

Методика визначення параметрів тренувальної спроби для оцінювання контрольної вправи

The method of determining the parameters of a training attempt for evaluating a control exercise

Віктор Стрілець^A

Corresponding author: д.тех.н., професор, старший викладач, e-mail: vstrelec1956@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5992-1195

Ігор Маловик^B

Головний інспектор відділу нормативної та ліцензійної роботи управління пожежної безпеки Департаменту запобігання надзвичайним ситуаціям апарату ДСНС, e-mail: ivmal132@gmail.com, ORCID: 0009-0009-2319-9730

Віталій Присяжнюк^C

к.тех.н., начальник відділу пожежно-рятувальної техніки та обладнання Науково-випробувального центру, e-mail: prisyazhnuk1979@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9780-785X

Сергій Степанчук^A

Старший викладач кафедри піротехнічних та спеціальних робіт, e-mail: stepanchukdsns@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6618-4119

Валерій Стрілець^D

к.тех.н., Supervisor EORE, e-mail: v.strelec.brand@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1913-7878

Олександр Ребров^E

Начальник загону, e-mail: cp@rv.dsns.gov.ua, ORCID: 0009-0005-6654-7863

Viktor Strelets^A

Corresponding author: Dr of Sciences, Professor, Senior Lecturer, e-mail: vstrelec1956@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5992-1195

Ighor Malovyk^B

Chief inspector of the department of regulatory and licensing work of the fire safety department of the emergency prevention department of the State Emergency Service, e-mail: ivmal132@gmail.com, ORCID: 0009-0009-2319-9730

Vitalii Ptsyazhniuk^C

Head of the Department of Fire-Rescue Equipment and Equipment of the Scientific and Testing Center, e-mail: prisyazhnuk1979@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9780-785X

Serhii Stepanchuk^A

Senior Teacher of the Department of Pyrotechnics and Special Works, e-mail: stepanchukdsns@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6618-4119

Valery Strelec^D

PhD, Supervisor EORE, e-mail: v.strelec.brand@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1913-7878

Oleksander Rebrov^E

Squad leader, e-mail: cp@rv.dsns.gov.ua, ORCID: 0009-0005-6654-7863

^A Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, Україна

^B Державна служба України з надзвичайних ситуацій, м. Київ, Україна

^C Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту, м. Київ, Україна

^D Гуманітарна міжнародна організація The Halo Trust, м. Київ, Україна

^E ГУ ДСНС України в Рівненській області, м. Рівне, Україна

^A National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

^B State Emergency Service of Ukraine, Kyiv, Ukraine

^C Institute of Public Administration and Scientific Research on Civil Protection, Kyiv, Ukraine

^D International humanitarian organization The Halo Trust, Kyiv, Ukraine

^E State Emergency Service of Ukraine in Rivne region, Rivne, Ukraine

Received: May 8, 2024 | Revised: June 24, 2024 | Accepted: June 30, 2024

DOI: 10.33445/sds.2024.14.3.15

Мета роботи: визначення послідовності отримання параметрів тренувальної спроби, за якими можна здійснювати оцінювання якості її виконання.

Метод дослідження: якісний для обґрунтування гіпотези дослідження; статистичний аналіз експериментальних результатів; метод експертних оцінок для узгодження фахових поглядів.

Результати дослідження: вперше розроблено методіку визначення параметрів тренувальної спроби для оцінювання контрольної вправи, в якій визначаються як параметри оцінювання рівня підготовленості, так і тренувальну спробу, починаючи з якої це можна здійснювати.

Теоретична цінність дослідження: набув подальшого розвитку статистичний метод обґрунтування нормативів шляхом урахування особливостей, які є властивими процесу проведення аварійно-рятувальних робіт особовим складом ДСНС.

Практична цінність дослідження: розроблено конкретні нормативи для оцінювання рівня підготовленості рятувальників ДСНС.

Оригінальність/Цінність дослідження: вперше ймовірності попадання часу проведення аварійно-рятувальних робіт визначаються за допомогою середньозважених експертних оцінок, а під час обґрунтування спроби, після якої можна оцінювати особовий склад, враховується експоненціальний характер зміни часу виконання вправи від рівня підготовленості рятувальників.

Обмеження дослідження: трудомісткість проведення експериментальних досліджень для отримання результатів, а також необхідність підтвердження

Purpose: determination of the sequence of obtaining parameters of a training attempt, according to which it is possible to evaluate the quality of its execution.

Method: qualitative for substantiating the research hypothesis; statistical analysis of experimental results; the method of expert evaluations for harmonizing professional views.

Findings: for the first time, a methodology for determining the parameters of a training attempt for evaluating a control exercise was developed, in which both the parameters for assessing the level of preparedness and the training attempt from which it can be carried out are determined.

Theoretical implications: the statistical method of substantiating standards by taking into account the features that are characteristic of the process of emergency and rescue operations by the personnel of the State Emergency Service has gained further development.

Practical value of the research: specific standards have been developed for assessing the level of preparedness of emergency services rescuers.

Originality/Value of the research: for the first time, the probabilities of hitting the time of emergency and rescue operations are determined using weighted average expert estimates, and during the justification of the attempt, after which the personnel can be evaluated, the exponential nature of the change in the time of the exercise depending on the level of preparedness of the rescuers is taken into account.

Research Limitations: the complexity of conducting experimental studies to obtain results, as well as the need to confirm the

ефективності підготовки рятувальників з використанням запропонованих нормативів.

effectiveness of the training of rescuers using the proposed standards.

Тип статті: розрахунково-аналітичний.

Paper type: calculation-analytical.

Ключові слова: норматив, аварійно-рятувальні роботи, експеримент, підготовка, експертні оцінки.

Keywords: standard, emergency rescue work, experiment, training, expert evaluations.

Вступ

Основні нормативні вимоги щодо основних видів оперативної діяльності на рівні ДСНС конкретизовані тільки для обмеженого переліку складових аварійно-рятувальних робіт, які виконуються в умовах застосування конкретного обладнання та озброєння [1]. В той же час, в умовах сьогодення до Оперативно-рятувальних підрозділів ДСНС у вигляді гуманітарної допомоги від провідних країн світу поступають різноманітні зразки пожежно-рятувальної техніки, а самі рятувальники вимушені достатньо часто працювати під впливом факторів, які не розглядались, коли створювалась ця техніка. Так, кожен день вони здійснюють близько 200 виїздів на ліквідацію наслідків того, як окупанти обстрілюють населенні пункти та об'єкти інфраструктури [2]. У більшості таких випадків вони змушені працювати в засобах бронезахисту.

Все це приводить до того, що оцінка рівня підготовленості особового складу конкретного оперативно-рятувального підрозділу супроводжується протиріччям між умовами застосування пожежно-рятувального обладнання або озброєння, які визначені в їх тактико-технічних характеристиках, та умовами їх застосування в конкретному гарнізоні. В результаті для таких ситуацій відсутні нормативи (під ними розуміється [3] порівняльна норма, яка у своїй основі має порівняння людей, що належать до однієї і тієї ж сукупності), хоча і керівні документи ДСНС України [1, 4], і науково-технічна література [5, 6] стверджують, що ефективна підготовка не може здійснюватися без їх наявності.

Теоретичні основи дослідження

Дослідження питань розробки рекомендацій особовому складу оперативно-рятувальних підрозділів на сьогоднішній день відбувається за результатами дослідження процесу проведення аварійно-рятувальних робіт. В той же час:

- у більшості випадків його розглядають з позицій організації відповідних робіт на державному рівні [7-9], але при цьому дії конкретного рятувальника не аналізуються;
- під час розгляду з позицій забезпечення безпеки рятувальників в розроблених моделях досліджуються особливості впливу небезпечних чинників на особовий склад, у тому разі у випадку застосування ними різноманітних засобів захисту [10-13]. Питання підвищення ефективності виконання основних операцій розглядаються опосередковано;
- в імітаційних моделях [14-16] розглядається виконання найбільш складних типових процесів проведення аварійно-рятувальних робіт, проте вони обмежені простим відображенням існуючих алгоритмів оперативної діяльності рятувальників.

Інша група досліджень направлена на аналіз індивідуальних дій рятувальників. Так, в [17] розглядаються питання рухомості пожежних, які використовують засоби індивідуального захисту. Основна увага тут була 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 розглядались. Хоча в [18] відмічається, що показником кваліфікованого застосування специфічного пожежного обладнання є регламентовані часові стандарти оперативних дій як важливих етапів реагування первинних оперативних розрахунків. І це стосується як професійних [19], так і волонтерських [20] підрозділів. В той же час, яким чином можна визначити ці стандарти, не показано. Не розглядається порядок їх визначення і в базовому стандарті ЄС [21]. Хоча в [22,23] відмічена необхідність кількісної оцінки часу виконання

типових завдань. Але і в цих випадках питання отримання нормативів для оцінювання рівня підготовленості пожежних не конкретизувались.

Така спроба була здійснена в [24,25], де пропонується узгодження стандартів і відповідних порогових значень для оцінювання рівня фізичної підготовленості працівників екстремальних служб на експертному рівні, але особливості визначення моменту, з якого це можна здійснювати, не розглядались. Це питання не розглядалось і в роботах [26,27], де обґрунтовується підхід щодо отримання нормативів за результатами визначення показників відповідного розподілу. Як не розглядались в них і особливості того, яким чином можна не призначити, а обґрунтувати ту долю результатів, яка стане основою для конкретизації долі результатів, яка приходиться на відповідний норматив.

Постановка проблеми

З урахуванням цього важливою та нерозв'язаною частиною проблеми підвищення ефективності підготовки особового складу Оперативно-рятувальної служби ЦЗ до проведення аварійно-рятувальних робіт є відсутність методики визначення параметрів тренувальної спроби для оцінювання контрольної вправи (як безпосередньо нормативу, так і кількості попередньо виконаних спроб, після якої можна здійснювати оцінювання).

За основу взята робоча гіпотеза, яка полягала в тому, що час виконання типових операцій та процесів, характерних для здійснення аварійно-рятувальних робіт особовим складом, змінюється за експоненціальним законом в залежності від попередньо виконаної їх кількості. Це дозволяє перейти до визначення спроби, починаючи з якої можна здійснювати контроль якості підготовки рятувальників за допомогою відповідних нормативів, що отримуються шляхом оцінки параметрів зворотної функції стандартного нормального розподілу з урахуванням оцінок ймовірності отримання відповідних оцінок.

Методологія дослідження

Для досягнення поставленої мети (визначення послідовності отримання параметрів тренувальної спроби, за якими можна здійснювати оцінювання якості її виконання) потребують вирішення наступні завдання:

- оцінка того, яким чином змінюється показник якості виконання контрольної вправи у часі від кількості тренувальних спроб;
- визначення кількості попередньо виконаних спроб, після якої можна переходити до оцінювання;
- обґрунтування нормативу для оцінювання контрольної вправи;
- реалізація запропонованої методики для конкретного прикладу діяльності особового складу Оперативно-рятувальної служби ЦЗ та обговорення результатів її застосування.

Результати

1. Оцінка того, яким чином змінюється показник якості виконання контрольної вправи у часі від кількості тренувальних спроб

1.1. Особливість проведення експериментальних досліджень

Оскільки проведення аварійно-рятувальних робіт уявляє собою процес функціонування системи "людина – техніка – середовище", то важливими будуть і умови надзвичайної ситуації, які зумовлюють тактико-технічні характеристики засобів здійснення оперативної діяльності та засобів захисту рятувальників від впливу небезпечних чинників, і особливості особового складу, який залучається до ліквідації надзвичайної ситуації.

З урахуванням цього під час проведення експериментальних досліджень повинна бути забезпечена 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 $\alpha=0,05$).

1.2. Статистичний аналіз первинних експериментальних результатів

Статистична обробка експериментальних результатів 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 (APP), перевірку на нормальність доцільно виконати за критерієм Шапіро-Уїлкі [28].

Для цього необхідно розрахувати математичне очікування виконання вправи за кожної спроби s , що розглядається, проведення APP

$$\bar{t}_s(APP) = \frac{\sum_i^{n_s} t_{is}}{n_s}, \quad (1)$$

де t_{ij} – час i -го виконання обраного для розгляду варіанту APP в j -ій спробі, s ;

середньоквадратичне відхилення

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

та

$$n_s \cdot m_2(APP) = \sum_{i=1}^{n_s} (t_{in} - \bar{t}_n)^2, [c^2] \quad (3)$$

де m_2 – вибірковий центральний момент другого порядку,

а також проміжну суму

$$S(APP) = \sum_i^k a_{n_s-i+1} \cdot (t_{(n_s-i+1)} - t_i) [c], \quad (4)$$

де k – індекс, який має значення від 1 до $n_j/2$;

a_{n_j-i+1} – коефіцієнт, який має спеціальні значення для обсягу вибірки n (їх значення наведені в табл. 10 [14]).

Розподіл вважається нормальним, якщо у відповідності до табл. 11 [28] для рівня значимості $\alpha=0,05$ та, наприклад, $n_s=20$

$$W(APP) = \frac{S^2(APP)}{n_s \cdot m_2(APP)} \geq W_{табл} = 0,905, \quad (5)$$

розподіл у відповідності до [28] вважається нормальним.

Якщо вибірки є нормальними, то це дозволяє перейти до перевірки експоненціального характеру зміни часу проведення варіанту APP, що розглядається, в залежності від спроби.

1.3. Перевірка того, що час виконання обраного варіанту APP змінюється за експоненціальним законом

Перевірку того, що час виконання типових операцій та процесів, характерних для здійснення аварійно-рятувальних робіт особовим складом, змінюється за експоненціальним законом в залежності від кількості n попередньо виконаних спроб, доцільно виконати у відповідності до критерію Фроціні [29], оскільки його потужність не тільки не поступається іншим, а в більшості випадків перевершує і перевершує їх.

Для цього розраховується статистика

$$B_n = \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{j=1}^n \left| 1 - \exp\left(-\frac{\bar{t}_j}{\bar{t}(j)}\right) - \frac{i-0,5}{n} \right|, \quad (6)$$

де n – кількість виконаних спроб;

$$\bar{t}(j) = \frac{\sum_{j=1}^n \bar{t}_j}{n}. \quad (7)$$

Якщо

$$B_n < B_n^*(P), \quad (8)$$

де $B_n^*(P)$ – критичне значення [29] критерію експоненціальності Фроціні (P – рівень довіри);

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

$$\bar{t} = \bar{t}_{2ран} + (\bar{t}_1 - \bar{t}_{2ран}) \cdot e^{-\lambda(s-1)}, \quad (9)$$

де	\bar{t}_1	–	середній час виконання розглянутого варіанту APP в першій спробі, s ;
	$\bar{t}_{2ран}$	–	середній час виконання розглянутого варіанту APP після довготривалої підготовки s ;
	λ	–	параметр (інтенсивність) експоненціального розподілу, s^{-1} .

Таким чином, застосування загальноприйнятих методів обробки статистичних даних, наприклад критерію Шапіро-Уїлкі, дозволяє підтвердити з рівнем значимості $\alpha=0,05$ нормальний закон розподілу отриманих експериментальних результатів в кожній спробі і визначити його основні параметри (математичне очікування та середньоквадратичне відхилення), які будуть використовуватись в подальшому, а також перевірити, наприклад за критерієм Фроціні, з рівнем довіри $P=0,95$ те, що час виконання типових операцій та процесів, характерних для здійснення аварійно-рятувальних робіт особовим складом, змінюється за експоненціальним законом в залежності від кількості n попередньо виконаних спроб.

2. Визначення кількості попередньо виконаних спроб, після яких можна переходити до оцінювання

У випадку, коли має місце конкретне нормоване значення $t_{норм}$, яке не повинен перевищувати час виконання вправи, що розглядається, кількість тренувальних спроб s^* , після якої є можливість оцінювати якість виконання вправи, можна (рис.1) визначити як

$$s^* = \text{int e ger} \left(1 + \frac{1}{\lambda} \cdot \ln \frac{\bar{t}_1 - \bar{t}_{2ран}}{t_{норм} - \bar{t}_{2ран}} + 0,5 \right). \quad (10)$$

При цьому можна відмітити, що на відміну від [30], де експоненціальний характер часу виконання завдання пояснюється тільки людським фактором, аналіз (9) показує, що параметр λ експоненціального закону може служити також кількісним показником для порівняння того обладнання, в якому (або з яким) працюють рятувальники.

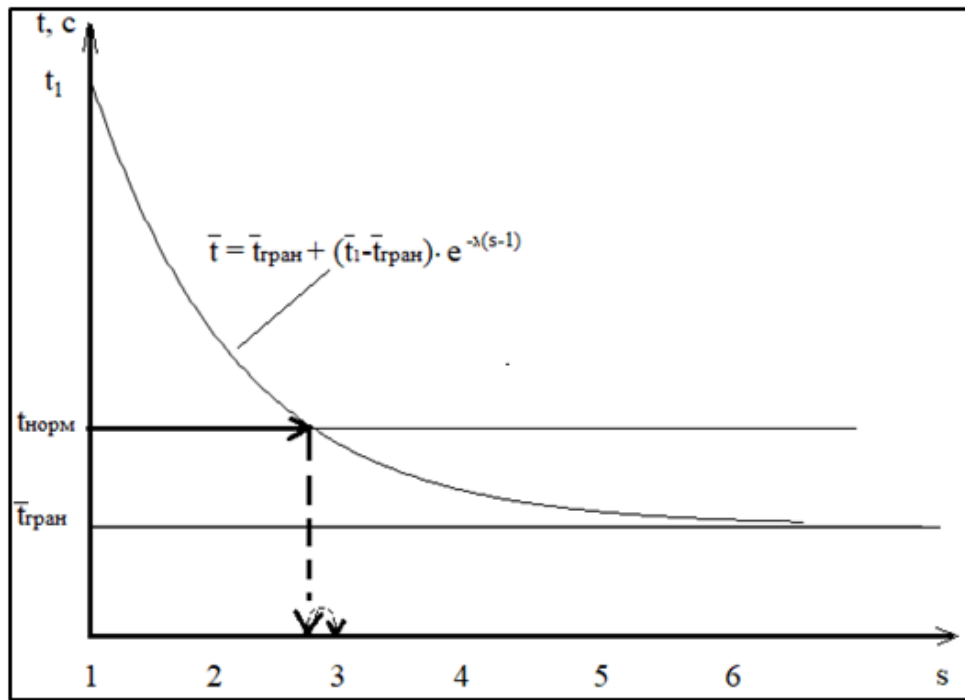


Рисунок 1 – Порядок визначення s^*
Джерело: розроблено авторами

У випадку, коли не задано нормоване значення $t_{норм}$, яке не повинен перевищувати час виконання вправи, що розглядається. В цьому випадку вважається доцільним припинення навчання рятувальниками ДСНС виконанню обраної вправи за тієї спроби s^* , після якої середній час здійснення обраного варіанту оперативної діяльності перестав скорочуватись, свідченням чого є 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 дозволив визначити оцінки математичного очікування (1) та середньоквадратичного відхилення (2) за кожною спробою, спочатку для кожної з них доцільно отримати довірчий (з рівнем довіри $P=0,95$) інтервал [31] можливих значень

$$t_s = \bar{t}_s \pm 1.96 \cdot \frac{\sigma_s}{\sqrt{n_s}} \quad (11)$$

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

$$H_0: t_{s-1} = t_s \quad (12)$$

та її альтернатива

$$H_1: t_{s-1} \neq t_s, \quad (13)$$

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 [32] наступним чином

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_s} d_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{n_s} d_i)^2}{n_s}}{n_s \cdot (n_s - 1)}}, \quad (14)$$

де d_i – різниця між відповідними значеннями змінних

$$d_i = t_s - t_{s-1}. \quad (15)$$

Коефіцієнт Стьюдента визначається як

$$t_{\text{набл}} = \frac{\bar{d}}{S_d}, \quad (16)$$

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

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^{n_s} d_i}{n_s}. \quad (17)$$

Тоді з урахуванням того, що число ступенів свободи

$$v = n_s - 1, \quad (18)$$

можна говорити, що при рівні значимості $\alpha=0,05$ результати часу виконання контрольної вправи в спробах s та $(s-1)$ практично не відрізняються, якщо

$$t_{\text{набл}} < t_{\text{табл}}(\alpha = 0,05; v). \quad (19)$$

Таким чином, експоненціальний характер зміни часу виконання типової операції (процесу) від кількості попередньо здійснених спроб дозволяє визначити ту їх кількість, після якої можна починати порівняння цього часу з нормативним значенням. У випадку, коли має місце конкретне нормоване значення $t_{\text{норм}}$, яке не повинен перевищувати час виконання вправи, що розглядається, крім цього значення необхідно знати параметр λ експоненціального розподілу. У випадку, коли нормоване значення не задане, перехід до оцінювання здійснюється за тієї спроби, після якої середній час здійснення обраного варіанту оперативної діяльності перестає скорочуватись, свідченням чого є виконання нуль-гіпотези рівності оцінок середнього часу виконання в поточній та попередній спробі у відповідності до критерію Стьюдента при рівні значимості $\alpha=0,05$ для залежних вибірок.

3. Обґрунтування нормативу для оцінювання контрольної вправи

У відповідності до центральної граничної теореми [33], враховуючи те, що оперативне розгортання пожежних автомобілів вимагає від особового складу виконання конкретної послідовності різноманітних дій, які додатково ускладнюються використанням засобів бронезахисту, можна припустити, що закон розподілу часу оперативного розгортання буде нормальним.

Це дозволяє використовувати відомий вираз [33] для визначення імовірності улучення випадкової величини в заданий інтервал

$$p_5 = p(t \leq t_5) = \Phi\left(\frac{t_5 - \bar{t}_{op}}{\sigma_{op}}\right); \quad (20)$$

$$p_4 = p(t_4 < t \leq t_5) = \Phi\left(\frac{t_5 - \bar{t}_{op}}{\sigma_{op}}\right) - \Phi\left(\frac{t_4 - \bar{t}_{op}}{\sigma_{op}}\right) = \Phi\left(\frac{t_4 - \bar{t}_{op}}{\sigma_{op}}\right) - p_5; \quad (21)$$

$$p_4 = p(t_3 < t \leq t_4) = \Phi\left(\frac{t_3 - \bar{t}_{op}}{\sigma_{op}}\right) - \Phi\left(\frac{t_4 - \bar{t}_{op}}{\sigma_{op}}\right) = \Phi\left(\frac{t_3 - \bar{t}_{op}}{\sigma_{op}}\right) - (p_4 + p_5), \quad (22)$$

де $t_{5(4,3)}$ – значення часу бойової роботи, при досягненні якого норматив може бути оцінений на “відмінно” (“добре”, “задовільно”), с;
 \bar{t}_{op} – математичне очікування часу оперативного розгортання, с;
 σ_{op} – середньоквадратичне відхилення часу оперативного розгортання, с;
 $\Phi\left(\frac{t_{5(4,3)} - \bar{t}_{op}}{\sigma_{op}}\right)$ – відповідне значення функції стандартного нормального розподілу.

З (1)-(3) 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 (1)-(3) 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 [34] 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 середньовиваженої оцінки за спостереженнями всіх n експертів

$$\tilde{p}_{5(4;3)} = \sum_{j=1}^n v_{5(4;3)j}(\tilde{p}_{5(4;3)}) \cdot \bar{p}_{5(4;3)}, \quad (23)$$

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

$$v_{5(4;3)j}(\tilde{p}_{5(4;3)}) = \frac{1}{(p_{5(4;3)j} - \bar{p}_{5(4;3)})^2 \cdot \sum_{j=1}^n \frac{1}{(p_{5(4;3)j} - \bar{p}_{5(4;3)})^2}}, \quad (24)$$

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

$$|p_{5(4;3)j} - \tilde{p}_{5(4;3)}| \geq \alpha \cdot \sigma(\tilde{p}_{5(4;3)}), \quad (25)$$

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 $\langle \tilde{p}_5; \tilde{p}_4; \tilde{p}_3 \rangle$, середньовиважені оцінки відповідних часток (частот) можливих результатів можна використовувати для розрахунку нормативів у відповідності до (1)-(3).

З урахуванням результатів розрахунку середньозважених оцінок $\langle \tilde{p}_5; \tilde{p}_4; \tilde{p}_3 \rangle$ у відповідності до (23)-(25) та знання параметрів математичного очікування \bar{t}_{op} (1) та

середньоквадратичного відхилення σ_{OP} (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

$$t_5 = \bar{t}_{OP} + \sigma_{OP} \cdot \Phi^{-1}(\tilde{p}_5); \quad (26)$$

$$t_4 = \bar{t}_{OP} + \sigma_{OP} \cdot \Phi^{-1}(\tilde{p}_4 + \tilde{p}_5); \quad (27)$$

$$t_3 = \bar{t}_{OP} + \sigma_{OP} \cdot \Phi^{-1}(\tilde{p}_3 + \tilde{p}_4 + \tilde{p}_5). \quad (28)$$

Для використання отриманих (26)-(28) 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 [35].

Таким чином, розроблено 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.

4. Реалізація запропонованої методики для конкретного прикладу діяльності особового складу Оперативно-рятувальної служби ЦЗ та обговорення результатів її застосування

Для реалізації запропонованої методики було обрано випадок локалізації НС з викидом небезпечної хімічної речовини (НХР). В цьому випадку проведення АРР вимагає від особового складу першого пожежно-рятувального підрозділу використання різноманітних засобів захисту, основу яких складає ізолюючий костюм в комбінації з тим чи іншим засобом індивідуального захисту органів дихання в залежності від потужності джерела викиду [36].

При цьому комплекс засобів індивідуального захисту 1 типу (КЗІЗ 1) (в нашому випадку використовувався костюм «Рятувальник 2»), в якому передбачено знаходження ізолюючого апарату всередині костюму, істотно відрізняється від КЗІЗ, в яких ізолюючий апарат або фільтрувальний протигаз (КЗІЗ ФП) одягаються поверх ізолюючого костюму (в нашому випадку Л-1). Відповідно відрізняються й закономірності виконання окремих робіт, що потрібно враховувати при розробці оперативних рекомендацій щодо підвищення ефективності ліквідації НС з викидами НХР.

Отримані результати результатів експериментального дослідження, в якому приймали участь курсанти НУЦЗУ та особовий склад Оперативно-рятувальної служби ГУ ДСНС України в Харківській області [37], стосовно залежності часу одягання від спроби для КЗІЗ 1 та КЗІЗ ФП наведені в Табл. 1.

Таблиця 1 – Одягання комплексу засобів індивідуального захисту

№ з/п	Спроба (час виконання в КЗІЗ 1, с)							Спроба (час виконання в КЗІЗ ФП, с)						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1	834	423	355	174	222	257	216	325	420	319	152	163	214	152
2	779	506	403	243	145	207	203	604	346	225	117	207	137	173
3	505	333	338	260	240	185	199	511	350	156	204	199	183	203
4	694	405	312	206	288	195	273	370	350	208	210	181	194	197

№ з/п	Спроба (час виконання в КЗІЗ 1, с)							Спроба (час виконання в КЗІЗ ФП, с)						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
5	922	477	277	274	232	216	234	413	329	155	194	192	187	198
6	456	465	286	296	199	205	244	359	336	266	199	161	207	174
7	556	491	378	221	261	237	190	524	295	337	177	259	196	214
8	674	385	393	245	239	183	210	700	335	287	193	134	209	200
9	490	408	349	292	231	260	190	422	310	277	254	133	137	176
10	500	323	225	139	226	207	186	596	354	147	219	191	155	193
11	753	364	475	224	277	119	209	510	353	243	173	120	203	185
12	447	467	364	276	209	209	254	636	293	206	247	176	215	169
13	681	310	456	243	182	243	231	458	363	195	235	207	213	174
14	448	541	274	257	201	150	237	466	342	314	191	207	189	190
15	589	411	347	296	162	188	192	414	376	221	208	204	172	177
16	699	398	264	238	189	236	208	533	298	238	208	169	218	158
17	831	320	289	255	161	230	180	551	281	181	240	253	209	162
18	718	283	361	229	280	211	253	343	320	226	235	208	166	200
19	685	527	363	300	218	178	236	466	240	253	188	165	171	217
20	654	485	371	252	220	193	163	465	447	287	188	173	244	123
21	347	367	312	269	215	224	205	545	373	232	216	226	145	112
22	870	387	263	129	206	281	124	721	317	253	176	169	181	158
23	726	356	461	322	228	229	141	652	248	220	214	187	171	195
24	901	339	278	228	224	200	273	552	388	302	120	176	137	229
\bar{t}	657	407	341	245	219	210	210	506	336	240	198	186	186	180
σ	160	73	66	48	36	35	38	110	48	53	35	34	29	28
Sc	-0,1	0,2	0,3	-0,9	-0,1	-0,4	-0,4	0,2	0,1	0,1	-0,7	0,2	-0,2	-0,7

Джерело: розроблено авторами

Результати перевірки розподілу експериментальних результатів одягання КЗІЗ 1 в 4 спробі у відповідності до (1)-(5) наведені в Табл. 2.

Таблиця 2 – Результати перевірки експериментальних результатів одягання КЗІЗ 1 в 4 спробі на нормальність

\bar{t} , с	σ , с	Sk	$n \cdot m_2$, с ²	S ²	W	$W_{табл}(24; 0,95)$
657	160	-0,904	37737	48356	1,28	0,916

Джерело: розроблено авторами

Видно, що

$$W_4(KZIZ\ 1) = 1,28 > W_{табл}(24; 0,95) = 0,916. \tag{29}$$

Тобто, з рівнем значимості $\alpha=0,05$ можна стверджувати, що отримані експериментальні результати в розглянутій спробі розподілені за нормальним законом.

Оскільки скошеність розподілу

$$Sk_4(KZIZ1) = \frac{1}{n \cdot \sigma_4^3(KZIZ\ 1)} \cdot \sum_{i=1}^n (t_{i4}(KZIZ\ 1) - \bar{t}_4(KZIZ\ 1)), \tag{30}$$

- де
- n – кількість незалежних експериментів ($n=24$);
 - $t_{i4}(KZIZ\ 1)$ – результат i -го виміру 4-й спробі виконання вправи в КЗІЗ 1, с;
 - $\bar{t}_4(KZIZ\ 1); \sigma_4(KZIZ\ 1)$ – відповідно оцінки математичного очікування та середньоквадратичного відхилення виконання цієї спроби, с,

в 4-й спробі виконання вправи в КЗІЗ 1 спробі є найбільшою (табл. 1), можна вважати, що отримані експериментальні результати в кожному випадку, який розглядається, розподілені за нормальним законом.

Це дозволяє перейти до перевірки того, що час одягання КЗІЗ за кожним із варіантів (КЗІЗ 1 та КЗІЗ ФП) в залежності від спроби виконання змінюється за експоненціальним законом. Результати застосування для цього критерію Фроціні у відповідності до (6)-(8) наведені в Табл. 3.

Видно, що

$$B_7^*(0,95) = 0,374 > \begin{cases} B_7(\text{КЗІЗ 1}) = 0,222; \\ B_7(\text{КЗІЗ ФП}) = 0,252. \end{cases} \quad (31)$$

Таблиця 3 – Результати перевірки зміни часу одягання КЗІЗ в залежності від спроби за експоненціальним законом

КЗІЗ 1		КЗІЗ ФП		$B_7^*(0,95)$
$\bar{t}(7) = 117,0$ с	$B_7 = 0,222$	$\bar{t}(7) = 81,7$ с	$B_7 = 0,252$	0,374

Джерело: розроблено авторами

Тобто, для обох варіантів застосування КЗІЗ статистика критерію Фроціні менше табличного значення, що дозволяє стверджувати – з рівнем значимості $\alpha = 0,05$ час одягання комплексу засобів індивідуального захисту змінюється за експоненціальним законом (9), параметри якого не представляє складнощів визначити із застосуванням програмного середовища Excel. Для КЗІЗ 1 він має вигляд

$$\bar{t}(\text{КЗІЗ 1}) = 210 + 450 \cdot e^{-0,882(s-1)} \quad (32)$$

а для КЗІЗ ФП

$$\bar{t}(\text{КЗІЗ ФП}) = 180 + 330 \cdot e^{-0,92(s-1)} \quad (33)$$

Результати, які наведені в (32) та (33), крім того, що їх можна використовувати для визначення спроби, після якої можна оцінювати рівень підготовленості рятувальників, показують, що параметр λ експоненціального закону є і кількісним показником для порівняння того обладнання, з яким (або в якому) працюють рятувальники, на відміну від [30], де експоненціальний характер зміни часу виконання завдання пояснюється тільки людським фактором.

Оскільки для випадку одягання КЗІЗ 1 (одягання ізолюючого костюму «Рятувальник 2» із включенням особового складу в апарат на стисненому повітрі, який знаходиться всередині костюму) в [38] наведено конкретне нормативне значення $t_{\text{норм}} = 300$ с, для визначення спроби $s^*(\text{КЗІЗ 1})$, після якої можна оцінювати якість виконання особовим складом цієї вправи, можна використовувати вираз (10). Тоді

$$s^*(\text{КЗІЗ 1}) = \text{integer} \left(1 + \frac{1}{0,882} \cdot \ln \frac{450}{300 - 210} + 0,5 \right) = \text{integer}(3,32) = 3. \quad (34)$$

Тобто, рівень підготовленості особового складу рятувальників до одягання ізолюючого костюму «Рятувальник 2» із включенням в апарат на стисненому повітрі можна оцінювати, починаючи з четвертої спроби.

Для отримання середньовиважених оцінок $\langle \tilde{p}_5; \tilde{p}_4; \tilde{p}_3 \rangle$ у відповідності до (23)-(25) використовувались експертні оцінки відповідних часток (частот) можливих результатів, які надали викладачі кафедр Пожежної та рятувальної підготовки та Піротехнічних та спеціальних робіт НУЦЗУ. В узагальненому вигляді вони наведені в Табл. 4.

Тоді, використовуючи (26)-(28) та параметри розподілу результатів в 4 спробі одягання КЗІЗ 1 (Табл.1), нормативні оцінки визначаються як

$$t_5(KZIZ1) = 245 + 48 \cdot \Phi^{-1}(0,162) = 197,7c; \quad (35)$$

$$t_4(KZIZ1) = 245 + 48 \cdot \Phi^{-1}(0,55) = 251,1c; \quad (36)$$

$$t_3(KZIZ1) = 245 + 48 \cdot \Phi^{-1}(0,892) = 304,46c. \quad (37)$$

Таблиця 4 – Експертні оцінки відповідних часток (частот) можливих результатів та результати їх аналізу

		Експерт, j					
		1	2	3	4	5	6
Експертні оцінки	p_{5j}	0,15	0,2	0,2	0,15	0,2	0,1
	p_{4j}	0,4	0,3	0,35	0,4	0,4	0,4
	p_{3j}	0,35	0,4	0,35	0,4	0,3	0,4
$v_{5j}(\tilde{p}_5)$		0,356	0,089	0,089	0,356	0,089	0,022
$v_{4j}(\tilde{p}_4)$		0,196	0,022	0,196	0,196	0,196	0,196
$v_{3j}(\tilde{p}_3)$		0,356	0,089	0,356	0,089	0,022	0,089
\tilde{p}_5		0,162					
\tilde{p}_4		0,388					
\tilde{p}_3		0,342					

Джерело: розроблено авторами

З урахуванням вимог кратності та запам'ятовуваності рекомендуються наступні нормативи для оцінювання рівня підготовленості до одягання КЗІЗ 1, який передбачає знаходження апарату на стисненому повітрі всередині ізолюючого костюму "Рятувальник-2",

$$t_5(KZIZ1) = 195c; t_4(KZIZ1) = 250c; t_3(KZIZ1) = 300c. \quad (38)$$

Для ситуації використання КЗІЗ ФП (одягання фільтрувального протигазу поверх ізолюючого костюму Л-1 нормоване значення $t_{\text{норм}}$ не задано. В цьому випадку з рівнем довіри $P=0,95$ для кожної спроби визначається інтервал можливих значень у відповідності до (11). Отримані результати наведені в Табл. 5.

Таблиця 5 – Інтервали можливих значень часу одягання ізолюючого костюму Л-1 з фільтрувальним протигазом, який знаходиться поверх нього

Спроба	1	2	3	4	5	6	7
t_{min}, c	461,99	316,80	218,80	184,00	172,40	174,40	168,80
\bar{t}, c	506,00	336,00	240,00	198,00	186,00	186,00	180,00
t_{max}, c	550,01	355,20	261,20	212,00	199,60	197,60	191,20

Джерело: розроблено авторами

Аналіз результатів, які наведені в Табл.5, показує, що результати між першою та другою, другою та третьою, а також третьою та четвертою спробами не пересікаються. Тобто, треба перевірити нуль-гіпотези відмінності середніх значень часу виконання вправи в четвертій та п'ятій спробах за допомогою критерію Стюдента для пов'язаних вибірок у відповідності до (12)-(19). Отримані результати перевірки наведені в Табл.6.

Таблиця 6 – Результати перевірки нуль-гіпотези відмінності середніх значень часу виконання вправи в четвертій та п'ятій спробах

n_s	\bar{d}	S_d	$t_{\text{набл}}$	ν	$t_{\text{табл}}(\alpha = 0,05; 23)$	Висновок
24	13,43	9,38	1,43	23	2,07	$\bar{t}_4 \approx \bar{t}_5$

Джерело: розроблено авторами

Оскільки

$$t_{\text{набл}} = 1,43 < t_{\text{табл}}(\alpha = 0,05; \nu) = 2,07, \quad (39)$$

можна стверджувати, що при рівні значимості $\alpha=0,05$ результати часу виконання контрольної вправи в спробах 5 та 4 спробах практично не відрізняються.

Тобто, для отримання математичного очікування та середньоквадратичного відхилення, які будуть використовуватись для визначення нормативних оцінок у відповідності до (26)-(28), доцільно взяти всі результати, які були отримані в четвертій та п'ятій спробах. Відповідні розрахунки за (1) та (2) надали наступні показники $\bar{t}_{4+5} = 192,04\text{с}$, $\sigma_{4+5} = 34,55\text{с}$. Тоді

$$t_5(\text{КЗІЗФП}) = 192,04 + 34,55 \cdot \Phi^{-1}(0,162) = 157,96\text{с}; \quad (35)$$

$$t_5(\text{КЗІЗФП}) = 192,04 + 34,55 \cdot \Phi^{-1}(0,55) = 196,38\text{с}; \quad (36)$$

$$t_5(\text{КЗІЗФП}) = 192,04 + 34,55 \cdot \Phi^{-1}(0,892) = 234,75\text{с}. \quad (37)$$

З урахуванням вимог кратності та запам'ятовуваності рекомендуються наступні нормативи для оцінювання рівня підготовленості до одягання КЗІЗ ФП, який передбачає знаходження фільтруючого протигазу поверх ізолюючого костюму Л-1,

$$\begin{aligned} t_5(\text{КЗІЗФП}) &= 150\text{с} = 2\text{хвилини}30\text{с}; \\ t_4(\text{КЗІЗФП}) &= 195\text{с} = 3\text{хвилини}15\text{с}; \\ t_3(\text{КЗІЗФП}) &= 150\text{с} = 4\text{хвилини..} \end{aligned} \quad (38)$$

Таким чином, підтверджена працездатність розробленої Методики визначення параметрів тренувальної спроби для оцінювання контрольної вправи та достовірність отримання конкретних параметрів на рівні значимості $\alpha=0,05$. Для випадку підготовки до ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних речовин в ампулізованому костюмі "Рятувальник", всередині якого знаходиться апарат на стисненому повітрі, оцінювання часу одягання такого комплексу засобів індивідуального захисту можна здійснювати, починаючи з четвертої спроби, із застосуванням наступних нормативів: "відмінно" – 3 хвилини 15 секунд, "добре" – 4 хвилини 10 секунд та "задовільно" – 5 хвилин. Коли ж рятувальники працюють в ізолюючому костюмі Л-1 у фільтруючому протигазі, який одягається поверх ізолюючого костюму, оцінювання також можна здійснювати, починаючи з четвертої спроби, із

застосуванням нормативів: “відмінно” – 2 хвилини 30 секунд, “добре” – 3 хвилини 15 секунд та “задовільно” – 4 хвилини.

Висновки

1. Важливою та нерозв’язаною частиною проблеми підвищення ефективності підготовки особового складу Оперативно-рятувальної служби ЦЗ до проведення аварійно-рятувальних робіт є відсутність методики визначення параметрів тренувальної спроби для оцінювання контрольної вправи (як безпосередньо нормативу, так і кількості попередньо виконаних спроб, після якої можна здійснювати оцінювання).

2. Розроблено Методику визначення параметрів тренувальної спроби для оцінювання контрольної вправи, яка полягає в послідовному виконанні наступних процедур:

– Оцінка того, яким чином змінюється показник якості виконання контрольної вправи у часі (від кількості тренувальних спроб). Визначено, що застосування загальноприйнятих методів обробки статистичних даних, наприклад критерію Шапіро-Уїлкі, дозволяє підтвердити з рівнем значимості $\alpha=0,05$ нормальний закон розподілу отриманих експериментальних результатів в кожній спробі і визначити його основні параметри (математичне очікування та середньоквадратичне відхилення), які будуть використовуватись в подальшому, а також перевірити, наприклад за критерієм Фроціні, з рівнем довіри $P=0,95$ те, що час виконання типових операцій та процесів, характерних для здійснення аварійно-рятувальних робіт особовим складом, змінюється за експоненціальним законом в залежності від кількості n попередньо виконаних спроб.

– Визначення кількості попередньо виконаних спроб, після якої можна переходити до оцінювання. Показано, що експоненціальний характер зміни часу виконання типової операції (процесу) від кількості попередньо здійснених спроб дозволяє визначити ту їх кількість, після якої можна починати порівняння цього часу з нормативним значенням. У випадку, коли має місце конкретне нормоване значення $t_{\text{норм}}$, яке не повинен перевищувати час виконання вправи, що розглядається, крім цього значення необхідно знати параметр λ експоненціального розподілу. У випадку, коли нормоване значення не задане, перехід до оцінювання здійснюється за тієї спроби, після якої середній час здійснення обраного варіанту оперативної діяльності перестав скорочуватись, свідченням чого є виконання нуль-гіпотези рівності оцінок середнього часу виконання в поточній та попередній спробі у відповідності до критерію Стюдента при рівні значимості $\alpha=0,05$ для залежних вибірок.

– Обґрунтування нормативу для оцінювання контрольної вправи. розроблено 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.

3. Підтверджена працездатність розробленої Методики визначення параметрів тренувальної спроби для оцінювання контрольної вправи та достовірність отримання конкретних параметрів на рівні значимості $\alpha=0,05$. Для випадку підготовки до ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних речовин в ампулізованому костюмі “Рятувальник”, всередині якого знаходиться апарат на стисненому повітрі, оцінювання часу одягання такого комплексу засобів індивідуального захисту можна здійснювати, починаючи з четвертої спроби, із застосуванням наступних нормативів: “відмінно” – 3 хвилини 15 секунд, “добре” – 4 хвилини 10 секунд та “задовільно” – 5 хвилин. Коли ж рятувальники працюють в

ізолюючому костюмі Л-1 у фільтруючому протигазі, який одягається поверх ізолюючого костюму, оцінювання також можна здійснювати, починаючи з четвертої спроби, із застосуванням нормативів: "відмінно" – 2 хвилини 30 секунд, "добре" – 3 хвилини 15 секунд та "задовільно" – 4 хвилини.

Фінансування

Це дослідження не отримало конкретної фінансової підтримки.

Конкуруючі інтереси

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів.

Список використаних джерел

1. Про затвердження Нормативів виконання навчальних вправ з підготовки осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту та працівників Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту ДСНС України до виконання завдань за призначенням: Наказ МВС України від 20.11.2015 № 1470.
2. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Available at: <https://dsns.gov.ua/>
3. Стрелец В.М. Оценка эффективности подготовки спасателей к ликвидации чрезвычайных ситуаций с использованием нормативов / В.М. Стрелец, М.В. Васильев, В.В. Тригуб // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2014. – № 20. – С. 124-131. URL : <https://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol19/19.pdf>
4. Порядок виконання нормативів радіаційного та хімічного захисту особовим складом органів управління та підрозділів МНС. Методичні рекомендації: Наказ МНС України від 15.10.2008 №741.
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. URL :<https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol25/iss3/11>
6. 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. <https://doi.org/10.34297/AJBSR.2019.03.00>.
7. 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
8. NFPA 1500 Standard on Fire Department Occupational Safety and Health Program. 2002 Edition. URL : <http://www.fsans.ns.ca/pdf/research/nfpa1500.pdf>
9. 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-tandards?mode=code&code=1033>
10. Toan, Dang Quang (2015). Train-the-Trainer Trauma Care Program in Vietnam, *Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol. 19 : Iss. 1 , Article 9. – URL : <http://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol19/iss1/9>
11. 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.
12. Smith, Andy (2017) An APT Demining Machine, *Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol. 21: Iss. 2, Article 15. URL :<http://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss2/15>

13. 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. URL : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5482512/pdf/cm2017000203.pdf>
14. 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. <https://doi.org/10.33445/sds.2023.13.2.12>
15. 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.
16. 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). <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05402-x>
17. Tochiyara Y, Lee JY, Son SY. A review of test methods for evaluating mobility of firefighters wearing personal protective equipment. *Ind Health*. 2022 Apr 1;60(2):106-120. doi: 10.2486/indhealth.2021-0157. Epub 2022 Jan 12. PMID: 35022362; PMCID: PMC8980691 URL : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8980691/>
18. OSHA 1910.156 Fire brigades. URL : https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9810
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. Texas City Refinery explosion. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Texas_City_Refinery_explosion
21. Multi-part Document BS EN 1846 - Firefighting and rescue service vehicles. <https://doi.org/10.3403/BSEN1846>
22. Morris, C.E.; 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, 4, 60. <https://doi.org/10.3390/safety4040060>
23. Skinner TL, Kelly VG, Boytar AN, Peeters GG, Rynne SB. Aviation Rescue Firefighters physical fitness and predictors of task performance. *J Sci Med Sport*. 2020 Dec;23(12):1228-1233. doi: 10.1016/j.jsams.2020.05.013. Epub 2020 May 25. PMID: 32507623. URL : [https://www.jsams.org/article/S1440-2440\(19\)31625-1/abstract](https://www.jsams.org/article/S1440-2440(19)31625-1/abstract)
24. Stevenson RDM, Siddall AG, Turner PFJ, Bilzon JLJ. Implementation of Physical Employment Standards for Physically Demanding Occupations. *J Occup Environ Med*. 2020 Aug;62(8):647-653. doi: 10.1097/JOM.0000000000001921. PMID: 32472847. URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32472847/>
25. Robert J. Gumieniak, Jim Shaw, Norman Gledhill & Veronica K. Jamnik (2018) Physical employment standard for Canadian wildland fire fighters; identifying and characterising critical initial attack response tasks, *Ergonomics*, 61:10, 1299-1310, DOI: 10.1080/00140139.2018.1464211. URL : <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00140139.2018.1464211>
26. Strelec, V. M., Stecuk, E. I., & Shepelev, I. V. (2018). Статистичний метод обґрунтування нормативів для оцінювання рівня підготовленості піротехніків (на прикладі одягання засобів індивідуального захисту сапера). *Військово-технічний збірник*, (19), 85–93. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.19.2018.85-93>
27. Стрелец В.М. Оценка эффективности подготовки спасателей к ликвидации чрезвычайных ситуаций с использованием нормативов / В.М. Стрелец, М.В. Васильев, В.В. Тригуб //

- Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2014. – № 20. – С.124-131. URL : <https://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol19/19.pdf>
28. ДСТУ ISO 5479:2009 Статистичне опрацювання даних. Критерії відхилення від нормального розподілу (ISO 5479:1997, IDT). [Чинний від 2011-07-01]. Київ : Держстандарт України, 2009. 34 с.
29. 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.
30. Мунипов В. М. Ергономика./В. М. Мунипов, В. П. Зинченко. – Логос, 2011. – 356 с.
- 31 Горкавий В. К. Статистика : навч. посібник / В. К. Горкавий. Київ : Алерта, 2012. 608 с.
32. Ромакин В. В. Комп'ютерний аналіз даних: Навчальний посібник. — Миколаїв: Вид-во МДГУ ім. Петра Могили, 2006. — 144 с.
33. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. Наука, 1962. 564 с.
34. Соловйов І. Методика обґрунтування оперативно-технічних рекомендацій щодо скорочення часу підводного розмінування водолазами-саперами Державної служби України з надзвичайних ситуацій. /І. Соловйов, В. Стрілець, О. Бляшенко, В. Серватюк, А. Пруський // Цивільний захист та пожежна безпека. – 2022. - № 2 (14). – С.108–121.
35. Ковалев П.А. Особенности обоснования комплексных нормативов для практических занятий / П.А. Ковалев, Р.А. Нередков, В.М. Стрелец // Проблемы надзвичайних ситуацій. – № 4. – Харків, Фоліо, 2006 – С. 129-133.
36. Стрілець В.М., Васильев М.В. Аналіз захисних властивостей засобів індивідуального захисту, які призначені для роботи в умовах викиду небезпечних хімічних речовин. Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. 2010. № 1(23). С. 197-200.
37. Розкриття закономірностей діяльності рятувальників в непридатному для дихання середовищі [Текст] : звіт про НДР (закл.) 15.12.19 / Національний університет цивільного захисту України ; керівн. В. М. Стрілець ; викон. : П.Ю. Бородич [та ін.]. – Харків., 2015. – 153 с. – № держреєстрації 0115U002019.
38. СОУ МНС 75.2-00013528-005:2011 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Комплекси засобів індивідуального захисту рятувальників. Класифікація і загальні вимоги.

References

1. Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine on the approval of the Standards for the implementation of training exercises for the training of the rank-and-file and senior staff of the civil protection service and employees of the operational and rescue service of the civil protection service of the State Emergency Service of Ukraine for the performance of assigned tasks № 1470 (2015, November 20). Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrayiny [in Ukrainian].
2. The state emergency service of Ukraine. Official website. Retrieved from: <https://dsns.gov.ua/en> [in Ukrainian].
3. 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].
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. 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. <https://doi.org/10.34297/AJBSR.2019.03.000715>
 7. 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
 8. NFPA 1500 Standard on Fire Department Occupational Safety and Health Program. 2002 Edition. Available at: <http://www.fsans.ns.ca/pdf/research/nfpa1500.pdf>
 9. 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>
 10. Toan, Dang Quang (2015) "Train-the-Trainer Trauma Care Program in Vietnam," *The Journal of ERW and Mine Action*: Vol. 19: Iss. 1, Article 9. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol19/iss1/9>
 11. Ivanets, H.V., Stetsiuk, Y.I., Ivanets M.H. (2014). Individual protection of sappers against shrapnel and bullets. *Weapon systems and military equipment*, 4, 21-24 [in Ukrainian].
 12. Smith, Andy (2017) "An APT Demining Machine," *The Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol. 21 : Iss. 2 , Article 15. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss2/15>
 13. 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>
 14. Strelets, V., Hrytsaienکو, M., Soloviov, I., & Kamyshtentsev, 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>
 15. Strilets, V.M., Rosokha, S.M., Borodych, P.U. (2012). Patterns of rescuers' activities during emergency rescue operations at subway stations. *City printing house*, 112 [in Ukrainian].
 16. 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). <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05402-x>
 17. Tochiyara, Y., Lee, J. Y., & Son, S. Y. (2022). A review of test methods for evaluating mobility of firefighters wearing personal protective equipment. *Industrial health*, 60(2), 106–120. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2021-0157>
 18. OSHA 1910.156 Fire brigades. Available at: https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9810
 19. 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>
 20. Texas City Refinery explosion. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Texas_City_Refinery_explosion
 21. Multi-part Document BS EN 1846 - Firefighting and rescue service vehicles. Available at: <https://doi.org/10.3403/BSEN1846>
 22. Morris CE, 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; 4(4):60. <https://doi.org/10.3390/safety4040060>

23. Skinner, T.L, Kelly, V.G, Boytar, A.N, Peeters, G.G, Rynne, S.B. Aviation Rescue Firefighters physical fitness and predictors of task performance. *J Sci Med Sport*. 2020 Dec;23(12):1228-1233. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.05.013>. Epub 2020 May 25. PMID: 32507623. Available at: [https://www.jsams.org/article/S1440-2440\(19\)31625-1/abstract](https://www.jsams.org/article/S1440-2440(19)31625-1/abstract)
24. Stevenson, R. D. M., Siddall, A. G., Turner, P. F. J., & Bilzon, J. L. J. (2020). Implementation of Physical Employment Standards for Physically Demanding Occupations. *Journal of occupational and environmental medicine*, 62(8), 647–653. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000001921>
25. Stevenson, R. D. M., Siddall, A. G., Turner, P. F. J., & Bilzon, J. L. J. (2020). Implementation of Physical Employment Standards for Physically Demanding Occupations. *Journal of occupational and environmental medicine*, 62(8), 647–653. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000001921>
26. Strelec, V. M., Stecuk, E. I., & Shepelev, I. V. (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>
27. Strelec, V. M., Vasyliiev, M.V., Tryhub, V.V. (2014). Assessing the effectiveness of training rescuers to respond to emergency situations using standards. *Problems of supernatural situations* 20,124-131. Available at: <https://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol19/19.pdf>
28. *Statistical data processing. Criteria for deviation from normal distribution*. (2009). DSTU ISO 5479:1997 from 01th July. Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].
29. 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.
30. Munypov, V. M., Zinchenko, V.P. (2011). *Ergonomics*. LOGOS [in Ukrainian].
31. Harkavyi, V.K. (2012). *Statystyka*. Kyiv : Alerta [in Ukrainian].
32. Romakin, V. V. (2006). *Kompiuternyi analiz danykh*. Mykolaiv: Vyd-vo MDHU im. Petra Mohyly [in Ukrainian].
33. Venttsel E.S (1962). *Teoryia veroiatnostei*. Nauka.
34. Soloviov, I.M., Strilets, V.M., Bliashenko, O.M., Servatiuk, V.S., & Pruskyi, A.H. (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)
35. Kovalev, P.A., Neredkov, R.A., Strilets, V.M. (2006). Features of justification of complex standards for practical training. *Problems of emergency situations*, 4, 129-133 [in Ukrainian].
36. Strilets, V.M., Vasyliiev, M.V. (2010). Analysis of the protective properties of personal protective equipment, which are intended for work in conditions of release of hazardous chemicals. *Collection of scientific works of the Kharkiv National University of the Air Force*, 1(23), 197-200 [in Ukrainian].
37. Strilets, V.M., Borodych, P.U. (2015). Revealing the patterns of rescuers' activity in an environment unsuitable for breathing. *National University of Civil Defense of Ukraine* [in Ukrainian].
38. *Safety in emergency situations. Complexes of means of individual protection of rescuers. Classification and general requirements* (2011). SOU MNS 75.2-00013528-005 from 19 th December. Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].