

don't have earlier, on the other side, the level and quality of the stage of rendering assistance to different algorithms and in different ways.

The solution of this task assumes the identification of many factors that determine the results of the process of provision in medical care, the construction of a graph of relationships between them, the implementation of iterative procedures on the achievement matrix, and the synthesis of a hierarchical model of the priority influence of factors on the expected quality of care, the construction of a matrix of pairwise comparisons taking into account the prevailing influences factors and optimization on its basis of the weighted values of factors and the corresponding model, the choice of the algorithm of assistance, taking into account the most of non-dominated factors and selection of an alternate criterion for the maximum value of the utility function. The article presents many factors that determine the quality of assistance under fire. A hierarchical scheme of factors has been developed and a number of linguistic variables corresponding to these factors have been formed. When determining a multitude of factors, all the features affecting the salvation of servicemen in modern combat are taken into account.

Based on the dominant factors that arise at the time of assisting in combat, alternate algorithms are developed for the provision of the first home health care and the choice of the best of these options will be made. In the future, it is planned to investigate and develop a new technique for helping the wounded in combat.

Keywords: priority factors, medical products, hierarchy, tactical medicine, quality, linguistic variable, MARCH algorithm, CAVCDE algorithm, help stages, Wheel-Most algorithm. Scheme.

УДК 004.94

В.М. Стрілець, Є.І. Стецюк, І.В. Шепелєв

Національний університет цивільного захисту України, Харків

СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМАТИВІВ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ ПІРОТЕХНІКІВ (НА ПРИКЛАДІ ОДЯГАННЯ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ САПЕРА)

Розроблено метод обґрунтування нормативів для оцінювання рівня підготовленості піротехніків, в основі якого лежить імовірність влучення часу виконання розглянутого варіанта бойової роботи (окремої операції) в задані інтервали. Показано, що для визначення нормативу щодо оцінювання рівня підготовленості піротехніків до одягання засобів індивідуального захисту сапера необхідно знати закон розподілу часу виконання визначеної операції в конкретній модифікації засобу захисту. Визначено, що закономірністю часу одягання захисного одягу піротехніками є нормальна функція розподілу показника, який розглядається, незалежно від модифікації бронезилетів та пори року, коли здійснюється операція. Обґрунтовано конкретні нормативи для оцінювання рівня підготовленості піротехніків під час одягання розглянутих засобів індивідуального захисту сапера.

Ключові слова: піротехнік, норматив, засоби індивідуального захисту сапера, експеримент, статистична обробка.

Постановка проблеми

Необхідний захист піротехніків забезпечують сертифіковані засоби індивідуального захисту саперів [1], робота в яких вимагає спеціальної підготовки піротехнічних підрозділів [2]. Проте об'єктивна оцінка рівня підготовленості особового складу ускладнена відсутністю нормативів (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 [4, 5], і науково-технічна література [6, 7] стверджують, що ефективна підготовка не може здійснюватися без їх наявності.

Складність оцінювання підготовленості піротехніків ускладнюється й тим, що деяке основне

оснащення піротехнічних підрозділів (зокрема, засоби індивідуального захисту особового складу) морально застаріло та не відповідає такому, яке використовується у провідних країнах світу [8] і надходять до підрозділів у рамках гуманітарної допомоги.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідження питань розробки рекомендацій особовому складу ПП на сьогоднішній день відбувається за результатами дослідження процесу знищення вибухонебезпечних предметів. У той же час:

- у більшості випадків його розглядають з позицій організації відповідних робіт на державному рівні [9–11], але при цьому дії конкретного сапера не аналізуються;

- під час розгляду з позицій забезпечення безпеки особового складу ПП у розроблених моделях досліджуються особливості вибухового ураження особового складу, зокрема у випадку застосування ними засобів захисту різного класу [12–14]. Питання підвищення ефективності виконання основних операцій розглядаються опосередковано;

- виконання окремих дій піротехніками аналізується достатньо рідко. При цьому, як правило, надаються [15, 16] експертні оцінки фахівців стосовно особливостей проведення піротехнічних робіт в окремому кризисному районі. У [17] наведені імітаційні моделі виконання найбільш складних типових процесів ПП, проте, вони обмежені простим відображенням існуючих алгоритмів бойової роботи піротехніків.

Все це свідчить, що проблема розробки науково-обґрунтованих нормативів для оцінювання рівня підготовленості піротехніків з подальшим визначенням (коригуванням) рекомендацій особовому складу піротехнічних підрозділів щодо роботи в засобах захисту та забезпечення піротехнічних робіт є актуальною, а її розв'язання сприятиме обґрунтуванню комплексу оперативнотехнічних заходів, реалізація яких забезпечить підвищення ефективності дій цих підрозділів без зниження рівня безпеки піротехніків.

Постановка задачі

У зв'язку з цим необхідно розробити метод обґрунтування нормативів для оцінювання рівня підготовленості піротехніків. Враховуючи повну відсутність нормативів для оцінювання рівня підготовленості особового складу піротехнічних підрозділів, розробку методу доцільно здійснити на прикладі розробки нормативу для оцінювання дій першої закінченої операції, яку здійснює кожний сапер у процесі пошуку, виявлення, знешкодження, транспортування та знищення вибухонебезпечних предметів на локальному рівні (одягання штатних засобів індивідуального захисту).

Виклад основного матеріалу

Відповідно до [3] нормою називається гранична величина результату, що служить основою для віднесення випробуваного до однієї з класифікаційних груп.

Під нормативом розуміється порівняльна норма, що у своїй основі має порівняння людей, що належать до однієї і тієї ж сукупності. Обов'язковою умовою придатності нормативу є його релевантність, репрезентативність та сучасність.

Так найчастіше як критерій при установці нормативу використовують відсоток особового складу (бойових розрахунків, ланок та ін.), якому

доступна норма [3]. Однак можуть використовуватися й інші. Зокрема час, необхідний для досягнення визначеного рівня результатів. Наприклад, при визначенні нормативних значень для оцінки рівня підготовленості особового складу необхідно вимагати, щоб терміни підготовки особового складу для досягнення необхідного рівня за всма дисциплінами (засоби та методи розмінування, захист від зброї масового ураження, медична підготовка тощо) були приблизно однакові.

Порівняльні норми характеризують лише порівняльні успіхи випробуваних у даній сукупності, але нічого не говорять про сукупності в цілому. Може виявитися, що у визначеному районі, у визначених історичних умовах рівень підготовленості буде недостатнім. Якщо в цьому випадку побудувати яку-небудь шкалу оцінок і потім на її основі ввести нормативи, то свідомо неприйнятний рівень буде визнаний «середнім» і створиться видимість благополуччя. Тому порівняльні норми повинні порівнюватися з даними, отриманими на інших сукупностях, і використовуватися в сполученні з індивідуальними і належними нормами. Індивідуальні норми засновані на порівнянні показників однієї і тієї ж людини в різних станах. Належні норми засновані на аналізі того, що повинна вміти робити людина, щоб успішно справлятися з задачами, що перед нею ставить життя.

Тобто, порівняльні, індивідуальні і належні норми мають у своїй основі порівняння результатів одного випробуваного, його показників у різні періоди й у різних станах, наявних даних з належними величинами. Через це норми (нормативи) складаються для визначеної групи (сукупності) людей і придатні для цієї групи. Придатність норм тільки для цієї сукупності, для якої вони розроблені, називається релевантністю норм.

Норми придатні, якщо встановлювалися на основі обстеження типової вибірки випробуваних із усієї групи (генеральної сукупності), для якої вони вводяться. Вибірка, що точно відбиває генеральну сукупність, називається репрезентативною. Наприклад, якщо для визначення норм відбираються ПП, що має кращі умови для підготовки особового складу, нову техніку, то така вибірка може бути нерепрезентативною стосовно ПП ДСНС України в цілому. З огляду на те, що можливість рятувальників різних поколінь неоднакові, норми необхідно періодично переглядати.

Розробка заходів, спрямованих на удосконалювання бойової роботи особового складу ПП, вимагає наявності об'єктивної, кількісної оцінки результатів діяльності піротехніків. Аналіз технічних засобів забезпечення підготовки, зокрема щодо використання засобів індивідуального захисту сапера, показує,

що однією із найскладніших проблем їхнього використання для оцінки особового складу ПП є відсутність науковообґрунтованих нормативів виконання окремих етапів бойової роботи.

Оскільки у розглянутому випадку під нормативом розуміється фактична величина результату, що служить підставою для віднесення випробуваного до однієї з класифікаційних груп, і розглядається тільки особовий склад ПП, тобто люди, що належать до тій самій сукупності, індивідуальні, які засновані на порівнянні тієї самої людини в різних станах, і вікові (усі піротехніки приблизно одного віку – 25–40 років), норми розглядатися не будуть.

Внаслідок того, що розробка нормативів має у своїй основі порівняння результатів одного випробуваного з результатами інших випробуваних, порівняльні норми можуть бути побудовані за допомогою середніх і стандартів шляхом віднесення відповідного відсотка розглянутого особового складу до нормативу, що йому посильний [18].

З вищевикладеного випливає, що в процесі розробки порівняльної норми повинні бути задані оцінки імовірності виконання розглянутого нормативу в заданий час. Їх можна одержати шляхом розрахунку середньозважених оцінок (\hat{P}_5 , \hat{P}_4 , \hat{P}_3 , \hat{P}_2) відповідних часток (частот) усіх можливих результатів, віднесених, відповідно (як це прийнято в ДСНС сьогодні), до «відмінно», «добре», «задовільно» або «незадовільно» [19].

Представивши бойову роботу ПП у вигляді мережевого графіка, математичне очікування $\bar{t}_{бр}$ її тривалості можна визначити як суму окремих операцій \bar{t}_i бойової роботи, що належать критичному $L_{кр}$ шляхові

$$\bar{t}_{бр} = \sum_{L_{кр}} \bar{t}_i, \quad (1)$$

а дисперсію $G_{бр}^2$ – як суму відповідних дисперсій G_i^2 часу виконання окремих операцій бойової роботи

$$G_{бр}^2 = \sum_{L_{кр}} G_i^2. \quad (2)$$

Для складних варіантів бойової роботи ПП, що містять досить велику кількість різноманітних операцій, які підлягають виконанню, відповідно до центральної граничної теореми [20] можна вважати, що закон розподілу часу бойової роботи буде нормальним незалежно від закону розподілу часу виконання окремих операцій. Це дозволяє використовувати відомий вираз [21] для визначення

імовірності влучення випадкової величини в заданий інтервал:

$$\hat{P}_5 = P(t \leq t_5) = \Phi\left(\frac{t_5 - \bar{t}_{бр}}{G}\right); \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \hat{P}_4 = P(t_5 < t \leq t_4) &= \Phi\left(\frac{t_4 - \bar{t}_{бр}}{G}\right) - \Phi\left(\frac{t_5 - \bar{t}_{бр}}{G}\right) = \\ &= \Phi\left(\frac{t_4 - \bar{t}_{бр}}{G}\right) - \hat{P}_5 \end{aligned}; \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \hat{P}_3 = P(t_4 < t \leq t_3) &= \Phi\left(\frac{t_3 - \bar{t}_{бр}}{G}\right) - \Phi\left(\frac{t_4 - \bar{t}_{бр}}{G}\right) = \\ &= \Phi\left(\frac{t_3 - \bar{t}_{бр}}{G}\right) - (\hat{P}_4 + \hat{P}_5) \end{aligned}, \quad (5)$$

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

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

Використовуючи значення зворотної функції Φ^{-1} стандартного нормального розподілу, шукані оцінки часу бойової роботи можуть бути визначені як

$$t_5 = \bar{t} + G \cdot \Phi^{-1}(\hat{P}_5); \quad (6)$$

$$t_4 = \bar{t} + G \cdot \Phi^{-1}(\hat{P}_4 + \hat{P}_5); \quad (7)$$

$$t_3 = \bar{t} + G \cdot \Phi^{-1}(\hat{P}_3 + \hat{P}_4 + \hat{P}_5). \quad (8)$$

Коли тривалість бойової роботи не є сумою незалежних тривалостей великої кількості окремих операцій (як правило, це буває при недостатньо великій кількості операцій, з яких складається розглянутий процес), попередньо необхідно визначити закон розподілу. Досить часто в практиці інших підрозділів ДСНС [18, 20] їх можна описати за допомогою β -розподілу, параметри якого α та β , а також $t_{брmin}$ і $t_{брmax}$ можуть бути визначені за результатами фізичного або імітаційного моделювання.

Тоді за аналогією з (3)–(5) після кодування часу виконання бойової роботи (окремої операції) вираження для визначення імовірності влучення часу виконання розглянутого варіанта бойової роботи (окремої операції) в задані інтервали можуть бути представлені як

$$\hat{P}_3 = P(t_{бр} \leq t \leq t_5) = \beta(x_5, \alpha, \beta); \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \hat{P}_4 &= P(t_5 \leq t \leq t_4) = \beta(x_4, \alpha, \beta) - \beta(x_5, \alpha, \beta) = \\ &= \beta(x_4, \alpha, \beta) - \hat{P}_5; \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \hat{P}_3 &= P(t_4 \leq t \leq t_3) = \beta(x_3, \alpha, \beta) - \beta(x_4, \alpha, \beta) = \\ &= \beta(x_3, \alpha, \beta) - (\hat{P}_4 + \hat{P}_5). \end{aligned} \quad (11)$$

Використовуючи значення зворотної функції F^{-1} β -розподілу і вирази, за якими було проведено кодування, шукані оцінки часу бойового розгортання визначаються у такий спосіб:

$$t_5 = t_{\text{бр min}} + F^{-1}(\hat{P}_5) \cdot (t_{\text{бр max}} - t_{\text{бр min}}); \quad (12)$$

$$t_4 = t_{\text{бр min}} + F^{-1}(\hat{P}_5 + \hat{P}_4) \cdot (t_{\text{бр max}} - t_{\text{бр min}}); \quad (13)$$

$$t_3 = t_{\text{бр min}} + F^{-1}(\hat{P}_5 + \hat{P}_4 + \hat{P}_3) \cdot (t_{\text{бр max}} - t_{\text{бр min}}). \quad (14)$$

Таким чином, для визначення нормативу для оцінювання рівня підготовленості піротехніків до одягання засобів індивідуального захисту сапера необхідно знати закон розподілу часу виконання визначеної операції в конкретній модифікації засобу захисту.

У зв'язку з цим були проведені експериментальні дослідження, в яких брали участь випробовувані, що навчаються піротехнічній справі, з числа курсантів Національного університету цивільного захисту України та Навчального центру

оперативно-рятувальної служби цивільного захисту Державної служби з надзвичайних ситуацій України.

Отримані результати щодо кожного засобу індивідуального захисту піротехніка, зокрема при їх одяганні в зимовий час, оскільки у кожному випадку використовувалися вибірки з обсягом $n = 20 < 30$, були перевірені на нормальність розподілу за критерієм Шапіро-Уїлкі [22].

Для цього, наприклад, стосовно одягання випробовуваними бронежилета Модуль-4С в літній час (див. табл. 1) спочатку було розраховано середнє значення часу одягання бронежилета

$$\bar{t}_{4C} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{4C_i}}{n}, \quad (15)$$

де t_{4C_i} – час одягання бронежилета Модуль-4С i -им досліджуваним, с; середньоквадратичне відхилення

$$\sigma_{t_{4C}} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (t_{4C_i} - \bar{t}_{4C})^2}, \quad (16)$$

та

$$n \cdot m_2 = \sum_{i=1}^n (t_{4C_i} - \bar{t}_{4C})^2 = 759,42, \quad (17)$$

де m_2 – вибірковий центральний момент другого порядку.

Таблиця 1

Результати одягання бронежилета Модуль-4С в літній час

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_{4C_i}, \text{ с}$	44,37	39,73	34,47	38,92	28,44	33,3	25,42	22,32	32,22	26,64
$(t_{4C_i} - \bar{t}_{4C})^2$	123,37	64,11	46,06	46,06	24,87	23,98	7,60	5,23	1,58	1,46
n	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$t_{4C_i}, \text{ с}$	28,53	35,95	31,14	26,64	32,67	30,67	42,73	43,65	32,17	38,56
$(t_{4C_i} - \bar{t}_{4C})^2$	0,57	0,02	1,09	6,37	26,35	30,17	39,73	86,55	104,51	119,75
$\bar{t}_{4C}, \text{ с}$	33,43									
$\sigma_{4C}, \text{ с}$	6,32									
$n \cdot m_2$	759,42									

Оскільки оцінки t_{4C_i} є результатом обробки незалежних спостережень, вони були розташовані в порядку неспадання і позначені символами $t_{4C_1}, t_{4C_2}, \dots, t_{4C_{n=20}}$. В табл. 2 наведена впорядкована серія отриманих значень часу одягання бронежилета Модуль-4С. Це дозволило обчислити проміжну суму S за формулою:

$$S = \sum_{i=1}^k a_{n-i+1} \cdot (t_{4C_{(n-i+1)}} - t_{4C_i}) = 26,98, \quad (18)$$

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 (його значення, що наведені в табл. 2, взяті з табл. 10 [26]).

Таблиця 2

Упорядкована серія отриманих значень часу одягання бронезилету Модуль-4С

k	$t_{4C(20-k+1)}, c$	t_{4C_k}, c	$t_{4C(20-k+1)} - t_{4C_k}, c$	a_{n-k+1}	$a_{n-k+1} \cdot (\omega_{л(n-k+1)} - \omega_{лk})$
1	44,37	22,32	22,05	0,4493	9,907065
2	43,65	25,42	18,23	0,3098	5,647654
3	42,73	26,64	16,09	0,2554	4,109386
4	39,73	26,64	13,09	0,2145	2,807805
5	38,92	28,44	10,48	0,1807	1,893736
6	38,56	28,53	10,03	0,1512	1,516536
7	35,95	30,67	5,28	0,1245	0,65736
8	34,47	31,14	3,33	0,0997	0,332001
9	33,3	32,17	1,13	0,0764	0,086332
10	32,67	32,22	0,45	0,0539	0,024255
S					26,98
S ²					728,04

Таблиця 11 [22] для рівня значимості $\alpha = 0,05$ та $n = 20$ дає значення $W_{\text{табл}} = 0,905$.

Оскільки

$$W = \frac{S^2}{n \cdot m^2} = \frac{728,04}{759,42} = 0,959 \geq W_{\text{табл}} = 0,905, \quad (19)$$

розподіл відповідно до [22] вважається нормальним.

Розрахунки, аналогічні (1–5), були виконані також для аналізу часу одягання засобів індивідуального захисту піротехніків інших модифікацій (в літній та зимовий час), а також бронезилета Модуль-4С в зимовий час. В узагальненому вигляді отримані результати наведені на рис. 1.

Аналіз результатів (див. рис. 1) показує, що закономірністю часу одягання захисного одягу піротехніками є нормальна функція розподілу показника, що розглядається, незалежно від модифікації бронезилетів та пори року, коли здійснюється операція, яка розглядається.

Наявність оцінок математичних очікувань і середньоквадратичних відхилень часу одягання піротехніками захисного одягу різних модифікацій дозволило виконати перевірку того, наскільки відрізняються середні значення, отримані у двох незалежних вибірках дослідження часу одягання захисного одягу, використовуючи t-критерій Стьюдента [23].

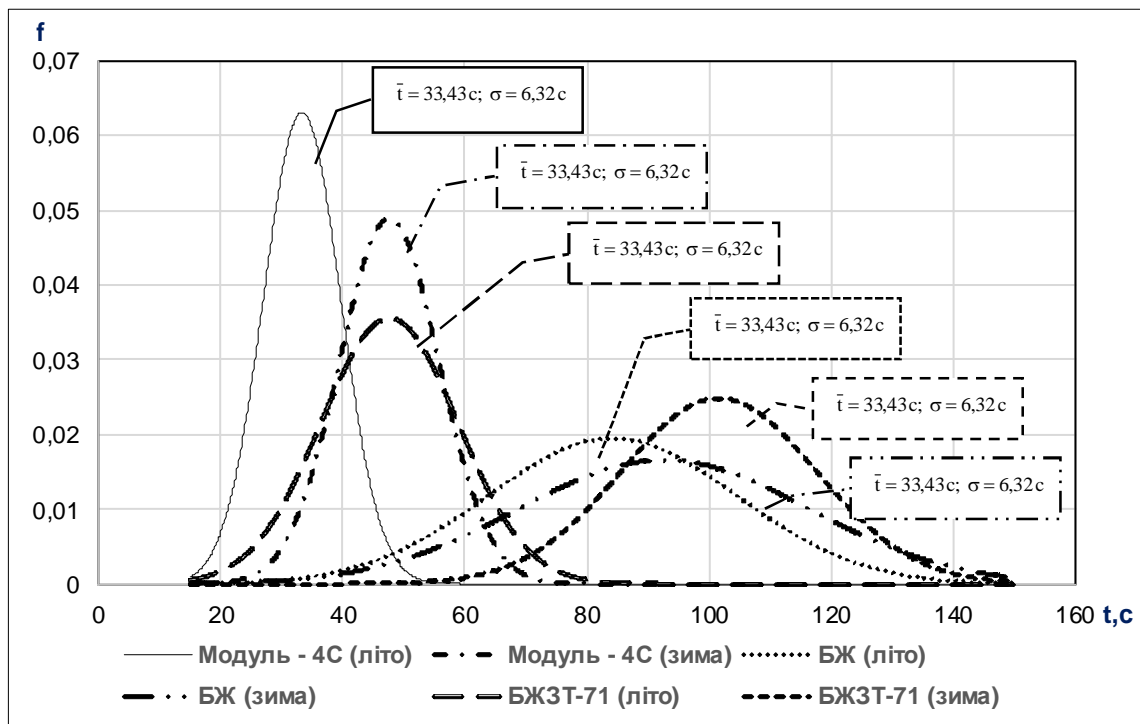


Рис. 1. Розподіл часу одягання захисного одягу піротехніками в залежності від модифікації та пори року виконання операції, що розглядається

В цьому випадку, наприклад для ситуації, коли порівнюється час одягання бронезилета Модуль-4С влітку та взимку, розглядалась гіпотеза

$$H_0: \bar{t}_{4C}(\text{літо}) = \bar{t}_{4C}(\text{зима}) \quad (20)$$

та її альтернатива

$$H_1: \bar{t}_{4C}(\text{літо}) \neq \bar{t}_{4C}(\text{зима}), \quad (21)$$

яка доводить відмінність середніх значень.

З метою вибору конкретної методики розрахунку t -критерію [23] спочатку була перевірена гіпотеза про рівність дисперсій. У якості критерія для перевірки нуль-гіпотези

$$H_0: \sigma_{4C}(\text{літо}) = \sigma_{4C}(\text{зима}) \quad (22)$$

був обраний F -критерій

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = \frac{66,59}{39,94} = 1,67, \quad (23)$$

де σ_1^2 – більша з оцінок дисперсій у двох вибірках.

$$S_{4C} = \sqrt{\frac{(n_{\text{літо}} - 1) \cdot \sigma_{\text{літо}}^2 + (n_{\text{зима}} - 1) \cdot \sigma_{\text{зима}}^2}{n_{\text{літо}} + n_{\text{зима}} - 2} \cdot \left(\frac{1}{n_{\text{літо}}} + \frac{1}{n_{\text{зима}}} \right)} =$$

$$= \sqrt{\frac{(20-1) \cdot 39,94 + (20-1) \cdot 66,59}{20+20-2} \cdot \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{20} \right)} = 2,31; \quad (27)$$

$$n_{\text{літо}} + n_{\text{зима}} - 2 = 38. \quad (28)$$

в результаті

$$t_{\text{набл}} = \frac{|\bar{t}_{4C}(\text{літо}) - \bar{t}_{4C}(\text{зима})|}{S_{4C}} =$$

$$= \frac{|33,43 - 47,68|}{2,31} = 6,17 \quad (29)$$

Оскільки

$$t_{\text{набл}} = 6,17 > t_{\text{табл}}(\alpha = 0,05) = 2,04, \quad (30)$$

можна говорити, що при рівні значимості $\alpha=0,05$ результати, отримані під час одягання бронезилета Модуль-4С в літній та зимовий час відрізняються.

Таким чином, закономірністю часу одягання захисного одягу піротехніками є нормальна функція розподілу показника, що розглядається, незалежно від модифікації бронезилетів та пори року, коли здійснюється операція, яка розглядається, а також їх суттєва відмінність між собою.

Оскільки розробка нормативів має в своїй основі порівняння результатів одних випробовуваних з результатами інших випробовуваних, то порівняльні норми можуть бути побудовані шляхом віднесення відповідного відсотка розглянутого

При цьому критичне значення $F_{\text{кр}}$, яке при рівні значимості $\alpha = 0,05$ та числі ступенів свободи

$$\nu_{4C}(\text{літо}) = n_{\text{літо}} - 1 = 19, \quad (24)$$

$$\nu_{4C}(\text{зима}) = n_{\text{зима}} - 1 = 19, \quad (25)$$

де $n_{\text{літо}} = n_{\text{зима}} = 20$ – кількість досліджуваних, у яких визначалась оцінка часу одягання захисного одягу, дорівнює [24]

$$F_{\text{кр}} = F_{\text{табл}} = 2,15. \quad (26)$$

Видно, що в розглянутих випадках правомірною визнається нуль-гіпотеза (20) та допускається рівність дисперсій при виконанні робіт, що виконуються в однакових модифікаціях захисного одягу за різної пори року.

Виходячи з цього, стандартна помилка різниці S_{4C} , з урахуванням того, що вибірки малого розміру (<30), та число ступенів свободи ν при обчисленні t -критерію розраховуються [23] наступним чином

особового складу до нормативу, який він здатний виконати.

З вищевикладеного випливає, що на початковому етапі розробки нормативу необхідно однозначно визначити не тільки параметри розподілу часу одягання захисного одягу, а й отримати оцінки ймовірностей виконання розглянутого нормативу в заданий час. Обраним варіантом останнього є розрахунок середньозважених оцінок ($\hat{P}_5, \hat{P}_4, \hat{P}_3, \hat{P}_2$) відповідних часток (частот) всіх можливих результатів. Ці оцінки відповідають, як це прийнято в більшості підрозділів у даний час, оцінкам «відмінно», «добре», «задовільно» або «незадовільно».

Параметри розподілів часу одягання захисного одягу були отримані в процесі розкриття закономірностей виконання операції, яку виконують піротехніки. Так для одягання бронезилета Модуль-4С (див. рис. 1) функція щільності розподілу має вигляд

$$f(t) = \frac{1}{6,32 \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(t-33,43)^2}{2 \cdot 6,32^2}\right). \quad (31)$$

За аналогією з підходом, який застосовується при обґрунтуванні фізкультурних нормативів [3], припустимо, що оцінці «відмінно» відповідає 10%

позитивних результатів, а «добре» та «задовільно» – по 40% наступних. Тоді

$$t_5 = \bar{t} + \sigma \cdot \Phi^{-1}(0,1) = 33,43 + 6,32 \cdot \Phi^{-1}(0,1) = 25,33 \text{ c}; \quad (32)$$

$$t_4 = \bar{t} + \sigma \cdot \Phi^{-1}(0,1+0,4) = 33,43 + 6,32 \cdot \Phi^{-1}(0,1+0,4) = 33,43 \text{ c}; \quad (33)$$

$$t_3 = \bar{t} + \sigma \cdot \Phi^{-1}(0,1+0,4+0,4) = 33,43 + 6,32 \cdot \Phi^{-1}(0,1+0,4+0,4) = 41,53 \text{ c}; \quad (34)$$

З урахуванням вимог кратності і запам'ятовуваності [3] рекомендуються (див. рис. 2) такі нормативи

$$t_5 = 25 \text{ c}; t_4 = 35 \text{ c}; t_3 = 40 \text{ c}. \quad (35)$$

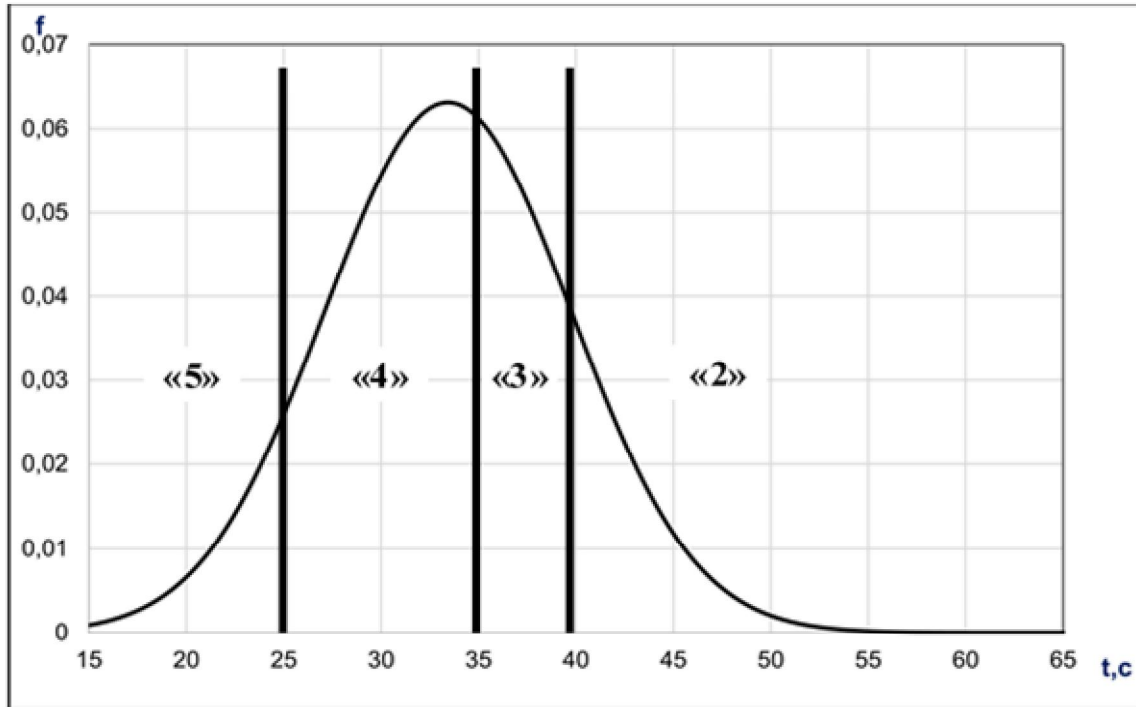


Рис. 2. Визначення нормативів для оцінювання якості одягання бронежилета Модуль-4С влітку

Аналогічно були визначені нормативи для оцінювання якості одягання бронежилета Модуль-4С взимку

та засобів індивідуального захисту піротехніків інших модифікацій. Результати обґрунтування наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Визначення нормативів для оцінювання рівня підготовленості піротехніків до одягання засобів індивідуального захисту сапера

	4С (літо)	4С (зима)	БЖ (літо)	БЖ (зима)	БЖЗТ-71 (літо)	БЖЗТ-71 (зима)
Розрахункова оцінка нормативу						
«5»	25,33	37,22	58,15	62,07	33,37	81,13
«4»	33,43	47,68	84,18	92,57	47,71	101,56
«3»	41,53	58,14	110,21	123,07	62,05	121,99
Запропонована оцінка нормативу						
«5»	25	37	60	60	35	80
«4»	35	47	85	90	45	100
«3»	40	57	110	120	60	120

Висновки

За результатами проведеного дослідження отримано нові результати:

Наукові:

- для визначення нормативу для оцінювання рівня підготовленості піротехніків до одягання засобів індивідуального захисту сапера необхідно

знати закон розподілу часу виконання визначеної операції в конкретній модифікації засобу захисту;

- закономірністю часу одягання захисного одягу піротехніками є нормальна функція розподілу показника, що розглядається, незалежно від модифікації бронежилетів та пори року, коли здійснюється операція, яка розглядається, а також їх суттєва відмінність між собою.

Практичні:

- запропоновано науково-обґрунтовані нормативи для оцінювання якості одягання захисного одягу піротехніків різних модифікацій у літній час:
 - бронезилет Модуль-4С: «відмінно» – 25 с; «добре» – 35 с; «задовільно» – 40 с;
 - бронезилет БЖ: відмінно» – 60 с; «добре» – 85 с; «задовільно» – 110 с;
 - бронезилет БЖЗТ-71: відмінно» – 35 с; «добре» – 85 с; «задовільно» – 110 с;
- запропоновано науково-обґрунтовані нормативи для оцінювання якості одягання захисного одягу піротехніків різних модифікацій у зимовий час:
 - бронезилет Модуль-4С: «відмінно» – 37 с; «добре» – 47 с; «задовільно» – 57 с;
 - бронезилет БЖ: відмінно» – 60 с; «добре» – 90 с; «задовільно» – 120 с;
 - бронезилет БЖЗТ-71: відмінно» – 80 с; «добре» – 100 с; «задовільно» – 120 с.

Практика участі в проведенні розмінування в зоні АТО дозволяє стверджувати, що перспективним напрямом досліджень є розробка нормативів для скидання захисного одягу саперами, а також знімання його з потерпілих.

Список літератури

1. Посібник з використання міжнародних стандартів протимінної діяльності (МСПМД) (IMAS) 01.10, – 2003. – 24 с.
2. Наказ МНС України, Міністерства оборони України, Міністерства транспорту та зв'язку, Державної прикордонної служби від 27 травня 2008 р. № 405/223/625/455 «Про організацію робіт з виявлення, знешкодження та знищення вибухонебезпечних предметів на території України та взаємодію під час їх виконання».
3. Спортивная метрология. Учебник для ин-тов физ. культ. / Под ред. В.М. Зацорского. – М.: ФиС, 1982. – 256 с.
4. Нормативи по пожежно-стройовій підготовці. – К.: УДПО МВС України, 1995. – 14 с.
5. Наказ МНС України від 15.10.2008 № 741 Методичні рекомендації «Порядок виконання нормативів радіаційного та хімічного захисту особовим складом органів управління та підрозділів МНС».
6. Введение в эргономику / Под ред. В.П. Зинченко. – М.: Сов. радио, 1974. – 351 с.
7. 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.
8. *Ultimate Protection for Bomb Disposal Squad.* – *Електронний ресурс*. – Режим доступу: <http://www.oshodefence.com/bds.php>
9. Наказ МНС України від 20.09.2010 № 791 «Про затвердження інструкцій з організації та проведення робіт з розмінування місцевості на території України підрозділами та спеціалізованими підприємствами МНС».
10. Руководство по подрывным работам. – М.: Воениздат МО СССР, 1969. – 464 с.
11. Наказ ДСНС України від 9.03.2016 № 116 «Про затвердження методичних рекомендацій щодо організації та порядку проведення нетехнічної розвідки території, імовірно забруднених (забруднених) вибухонебезпечними предметами».
12. Toan, Dang Quang (2015) "Train-the-Trainer Trauma Care Program in Vietnam," *Journal of Conventional Weapons Destruction: Vol. 19: Iss. 1, Article 9.* – Режим доступу: <http://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol19/iss1/9>.
13. 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.
14. Smith, Andy (2017) "An APT Demining Machine," *Journal of Conventional Weapons Destruction: Vol. 21: Iss. 2, Article 15.* Режим доступу: <http://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss2/15>
15. "Qasef: Escaping the Bombing: The Use of Explosive Weapons in Populated Areas and Forced Displacement: Perspectives from Syrian refugees." *Handicap International* (2016). Accessed 19 May 2017. – Режим доступу: <http://bit.ly/2qB15Vu>.
16. Torbet, Nick and Thompson, Patrick (2017) "21st Century Survey in Eastern Ukraine and the Use of Technology in Insecure Environments," *Journal of Conventional Weapons Destruction: Vol. 21 : Iss. 2, Article 6.* – Режим доступу: <http://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss2/6>.
17. Tania Xiao. Analysing mine emergency management needs: a cognitive work analysis approach / Tania Xiao; Tim Horberry; David Cliff // *International Journal of Emergency Management (IJEM)*, Vol. 11, No. 3, 2015, pp.191–208. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.inderscience.com/offer.php?id=71705>.
18. Стрелец В.М. Статистический метод обоснования нормативов боевого развертывания пожарно-технического вооружения / В.М. Стрелец, Т.Б. Грицай // *Право і безпека: Науковий журнал.* – 2002. – Вип. 1 – С. 165–171.
19. Ковалев П.А. Особенности обоснования комплексных нормативов для практических занятий / П.А. Ковалев, Р.А. Нередков, В.М. Стрелец // *Проблемы надзвичайних ситуацій.* – № 5. – Харків: Фоліо, 2006 – С. 129–133.
20. Орлов А.И. Прикладная статистика / Учебник. – М.: Издательство «Экзамен», 2004. – 656 с.
21. Венцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1962. – 564 с.
22. Статистические методы. Проверка отклонения распределения вероятностей от нормального распределения : ГОСТ Р ИСО 5479-2002. – [Действующий от 2002-07-01]. – Москва : Госстандарт России, 2002. – 31 с. – (Государственные стандарты России).
23. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений – Главная редакция физико-математической литературы издательства "Наука", 1971. – 576 с.
24. Халафян А.А. STATISTICA 6 Статистический анализ данных / А.А. Халафян. – М.: 000 «Бином-Пресс», 2007. — 512 с.

Рецензент: д.т.н., доц. А.А. Тарасенко, Національний університет цивільного захисту України, Харків.

Статистический метод обоснования нормативов для оценивания уровня подготовленности пиротехников (на примере одевания средств индивидуальной защиты сапера)

В.М. Стрелец, Е.И. Стецюк, И.В. Шепелев

Разработан метод обоснования нормативов для оценки уровня подготовленности пиротехников, в основе которого лежат вероятности попадания времени выполнения рассматриваемого варианта боевой работы (отдельной операции) в заданные интервалы. Показано, что для определения норматива по оценке уровня подготовленности пиротехников к одеванию средств индивидуальной защиты сапера необходимо знать закон распределения времени выполнения определенной операции в конкретной модификации средства защиты. Определено, что закономерностью времени одевания защитной одежды пиротехников является нормальная функция распределения показателя, который рассматривается, независимо от модификации бронжилетов и времени года, когда выполняется операция. Обоснованы конкретные нормативы для оценки уровня подготовленности пиротехников к одеванию рассмотренных средств индивидуальной защиты сапера.

Ключевые слова: пиротехник, норматив, средства индивидуальной защиты сапера, эксперимент, статистическая обработка.

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)

V. Strelec, E. Stecuk, I. Shepelev

The article deals with the problematic issues of the preparation of pyrotechnic units, an objective assessment of the level of preparedness which is complicated by the lack of standards. It is noted that this is also facilitated by the fact that some of the existing equipment of the units is morally outdated, but does not correspond to that used in the leading countries of the world and goes to the units within the framework of humanitarian assistance. It was shown that the problem of developing scientifically-based norms for assessing the level of preparedness of pyrotechnics with the subsequent definition (correction) of recommendations to the personnel of pyrotechnic units regarding the work in the means of protection and provision of pyrotechnic works is relevant, and its solution will contribute to the justification of a set of operational and technical measures, the realization of which will increase the effectiveness of these units without reducing the safety of pyrotechnics. The method of substantiation of norms for assessing the level of preparedness of pyrotechnics, based on which is the probability of hit the time of execution of the considered version of combat work (separate operation) in the given intervals, is developed. It is shown that in order to determine the norm for assessing the level of preparedness of pyrotechnics before the use of personal protective equipment for a sapper, it is necessary to know the law of distribution of the time of execution of a specified operation in a concrete modification of the protection means. The statistical analysis of experimental studies in which the subjects studied in the pyrotechnic case participated showed that the regularity of the time of wearing protective clothing with pyrotechnics is the normal distribution function of the indicator being considered, regardless of the modification of body armor and the time of the year when the operation under consideration is being performed, and also their significant difference between them. This allowed to justify specific norms for assessing the level of preparedness of the pyrotechnics during the dressing of the means of personal protection of the sapper. As a comparative evaluation standards used standards that were built by allocating appropriate percentage reporting personnel to the standards to which he is able to do.

Keywords: pyrotechnics, normative, means of individual defense of a sapper, experiment, statistical processing.