

УДК 313.86

Д. Ю. Белюченко¹, к.т.н., ст. викл. каф. (ORCID 0000-0001-7782-2019)

В. М. Стрілець¹, д.т.н., професор, ст. викл. каф. (ORCID 0000-0001-5992-1195)

Т. О. Луценко¹, к.н.держ.упр., доцент, доц. каф. (ORCID 0000-0001-7373-4548)

П. О. Корчагін², нач. ГУ (ORCID 0009-0004-4126-1781)

І. В. Маловик³, гол. інспектор апарату ДСНС (ORCID 0009-0009-2319-9730)

О. В. Ребров⁴, нач. загону (ORCID 0009-0005-6654-7863)

¹Національний університет цивільного захисту України

²ГУ ДСНС України у Луганській області

³Департамент запобігання надзвичайним ситуаціям апарату ДСНС України

⁴ГУ ДСНС України у Рівненській області

ОБГРУНТУВАННЯ НОРМАТИВІВ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ОПЕРАТИВНИХ РОЗГОРТАНЬ В ЗАСОБАХ БРОНЕЗАХИСТУ

Розроблено науково-методичний апарат обґрунтування нормативів для оцінювання рівня підготовленості пожежних-рятувальників до оперативного розгортання пожежно-рятувальних автомобілів в захисному спорядженні із засобами бронезахисту та визначено нормативні оцінки для типових варіантів. Для цього було вдосконалено існуючий статистичний метод обґрунтування нормативів шляхом визначення середньозважених оцінок ймовірностей попадання часу оперативного розгортання в засобах бронезахисту в інтервали між нормативами. Це дозволило врахувати різноманіття суджень експертів стосовно цього, яке раніше не брали до уваги. Встановлено, що для обґрунтування шуканих нормативних оцінок необхідно визначити зворотну функцію стандартного нормального розподілу з урахуванням як його параметрів (математичного очікування та середньоквадратичного відхилення часу здійснення відповідного оперативного розгортання), 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. У відповідності до розробленого методу обґрунтовано нормативи для оцінювання рівня підготовленості пожежних-рятувальників до подачі двох пожежних стволів з прокладанням магістральної лінії $d=77$ мм на три рукава та двох робочих ліній $d=51$ мм на два рукави з установкою пожежно-рятувального автомобіля на пожежний гідрант, а також для оцінювання рівня підготовленості до подачі переносного лафетного ствола з прокладанням двох магістральних ліній на три рукава $d=77$ мм з установкою пожежно-рятувального автомобіля на пожежний гідрант. Їх впровадження буде сприяти усуненню протиріччя між умовами застосування пожежно-рятувальних автомобілів, для яких були розроблені існуючі нормативи, та сучасними умовами, коли є необхідність працювати в умовах можливого бойового ураження.

Ключові слова: норматив, оперативне розгортання, пожежно-рятувальний автомобіль, бронезахист

1. Вступ

Основні нормативні вимоги щодо оперативних розгортань оперативно-рятувальної техніки [1] конкретизовані тільки для умов мирного стану. В той же час, в умовах сьогодення оперативно-рятувальні підрозділи здійснюють близько 200 виїздів на ліквідацію наслідків того, як окупанти обстрілюють населенні пункти та об'єкти інфраструктури [2]. Тобто, оцінювання ефективності оперативних розгортань рятувальної техніки супроводжується протиріччям між умовами застосування цієї техніки, для якої були розроблені існуючі нормативи (в першу чергу це нормативи для оцінювання оперативного розгортання АЦ-40(131)), та сучасними умовами, коли особовий склад оперативно-рятувальних підрозділів є вимушеним здійснювати оперативні розгортання рятувальної техніки в захисному спорядженні в комплекті із засобами бронезахисту.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

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 бронезилети [3]. 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.

На сьогоднішній день обґрунтування рекомендацій оперативним розрахункам пожежних автомобілів відбувається з урахуванням того, як особовий склад 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 [4], яке відповідає за цей напрямок, у відповідності до стандарту NFPA 1500-2002 [5], 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.

В [6] розглядаються питання руху пожежних, які використовують засоби індивідуального захисту. 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 розглядались. Хоча в [7] 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 [8], так і волонтерських [9] підрозділів. В той же час, питання, пов'язані з тим, що дії рятувальників під час оперативних розгортань відбуваються в умовах застосування засобів бронезахисту, не розглядались. Як не розглядаються вони і в базовому стандарті ЄС [10], 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.

Хоча стосовно маркерів фізіологічного стресу пожежного в [11] 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 [12] стосовно виконання тестових завдань авіаційними рятувальниками. Але в [13] питання градації пожежних не конкретизувались.

В [14], 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 [15], 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.

В Україні існує науково-методичний апарат обґрунтування нормативів бойового розгортання пожежних автомобілів, який спирається на показники розподілу (β -розподіл, коли воно складається до 4–5 операцій [16], та нормальний – для більш складних випадків [17]), але ситуація щодо того, яким чином можна не призначити, а обґрунтувати ту долю результатів, яка стане основою для конкретизації долі результатів, яка приходить на відповідний норматив, не розглядалась.

Таким чином, важливою та нерозв'язаною частиною проблеми підвищення ефективності діяльності оперативно-рятувальних підрозділів ДСНС в умовах можливого бойового ураження ворогом без зниження рівня безпеки особового складу є відсутність нормативів для оцінювання рівня підготовленості до відповідних дій, у тому разі оперативного розгортання пожежно-рятувальних автомобілів розрахунками, які одягнені в захисне спорядження, що включає засоби бронезахисту.

3. Мета і завдання дослідження

Метою дослідження є розробка науково-методичного апарата обґрунтування нормативів для оцінювання рівня підготовленості пожежних-рятувальників до оперативного розгортання пожежно-рятувальних автомобілів в захисному спорядженні із засобами бронезахисту.

Для досягнення поставленої мети потребують вирішення наступні завдання:

1. Розробити методiku обґрунтування нормативів для оцінювання рівня підготовленості пожежних-рятувальників до оперативного розгортання пожежно-рятувальних автомобілів в захисному спорядженні із засобами бронезахисту.

2. Визначити нормативи для оцінювання рівня підготовленості пожежних-рятувальників до здійснення типових варіантів оперативного розгортання пожежно-рятувальних автомобілів в захисному спорядженні із засобами бронезахисту.

4. Матеріали та методи дослідження

Об'єкт дослідження – оперативне розгортання пожежно-рятувальних автомобілів в захисному спорядженні із засобами бронезахисту.

Предмет дослідження – нормативні оцінки ефективності часу оперативного розгортання пожежно-рятувальних автомобілів рятувальниками в захисному спорядженні із засобами бронезахисту.

Основна гіпотеза дослідження – використання зворотної функції стандартного нормального розподілу з урахуванням як його статистичних параметрів, так і експертних суджень щодо ймовірності отримання відповідних оцінок рівня підготовленості особового складу до оперативного розгортання пожежно-рятувальних автомобілів в захисному спорядженні із засобами бронезахисту для обґрунтування нормативів.

Перевірка гіпотези здійснювалась наступним чином:

– визначення вихідних даних для отримання нормативів за рахунок удосконалення існуючого статистичного методу обґрунтування нормативів шляхом отримання середньозважених оцінок ймовірностей попадання часу оперативного розгортання в засобах бронезахисту в інтервали між нормативами:

– статистичного аналізу результатів типових варіантів оперативного розгортання пожежних автомобілів особовим складом в захисному спорядженні із засобами бронезахисту та визначення середньозважених оцінок;

– отримання шуканої нормативної оцінки з подальшим її коригуванням з урахуванням умов кратності та запам'ятовуваності.

В експериментальних дослідженнях брали участь випробувальні з числа курсантів третього та четвертого курсів НУЦЗ України. Вони в зимовий час виконували наступні варіанти оперативного розгортання пожежно-рятувальних автомобілів (ПРА) середнього класу в захисному спорядженні із засобами бронезахисту:

- варіант 1 – подача двох пожежних стволів з прокладанням магістральної лінії $d=77$ мм на три рукава та двох робочих ліній $d=51$ мм на два рукави з установкою ПРА на пожежний гідрант (ПГ);
- варіант 2 – подача переносного лафетного ствола з прокладанням двох магістральних ліній на три рукава $d=77$ мм з установкою ПРА на ПГ.

5. Розробка методики обґрунтування нормативів оцінювання оперативних розгортань в засобах бронезахисту

5.1. Визначення вихідних даних для обґрунтування нормативів

У відповідності до центральної граничної теореми [18], 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 [18] для визначення імовірності улучення випадкової величини в заданий інтервал:

$$p_5 = p(t \leq t_5) = \Phi\left(\frac{t_5 - \bar{t}_{\text{оп}}}{\sigma_{\text{оп}}}\right), \quad (1)$$

$$p_4 = p(t_4 < t \leq t_5) = \Phi\left(\frac{t_4 - \bar{t}_{\text{оп}}}{\sigma_{\text{оп}}}\right) - \Phi\left(\frac{t_5 - \bar{t}_{\text{оп}}}{\sigma_{\text{оп}}}\right) = \Phi\left(\frac{t_4 - \bar{t}_{\text{оп}}}{\sigma_{\text{оп}}}\right) - p_5, \quad (2)$$

$$p_4 = p(t_3 < t \leq t_4) = \Phi\left(\frac{t_3 - \bar{t}_{\text{оп}}}{\sigma_{\text{оп}}}\right) - \Phi\left(\frac{t_4 - \bar{t}_{\text{оп}}}{\sigma_{\text{оп}}}\right) = \Phi\left(\frac{t_3 - \bar{t}_{\text{оп}}}{\sigma_{\text{оп}}}\right) - (p_4 + p_5), \quad (3)$$

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

З (1–3) видно, що параметри математичного очікування $\bar{t}_{\text{оп}}$ та середньоквадратичного відхилення $\sigma_{\text{оп}}$ 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 [19] 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:

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

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:

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

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

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

$$|p_{5(4;3)j} - \tilde{p}_{5(4;3)}| \geq \alpha \cdot \sigma(\tilde{p}_{5(4;3)}), \quad (6)$$

$$\text{де } \alpha = 2,5 \div 3,0; \sigma(\tilde{p}_{5(4;3)}) = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n (p_{5(4;3)j} - \bar{p}_{5(4;3)})^2},$$

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

5.2. Процедура отримання нормативної оцінки

Використання (1–3) для отримання нормативів спирається на гіпотезі, що розподіл часу оперативного розгортання пожежного автомобіля в захисному спорядженні із засобами бронезахисту відповідає нормальному закону, та знанні параметрів цього розподілу. Враховуючи незначну кількість ($n < 30$) експериментальних результатів, які можна отримати під час експериментальних досліджень, перевірку на нормальність з одночасним отриманням його параметрів доцільно виконати за критерієм Шапіро-Уїлкі [20]. Для цього необхідно розрахувати математичне очікування виконання кожного варіанту оперативного розгортання:

$$\bar{t}_{OP} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{OPi}}{n}, \quad (7)$$

де t_i – час i -го виконання обраного для розгляду варіанту оперативного розгортання, с; середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma_{OP} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (t_{OPi} - \bar{t}_{OP})^2}, \quad [c], \quad (8)$$

та

$$n \cdot m_2 = \sum_{i=1}^n (t_{OPi} - \bar{t}_{OP})^2, \quad [c^2], \quad (9)$$

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

$$S(OP) = \sum_{i=1}^k a_{n-i+1} \cdot (t_{OP(n-i+1)} - t_{OPi}), \quad [c], \quad (10)$$

де k – індекс, який має значення від 1 до $n/2 = 12$; a_{n-i+1} – коефіцієнт, який має спеціальні значення для обсягу вибірки n (їх значення наведені в табл. 10 [20]).

Якщо у відповідності до табл. 11 [20] для рівня значимості $\alpha=0,05$ та n :

$$W(OP) = \frac{S^2(OP)}{n \cdot m_2} \geq W_{\text{табл}}, \quad (11)$$

розподіл вважається нормальним.

З урахуванням результатів розрахунку середньозважених оцінок $\langle \tilde{p}_5; \tilde{p}_4; \tilde{p}_3 \rangle$ у відповідності до (4–6) та знання параметрів математичного очікування \bar{t}_{OP} (7) та середньоквадратичного відхилення σ_{OP} (8) 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:

$$t_5 = \bar{t}_{OP} + \sigma_{OP} \cdot \Phi^{-1}(\tilde{p}_5), \quad (12)$$

$$t_4 = \bar{t}_{OP} + \sigma_{OP} \cdot \Phi^{-1}(\tilde{p}_4 + \tilde{p}_5), \quad (13)$$

$$t_3 = \bar{t}_{OP} + \sigma_{OP} \cdot \Phi^{-1}(\tilde{p}_3 + \tilde{p}_4 + \tilde{p}_5). \quad (14)$$

Для використання отриманих (12–14) 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 [16].

Таким чином, розроблено науково-методичний апарат обґрунтування нормативів для оцінювання рівня підготовленості пожежних-рятувальників до оперативного розгортання пожежних автомобілів в захисному спорядженні із засобами бронезахисту, основу якого складає визначення зворотної функції стандартного нормального розподілу з урахуванням як його параметрів (математичного очікування та середньоквадратичного відхилення часу здійснення відповідного оперативного розгортання), 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.

6. Визначення нормативів для оцінювання типових оперативних розгортань в захисному спорядженні із засобами бронезахист

У відповідності до п. 5.2 отримані експериментальні результати оперативного розгортання ПРА шляхом подачі двох пожежних стволів з прокладанням магістральної лінії $d=77$ мм на три рукава та двох робочих ліній $d=51$ мм на два рукави з установкою ПРА на ПГ (табл. 1) та подачі переносного лафетного ствола з прокладанням двох магістральних ліній на три рукава $d=77$ мм з установкою ПРА на ПГ (табл. 2) спочатку у відповідності до (7–11) були перевірені на нормальність розподілу. В узагальненому вигляді отримані показники наведені в табл. 3.

Табл. 1. Експериментальні результати подачі двох пожежних стволів з прокладанням магістральної лінії $d=77$ мм на три рукава та двох робочих ліній $d=51$ мм на два рукави з установкою ПРА на ПГ (варіант 1 оперативного розгортання)

Показник	Оперативний розрахунок									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t_{OPi}, c	122,3	120,1	141,4	138,9	131,6	127,5	123,8	134,9	126,6	117,5

Табл. 2. Експериментальні результати подачі переносного лафетного ствола з прокладанням двох магістральних ліній на три рукава $d=77$ мм з установкою ПРА на ПГ (варіант 2 оперативного розгортання)

Показник	Оперативний розрахунок									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t_{OPi}, c	117,9	118,0	104,1	117,6	138,6	114,6	116,6	109,4	119,1	124,4

Табл. 3. Результати перевірки експериментальних результатів на нормальність

Показник	\bar{t}_{OP}, c	σ_{OP}, c	σ^2_{OP}, c^2	nm_2, c^2	$S^2(OP), c^2$	$W(OP)$	$W_{табл}$
Варіант 1	128,46	8,04	64,65	581,82	556,34	0,96	0,869
Варіант 2	118,03	9,11	83,04	747,38	669,96	0,90	

Аналіз результатів, які наведені в табл. 2 та табл. 3, показує (рис. 1), що отримані експериментальні розподіли за кожним із розглянутих варіантів відповідають нормальному закону, а визначені параметри математичних очікувань та середньоквадратичних відхилень можна використовувати для розрахунку нормативних оцінок відповідних оперативних розгортань ПРА в захисному спорядженні із засобами бронезахисту.

Результати визначення («викиди» місця не мали) середньовиважених оцінок $\langle \tilde{p}_5; \tilde{p}_4; \tilde{p}_3 \rangle$ за експертними оцінками відповідних часток (частот) можливих резуль-

татів, які надали викладачі кафедри «Пожежної та рятувальної підготовки» Національного університету цивільного захисту України, у відповідності до (4) та (5) наведені в табл. 4.

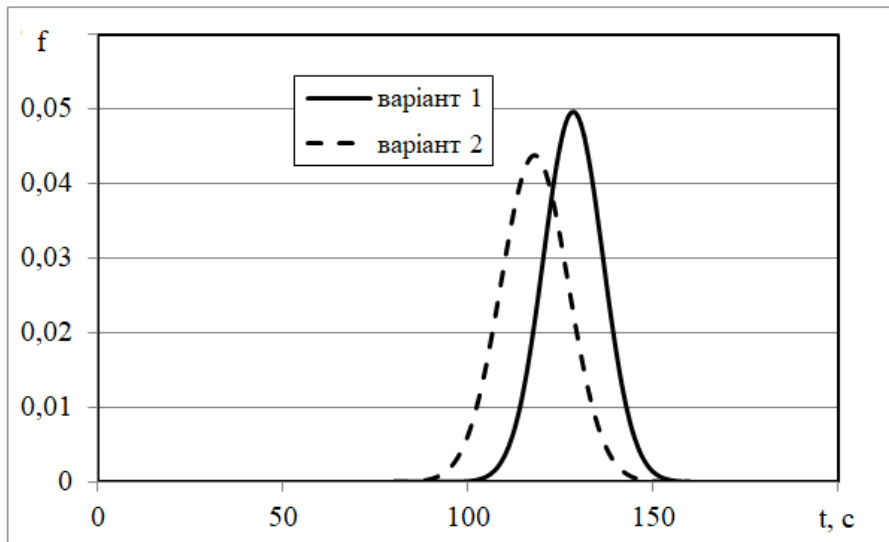


Рис. 1. Розподіл часу виконання оперативних розгортань пожежно-рятувальних автомобілів взимку в захисному спорядженні із засобами бронезахисту (суцільна лінія – варіант 1; пунктирна – варіант 2)

Табл. 4. Експертні оцінки відповідних часток (частот) можливих результатів та результати їх аналізу

		Експерт, j					
		1	2	3	4	5	6
Експертні оцінки	P_{5j}	0,2	0,15	0,15	0,2	0,2	0,15
	P_{4j}	0,4	0,45	0,4	0,3	0,35	0,4
	P_{3j}	0,3	0,35	0,35	0,4	0,35	0,4
$\nu_{5j}(\tilde{p}_5)$		0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167
$\nu_{4j}(\tilde{p}_4)$		0,298	0,019	0,298	0,012	0,075	0,298
$\nu_{3j}(\tilde{p}_3)$		0,007	0,323	0,323	0,013	0,323	0,013
\tilde{p}_5		0,175					
\tilde{p}_4		0,396					
\tilde{p}_3		0,351					

Отримані результати обробки експериментальних даних (табл. 3 і табл. 4) дозволяють визначити у відповідності до (12–14) розрахункові нормативні оцінки обраних для розгляду оперативних розгортань пожежних автомобілів в захисному спорядженні із засобами бронезахисту.

$$\begin{aligned}
 t_5 &= \bar{t}_{OP} + \sigma_{OP} \cdot \Phi^{-1}(\tilde{p}_5) = \\
 &= \begin{cases} 128,46 + 8,04 \cdot \Phi^{-1}(0,175) = 120,95 \text{ с для варіанта 1;} \\ 118,03 + 9,11 \cdot \Phi^{-1}(0,175) = 109,51 \text{ с для варіанта 2;} \end{cases} \quad (15)
 \end{aligned}$$

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

$$= \begin{cases} 128,46 + 8,04 \cdot \Phi^{-1}(0,396 + 0,175) = 129,90 \text{ с для варіанта 1;} \\ 118,03 + 9,11 \cdot \Phi^{-1}(0,396 + 0,175) = 119,66 \text{ с для варіанта 2;} \end{cases} \quad (16)$$

$$t_4 = \bar{t}_{OP} + \sigma_{OP} \cdot \Phi^{-1}(\tilde{p}_3 + \tilde{p}_4 + \tilde{p}_5) =$$

$$= \begin{cases} 128,46 + 8,04 \cdot \Phi^{-1}(0,351 + 0,396 + 0,175) = 139,86 \text{ с для варіанта 1;} \\ 118,03 + 9,11 \cdot \Phi^{-1}(0,351 + 0,396 + 0,175) = 130,96 \text{ с для варіанта 2.} \end{cases} \quad (17)$$

З урахуванням вимог кратності та запам'ятовування для оперативного розгортання ПРА в захисному спорядженні із засобами бронезахисту взимку, яке передбачає подачу двох пожежних стволів з прокладанням магістральної лінії $d=77$ мм на три рукава та двох робочих ліній $d=51$ мм на два рукави з установкою ПРА на пожежний гідрант, для використання в навчальному процесі були прийняті (рис. 2) такі нормативи:

$$t_5(OP1) = 120 \text{ с}; t_4(OP1) = 130 \text{ с}; t_3(OP1) = 140 \text{ с.} \quad (18)$$

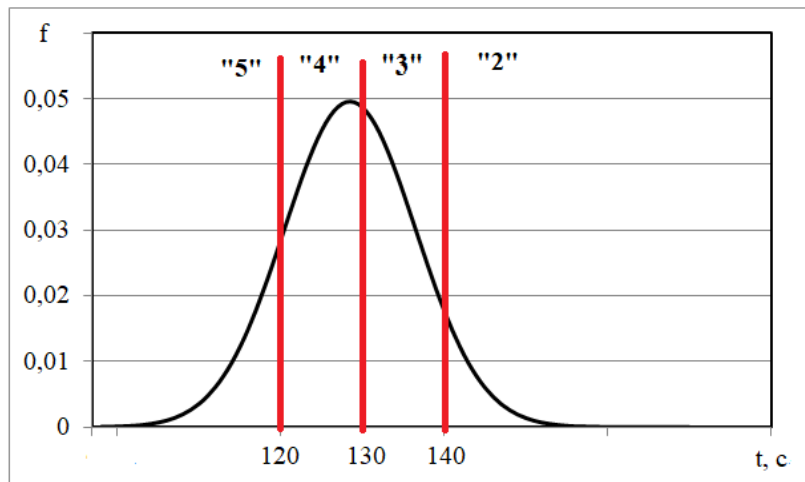


Рис. 2. Визначення нормативів для оцінювання рівня підготовленості до оперативного розгортання пожежно-рятувального автомобіля взимку в захисному спорядженні із засобами бронезахисту за першим варіантом

Поступаючи аналогічним чином, для оцінювання оперативного розгортання ПРА в захисному спорядженні із засобами бронезахисту взимку, яке передбачає подачу переносного лафетного ствола з прокладанням двох магістральних ліній на три рукава $d=77$ мм з установкою ПРА на ПГ, для використання в навчальному процесі рекомендується норматив:

$$t_5(OP2) = 110 \text{ с}; t_4(OP2) = 120 \text{ с}; t_3(OP2) = 130 \text{ с.} \quad (19)$$

Таким чином, за результатами застосування статистичного підходу до аналізу дійсних експериментальних результатів виконання вправи рятувальниками ДСНС та урахування точки зору експертів стосовно кожного нормативу щодо відповідних частот (частот) всіх можливих результат у вигляді середньозважених оцінок отримано нормативні оцінки ($t_5(OP1) = 120 \text{ с}; t_4(OP1) = 130 \text{ с}; t_3(OP1) = 140 \text{ с}$) для оцінюван-

ня рівня підготовленості до подачі двох пожежних стволів з прокладанням магістральної лінії $d=77$ мм на три рукава та двох робочих ліній $d=51$ мм на два рукави з установкою пожежно-рятувального автомобіля на пожежний гідрант, а також нормативні оцінки ($t_5(ОР 2) = 110$ с; $t_4(ОР 2) = 120$ с; $t_3(ОР 2) = 130$ с) для оцінювання рівня підготовленості до подачі переносного лафетного ствола з прокладанням двох магістральних ліній на три рукава $d=77$ мм з установкою пожежно-рятувального автомобіля на пожежний гідрант.

7. Обговорення отриманих результатів дослідження оперативних розгортань в захисному спорядженні із засобами бронезахист

Проведений аналіз показав, що важливою та нерозв'язаною частиною проблеми підвищення ефективності діяльності оперативно-рятувальних підрозділів ДСНС в умовах можливого бойового ураження ворогом без зниження рівня безпеки особового складу є відсутність нормативів для оцінювання рівня підготовленості до відповідних дій. Це обумовлено протиріччям між умовами застосування цієї техніки, для якої були розроблені існуючі нормативи (в першу чергу це нормативи для оцінювання оперативного розгортання АЦ-40(131)), та сучасними умовами, коли особовий склад оперативно-рятувальних підрозділів є вимушеним здійснювати оперативні розгортання рятувальної техніки в захисному спорядженні в комплекті із засобами бронезахисту.

Виходячи з цього, метою роботи була розробка науково-методичного апарата обґрунтування нормативів для оцінювання рівня підготовленості пожежних-рятувальників до оперативного розгортання пожежних автомобілів в захисному спорядженні із засобами бронезахисту та визначити нормативні оцінки для типових варіантів. У якості останніх були обрані подача двох пожежних стволів з прокладанням магістральної лінії $d=77$ мм на три рукава та двох робочих ліній $d=51$ мм на два рукави з установкою пожежно-рятувального автомобіля на пожежний гідрант (варіант 1) та подача переносного лафетного ствола з прокладанням двох магістральних ліній на три рукава $d=77$ мм з установкою пожежно-рятувального автомобіля на пожежний гідрант (варіант 2).

Набула свого підтвердження гіпотеза стосовно того, що показник зворотної функції стандартного нормального розподілу з урахуванням як його статистичних параметрів (математичного очікування та середньоквадратичного відхилення часу виконання обраного варіанту оперативного розгортання), отриманих з рівнем значимості $\alpha=0,05$, так і експертних суджень щодо ймовірності отримання відповідних оцінок рівня підготовленості особового складу до оперативного розгортання пожежно-рятувальних автомобілів в захисному спорядженні із засобами бронезахисту у вигляді середньозваженої оцінки можна використовувати для обґрунтування нормативів для оцінювання рівня підготовленості особового складу до дій у відповідних умовах. Застосування нормального розподілу часу оперативного розгортання, оскільки воно складається із виконання конкретної послідовності різноманітних дій, які додатково ускладнені використанням засобів бронезахисту, відповідає судженню центральної граничної теореми.

Процес отримання експериментальних результатів під час проведення обраних варіантів оперативного розгортання пожежно-рятувальних автомобілів показав, що використання особовим складом оперативних розрахунків бронезахисту знизило продуктивність оперативної діяльності внаслідок зниження рухливості, спритності та чіткості рухів, скоротило оглядовість внаслідок обмеження рухли-

вості, підвищило дискомфорт та втому рятувальників особливо у разі збільшення кількості пожежних рукавів, а також дістання пожежно-технічного обладнання з верхніх частин відсіку або надбудови автомобіля.

Показана доцільність використання під час визначення нормативних оцінок середньозважених оцінок відповідних часток (частот) всіх можливих результатів, які попадають в інтервали часу оперативного розгортання пожежно-рятувального автомобіля в захисному спорядженні із засобами бронезахисту, що відповідають обраним критеріям визначення рівня підготовленості оперативного розрахунку. Рекомендується очікувані значення ймовірності попадання часу оперативного розгортання в обраний інтервал розглядати у вигляді середньовиваженої оцінки за відповідними індивідуальними оцінками всіх залучених експертів.

Отримано конкретні нормативи для оцінювання рівня підготовленості пожежних-рятувальників до оперативного розгортання пожежних автомобілів середнього класу в захисному спорядженні із засобами бронезахисту взимку з урахуванням вимог кратності та запам'ятовування. Для першого варіанту (подача двох пожежних стволів з прокладанням магістральної лінії $d=77$ мм на три рукава та двох робочих ліній $d=51$ мм на два рукави з установкою пожежно-рятувального автомобіля на пожежний гідрант): «відмінно» – швидше 120 с; «добре» – повільніше 120 с, але швидше 130 с; «задовільно» – повільніше 130 с, але швидше 140 с; «незадовільно» – повільніше 140 с. Для другого варіанту (подача переносного лафетного ствола з прокладанням двох магістральних ліній на три рукава $d=77$ мм з установкою пожежно-рятувального автомобіля на пожежний гідрант): «відмінно» – швидше 110 с; «добре» – повільніше 110 с, але швидше 120 с; «задовільно» – повільніше 120 с, але швидше 130 с; «незадовільно» – повільніше 130 с.

Сильною стороною отриманих результатів є їх достовірне (з рівнем значимості $\alpha=0,05$) визначення. Слабою – трудомісткість проведення експериментальних досліджень для отримання результатів, а також необхідність підтвердження ефективності підготовки оперативних розрахунків пожежно-рятувальних автомобілів з використанням запропонованих нормативів.

8. Висновки

1. Розроблено науково-методичний апарат обґрунтування нормативів для оцінювання рівня підготовленості пожежних-рятувальників до оперативного розгортання пожежних автомобілів в захисному спорядженні із засобами бронезахисту, основу якого складає визначення зворотної функції стандартного нормального розподілу з урахуванням як його параметрів (математичного очікування та середньоквадратичного відхилення часу здійснення відповідного оперативного розгортання), 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.

2. За результатами застосування статистичного підходу до аналізу дійсних експериментальних результатів виконання вправи рятувальниками ДСНС та урахування точки зору експертів стосовно кожного нормативу щодо відповідних часток (частот) всіх можливих результат у вигляді середньозважених оцінок отримано нормативні оцінки ($t_5(ОП1) = 120$ с; $t_4(ОП1) = 130$ с; $t_3(ОП1) = 140$ с) для оцінювання рівня підготовленості до подачі двох пожежних стволів з прокладанням магістральної лінії $d=77$ мм на три рукава та двох робочих ліній $d=51$ мм на два ру-

кави з установкою пожежно-рятувального автомобіля на пожежний гідрант, а також нормативні оцінки ($t_5(ОР 2) = 110$ с; $t_4(ОР 2) = 120$ с; $t_3(ОР 2) = 130$ с) для оцінювання рівня підготовленості до подачі переносного лафетного ствола з прокладанням двох магістральних ліній на три рукава $d=77$ мм з установкою пожежно-рятувального автомобіля на пожежний гідрант.

Література

1. Наказ МВС України від 12.06.2023 № 480 «Про затвердження змін до Порядку організації службової підготовки осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту».
2. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. URL: <https://dsns.gov.ua>
3. ДСТУ 8782:2018 Засоби індивідуального захисту. Бронежилети. Класифікація. Загальні технічні умови. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0216774-18#Text>
4. 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
5. NFPA 1500 Standard on Fire Department Occupational Safety and Health Program. 2002 Edition. URL: <http://www.fsans.ns.ca/pdf/research/nfpa1500.pdf>
6. Tochihara 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
7. OSHA 1910.156 Fire brigades. URL: https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9810
8. 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>
9. Texas City Refinery explosion. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Texas_City_Refinery_explosion
10. Multi-part Document BS EN 1846 – Firefighting and rescue service vehicles. doi: 10.3403/BS EN1846
11. 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
12. 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
13. Белюченко Д. Ю., Стрілець В. М. Багатофакторна оцінка ефективності оперативного розгортання пожежних автомобілів в умовах виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру. *Комунальне господарство міст*. 2018. № 156. С. 204–211. doi: 10.33042/2522-1809-2020-3-156-204-211
14. 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
15. 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

16. Strelec V. M., Stecuk E. I., Shepelev I. V. A statistical method of substantiating standards for evaluating the level of preparedness of pyrotechnicians (on the example of wearing personal protective equipment of a sapper), *Military and technical collection*. doi: 10.33577/2312-4458.19.2018.85-93

17. Стрелец В. М. Оценка эффективности подготовки спасателей к ликвидации чрезвычайных ситуаций с использованием нормативов. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2014. Вип. № 20. С. 124–131. URL: <https://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol19/19.pdf>

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

19. Соловйов І. І., Стрілець В. М., Льовін Д. А. Багатофакторна модель підйому водолазом-сапером вибухонебезпечного предмету. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2021. Вип. № 2(34). С. 272–294. URL: <http://pes.nuczu.edu.ua/images/arhiv/34/20.pdf>

20. Статистичне опрацювання даних. Категорії відхилення від нормального розподілу. ДСТУ ISO 5479:2009 (ISO 5479:1997, IDT), 34 с.

D. Beliuchenko¹, PhD, Lecturer of the Department

V. Strelets¹, DSc, Professor, Senior Researcher

T. Lutsenko¹, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department

P. Korchahin², Head of the State Emergency Service of Ukraine

I. Malovyk³, Chief Inspector of the State Emergency Service of Ukraine

O. Rebrov⁴, Head of the detachment of the State Emergency Service of Ukraine

¹*National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

²*State Emergency Service of Ukraine in Lugansk region*

³*Department for the Prevention of Emergency Situations of the State Emergency Service of Ukraine*

⁴*State Emergency Service of Ukraine in Rivne region*

JUSTIFICATION OF STANDARDS FOR EVALUATING OPERATIONAL PERFORMANCE IN ARMOR PROTECTION MEANS

A scientific and methodological apparatus has been developed to substantiate standards for assessing the level of preparedness of fire-rescuers for the rapid deployment of fire-rescue vehicles in protective equipment with armor protection equipment, and standard assessments for standard options have been determined. For this purpose, the existing statistical method for substantiating the standards was improved by determining the weighted average estimates of the probabilities of the time of operational deployment in armor protection equipment falling within the intervals between the standards. This made it possible to take into account the diversity of expert opinions on this matter, which had not previously been taken into account. It has been established that in order to substantiate the required normative estimates, it is necessary to determine the inverse function of the standard normal distribution, taking into account its parameters (mathematical expectation and standard deviation of the time of implementation of the corresponding operational deployment), and estimates of the probability of obtaining the corresponding estimates in the form of weighted average estimates of the corresponding shares (frequencies) of all possible results that fall within the intervals between (before, after) the required normative estimates. In accordance with the developed method, standards have been substantiated for assessing the level of preparedness of fire-rescuers to supply two fire trunks with the laying of a main line $d=77$ mm on three hoses and two working lines $d=51$ mm on two hoses with the installation of a fire-rescue vehicle on a fire hydrant, as well as to assess the level of preparedness for supplying a portable fire monitor with the laying of two main lines into three hoses $d=77$ mm with the installation of a fire and rescue vehicle on a fire hydrant. Their implementation will help eliminate the contradiction between the conditions for the use of fire and rescue vehicles, for which existing standards were developed, and modern conditions, when it is necessary to work in conditions of possible combat defeat.

Keywords: standard, operational deployment, fire and rescue vehicle, armor protection

References

1. Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine dated 12.06.2023 № 480. «On the approval of the Amendments to the Procedure for the Organization of Service Training of Private and Executive Staff of the Civil Defense Service».
2. State Service of Ukraine for Emergency Situations. Available at: <https://dsns.gov.ua>
3. DSTU 8782:2018 Personal protective equipment. Body armor. Classification. General technical conditions. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0216774-18#Text5>
4. 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
5. NFPA 1500 Standard on Fire Department Occupational Safety and Health Program. Edition. (2002). Available at: <http://www.fsans.ns.ca/pdf/research/nfpa1500.pdf>
6. Tochiyara, Y., Lee, J. Y., Son, S. Y. (2022). A review of test methods for evaluating mobility of firefighters wearing personal protective equipment. *Ind Health*, 60(2), 106–120. doi: 10.2486/indhealth.2021-0157. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8980691>
7. OSHA 1910.156. Fire brigades. Available at: https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9810
8. 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>
9. Texas City Refinery explosion. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Texas_City_Refinery_explosion
10. Multi-part Document BS EN 1846. Firefighting and rescue service vehicles. doi: 10.3403/BSEN1846
11. Morris, C., Chander, H. (2018). The Impact of Firefighter Physical Fitness on Job Performance. A Review of the Factors That Influence Fire Suppression Safety and Success, *Safety*, 4(60), 4–11. doi: 10.3390/safety4040060
12. 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*, 23(12), 1228–1233. doi: 10.1016/j.jsams.2020.05.013.
13. Belyuchenko, D., Strelets, V., (2020). Multivariate assessment of the effectiveness of the operational development of fire trucks in the face of industrial emergencies, *Municipal Economy of Cities, Series: Engineering science and architecture*, 3, 156, 204–211. doi: 10.33042/2522-1809-2020-3-156-204-211
14. Stevenson, R., Siddall, A., Turner, P., Bilzon, J. (2020). Implementation of Physical Employment Standards for Physically Demanding Occupations, *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 62(8), 647–653. doi: 10.1097/JOM.0000000000001921
15. 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*, 61(10), 1299–1310. doi: 10.1080/00140139.2018.1464211
16. Strelec, V. M., Stecuk, E. I., Shepelev, I. V. (2018). A statistical method of

substantiating standards for evaluating the level of preparedness of pyrotechnicians (on the example of wearing personal protective equipment of a sapper), Military and technical collection, 19, 85–93. doi: 10.33577/2312-4458.19.2018.85-93

17. Strelets, V. M. (2014). Evaluation of the effectiveness of training of rescuers for the elimination of emergency situations with the use of standards. Problems of emergency situations, 20, 124–131. Available at: <https://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol19/19.pdf>

18. Wentzel, E. S. (1962). The theory of probabilities. Science, 564.

19. Solovyov, I. I., Sagittarius, V. M., Levin, D. A. (2021). A multifactorial model of lifting an explosive object by a diver-sapper, Problems of emergency situations, 2(34), 272–294. Available at: <http://pes.nuczu.edu.ua/images/arhiv/34/20.pdf>

20. Statistical data processing. (2009). Categories of deviation from the normal distribution, DSTU ISO 5479:2009, 34.

Надійшла до редколегії: 05.03.2024

Прийнята до друку: 13.04.2024