіаційно-забрудненій місцевості [81] підтвердили те, що розглянуті показники діяльності рятувальників мають суттєві (на рівні $\alpha=0,05$) відмінності.

В [82] розроблена математична модель, яка враховує властивості системи «рятувальник – засоби захисту та забезпечення аварійно-рятувальних робіт – надзвичайна ситуація з можливістю бойового ураження» у вигляді узагальнених інтегральних характеристик, а також визначає цілі імітаційної оцінки такої системи з урахуванням обмежень, пов'язаних з можливістю бойового ураження. Проте не показано яким чином конкретизація

узагальненої математичної моделі підвищення ефективності проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження за результатами експериментального визначення відповідних закономірностей діяльності рятувальників дозволить отримати методику підвищення ефективності проведення аварійно-рятувальних робіт рятувальниками, які одягнені в захисне спорядження, що включає засоби бронезахисту.

Таким чином, важливою та нерозв'язаною частиною проблеми підвищення ефективності проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження без зниження рівня безпеки рятувальників є відсутність методики підвищення ефективності проведення аварійно-рятувальних робіт рятувальниками, які одягнені в захисне спорядження, що включає засоби бронезахисту.

Мета статті (постановка завдання).

Враховуючи вищезазначене, метою роботи є у розробка методики підвищення ефективності проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження.

Для її досягнення потребують вирішення наступні завдання:

- визначення обмежень, які є характерними для проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження;
- оцінка показників якості функціонування системи «рятувальник – засоби захисту та забезпечення аварійно-рятувальних робіт – надзвичайна ситуація з можливістю бойового ураження»;
- отримання функціональних залежностей;
- розробка оперативно-технічних рекомендацій;
- оцінка ефективності оперативно-технічних рекомендацій.

Методи дослідження.

Усі дослідження проводились застосовуючи фізичне моделювання діяльності рятувальників з подальшим статистичним аналізом отриманих експериментальних результатів у відповідності до математичної моделі підвищення ефективності проведення

аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження.

Виклад основного матеріалу.

Визначення обмежень, які є характерними для проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що діяльність рятувальників в зоні можливого ворожого ураження характеризується як тим, що він використовує не тільки загальноприйняті засоби індивідуального захисту, але й засоби противибухового захисту.

Одним із варіантів цього могло би бути застосування пожежних автомобілів, підсилених бронезахистом. Проведений аналіз броньованих пожежних та рятувальних автомобілів, які мають місце в Україні, показав, що не передбачається їх застосування пожежно-рятувальними підрозділами Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту, які виїжджають на гасіння пожеж внаслідок нанесення вогневих ударів ворогом. Захист особового складу під час гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій внаслідок ураження вибухонебезпечними речовинами та осколками ворожих снарядів забезпечується засобами індивідуального бронезахисту. На практиці, як правило, використовуються бронезилети III рівня захисту.

Це, у тому разі, стосується і проведення аварійно-рятувальних робіт в непридатному для дихання середовищі. Так, не викликає сумнівів, що діяльність газодимозахисників під час ліквідації надзвичайних ситуацій в зоні можливого бойового ураження має свої закономірності, які можуть бути пов'язаними як з їх оснащенням в додаток до загальноприйнятого засобами індивідуального захисту органів дихання, а також засобами захисту від уражень вогнепальної та холодної зброї, чи осколкових часток вибухових пристроїв. В останньому випадку це також бронезилети III рівня захисту. Враховуючи унікальність такої ситуації, яка є притаманною наразі для України, коли газодимозахисник ДСНС повинен застосовувати як одну, так і другу групу засобів індивідуального захисту, вона ніде в світі не розглядалась, а без знання відповідних закономірностей кількісних показників, які характеризують цю

особливість діяльності особового складу, рекомендації будуть носити тільки якісний характер.

Таким чином, обмеженням, яке є характерним для проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження (АРР МБУ), є використання особовим складом оперативно-рятувальних підрозділів ДСНС бронезилетів III рівня захисту.

Оцінка показників якості функціонування системи «рятувальник – засоби захисту та забезпечення аварійно-рятувальних робіт – надзвичайна ситуація з можливістю бойового ураження».

В [82] відмічено, що така оцінка може бути здійснена за результатами моделювання того, як виконуються типові операції або процеси, що є необхідними для проведення АРР БУ. Оскільки для оцінки закономірностей діяльності рятувальників за допомогою імітаційних систем, які повністю реалізуються на ЕОМ, необхідно мати вихідні дані щодо результатів діяльності, а вони ніколи і ніде до сих пір не розглядалися, їх можна отримати під час навчання та тренування особового складу, тобто здійснити фізичне моделювання дій особового складу в умовах, що максимально наближені до реальних.

Типовим варіантом дій під час безпосередньої підготовки до проведення АРР БУ є виконання одного з типових варіантів оперативного розгортання пожежно-рятувального автомобіля [83], який буде ускладненим тим, що особовий склад здійснює його не тільки у загальновизнаному захисному спорядженні [84-89], але й додатково в бронезилеті 3-го класу захисту [90]. В цьому випадку показником якості функціонування СРЗЗНСУ буде час виконання оперативного розгортання за умови його здійснення без порушення вимог безпеки. Це дозволяє під час проведення експериментальних досліджень забезпечити можливість об'єктивної фіксації за допомогою повірених приладів результатів діяльності для кожного поєднання обраних важливих факторів. При цьому в кожному такому випадку вибірка експериментальних результатів повинна забезпечити їх отримання із заданим рівнем значимості (як правило $\alpha=0,05$).

Аналогічна ситуація має місце і у тому випадку, коли розглядається безпосереднє проведення АРР БУ. Одним з найбільш складних варіантів є робота рятувальників в непридатному для дихання середовищі. В цьому випадку для експериментальних імітаційних випробувань можна використовувати [91] мобільний тренажер виробництва компанії MAW GmbH, який складається з: мобільного тренувального комплексу з пультом управління (рис. 1), що розміщується в 20-ти футовому (6,1 м) металевому контейнері, який поділено на три зони: компресорна, пульт керування, приміщення з тренажерами.

Комплекс призначений для відтворення фізичних навантажень на

газодимозахисників під час розгортання сил і засобів, залучених до ліквідації надзвичайних ситуацій; мобільної теплодимокамери-лабіринта (рис. 2), яка представляє собою 40-ка футовий (12,2 м) металевий контейнер, в якому розміщено двоярусний лабіринт. Цей контейнер оснащено елементами, які відтворюють елементи оперативної діяльності газодимозахисників та ускладнюють проходження лабіринту шляхом подолання труби-лаза, різноманітних проходів, дверей, жалюзі, відкидних заслінок, похилих поверхонь, роликового конвеєру тощо.



Рис. 1. Мобільний тренувальний комплекс з пультом управління

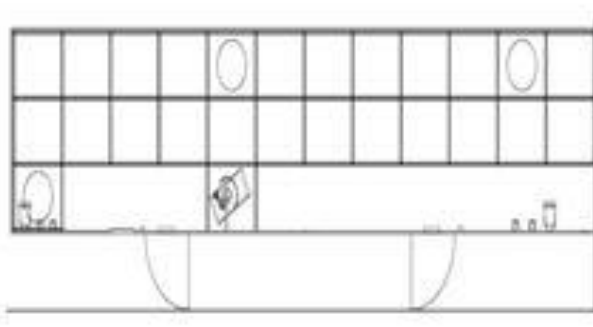


Рис. 2. Мобільна теплодимокамера- лабіринт

Задимлення контейнера забезпечується димомашиною, а підвищена температура навколишнього середовища (до 60 °С) – електричними тенами. Комплекс призначений для відтворення умов роботи газодимозахисників у задимленому середовищі та обмеженому просторі під час

проведення розвідки, порятунку постраждалих та гасіння пожеж.

У відповідності до [91] під час занять із газодимозахисниками, а саме вони і виступають у якості досліджуваних, кожен з них у закріпленому за ним апараті на стисненому повітрі виконує у випадковій

послідовності наступні визначені вправи з урахуванням мінімально необхідного навантаження: підйом по нескінченним сходам (15 кДж); тяговий тренажер (5 кДж); бігова доріжка (10 кДж); велотренажер (30 кДж); подолання теплотриси-лабіринту в задимленому середовищі в умовах підвищеної температури (до 60°C) та обмеженого простору (20 кДж). При цьому в автоматичному режимі фіксуються: діапазон серцебиття Δf від мінімального $f_{\min}$ до максимального $f_{\max}$ значення частоти серцевих скорочень (ЧСС) [уд./хв], об'єм Q використаного повітря [л] та тривалість t [с] безперервного виконання визначених вправ та проходження лабіринту в умовах підвищеної температури.

Наявність об'єму Q та тривалості t дозволяє одночасно оцінити і показник легеневої вентиляції

$$\omega = \frac{Q \cdot 60}{t}, [\text{л/хв.}] \quad (1)$$

який у відповідності до [92] газодимозахисники використовують під час проведення аварійно-рятувальних робіт для прогнозування часу оперативної діяльності в непридатному для дихання середовищі.

Використання мобільного тренажеру виробництва компанії MAW GmbH дозволяє організувати проведення порівняльних експериментальних досліджень найбільш важливих показників оперативної діяльності в непридатному для дихання середовищі (частоти серцевих скорочень, об'єму використаного повітря, часу безперервного виконання визначеного та однакового для всіх досліджуваних набору вправ, а також легеневої вентиляції), які можуть розглядатись як показники якості функціонування системи «рятувальник – засоби захисту та забезпечення аварійно-рятувальних робіт – надзвичайна ситуація з можливістю бойового ураження».

Для оцінки отриманих показників якості функціонування СРЗНСУ здійснюється статистична обробка експериментальних результатів, яка починається з перевірки отриманих вибірок на нормальність їх розподілу. З урахуванням того, що, як правило, на початковому етапі досліджень є можливість провести незначну кількість n_j (значно менше 100) для кожної

спроби s виконання обраної вправи, що є типовою для проведення аварійно-рятувальних робіт (АРР), перевірку на нормальність доцільно виконати за критерієм Шапіро-Уїлкі [93].

Для цього необхідно розрахувати математичне очікування обраного показника, наприклад часу виконання обраного варіанту АРР БУ, якості виконання вправи за кожної спроби s , що розглядається, проведення аварійно-рятувальних робіт

$$\bar{t}_s (\text{АРР}) = \sum_{i=1}^{n_s} \frac{t_{is}}{n_s}, \quad (2)$$

де t_{is} – час i -го виконання обраного для розгляду варіанту АРР БУ в s -ій спробі, s ; середньоквадратичне відхилення

$$\sigma_s (\text{АРР}) = \sqrt{\frac{1}{n_s} \cdot \sum_{i=1}^{n_s} (t_{is} - \bar{t}_s)^2} \quad [c] \quad (3)$$

та

$$n_s \cdot m_2 (\text{АРР}) = \sum_{i=1}^{n_s} (t_{is} - \bar{t}_s)^2, [c^2] \quad (4)$$

де m_2 – вибіркового центральний момент другого порядку, а також проміжну суму

$$S(\text{АРР}) = \sum_{i=1}^k a_{n-i+1} \cdot (t_{(n-i+1)} - t_i) \quad [c], \quad (5)$$

$$S(\text{АРР}) = \sum_{i=1}^k a_{n-i+1} \cdot (t_{(n-i+1)} - t_i) \quad [c], \quad (5)$$

де k – індекс, який має значення від 1 до $n/2 = 3$; a_{n-i+1} – коефіцієнт, який має спеціальні значення для обсягу вибірки n (його значення, що наведені в табл. 2, взяті з табл.10 [93]).

Розподіл вважається нормальним, якщо у відповідності до табл. 11 [93] для рівня значимості $\alpha=0,05$ та, наприклад, $n_s=20$

$$W = \frac{S^2 (\text{АРР})}{n \cdot m_2 (\text{АРР})} \geq W_{\text{табл}} = 0,905, \quad (6)$$

розподіл у відповідності до [93] вважається нормальним.

Якщо вибірки є нормальними, то це дозволяє перейти до отримання функціональних залежностей, які стануть основою для розробки оперативно-технічних рекомендацій.

Отримання функціональних залежностей.

Наявність кількісних показників якості функціонування СРЗЗНСУ дозволяє перейти до отримання функціональних залежностей, наприклад, у вигляді закономірностей, відповідно до яких змінюються або розподіляються вихідні дані в часі

Таким чином, оцінку показників якості функціонування системи «рятувальник – засоби захисту та забезпечення аварійно-рятувальних робіт – надзвичайна ситуація з можливістю бойового ураження» із заданим рівнем значимості (як правило $\alpha=0,05$) доцільно здійснювати за результатами, які отримані за допомогою повірених приладів, моделювання типових процесів і операцій проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження, під час навчання та тренування рятувальників в засобах бронезахисту, як під час безпосереднього виконання типових дій (наприклад оперативних розгортань пожежно-рятувальної техніки), так і під час виконання визначених для оцінки інших дій (наприклад дій з нормованим навантаженням під час застосування стаціонарних або мобільних тренажно-моделюючих комплексів).

Так, наприклад, в переважній більшості ситуації час типових операцій та процесів, характерних для здійснення аварійно-рятувальних робіт особовим складом зменшується [74,75,76,94,95], можна у відповідності до [96] припустити що він змінюється в залежності від кількості s попередньо виконаних спроб за експоненціальним законом. Перевірку цього доцільно виконати у відповідності до критерію Фроцині [97], оскільки його потужність не тільки не поступається іншим, а в більшості випадків перевершує і перевершує їх.

Для цього розраховується статистика

$$B_s = \frac{1}{\sqrt{s}} \sum_{j=1}^s \left| 1 - \exp\left(-\frac{\bar{t}_j}{\bar{t}(j)}\right) - \frac{i-0,5}{s} \right|, \quad (7)$$

де s – кількість виконаних спроб;

$$\bar{t}(j) = \frac{\sum_{j=1}^s \bar{t}_j}{s}. \quad (8)$$

Якщо

$$B_s < B_s^*(P), \quad (9)$$

де $B_s^*(P)$ – критичне значення [97] критерію експоненціальності Фроцині (P – рівень довіри);

то нульова гіпотеза експоненціальності розподілу не відхиляється і можна вважати, що залежність математичного очікування часу виконання розглянутого варіанту АРР БУ (або її складової) від кількості s виконаних спроб має вигляд

$$\bar{t} = \bar{t}_{\text{гран}} + (\bar{t}_1 - \bar{t}_{\text{гран}}) \cdot e^{-\lambda(s-1)}, \quad (10)$$

де $\bar{t}_1$ – середній час виконання розглянутого варіанту АРР БУ в першій спробі, с;

$\bar{t}_{\text{гран}}$ – середній час виконання розглянутого варіанту АРР БУ після довготривалої підготовки с;

λ – параметр (інтенсивність) експоненціального розподілу, с^{-1} .

Тобто, наявність експериментальних результатів, а також параметрів визначеного закону їх розподілу (як правило нормального) в кожній спробі, дозволяє визначити закономірність, у відповідності до якої змінюються вихідні дані в часі. Наприклад, за критерієм Фроцині з рівнем довіри $P=0,95$ перевірити те, що час виконання типових операцій та процесів, характерних для здійснення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження, змінюється за експоненціальним законом в залежності від кількості s попередньо виконаних спроб.

Розробка оперативно-технічних рекомендацій для впровадження вимагає з початку визначити момент, починаючи з якого це можна здійснювати [98]. Треба враховувати, що під час підготовки рятувальників до проведення АРР МБУ можуть мати дві ситуації. По-перше, коли час виконання окремих дій в залежності від кількості здійснених вправ практично не змінюється. Та, по-друге, коли він, як

правило, зменшується за експоненціальним законом.

В першій ситуації для того, щоб впевнитись в цьому, потрібно перевірити, чи значимо відрізняються середні значення, отримані за двома незалежними вибірками (в першій та другій спробі) [99]. Тобто, треба розглянути гіпотезу

$$H_0 : \bar{t}_{s-1} = \bar{t}_s \quad (11)$$

та її альтернативу

$$H_1 : \bar{t}_{s-1} \neq \bar{t}_s, \quad (12)$$

яка доказує відмінність середніх значень.

Для цього з метою вибору конкретної методики розрахунку t-критерію Стюдента спочатку перевіряється гіпотеза про рівність дисперсій

$$H_0 : \sigma_1 = \sigma_2, \quad (13)$$

для чого використовувався F-критерій

$$F = \frac{\sigma_{>}^2}{\sigma_{<}^2}, \quad (14)$$

де $\sigma_{>}^2$ – більша з оцінок дисперсій у двох вибірках.

Якщо критичне значення $F_{кр}$ при рівні значимості α (як правило $\alpha=0,05$) та числі ступенів свободи

$$v_1 = n_1 - 1 \quad v_2 = n_2 - 1, \quad (15)$$

де n_1 – кількість результатів в першій спробі;

n_2 – кількість результатів в другій спробі;

дорівнює

$$F_{кр} = F_{табл}(\alpha; v_1; v_2) \geq F, \quad (16)$$

що свідчить про рівність (2.39) дисперсій, то з урахуванням того, що вибірки малого розміру (<30), стандартна помилка різниці S_x та число ступенів свободи v під час розрахунку t-критерію визначаються [100] наступним чином

$$S_{1-2} = \sqrt{\frac{(n_1-1) \cdot \sigma_1^2 + (n_2-1) \cdot \sigma_2^2}{n_1+n_2-2} \cdot \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}, \quad (17)$$

$$v = n_1 + n_2 - 2. \quad (18)$$

Якщо

$$t_{набл} = \frac{|\bar{t}_1 - \bar{t}_2|}{S_{1-2}} > t_{табл}(\alpha; v), \quad (19)$$

то при заданому рівні значимості α (ймовірність похибки менше α) та числі ступенів свободи v можна прийняти гіпотезу H_0 .

Коли ж

$$F_{кр} = F_{табл}(\alpha; v_1; v_2) < F, \quad (20)$$

то t-критерій (19) визначається з урахуванням того, що число ступенів свободи v розраховується як

$$v = \frac{\left(\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\sigma_1^4}{n_1^2 \cdot (n_1-1)} + \frac{\sigma_2^4}{n_2^2 \cdot (n_2-1)}}. \quad (21)$$

В цьому випадку вважається за доцільне припинення навчання рятувальниками ДСНС виконання обраної вправи за тієї спроби s^* , після якої середній час здійснення обраного варіанту оперативної діяльності перестав скорочуватись, свідченням чого буде виконання нуль-гіпотези рівності оцінок середнього часу виконання в поточній s та попередній $(s-1)$ спробі.

З урахуванням того, що статистичний аналіз первинних експериментальних результатів дозволить визначити оцінки математичного очікування (2.32) та середньоквадратичного відхилення (2.33) за кожною спробою, спочатку для кожної з них доцільно отримати довірчий (з рівнем довіри $P=0,95$) інтервал можливих значень

$$t_s = \bar{t}_s \pm 1,96 \cdot \frac{\sigma_s}{\sqrt{n_s}} \quad (22)$$

та перевірити, чи пересікаються такі інтервали для спроб, що знаходяться поруч. Якщо не пересікаються, перевірку нуль-гіпотези можна не виконувати.

Коли ж пересікаються, то перевірку доцільно почати між спробами, які були спочатку. Для цього розглядається гіпотеза

$$H_0: \bar{t}_{s-1} = \bar{t}_s \quad (23)$$

та її альтернатива

$$H_1: \bar{t}_{s-1} \neq \bar{t}_s, \quad (24)$$

яка доводить відмінність середніх значень.

Оскільки вправи послідовно виконують одні й ті ж самі рятувальники (тобто $n_{s-1}=n_s$), у випадку, що розглядається, доцільним є застосування критерію Стюдента для залежних вибірок. В цьому випадку стандартна помилка різниці розраховується [102] наступним чином

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_s} d_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{n_s} d_i)^2}{n_s}}{n_s \cdot (n_s - 1)}}, \quad (25)$$

де d_i – різниця між відповідними значеннями змінних

$$d_i = t_s - t_{s-1}. \quad (26)$$

Коефіцієнт Стюдента визначається як

$$t_{\text{набл}} = \frac{\bar{d}}{S_d}, \quad (27)$$

де $\bar{d}$ – середнє значення між відповідними значеннями змінних

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^{n_s} d_i}{n_s}. \quad (28)$$

Тоді з урахуванням того, що число ступенів свободи

$$v = n_s - 1, \quad (29)$$

можна говорити, що при рівні значимості α результати часу виконання контрольної вправи в спробах s та $(s-1)$ практично не відрізняються, якщо

$$t_{\text{набл}} < t_{\text{табл}}(\alpha; v). \quad (30)$$

Після визначення спроби, після якої час виконання операцій або процесів, які підлягають розгляду та забезпечують проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження, перестає зменшуватись, можна перейти до безпосереднього обґрунтування оперативних

технічних рекомендацій, наприклад, у вигляді нормативів для оцінювання якості того, наскільки рятувальники готові до дій в умовах можливого бойового ураження. При цьому для визначення нормативних оцінок можна використовувати вибірку результатів, яка складається з вибірок, що були отримані в спробі $(s-1)$ та в спробі s , і використовувати відповідні показники математичного очікування $\bar{t}_{(s-1)+s}$ та середньоквадратичного відхилення $\sigma_{(s-1)+s}$.

В цьому випадку у відповідності до центральної граничної теореми [103], враховуючи те, що АРР БУ вимагає від особового складу виконання конкретної послідовності різноманітних дій, які додатково ускладнюються використанням засобів бронезахисту, можна припустити, що закон розподілу часу АРР БУ буде нормальним.

Це дозволяє використовувати відомий вираз [103] для визначення імовірності улучення випадкової величини в заданий інтервал

$$p_5 = p(t \leq t_5) = \Phi\left(\frac{t_5 - \bar{t}_{(s-1)+s}}{\sigma_{(s-1)+s}}\right); \quad (31)$$

$$p_4 = p(t_4 < t \leq t_5) = \Phi\left(\frac{t_4 - \bar{t}_{(s-1)+s}}{\sigma_{(s-1)+s}}\right) - \Phi\left(\frac{t_5 - \bar{t}_{(s-1)+s}}{\sigma_{(s-1)+s}}\right) = \Phi\left(\frac{t_4 - \bar{t}_{(s-1)+s}}{\sigma_{(s-1)+s}}\right) - p_5; \quad (32)$$

$$p_3 = p(t_3 < t \leq t_4) = \Phi\left(\frac{t_3 - \bar{t}_{(s-1)+s}}{\sigma_{(s-1)+s}}\right) - \Phi\left(\frac{t_4 - \bar{t}_{(s-1)+s}}{\sigma_{(s-1)+s}}\right) = \Phi\left(\frac{t_3 - \bar{t}_{(s-1)+s}}{\sigma_{(s-1)+s}}\right) - (p_4 + p_5), \quad (33)$$

де $t_{5(4,3)}$ – значення часу бойової роботи, при досягненні якого норматив може бути оцінений на «відмінно» («добре», «задовільно»), с;

$\bar{t}_{(s-1)+s}$ – математичне очікування часу обраного варіанту АРР БУ у вибірці результатів, отриманих в $(s-1)$ -ій та s -ій спробах, с;

$\sigma_{(s-1)+s}$ – середньоквадратичне відхилення часу обраного варіанту АРР БУ у вибірці результатів, отриманих в $(s-1)$ -ій та s -ій спробах, с;

$\Phi\left(\frac{t_{5(4,3)} - \bar{t}_{(s-1)+s}}{\sigma_{(s-1)+s}}\right)$ – відповідне значення функції стандартного нормального розподілу.

З (12), (13) видно, що параметри математичного очікування $\bar{t}_{op}$ та середньоквадратичного відхилення σ_{op} можуть бути визначеними за результатами відповідних експериментальних досліджень, аналіз яких поряд з цим повинен підтвердити нормальність розподілу. В той же час застосування (12), (13) для отримання нормативних оцінок $t_{5(4,3)}$ вимагає знання й показників ймовірностей отримання відповідних оцінок $p_{5(4,3)}$.

Якщо їх представити у вигляді відповідних часток (частот) всіх можливих результатів, які попадають в інтервали $(t \leq t_5)$, $(t_4 < t \leq t_5)$, $(t_3 < t \leq t_4)$, то для їх визначення по аналогії з [129] можна використовувати середньозважені оцінки $\langle \tilde{p}_5; \tilde{p}_4; \tilde{p}_3 \rangle$, сума яких з урахуванням долі, яка приходить на незадовільну оцінку $\tilde{p}_2$, дорівнює одиниці.

Для їх визначення кожний j -ий експерт надає відповідні індивідуальні оцінки $\langle p_{5j}; p_{4j}; p_{3j} \rangle$. Це дозволяє усереднене очікуване значення $\tilde{p}_{5(4,3)}$ розглядати у вигляді середньозваженої оцінки за спостереженнями всіх n експертів

$$\tilde{p}_{5(4,3)} = \sum_{j=1}^n v_{5(4,3)j} (\tilde{p}_{5(4,3)j}) \cdot \bar{p}_{5(4,3)}, \quad (34)$$

де $v_{5(4,3)j}(\tilde{p}_{5(4,3)})$ – ваговий коефіцієнт j -го експерта при оцінці $\tilde{p}_{5(4,3)}$, який розраховується як

$$v_{5(4,3)j}(\tilde{p}_{5(4,3)}) = \frac{1}{(p_{5(4,3)j} - \bar{p}_{5(4,3)})^2 \cdot \sum_{j=1}^n \frac{1}{(p_{5(4,3)j} - \bar{p}_{5(4,3)})^2}}, \quad (35)$$

$$\text{де } \bar{p}_{5(4,3)} = \frac{\sum_{j=1}^n p_{5(4,3)j}}{n}.$$

Після того, як будуть виключені аномальні значення оцінок, що задовольняють нерівності

$$|p_{5(4,3)j} - \tilde{p}_{5(4,3)}| \geq \alpha \cdot \sigma(\tilde{p}_{5(4,3)}), \quad (36)$$

$$\text{де } \alpha = 2,5 \div 3,0; \sigma(\tilde{p}_{5(4,3)}) =$$

$$\sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n (p_{5(4,3)j} - \bar{p}_{5(4,3)})^2},$$

та, у разі необхідності, повторного розрахунку $\langle \tilde{p}_5; \tilde{p}_4; \tilde{p}_3 \rangle$, середньозважені оцінки відповідних часток (частот) можливих результатів можна використовувати для розрахунку нормативів у відповідності до (31)–(33).

З урахуванням результатів розрахунку середньозважених оцінок $\langle \tilde{p}_5; \tilde{p}_4; \tilde{p}_3 \rangle$ та знання параметрів математичного очікування $\bar{t}_s$ (1) та середньоквадратичного відхилення σ_s (2) розподілу експериментальних результатів, шукані нормативні оцінки часу обраного варіанту оперативного розгортання пожежного автомобіля в захисному спорядженні із засобами бронезахисту, використовуючи значення зворотної функції Φ^{-1} стандартного нормального розподілу, бути визначені як

$$t_5 = \bar{t}_{(s-1)+s} + \sigma_s \cdot \Phi^{-1}(\tilde{p}_5); \quad (37)$$

$$t_4 = \bar{t}_{(s-1)+s} + \sigma_s \cdot \Phi^{-1}(\tilde{p}_4 + \tilde{p}_5); \quad (38)$$

$$t_3 = \bar{t}_{(s-1)+s} + \sigma_s \cdot \Phi^{-1}(\tilde{p}_3 + \tilde{p}_4 + \tilde{p}_5). \quad (39)$$

Для використання отриманих (36)–(39) нормативних оцінок $\langle t_5; t_4; t_3 \rangle$ у якості нормативів у практичній діяльності їх треба відкоригувати з урахуванням вимог кратності і запам'ятовуваності [130].

Тобто, для обґрунтування оперативно-технічних рекомендацій можна використовувати науково-методичний апарат обґрунтування нормативів для оцінювання рівня підготовленості рятувальників, основу якого складає визначення зворотної функції стандартного нормального розподілу з урахуванням як його параметрів (математичного очікування та середньоквадратичного відхилення часу здійснення відповідного варіанту оперативної діяльності), так і оцінок ймовірності отримання відповідних оцінок у вигляді середньозважених оцінок відповідних часток (частот) всіх можливих результатів, які попадають в інтервали між (до, після) шуканими нормативними оцінками.

Обговорення результатів.

Оцінка ефективності оперативно-технічних рекомендацій, які були розроблені для підвищення ефективності проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження, полягає в перевірці того, наскільки значимо відрізняються результати діяльності рятувальників до та після їх впровадження. Це можна перевірити за критерієм Стюдента у відповідності до (17)-(21) для непов'язаних та (25)-(30) для пов'язаних вибірок. Якщо скорочення часу з обраним рівнем значимості α не можна вважати

значимим, то треба перейти до вибору нових обмежень, в першу чергу вибору спеціалізованих засобів захисту та новітнього обладнання, які є необхідними для проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження.

З урахуванням вищевикладеного керуючий алгоритм реалізації в практичній діяльності розробленої в [82] математичної моделі підвищення ефективності проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження буде мати вигляд, який наведено на рис.3.

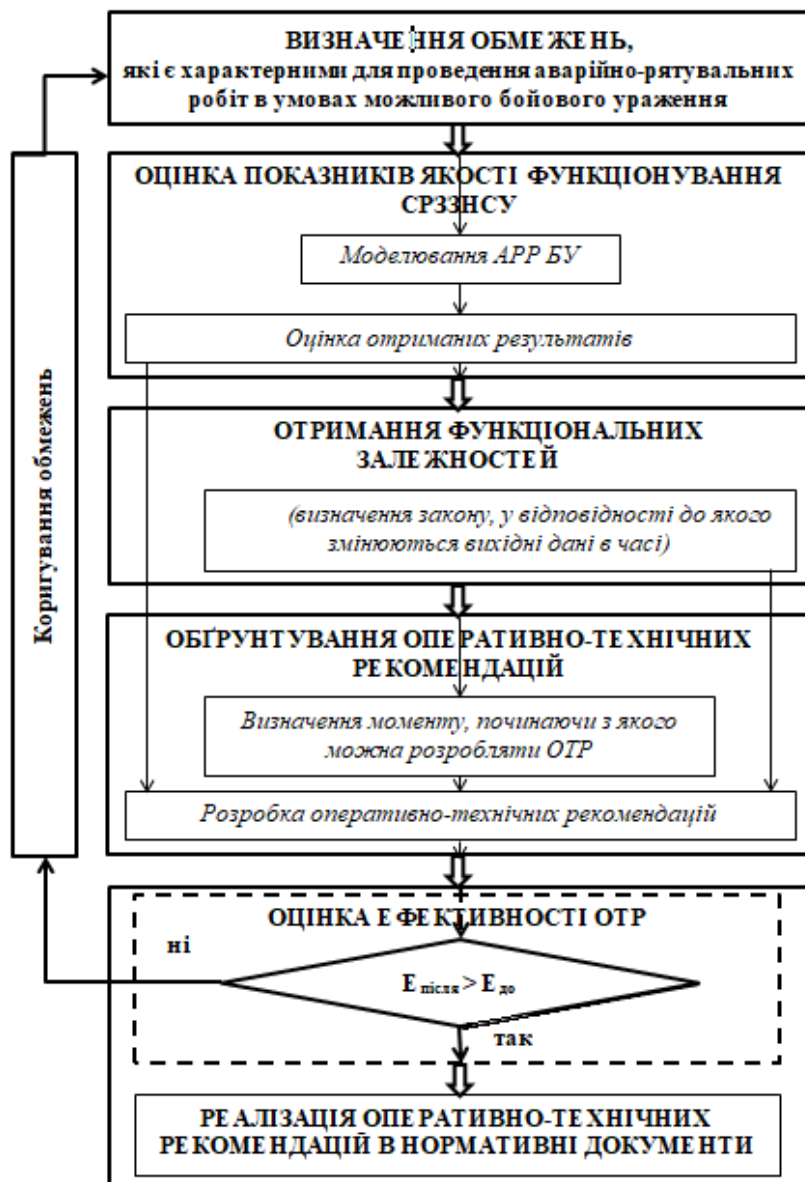


Рис. 3. Керуючий алгоритм реалізації методики підвищення ефективності проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження

Таким чином, методика підвищення ефективності проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження, основу якої складає математична модель підвищення ефективності проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження, полягає у розробці та перевірці оперативно-технічних рекомендацій у відповідності до закономірностей скорочення часу оперативної діяльності рятувальників, які отримують за результатами фізичного моделювання аварійно-рятувальних робіт, передбачає послідовне виконання п'ятих процедур, а саме: – визначення обмежень, які є характерними для проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження; – оцінка показників якості функціонування системи «рятувальник – засоби захисту та забезпечення аварійно-рятувальних робіт – надзвичайна ситуація з можливістю бойового ураження» за результатами фізичного моделювання дій особового складу; – отримання функціональних залежностей показників якості проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження від обраних для аналізу факторів; – обґрунтування оперативно-технічних рекомендацій; – вибір рекомендацій для впровадження в нормативні документи за результатами статистичних оцінок того, наскільки ефективність від їх реалізації є значимою.

Висновки.

Важливою та нерозв'язаною частиною проблеми підвищення ефективності проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження без зниження рівня безпеки рятувальників є відсутність методики підвищення ефективності проведення аварійно-рятувальних робіт рятувальниками, які одягнені в захисне спорядження, що включає засоби бронезахисту.

Обмеженням, яке є характерним для проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження, є використання особовим складом оперативно-рятувальних підрозділів ДСНС бронезилетів III рівня захисту.

Оцінку показників якості функціонування системи «рятувальник – засоби захисту та забезпечення аварійно-рятувальних робіт – надзвичайна ситуація з можливістю бойового ураження» із заданим рівнем значимості (як правило $\alpha=0,05$) доцільно здійснювати за результатами, які отримані за допомогою повірених приладів, моделювання типових процесів і операцій проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження, під час навчання та тренування рятувальників в засобах бронезахисту, як під час безпосереднього виконання типових дій (наприклад оперативних розгортань пожежно-рятувальної техніки), так і під час виконання визначених для оцінки інших дій (наприклад дій з нормованим навантаженням під час застосування стаціонарних або мобільних тренажно-моделюючих комплексів).

Наявність експериментальних результатів, а також параметрів визначеного закону їх розподілу (як правило нормального) в кожній спробі, дозволяє визначити закономірність, у відповідності до якої змінюються вихідні дані в часі.

Для обґрунтування оперативно-технічних рекомендацій можна використовувати науково-методичний апарат обґрунтування нормативів для оцінювання рівня підготовленості рятувальників, основу якого складає визначення зворотної функції стандартного нормального розподілу з урахуванням як його параметрів (математичного очікування та середньоквадратичного відхилення часу здійснення відповідного варіанту оперативної діяльності), так і оцінок ймовірності отримання відповідних оцінок у вигляді середньозважених оцінок відповідних часток (частот) всіх можливих результатів, які попадають в інтервали між (до, після) шуканими нормативними оцінками.

Методика підвищення ефективності проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження, основу якої складає математична модель підвищення ефективності проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження, полягає у розробці та перевірці оперативно-технічних

рекомендацій у відповідності до закономірностей скорочення часу оперативної діяльності рятувальників, які отримують за результатами фізичного моделювання аварійно-рятувальних робіт, передбачає послідовне виконання п'ятих процедур, а саме: – визначення обмежень, які є характерними для проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження; – оцінка показників якості функціонування системи «рятувальник – засоби захисту та забезпечення аварійно-рятувальних робіт – надзвичайна ситуація з можливістю бойового

ураження» за результатами фізичного моделювання дій особового складу; – отримання функціональних залежностей показників якості проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження від обраних для аналізу факторів; – обґрунтування оперативнотехнічних рекомендацій; – вибір рекомендацій для впровадження в нормативні документи за результатами статистичних оцінок того, наскільки ефективність від їх реалізації є значимою.

Список літератури

1. Надзвичайні події : оперативна інформація ДСНС щодо наслідків ведення бойових дій російською федерацією. URL: <https://dsns.gov.ua/uk/news/nadzvicaini-podiyi/operativna-informaciia-dsns-shhodo-naslidkiv-vedennia-boiovix-dii-rosiiskoii-federacijeu-355> (дата звернення 29.08.2024).
2. Eklund A., Karlsson S. and Gyllencreutz L. Building “common knowledge” when responding to major road tunnel incidents: an inter-organisational focus group study. *International Journal of Emergency Services*. 2023. Vol. 12, No. 2. P. 145-160. <https://doi.org/10.1108/IJES-02-2022-0006>
3. Kesler R. Thermal degradation of self-contained breathing apparatus facepiece lenses under radiant thermal loads. *Journal of Fire Sciences*. 2024;42(3):236-247. <https://doi.org/10.1177/07349041241227921>
4. Gian, C.M., Mohd Tohir, M.Z., Md Said, M.S., Tharima, A.F., Mohd Nizam Ong, N.A.F. and Ramali, M.R. (2022), "Effectiveness of travel time during evacuation in high-rise residential buildings: a case study in Selangor, Malaysia", *International Journal of Emergency Services*, Vol. 11 No. 1, pp. 114-132. <https://doi.org/10.1108/IJES-09-2020-0053>
5. Carter BJ, Cammermeyer M. Emergence of real casualties during simulated chemical warfare training under high heat conditions. *Mil Med*. 1985 Dec;150(12):657-65. PMID: 3935970.
6. Shakeriaski F, Ghodrat M. Challenges and limitation of wearable sensors used in firefighters' protective clothing. *Journal of Fire Sciences*. 2022;40(3):214-245. <https://doi.org/10.1177/07349041221079004>
7. Mokoana V, Asante J, Okonkwo J. Brominated flame-retardant composition in firefighter bunker gear and its thermal performance analysis. *Journal of Fire Sciences*. 2021;39(3):207-223. <https://doi.org/10.1177/07349041211001296>
8. John L. Hick, Craig D. Thorne (2006). Chapter 36 - Personal Protective Equipment. *Disaster*

Medicine, Mosby, 2006, Pages 246-254, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-03253-7.50043-1>

9. Smith D., DeJoy T.iM. Safety climate, safe behavior and on-the-job injuries in the fire service. *International Journal of Emergency Services*. 2014. Vol. 3, № 1. P. 49-64. <https://doi.org/10.1108/IJES-04-2013-0010>

10. Megan Grace L. A more operable definition for training and education. *International Journal of Emergency Services*. 2013. Vol. 2 No. 1. P. 21-28. <https://doi.org/10.1108/IJES-05-2012-0021>

11. Seifizadeh Goldiani, Ali Asghar, & VATANKHAH, HAMIDREZA. (2022). Comparison of Rescue Workers in the Kermanshah Earthquake and Non-rescuers in the Red Crescent Society in Terms of Self-efficacy, Quality of Work Life, and Self-confidence. *SCIENTIFIC JOURNAL OF RESCUE AND RELIEF*, 14(2), 136-142. SID. <https://sid.ir/paper/1007855/en>

12. Laura A. Frey-Law; Frank K. Urban III (2019). Optimisation-based identification of parameters in a mathematical model of muscle fatigue. *International Journal of Human Factors Modelling and Simulation (IJHFMS)*, Vol. 7, No. 1, 2019. DOI:10.1504/IJHFMS.2019.102178

13. John M. Looft; Laura A. Frey-Law (2015). Modelling three-dimensional human strength capacity: logistic vs. polynomial surface equations. *International Journal of Human Factors Modelling and Simulation (IJHFMS)*, Vol. 5, No. 1, 2015. DOI: 10.1504/IJHFMS.2015.068122

14. Jenssen O.R.N., Dillern T. Motivational regulation and physical activity in future emergency responders – staying fit, healthy and safe in a demanding occupational context. *International Journal of Emergency Services*. 2023. Vol. 12, No. 1. P. 52-65. <https://doi.org/10.1108/IJES-09-2021-0060>

15. Jenssen, O.R.N. and Dillern, T. (2023), "Motivational regulation and physical activity in future emergency responders – staying fit, healthy and safe in a demanding occupational context",

International Journal of Emergency Services, Vol. 12 No. 1, pp. 52-65. <https://doi.org/10.1108/IJES-09-2021-0060>

16. Taylor HL, Orlansky J. The effects of wearing protective chemical warfare combat clothing on human performance. *Aviat Space Environ Med.* 1993 Mar;64(3 Pt 2):A1-41. PMID: 8447813.

17. Hignett S., Hancox G. and Edmunds Otter M. Chemical, biological, radiological, nuclear and explosive (CBRNe) events: Systematic literature review of evacuation, triage and decontamination for vulnerable people. *International Journal of Emergency Services.* 2019. Vol. 8, No. 2. P. 175-190. <https://doi.org/10.1108/IJES-05-2018-0030>

18. Bromet E. J. 2011. "Lessons Learned from Radiation Disasters." *World Psychiatry* 10 (2): 83–84. <https://doi.org/10.1002/j.2051-5545.2011.tb00020.x>.

19. Gyllencreutz L., Carlsson C., Karlsson S. and Hedberg P. Preparedness for chemical, radiologic and nuclear incidents among a sample of emergency physicians' and general practitioners - a qualitative study. *International Journal of Emergency Services.* 2023. Vol. 12, No. 2. P. 161-170. <https://doi.org/10.1108/IJES-07-2022-0032>.

20. Gyllencreutz, L., Carlsson, C.-P., Karlsson, S. and Hedberg, P. (2023), "Preparedness for chemical, radiologic and nuclear incidents among a sample of emergency physicians' and general practitioners"—a qualitative study", *International Journal of Emergency Services*, Vol. 12 No. 2, pp. 161-170. <https://doi.org/10.1108/IJES-07-2022-0032>

21. Dallas, C., Klein, K., Lehman, T., Kodama, T., Harris, C. and Swieton, R. (2017), "Readiness for radiological and nuclear events among emergency medical personnel", *Public Health*, Vol. 5 No. 202, pp. 1-9, doi: 10.3389/fpubh.2017.00202

22. Hazardous waste operations and emergency response. *Occupational Safety and Health Standards* 1910. 120. URL: https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9765

23. NFPA 1500 Standard on Fire Department Occupational Safety and Health Program. 2002 Edition. URL: <http://www.fsans.ns.ca/pdf/research/nfpa1500.pdf>

24. Tochihiro Y., Lee J. Y., Son S. Y. A review of test methods for evaluating mobility of firefighters wearing personal protective equipment. *Ind Health.* 2022. 60(2). P. 106–120. doi: 10.2486/indhealth.2021-0157

25. OSHA 1910.156 Fire brigades. URL: https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9810

26. Guldsvik, M.K., Helseth, A. and Grimsby, G. (2023), "Rapid intervention vehicles' impact on fire departments' response time", *International Journal of Emergency Services*, Vol. 12 No. 1, pp. 29-37. <https://doi.org/10.1108/IJES-05-2022-0022>

27. Hylander, J., Saveman, B.-I., Björnstig, U., Gyllencreutz, L. and Westman, A. (2022), "Time-efficiency factors in road tunnel rescue as perceived by Swedish operative personnel – an interview study", *International Journal of Emergency Services*, Vol. 11 No. 2, pp. 312-324. <https://doi.org/10.1108/IJES-03-2021-0011>

28. NFPA 1033: Standard for Professional Qualifications for Fire Investigator. URL: <http://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards?mode=code&code=1033>

29. Texas City Refinery explosion. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Texas_City_Refinery_explosion

30. Lantz, E., Nilsson, B., Elmqvist, C., Fridlund, B. and Svensson, A. (2023), "Serving the community while balancing multiple responsibilities – experiences of working as a paid part-time firefighter", *International Journal of Emergency Services*, Vol. 12 No. 1, pp. 17-28. <https://doi.org/10.1108/IJES-03-2022-0018>

31. Kamrani Amiri, Meghdad, Shojel Vahid, HamiMohammad, & Hemmati Moradabadi, Jamshid. (2021). Effect of Participation in Relay Sports on the Quality of Work Life and Job Performance of Relief Workers with the Mediating Role of Professional Ethics: A Case Study of Hogam Competitions in Mazandaran Province, Iran. *SCIENTIFIC JOURNAL OF RESCUE AND RELIEF*, 13(4), 246-254. SID. <https://sid.ir/paper/1007710/en>

32. Multi-part Document BS EN 1846 - Firefighting and rescue service vehicles. URL: <https://doi.org/10.3403/BSEN1846>

33. Fire Service in Japan. Режим доступу: http://www.kaigai-shobo.jp/pdf/Fire_Service_jpn.pdf

34. Morris C., Chander H. The Impact of Firefighter Physical Fitness on Job Performance. A Review of the Factors That Influence Fire Suppression Safety and Success. *Safety.* 2018. Vol. 4(60). P. 4–11. doi: 10.3390/safety4040060

35. Ephraim Suhir (2019). Short note - assessment of the required human capacity factor using flight simulator as an appropriate accelerated test vehicle. *International Journal of Human Factors Modelling and Simulation (IJHFMS)*, Vol. 7, No. 1, 2019. DOI: 10.1504/IJHFMS.2019.102154

36. Röseler, S., Hilbert, M., Hertel, G. et al. Getting the Most Out of Every Training Day: The Influence of Instructors on Self-Regulated Learning During Firefighter Leadership Courses. *Int J Disaster Risk Sci* 15, 332–345 (2024). <https://doi.org/10.1007/s13753-024-00560-y>

37. Skinner T., Kelly V., Boytar A., Peeters G., Rynne S. Aviation Rescue Firefighters physical fitness and predictors of task performance. *J Sci Med Sport.* 2020. Vol. 23(12). P. 1228–1233. doi: 10.1016/j.jsams.2020.05.013.

38. Stevenson R., Siddall A., Turner P., Bilzon J. Implementation of Physical Employment Standards for Physically Demanding Occupations. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2020. Vol. 62(8). P. 647–653. doi: 10.1097/JOM.0000000000001921.
39. Gumieniak R., Shaw J., Gledhill N., Jamnik V. Physical employment standard for Canadian wildland fire fighters; identifying and characterising critical initial attack response tasks. *Ergonomics*. (2018). Vol. 61/10. P. 1299–1310. doi: 10.1080/00140139.2018.1464211
40. OSHA 1910.132. Personal Protective Equipment. General requirements. URL: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.132>
41. OSHA 1910.133. Personal Protective Equipment. Eye and face protection. URL: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.133>
42. OSHA 1910.134. Personal Protective Equipment. Respiratory protection. URL: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.134>
43. OSHA 1910.135. Personal Protective Equipment. Head protection. URL: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.135>
44. OSHA 1910.136. Personal Protective Equipment. Foot protection. URL: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.136>
45. BME Fire Trucks. URL: <https://www.bmefire.com/>
46. Оцініть найдивовижніші пожежні машини в світі. URL: <https://ukrautoprom.com.ua/oczninit-najdyvovyzhnishi-pozhezhni-mashyny-v-sviti>
47. Rosenbauer Tigon. URL: <https://www.rosenbauer.com/en/int/rosenbauer-world/vehicles/industrial-vehicles/tigon>
48. A Firefighter's Dream! Meet Big Wind, a Tank With Jet Engines That's a Fire Truck. URL: <https://www.autoevolution.com/news/a-firefighter-s-dream-meet-big-wind-a-tank-with-jet-engines-that-s-a-fire-truck-185011.html>
49. ГПМ-54. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%9F%D0%9C-54>
50. Пожежу на складі боєприпасів у Балаклії загасили. URL: https://lb.ua/society/2017/03/24/362148_pozhar_sklade_boepripasov.html
51. Пожарная машина высокой проходимости ГПМ-54-01. URL: http://armor.kiev.ua/Tanks/Modern/konversia/gpm54/gpm54_01.php
52. Львівський бронетанковий завод передав для потреб армії чотири одиниці гусеничних броньованих пожежних машин ГПМ-54. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3002588-lvivskij-bronetankovij-peredav-zsu-cergovu-partiu-pozeznih-tankiv.html>
53. ПОЖЕЖНИЙ ВСЮДИХІД ВПЛ-149 (ГТ-СМ). URL: <https://bestmodels.ua/ua/catalog/grazhdanskaja-tehnika/avtomobili/avtomobili-1-43/pozharnyi-vezdehod-vpl-149-gt-sm.htm>
54. Пожежний танк. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%B6%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BA
55. КрАЗ-ІІІрек. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D0%90%D0%97-%D0%A8%D1%80%D0%B5%D0%BA>
56. Наказ МВС України від 12.06.2023 № 480 «Про затвердження змін до Порядку організації службової підготовки осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту».
57. ДСТУ 8782:2018 Засоби індивідуального захисту. Бронезилети. Класифікація. Загальні технічні умови. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0216774-18#Text>
58. Andronov V.A., Strelets V.M. Operational and technical method of reducing the time of localization by the fire and rescue unit of an emergency situation of an environmental nature with the release of a dangerous chemical substance. *Journal Technogenic and ecological safety*. 2017. Vol-1. P. 8-14.
59. Скоробагатько Т., Єременко С., Пруський А., Савельєв І. Стрілець В., & Сидоренко В. Порівняльний аналіз діяльності газодимозахисників різних вікових груп. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. 2023. № 1(15). С 41–55. [https://doi.org/10.33269/nvcz.2023.1\(15\).41-55](https://doi.org/10.33269/nvcz.2023.1(15).41-55).
60. Solovyov I.I., Stetsyuk E.I., Strelets V.M. Patterns of air consumption during underwater demining of water areas. *Problems of emergency situations*. 2020. P. 132-144. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4400181>.
61. Strelets V.M., Stetsyuk E.I., Shepelev I.V. Statistical method of substantiating standards for assessing the level of preparedness of pyrotechnicians (on the example of wearing personal protective equipment of a sapper). *Military technical collection*. 2018. Issue 19. 2018. P. 85-93. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.19.2018>.
62. Lyovin D., Strelets V., Shevchenko R., Loboichenko V., Divizinyuk M., Strelets V. and Pruskyi A. A dataset on the features of the elimination of explosive objects using a dome-shaped protective device with a load. *Data in Brief*. 2023. Volume 50, October 2023, 109602.

<https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.109602>.

63. Gibson, T.D. and Scott, N. (2019), "Views from the Frontline and Frontline methodology: critical reflection on theory and practice", *Disaster Prevention and Management*, Vol. 28 No. 1, pp. 6-19. <https://doi.org/10.1108/DPM-07-2018-0214>

64. Garnier, E. (2019), "Lessons learned from the past for a better resilience to contemporary risks", *Disaster Prevention and Management*, Vol. 28 No. 6, pp. 786-803. <https://doi.org/10.1108/DPM-09-2019-0303>

65. Olasunkanmi Habeeb Okunola (2019), "Spatial analysis of disaster statistics in selected cities of Nigeria", *International Journal of Emergency Management*, 2019 Vol.15 No.4, pp.299 – 315. <https://doi.org/10.1504/IJEM.2019.104195>

66. Ralf Josef Johanna Beerens (2019), "Does the means achieve an end? A document analysis providing an overview of emergency and crisis management evaluation practice in the Netherlands", *International Journal of Emergency Management*, 2019 Vol.15 No.3, pp.221 – 254. <https://doi.org/10.1504/IJEM.2019.102310>

67. Kayvan Yousefi Mojir; Sofie Pilemalm (2016), "Actor-centred emergency response systems: a framework for needs analysis and information systems development", *International Journal of Emergency Management (IJEM)*, Vol. 12, No. 4, 2016, pp.435 – 456. <https://doi.org/10.1504/IJEM.2016.079844>

68. Willem Treurniet; Kees Boersma; Peter Groenewegen (2019), "Configuring emergency response networks", *International Journal of Emergency Management*, 2019 Vol.15 No.4, pp.316 – 333. <https://doi.org/10.1504/IJEM.2019.104200>

69. David E. Verbitsky (2018), "Quantitative analysis and assessment of intrinsic and extrinsic factors in human-in-the-loop incidents and prevalent early failures", *International Journal of Human Factors Modelling and Simulation*, 2018, 6:2-3, 228-248. <https://doi.org/10.1504/IJHFMS.2018.093208>

70. David Sjoberg and Miguel Inzunza (2022), "Improving emergency preparedness with a live collaboration exercise model for first responders", *International Journal of Emergency Management*, 2022, 17:3-4, 195-216. <https://doi.org/10.1504/IJEM.2022.125152>

71. Marjan Malešič (2021), "Institutional and emergent improvisation in response to disasters in Slovenia", *International Journal of Emergency Management*, 2021, 17:2, 138-153. <https://doi.org/10.1504/IJEM.2021.122932>

72. Akhilesh Barve, Ram Naresh Prasad, and Devendra K. Yadav (2020), "Investigating causal relationship of disaster risk reduction activities in the Indian context", *International Journal of Emergency Management*, 2020, 16:1, 1-21. <https://doi.org/10.1504/IJEM.2020.110105>

73. Liane Okdinawati, Made Irma

Dwiputranti, and Raden Adriyani Oktora (2019), "The role and multi parties interaction and coordination mechanism on disaster management", *International Journal of Emergency Management*, 2019, 15:2, 187-204. <https://doi.org/10.1504/IJEM.2019.099380>

74. Стрелец В. М. Многофакторная оценка пожарно-спасательных работ на станциях метрополитена. Проблемы пожарной безопасности. 2004. №15. С. 208 -214.

75. Васильев М. В., Стрелец В. М., Тригуб В. В. Анализ многофакторной модели функционирования системы "спасатель - средства защиты и ликвидации аварии - чрезвычайная ситуация с выбросом опасного химического вещества". Проблемы надзвичайних ситуацій. 2013. № 18. С.22-33. URL: https://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol18/Pns_2013_18_6.pdf

76. Соловйов І. І., Стрілець В. М., Льовін Д. А. Багатофакторна модель підйому водозахисно-спасером вибухонебезпечного предмету. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2021. № 34. С. 272-294 doi:10.52363/2524-0226-2021-34-20

77. Льовін Д.А., Савельєв І.В., Стрілець В.М. Формування комплексу цілей імітаційної оцінки системи «рятувальник – засоби захисту та забезпечення аварійно-рятувальних робіт – надзвичайна ситуація». Комунальне господарство міст. 2022. № 6(173). <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2022-6-173-148-153>

78. Стрілець В., Скоробогатько Т., Пруський А., Маловик І. Обґрунтування нормативів для оцінювання рівня підготовленості рятувальників до одягання захисного спорядження в комплекті із засобами бронезахисту. // Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація, 2024, випуск 1 (8). С.101-112. DOI: <https://doi.org/10.31731/2524.2636.2024.8.1.101.112>

79. Белюченко Д. Ю., Стрілець В. М., Луценко Т. О., Корчагін П. О., Маловик І. В., Ребров О. В. Обґрунтування нормативів для оцінювання оперативних розгортань в засобах бронезахисту. // Проблеми надзвичайних ситуацій, 2023, випуск 2 (38). – С.25-39. DOI: <https://doi.org/10.52363/2524-0226-2024-39-2>

80. Скоробогатько Т.М., Пруський А.В.І, Маловик І.В., Прокоф'єв М.І., Якіменко М.Л., Серета Д.В. Особливості діяльності газодимозахисників в умовах можливого бойового ураження.// Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. 2024. № 1(17). – С. 15-28. DOI: <https://doi.org/10.33269/nvcz.2024.1.15-28>

81. Степанчук С.О., Стрілець В.М., Макаров Є.О., Стрілець В.В. Порівняльний кількісний аналіз особливостей гуманітарного

розмінування в радіаційно-забрудненій місцевості. // Проблеми надзвичайних ситуацій, 2023, випуск 2 (38). – С.208-223. DOI: <https://doi.org/10.52363/2524-0226-2023-38-14>

82. Маловик І. Розробка математичної моделі підвищення ефективності проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження. / І. Маловик, В. Стрілець, С. Степанчук, В. Стрілець, А. Хижняк, О. Вальченко // Social Development and Security. – 2024. - № 15 (4). – С. 175-190. DOI: 10.33445/sds.2024.14.5.18

83. Наказ МНС України від 15.10.2008 №741 Методичні рекомендації «Порядок виконання нормативів радіаційного та хімічного захисту особовим складом органів управління та підрозділів МНС»

84. Evans, Roly and Perkins, Dan (2022) "New Conventional EOD and IEDD Competency Standards for Mine Action: Notes on T&EP 0930, 0931, and IMAS 0930," The Journal of Conventional Weapons Destruction: Vol. 25 : Iss. 3 , Article 11. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol25/iss3/11>

85. Dierdra K Bycura. Training Implications for Firefighters through objective Measurement of the Physiological Demands of Firefighter Job Tasks. Am J Biomed Sci & Res. 2019 - 3(5). AJBSR.MS.ID.000715. DOI:10.34297/AJBSR.2019.03.00. Available at: <https://biomedgrid.com/pdf/AJBSR.MS.ID.000715.pdf>

86. Hazardous waste operations and emergency response. Occupational Safety and Health Standards 1910.120. Available at: https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9765

87. NFPA 1500 Standard on Fire Department Occupational Safety and Health Program. 2002 Edition. Available at: <http://www.fsans.ns.ca/pdf/research/nfpa1500.pdf>

88. NFPA 1033: Standard for Professional Qualifications for Fire Investigator. Available at: <http://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards?mode=code&code=1033>

89. Toan, Dang Quang (2015) "Train-the-Trainer Trauma Care Program in Vietnam," Journal of Conventional Weapons Destruction: Vol. 19 : Iss. 1 , Article 9. – Available at: <http://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol19/iss1/9>

90. Іванець Г. В. Індивідуальний захист саперів від дії осколків і куль / Г. В. Іванець, Є. І. Стецюк, М. Г. Іванець // Системи озброєння і військова техніка. — 2014. — № 4. — С. 21-24.

91. Smith, Andy (2017) "An APT Demining Machine," Journal of Conventional Weapons Destruction: Vol. 21: Iss. 2, Article 15. Available at: <http://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss2/15>

92. Villano JS, Follo JM, Chappell MG, Collins MT Jr. Personal Protective Equipment in Animal Research. Comp Med. 2017 Jun 1;67(3):203-214. PMID: 28662749; PMCID: PMC5482512. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5482512/pdf/cm2017000203.pdf>

93. Стрілець, В., Грицаєнко, М., Соловійов, І., & Камишенцев, Г. (2023). Багатофакторна модель підводного підриву вибухонебезпечного предмету водолазами-саперами ДСНС України. Social Development and Security, 13(2), 137-150. Available at: <https://doi.org/10.33445/sds.2023.13.2.12>

94. Стрілець В. Закономірності діяльності рятувальників при проведенні аварійно-рятувальних робіт на станціях метрополітену / Стрілець В., Росоха С., Бородич П. – Харків: НУЦЗУ, КП «Міська друкарня», 2012. – 112 с.

95. Eivazy, H., Malek, M.R. Simulation of natural disasters and managing rescue operations via geospatial crowdsourcing services in tensor space. Arab J Geosci 13, 604 (2020). Available at: <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05402-x>

96. Мунипов В. М. Ергономика./В. М. Мунипов, В. П. Зинченко. – Логос, 2011. – 356 с.

97. Frozini B.V. On the distribution and power of good-ness-of-fit statistic with parametric applications, "Goodness-of-fit" /Ed. by Revesz P., Sarkadi K, Sen P.K. – Amsterdam-Oxford-New York: North Holland Publ. Comp, 1987, P.123-154.

98. Стрілець, В., Маловик, І., Присяжнюк, В., Степанчук, С., Стрілець, В., & Ребров, О. (2024). Методика визначення параметрів тренувальної спроби для оцінювання контрольної вправи. Social Development and Security, 14(3), 219-237. <https://doi.org/10.33445/sds.2024.14.3.15>

99. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений – Главная редакция физ.-мат. литературы издательства "Наука", 1971. - 576 с.

100. Халафян А.А. STATISTICA 6 Статистический анализ данных / А.А. Халафян. – 000 «Бином-Пресс», 2007. - 512 с.

101. Горкавий В. К. Статистика : навч. посібник / В. К. Горкавий. Київ : Алерта, 2012. 608 с.

102. Ромакин В. В. Комп'ютерний аналіз даних: Навчальний посібник. — Миколаїв: Вид-во МДГУ ім. Петра Могили, 2006. — 144 с.

103. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. Наука, 1962. 564 с.

References

1. Ukrinform. (2023). More than 95 % of the territory of the exclusion zone of the Chernobyl Nuclear Power Plant can be replaced. Ukrinform - current news of Ukraine and the world. Available at: <https://www.ukrinform.ua/rubric-society/3701184->

ponad-95-teritorii-zoni-vidcuzenna-caes-moze-buti-zaminovano.html

2. Khotyn, R. (2023). Insure yourself against the «second Chernobyl» and «monkeys with grenades». What should be known about the «terrorist attack» at the Zaporizhzhia NPP?. Radio Svoboda. Available at: <https://www.radiosvoboda.org/a/ukrayina-zaporizka-aes-rosiya-yadernyy-terakt-shcho-treba-znaty/32472691.html>

3. M Gudkova, S. (2023). The threat of using tactical nuclear weapons: will Putin decide to strike.RFI. Available at: <https://goo.su/Matc>

4. Law of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine on the approval of the Methodological recommendations regarding the work regimes of the personnel of the operative and rescue service of the civil protection units in the means of personal protection in the areas of chemical and radioactive contamination №551. (2009, August 7)

5. Evans, Roly and Perkins, Dan (2022) "New Conventional EOD and IEDD Competency Standards for Mine Action: Notes on T&EP 0930, 0931, and IMAS 0930," The Journal of Conventional Weapons Destruction: Vol. 25 : Iss. 3 , Article 11. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol25/iss3/11>

6. Mathewson, Andro. "Open-Source Research and Mapping of Explosive Ordnance Contamination in Ukraine," The Journal of Conventional Weapons Destruction. 2022: Vol. 26 : Iss. 1 , Article 3. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol26/iss1/3>

7. Cottrell, Linsey; Darbyshire, PhD, Eoghan; and Holme Obrestad, Kristin "Explosive Weapons Use and the Environmental Consequences: Mapping Environmental Incidents in Ukraine," The Journal of Conventional Weapons Destruction. 2022, Vol. 26 : Iss. 1 , Article 4. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol26/iss1/4>

8. Chrystie, Emily. "Environmental Mainstreaming in Mine Action: A Case Study of Moving Beyond "Do No Harm"," The Journal of Conventional Weapons Destruction. 2022, Vol. 27 : Iss. 2 , Article 5.

9. n/a, Anonymous. "Developing National Landmine Clearance Capacity in Ukraine," The Journal of Conventional Weapons Destruction. 2021, Vol. 25 : Iss. 1 , Article 9. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol25/iss1/9>

10. Mori K. Occupational health in disasters: Valuable knowledge gained from experience with the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. Journal of Occupational Health. 2019. T. 61, № 6. C. 429–430. <https://doi.org/10.1002/1348-9585.12084>

11. Hignett, S., Hancox, G. and Edmunds Otter, M., "Chemical, biological, radiological, nuclear and explosive (CBRNe) events: Systematic literature

review of evacuation, triage and decontamination for vulnerable people", International Journal of Emergency Services, 2019, Vol. 8 No. 2, pp. 175-190. doi:10.1017/dmp.2023.148

12. Long, F., Bateman, G. and Majumdar, A., "The impact of fire and rescue service first responders on participant behaviour during chemical, biological, radiological and nuclear (CBRN)/Hazmat incidents", International Journal of Emergency Services, 2020, Vol. 9 No. 3, pp. 283-298. DOI: 10.1108/IJES-06-2019-0027 <https://doi.org/10.1108/IJES-06-2019-0027>

13. Gyllencreutz, L., Carlsson, C.-P., Karlsson, S. and Hedberg, P., "Preparedness for chemical, radiologic and nuclear incidents among a sample of emergency physicians' and general practitioners—a qualitative study", International Journal of Emergency Services, 2023, Vol. 12 No. 2, pp. 161-170. <https://doi.org/10.1108/IJES-07-2022-0032>

14. Stepanchuk S., Strelets V., Makarov Y., Strelets V., (2023). Comparative analysis of the regulations of humanitarian demining in a radiation-contaminated area. Scientific Journal "Problems of Emergency Situations", 38, 208-223. [in Ukrainian].

15. Strelets V., Stetsyuk E., Ivanov E., Shepelev I., (2017). Method of justifying recommendations to the personnel of pyrotechnic units based on the results of simulation of their activities. Scientific Journal "Problems of Emergency Situations", 26, 132-142. [in Ukrainian].

16. Soloviov I., Stetsyuk E., Strelets V., (2020). Regularities of air consumption during underwater demining of water areas. Scientific Journal "Problems of Emergency Situations", 32, 132-144. [in Ukrainian].

17. Lyovin, D., Strelets, V., Shevchenko, R., Loboichenko, V., Divizynuk, M., Strelets, V., & Pruskyi, A. (2023). A dataset on the features of the elimination of explosive objects using a dome-shaped protective device with a load. Data in brief, 50, 109602. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.109602>

18. Law of Ukraine. (2008). «On the approval of the Radiation Safety Rules when carrying out work in the exclusion zone and the zone of unconditional (mandatory) resettlement», 179/276. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0754-08#Text>

19. NFPA 1033: Standard for Professional Qualifications for Fire Investigator. URL: <http://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards?mode=code&code=1033>

20. Wikipedia contributors. (2024, March 30). Texas City refinery explosion. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 06:56, April 9, 2024, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Texas_City_refinery_explosion&oldid=1216382594

21. OSHA 1910.156 Fire brigades. URL: https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadispl.show_d

ocument?p_table=STANDARDS&p_id=9810

22. Alps, B. J., Devoy, P. W., & Waterfall, J. F. (1976). The evaluation of the novel pressor activity of gamma-piperidinobutyramide (WY 20051, DF480). *British journal of pharmacology*, 56(2), 179–186. <https://doi.org/10.1111/j.1476-5381.1976.tb07440.x>

23. Gumieniak, R. J., Shaw, J., Gledhill, N., & Jamnik, V. K. (2018). Physical employment standard for Canadian wildland fire fighters; identifying and characterising critical initial attack response tasks. *Ergonomics*, 61(10), 1299–1310. <https://doi.org/10.1080/00140139.2018.1464211>

24. Strelec V., Stecuk, E., Shepelev, I. (2018). The statistical method of justifying the standards for assessing the level of preparedness of pyrotechnics (on the example of dressing the sapper's personal protective equipment). *Military Technical Collection*, (19), 85–93. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.19.2018.85-93>

25. Strelec V., Vasil`ev M., Trigub V.(2014). Development of standards for assessing preparedness rescuers to work together PPE. *Scientific Journal “Problems of Emergency Situations”*, 20, 124-131. [in Ukrainian].

26. Statistical data processing. Criteria for deviation from normal distribution (1997). DSTU ISO 5479:2009 from 01 July 2001. Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].

27. Frozini B. (1987). On the distribution and power of good-ness-of-fit statistic with parametric applications, “Goodness-of-fit” /Ed. by Revesz P., Sarkadi K, Sen P.K. – Amsterdam-Oxford-New York: North Holland Publ. Comp, 123-154.

28. Harkavyi V. (2012). *Statistics*. Alerta. [in Ukrainian].

29. Romakin V. (2006). *Kompiuternyi analiz danykh*. Mykolaiv: MDHU im. Petra Mohyly [in Ukrainian].

30. Venttsel, E. (1962). *Teoriya veroyatnostey* [Probability theory]. Nauka.

31. Soloviov I., Strelets V., Bliashenko O., Servatiuk V., Pruskyi A. (2022). Methodology for substantiating operational and technical recommendations on reducing the time of underwater demining by divers-sappers of the state emergency service of Ukraine. *Scientific Bulletin: Civil Protection and Fire Safety*, (2(14), 108–121. [https://doi.org/10.33269/nvcz.2022.2\(14\).108-121](https://doi.org/10.33269/nvcz.2022.2(14).108-121)

32. Kovalev, P. A., Strelets, V.M., Neredkov, R. A. (2006). Features of justification of comprehensive standards for practical lessons. *Scientific Journal “Problems of Emergency Situations”*, 4, 129-133. [in Ukrainian].

33. Fire Service in Japan. http://www.kaigai-shobo.jp/pdf/Fire_Service_jpn.pdf

34. Morris, Cody E., and Harish Chander. 2018. "The Impact of Firefighter Physical Fitness on Job Performance: A Review of the Factors That Influence Fire Suppression Safety and Success" *Safety* 4, no. 4:

60. <https://doi.org/10.3390/safety4040060>

35. Ephraim Suhir (2019). Short note - assessment of the required human capacity factor using flight simulator as an appropriate accelerated test vehicle. *International Journal of Human Factors Modelling and Simulation (IJHFMS)*, Vol. 7, No. 1, 2019. DOI: 10.1504/IJHFMS.2019.102154

36. Röseler, S., Hilbert, M., Hertel, G. et al. Getting the Most Out of Every Training Day: The Influence of Instructors on Self-Regulated Learning During Firefighter Leadership Courses. *Int J Disaster Risk Sci* 15, 332–345 (2024). <https://doi.org/10.1007/s13753-024-00560-y>

37. Skinner T., Kelly V., Boytar A., Peeters G., Rynne S. (2020). Aviation Rescue Firefighters physical fitness and predictors of task performance. *J Sci Med Sport*. Vol. 23(12). P. 1228–1233. doi: 10.1016/j.jsams.2020.05.013.

38. Stevenson R., Siddall A., Turner P., Bilzon J. Implementation of Physical Employment Standards for Physically Demanding Occupations. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2020. Vol. 62(8). P. 647–653. doi: 10.1097/JOM.0000000000001921.

39. Gumieniak R., Shaw J., Gledhill N., Jamnik V. (2018) Physical employment standard for Canadian wildland fire fighters; identifying and characterising critical initial attack response tasks. *Ergonomics*. Vol. 61/10. P. 1299–1310. doi: 10.1080/00140139.2018.1464211

40. OSHA 1910.132. Personal Protective Equipment. General requirements. URL: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.132>

41. OSHA 1910.133. Personal Protective Equipment. Eye and face protection. URL: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.133>

42. OSHA 1910.134. Personal Protective Equipment. Respiratory protection. URL: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.134>

43. OSHA 1910.135. Personal Protective Equipment. Head protection. URL: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.135>

44. OSHA 1910.136. Personal Protective Equipment. Foot protection. URL: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.136>

45. Fire Trucks. Retrieved August 24, 2024, from <https://www.bmefire.com/>

46. Ukrauprom (2020, November 10). «Rate the most amazing fire trucks in the world» URL: <https://ukrauprom.com.ua/ocznit-najdyvovyzhnishi-pozhezhni-mashyny-v-sviti>

47. Rosenbauer. «TIGON/ Radical Perfection» Retrieved August 24, 2024, from URL: <https://www.rosenbauer.com/en/int/rosenbauer->

world/vehicles/industrial-vehicles/tigon

48. Autoevolution. «A Firefighter's Dream! Meet Big Wind, a Tank With Jet Engines That's a Fire Truck» Retrieved August 24, 2024, from URL: <https://www.autoevolution.com/news/a-firefighter-s-dream-meet-big-wind-a-tank-with-jet-engines-that-s-a-fire-truck-185011.html>

49. Wikipedia. «GPM-54» Retrieved August 24, 2024, from URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%9F%D0%9C-54>

50. Lb.ua. «The fire at the ammunition warehouse in Balaklia was completely extinguished» Retrieved August 24, 2024, from URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%9F%D0%9C-54>

51. Armor.kiev.ua. «High cross-country fire truck GPM-54-01» Retrieved August 24, 2024, from URL: http://armor.kiev.ua/Tanks/Modern/konversia/gpm54/gpm54_01.php

52. Ukrinform. «The Lviv Armored Plant handed over four units of GPM-54 tracked armored fire trucks for the needs of the army» Retrieved August 24, 2024, from URL: https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3002588-lvivskij-bronetankovij-peredav-zsu-cergovu-partiu-pozeznih-tankiv.html#google_vignette

53. Bestmodels. «VPL-149 FIRE TRUCK» Retrieved August 24, 2024, from URL: https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3002588-lvivskij-bronetankovij-peredav-zsu-cergovu-partiu-pozeznih-tankiv.html#google_vignette

54. Wikipedia. «Fire tank». Retrieved August 24, 2024, from URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%B6%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BA

55. Wikipedia. «KrAZ-Shrek». Retrieved August 24, 2024, from URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D0%90%D0%97-%D0%A8%D1%80%D0%B5%D0%BA>

56. On the approval of changes to the Procedure for the Organization of Service Training of Private and Executive Staff of the Civil Protection Service №480 (2023, June 12). Vidomosti Verkhovnoyi Rady [in Ukrainian].

57. Personal protective equipment. Body armor. Classification. General technical conditions. (2018). DSTU 8782:2018 from 17th June 2018. Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].

58. Andronov V.A., Strelets V.M. (2017). Operational and technical method of reducing the time of localization by the fire and rescue unit of an emergency situation of an environmental nature with the release of a dangerous chemical substance. Journal Technogenic and ecological safety, 1, 8-14. [in Ukrainian].

59. Skorobahatko, T., Yeremenko, S., Pruskyi, A., Saveliev, I., Стрілець, B., & Sydorenko, V. (2023). Comparative analysis of the activity of gas and smoke detectors of different age groups. Naukovyi visnyk: Tsyvilnyi zakhyst ta pozhezhna bezpeka, 1(15), 41-55 [in Ukrainian].

60. Solovyov I.I., Stetsyuk E.I., Strelets V.M. (2020). Patterns of air consumption during underwater demining of water areas. Problems of emergency situations, 132-144. DOI: 10.5281/zenodo.4400181. [in Ukrainian].

61. Strelets V.M., Stetsyuk E.I., Shepelev I.V. (2018). Statistical method of substantiating standards for assessing the level of preparedness of pyrotechnicians (on the example of wearing personal protective equipment of a sapper). Military technical collection, 19, 85-93. DOI: 10.33577/2312-4458.19.2018. [in Ukrainian].

62. Lyovin D., Strelets V., Shevchenko R., Loboichenko V., Divizynyuk M., Strelets V. and Pruskyi A. (2023). A dataset on the features of the elimination of explosive objects using a dome-shaped protective device with a load. Data in Brief, 50, <https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.109602> [in Ukrainian].

63. Gibson, T.D. and Scott, N. (2019). Views from the Frontline and Frontline methodology: critical reflection on theory and practice, Disaster Prevention and Management, 28(1), 6-19. <https://doi.org/10.1108/DPM-07-2018-0214>

64. Garnier, E. (2019). Lessons learned from the past for a better resilience to contemporary risks, Disaster Prevention and Management, 28 (6), 786-803. <https://doi.org/10.1108/DPM-09-2019-0303>

65. Olasunkanmi Habeeb Okunola (2019). Spatial analysis of disaster statistics in selected cities of Nigeria. International Journal of Emergency Management, 15(4), 299 – 315. <https://doi.org/10.1504/IJEM.2019.104195>

66. Ralf Josef Johanna Beerens (2019). Does the means achieve an end? A document analysis providing an overview of emergency and crisis management evaluation practice in the Netherlands. International Journal of Emergency Management, 15 (3), 221 – 254. <https://doi.org/10.1504/IJEM.2019.102310>

67. Kayvan Yousefi Mojir; Sofie Pilemalm (2016). Actor-centred emergency response systems: a framework for needs analysis and information systems development. International Journal of Emergency Management (IJEM), 12 (4), pp.435 – 456. <https://doi.org/10.1504/IJEM.2016.079844>

68. Willem Treurniet; Kees Boersma; Peter Groenewegen (2019). Configuring emergency response networks. International Journal of Emergency Management, 15 (4), 316 – 333. <https://doi.org/10.1504/IJEM.2019.104200>

69. David E. Verbitsky (2018). Quantitative analysis and assessment of intrinsic and extrinsic

factors in human-in-the-loop incidents and prevalent early failures. *International Journal of Human Factors Modelling and Simulation*, 6 (2-3), 228-248. <https://doi.org/10.1504/IJHFMS.2018.093208>

70. David Sjoberg and Miguel Inzunza (2022). Improving emergency preparedness with a live collaboration exercise model for first responders. *International Journal of Emergency Management*, 17 (3-4), 195-216. <https://doi.org/10.1504/IJEM.2022.125152>

71. Marjan Malešič (2021). Institutional and emergent improvisation in response to disasters in Slovenia. *International Journal of Emergency Management*, 17(2), 138-153. <https://doi.org/10.1504/IJEM.2021.122932>

72. Akhilesh Barve, Ram Naresh Prasad, and Devendra K. Yadav (2020). Investigating causal relationship of disaster risk reduction activities in the Indian context. *International Journal of Emergency Management*, 16 (1), 1-21. <https://doi.org/10.1504/IJEM.2020.110105>

73. Liane Okdinawati, Made Irma Dwiputranti, and Raden Adriyani Oktora (2019). The role and multi parties interaction and coordination mechanism on disaster management. *International Journal of Emergency Management*, 15(2), 187-204. <https://doi.org/10.1504/IJEM.2019.099380>

74. Strelets, V. (2004). Multifactorial assessment of fire and rescue operations at metro stations. *Fire safety issues*, 15, 208-214. [in Ukrainian].

75. Vasiliev, M.V., Strelets, V.M., Tryhub, V.V. (2013). Analysis of a multifactorial model of the functioning of the system "rescuer - means of protection and liquidation of an accident - emergency situation with the release of a hazardous chemical substance. *Problemy nadzvychainykh sytuatsii*, 18, 22-33. [in Ukrainian].

76. Soloviov, I. I., Strilets, V. M., Lovin, D. A. (2021). A multifactorial model of lifting an explosive object by a diver-sapper. *Problemy nadzvychainykh sytuatsii*, 34, 272-294. doi:10.52363/2524-0226-2021-34-20 [in Ukrainian].

77. Lovin, D.A., Saveliev, I.V., Strilets, V.M. (2022). Formation of a set of goals for the simulation evaluation of the "rescuer - means of protection and provision of emergency and rescue operations - emergency situation. *Komunalne hospodarstvo mist*, 6(173). <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2022-6-173-148-153> [in Ukrainian].

78. Strilets, V., Skorobohatko, T., Pruskyi, A., Malovyk, I. (2024). Justification of standards for assessing the level of readiness of rescuers to wear protective equipment complete with body armor. *Nadzvychaini sytuatsii: poperedzhennia ta likvidatsiia*, 1(8), 101-112. <https://doi.org/10.31731/2524.2636.2024.8.1.101.112> [in Ukrainian].

79. Beliuchenko, D. Yu., Strilets V. M.,

Lutsenko T. O., & Rebrov O. V. (2023). Justification of standards for evaluating operational deployments in means of armor protection. *Nadzvychaini sytuatsii: poperedzhennia ta likvidatsiia*, 2(38), 25-39. DOI: <https://doi.org/10.52363/2524-0226-2024-39-2> [in Ukrainian].

80. Skorobahatko T.M., Pruskyi A.V.1, Malovyk I.V., & Sereda D.V. (2024). Peculiarities of the activity of gas and smoke detectors in the conditions of a possible combat damage. *Naukovyi visnyk: Tsyvilnyi zakhyst ta pozhezhna bezpeka*, 1(17), 15-28. DOI: <https://doi.org/10.33269/nvcz.2024.1.15-28> [in Ukrainian].

81. Stepanchuk S., Strelets V., Makarov Y., Strelets V., (2023). Comparative analysis of the regulations of humanitarian demining in a radiation-contaminated area. *Scientific Journal "Problems of Emergency Situations"*, 38, 208-223 [in Ukrainian].

82. Malovyk, I., Strilets, V., Stepanchuk, S., & Valchenko, O. (2024). Development of a mathematical model for increasing the efficiency of emergency rescue operations in conditions of possible combat damage. *Social Development and Security*, 15 (4), 175-190. DOI: [10.33445/sds.2024.14.5.18](https://doi.org/10.33445/sds.2024.14.5.18) [in Ukrainian].

83. On the approval of the Methodological recommendations "The procedure for the implementation of radiation and chemical protection standards by the personnel of management bodies and units of the Ministry of Emergency Situations №741 (2008, October 15). *Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrainy*, [in Ukrainian].

84. Evans, Roly and Perkins, Dan (2022). New Conventional EOD and IEDD Competency Standards for Mine Action: Notes on T&EP 0930, 0931, and IMAS 0930. *The Journal of Conventional Weapons Destruction*, 25 (3). Retrieved from: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol25/iss3/11/>

85. Dierdra K Bycura (2019). Training Implications for Firefighters through objective Measurement of the Physiological Demands of Firefighter Job Tasks. *Am J Biomed Sci & Res*, 3(5). DOI:10.34297/AJBSR.2019.03.00. Retrieved from: <https://biomedgrid.com/pdf/AJBSR.MS.ID.000715.pdf>

86. Hazardous waste operations and emergency response. *Occupational Safety and Health Standards* 1910.120. Retrieved from: https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9765

87. NFPA 1500 Standard on Fire Department Occupational Safety and Health Program. 2002 Edition. Available at: <http://www.fsans.ns.ca/pdf/research/nfpa1500.pdf>

88. NFPA 1033: Standard for Professional Qualifications for Fire Investigator. Available at: <http://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes->

and-standards/list-of-codes-and-standards?mode=code&code=1033

89. Toan, Dang Quang (2015). Train-the-Trainer Trauma Care Program in Vietnam. *Journal of Conventional Weapons Destruction*, 19. Retrieved from: <http://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol19/iss1/9>

90. Ivanets, H. V., Stetsiuk, Ye. I., Ivanets, M. H. (2014). Individual protection of sappers against shrapnel and bullets. *Systemy ozbroiennia i viiskova tekhnika*, 4, 21-24. [in Ukrainian].

91. Smith, Andy (2017). An APT Demining Machine. *Journal of Conventional Weapons Destruction*, 21. Retrieved from: <http://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss2/15>

92. Villano JS, Follo JM, Chappell MG, Collins MT Jr. (2017). Personal Protective Equipment in Animal Research. *Comp Med*, 67(3):203-214. Retrieved from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5482512/pdf/cm2017000203.pdf>

93. Strelets, V., Hrytsaienko, M., Soloviov, I., & Kamyshentsev, G. (2023). Multifactorial model of underwater detonation of the explosive object by divers-sappers of the State Emergency Service of Ukraine. *Social Development and Security*, 13(2), 137-150. <https://doi.org/10.33445/sds.2023.13.2.12>

94. Strilets, V., Rosokha, S., Borodych, P. (2012). Patterns of rescuers' activities during emergency rescue operations at subway stations.

Kharkiv: NUTsZU [in Ukrainian].

95. Eivazy, H., Malek, M.R. (2020). Simulation of natural disasters and managing rescue operations via geospatial crowdsourcing services in tensor space. *Arab J Geosci* 13, 604. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05402-x>

96. Munypov, V. M., Zynchenko, V. P. (2011). *Erhonomika. Logos* [in Ukrainian].

97. Frozini B.V. (1987). On the distribution and power of good-ness-of-fit statistic with parametric applications. *Amsterdam-Oxford-New York: North Holland Publ. Comp*, 123-154.

98. Strilets, V., Malovyk, I., Prysiazniuk, V., & Rebrov, O. (2024). The method of determining the parameters of a training attempt for evaluating a control exercise. *Social Development and Security*, 14(3), 219-237. <https://doi.org/10.33445/sds.2024.14.3.15>

99. Mytropolskyi A.K. (1971). Statistical computing technique. *Nauka* [in Ukrainian].

100. Khalafian, A.A. (2007). Statistical data analysis. *Bynom-Press* [in Ukrainian].

101. Horkavyi, V. K. (2012). *Statystyka*. Kyiv: Alerta [in Ukrainian].

102. Romakin, V. V. (2006). Computer data analysis. *Mykolaiv: Vyd-vo MDHU im. Petra Mohyly* [in Ukrainian].

103. Venttsel, E. (1962). *Teoriya veroyatnostey* [Probability theory]. *Nauka*.

Маловик Ігор Вікторович – канд. техн. наук, головний інспектор відділу нормативної та ліцензійної роботи управління пожежної безпеки Департаменту запобігання надзвичайним ситуаціям апарату ДСНС, Державна служба України з надзвичайних ситуацій, (вул. О. Гончара, буд. 55 м. Київ).

ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2319-9730> E-mail: ivmal132@gmail.com

Степанчук Сергій Олександрович – викладач, Національний університет цивільного захисту України, (вул. Чернишевська, 94, Харків, Харківська область, Україна).

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6618-4119> E-mail: stepanchukdsns@gmail.com

Стрілець Валерій Вікторович – канд. техн. наук, International humanitarian organization The Halo Trust, Ukraine.

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1913-7878> E-mail: v.strelec.brand@gmail.com

Хижняк Андрій Анатолійович – начальник, PhD, ГУ ДСНС України в Полтавській області, (вул. Решетилівська 26/1, 36007, м. Полтава, Україна). ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-174513-0432>

E-mail: poltava@dsns.gov.ua

DEVELOPMENT OF THE METHOD FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF PERFORMING EMERGENCY AND RESCUE WORK IN CONDITIONS OF POSSIBLE COMBAT INJURY

Purpose. The purpose of the study is to develop a methodology for increasing the efficiency of emergency rescue operations by rescuers in conditions of possible combat damage.

Methods. Is to assess the quality indicators of the functioning of the system “rescuer - means of protection and provision of emergency rescue operations - emergency situation with the possibility of combat damage” with a given level of significance based on the results of physical modeling of emergency rescue operations in conditions

of possible combat damage by the enemy with further substantiation of operational and technical recommendations to rescuers.

Results. Consists in developing and testing operational and technical recommendations in accordance with the laws of reducing the time of operational activities of rescuers, which are obtained based on the results of physical modeling of emergency rescue operations, and involves the sequential implementation of five procedures, namely: – determination of limitations that are characteristic of emergency rescue operations in conditions of possible combat damage; – assessment of the quality indicators of the functioning of the system “rescuer – means of protection and provision of emergency rescue operations – emergency situation with the possibility of combat damage” based on the results of physical modeling of personnel actions; – obtaining functional dependencies of the quality indicators of emergency rescue operations in conditions of possible combat damage from the factors selected for analysis; – justification of operational and technical recommendations; – selection of recommendations for implementation in regulatory documents based on the results of statistical assessments of how significant the effectiveness of their implementation is.

Novelty. The first time (scientific novelty) a methodology has been developed to increase the efficiency of emergency rescue operations by rescuers in conditions of possible combat damage, which is based on a mathematical model of increasing the efficiency of emergency rescue operations in conditions of possible combat damage.

Practical significance. Development of practical recommendations, for example, on improving the effectiveness of rescuer training.

Key words: emergency and rescue operations, effectiveness, combat damage, methodology, experiment, simulation/

Ihor Malovyk – PhD in Technical Sciences, Chief Inspector of the Department of Regulatory and Licensing Activities, Fire Safety Directorate, Department for Emergency Prevention, Headquarters of the State Emergency Service of Ukraine (55 O. Honchara St., Kyiv, Ukraine).

ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2319-9730>

E-mail: ivmal132@gmail.com

Serhii Stepanchuk – Lecturer, National University of Civil Protection of Ukraine (94 Chernyshevskaya St., Kharkiv, Kharkiv Oblast, Ukraine).

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6618-4119>

E-mail: stepanchukdsns@gmail.com

Valerii Strilets – PhD in Technical Sciences, International Humanitarian Organization *The HALO Trust*, Ukraine.

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1913-7878>

E-mail: v.strelec.brand@gmail.com

Andrii Khyzhniak – Head, PhD, Main Department of the State Emergency Service of Ukraine in Poltava Oblast (26/1 Reshetylivska St., 36007, Poltava, Ukraine).

ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-174513-0432>

E-mail: poltava@dsns.gov.ua