

С.О. Степанчук<sup>1</sup>, В.В. Стрілець<sup>2</sup>, І.В. Маловик<sup>3</sup>, В.М. Стрілець<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

<sup>2</sup>Міжнародна гуманітарна організація «The HALO Trust Ukraine», Київ, Україна

<sup>3</sup>Державна служба України з надзвичайних ситуацій, Київ, Україна

## РОЗРОБКА НОРМАТИВІВ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ ПІРОТЕХНІКІВ ДО ОДЯГАННЯ КОМПЛЕКСУ ЗАСОБІВ БРОНЕ-ТА РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ

За експериментальними результатами розроблено нормативи для оцінювання рівня підготовленості піротехніків ДСНС до одягання комплексу засобів бронетехніки та радіаційного захисту. Визначено, що оцінювання часу виконання цієї операції можна здійснювати, починаючи з третьої спроби, із застосуванням наступних нормативів: «відмінно» – 155 секунд, «добре» – 185 секунд та «задовільно» – 220 секунд.

**Ключові слова:** норматив, засоби бронетехніки та радіаційного захисту, розмінування, радіаційне забруднення, експеримент.

### Постановка проблеми

Після звільнення від російських окупантів зони відчуження Чорнобильської АЕС виявилось, що понад 95 % її території, здебільшого в лісистій місцевості, заміновано [1]. Крім того, не можна виключати мінування росіянами Запорізької АЕС [2] або навіть застосування тактичної ядерної зброї [3]. У результаті цього можуть бути вкрай негативні наслідки для України, а саме: здоров'я населення, навколишнього середовища, відповідних соціальних та соціально-економічних аспектів.

Все це свідчить про актуальність гуманітарного розмінування радіаційно забрудненої місцевості спеціально підготовленими фахівцями.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Розв'язання проблем оцінювання якості підготовки особового складу Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту ДСНС України або саперів гуманітарних організацій [4, 5] до здійснення гуманітарного розмінування переважно було зосереджено на особливостях діяльності на місцевості, яка не має радіаційного забруднення. Насамперед на особливостях застосування нових методів оцінки та відстеження місцезнаходження різних типів вибухонебезпечних предметів [6]. Хоча, наприклад, в [7] підкреслено, що треба готуватись до дій не тільки в умовах можливого знищення цивільної та промислової інфраструктури, але й в умовах нанесення ворогом значної екологічної шкоди. Загалом, спираючись на підхід «не нашкодь», про це йде мова в [8, 9], де звертають увагу на необхідність пом'якшення прямих наслідків протимінної діяльності, або в [10], де

зауважують про доцільність підвищення ефективності за всіма можливими напрямками діяльності піротехніків. Однак в цих дослідженнях не розглядалися питання оперативної діяльності під час гуманітарного розмінування радіаційно забрудненої місцевості.

Як вони не розглядалися і за кордоном, хоча в [11] за результатами аналізу аварійно-рятувальних робіт на АЕС «Фукусіма-Даїчі» наголошено на необхідності визначення особливостей того, як повинні працювати рятувальники в аналогічних надзвичайних ситуаціях. У [12] було розглянуто закономірності збору, дезактивації, сортування та евакуації потерпілих під час різноманітних, зокрема ядерних, інцидентів. Тоді як в [13] було зазначено, що підготовка персоналу швидкої допомоги до ліквідації наслідків таких інцидентів повинна враховувати їх небезпечні чинники.

Питання визначення закономірностей діяльності піротехніків ДСНС під час гуманітарного розмінування в радіаційно забрудненій місцевості досліджено в [14], де, спираючись на підхід розкриття закономірностей роботи рятувальників [15], зокрема водолазів-саперів [16] або саперів, які використовують спеціалізовані засоби групового захисту [17] для знешкодження вибухонебезпечних предметів, були враховані раніше не розглянуті особливості застосування засобів бронезахисту, а також засобів захисту органів дихання та шкіри одночасно [18]. З урахуванням виконання більшості робіт з гуманітарного розмінування в умовах радіаційного впливу на відкритій місцевості було визначено, що основну увагу під час подальших досліджень доцільно приділити визначенню оперативно-технічних рекомендацій щодо підвищення ефективності відповідної опера-

тивної діяльності в комплексах індивідуального захисту сапера, до складу яких входять фільтрувальні протигazi.

Важливим напрямком реалізації такого підходу як для професійних [19], так і [20] волонтерських або гуманітарних підрозділів є [21] отримання регламентованих часових стандартів, спроба здійснення яких на експертному рівні щодо визначення тієї долі результатів, яка дозволяє конкретизувати оцінку, була виконана в [22, 23] та (без урахування експертних оцінок) в роботах [24, 25], де показано, що для обґрунтування нормативу необхідно знати показники відповідного розподілу часу виконання найбільш важливих або найбільш часто використовуваних операцій (процесів). Серед таких операцій виділяється одягання піротехніками комплексу засобів броне- та радіаційного захисту, з якого починаються всі дії саперів у процесі розмінування радіаційно забрудненої місцевості, дослідження закономірностей виконання якого раніше не проводились.

Тож важливою та нерозв'язаною частиною проблеми гуманітарного розмінування радіаційно забрудненої місцевості спеціально підготовленими фахівцями є відсутність науково-методичного апарату обґрунтування нормативів для оцінювання рівня підготовленості піротехніками до одягання комплексу засобів броне- та радіаційного захисту.

### Мета статті

Метою статті є розробка науково-обґрунтованого нормативу для оцінювання рівня підготовленості піротехніками до одягання комплексу засобів броне- та радіаційного захисту.

Для її досягнення потребують вирішення наступні завдання:

- експериментальні дослідження того, як змінюється час одягання комплексу засобів броне- та радіаційного захисту залежно від номера спроби;
- статистичний аналіз експериментальних результатів;
- отримання нормативних оцінок та їх аналіз.

### Виклад основного матеріалу

**Експериментальні дослідження того, як змінюється час одягання комплексу засобів броне- та радіаційного захисту залежно від номера спроби.**

Реалізація поставленого завдання здійснювалась шляхом проведення експериментальних досліджень, в яких брали участь випробовувані з-поміж курсантів НУЦЗУ, які навчаються за освітньо-професійною програмою «Інженерне забезпечення саперних, піротехнічних та вибухових робіт».

Вони виконували послідовно протягом шести днів (кожен день по одній спробі) одягання комплексу засобів броне- та радіаційного захисту. Відповідно

до [14], це була комбінація захисного костюма Л-1, бронезахисту типу захисний бронежилет IV рівня захисту, захисного бронешолома III-A рівня захисту та фільтрувального протигазу типу ГП-5 (рис. 1).



Рис. 1. Піротехнік в засобах захисту

Послідовність виконання вправи:

- 1) надягання захисного комбінезона;
- 2) надягання захисної куртки;
- 3) надягання протигазу;
- 4) надягання капюшона;
- 5) надягання захисних рукавиць;
- 6) надягання бронежилета;
- 7) надягання захисної каски.

Отримані результати наведені в табл. 1.

Отже, проведено експериментальні дослідження того, як змінюється час одягання комплексу засобів броне- та радіаційного захисту залежно від рівня підготовленості піротехніків, які готуються до гуманітарного розмінування в радіаційно забрудненій місцевості. Як комплекс засобів захисту використовувалась комбінація захисного костюма Л-1, бронезахисту типу захисний бронежилет IV рівня захисту, захисного бронешолома III-A рівня захисту та фільтрувального протигазу типу ГП-5, а як показник підготовленості – кількість тренувальних спроб виконання цієї операції.

Таблиця 1

Експериментальні результати

		Спроба					
		1	2	3	4	5	6
Випробовуваний	1	301	181	200	159	193	140
	2	381	213	154	196	145	176
	3	317	190	137	174	223	211
	4	366	250	216	194	190	197
	5	334	238	179	154	160	167
	6	373	196	219	225	178	185
$\bar{t}, c$		345,33	211,33	184,17	183,67	181,50	179,33
$\sigma, c$		32,75	27,64	33,58	26,64	27,33	24,73
$Skos$		-1,61	-1,44	-1,21	-1,35	-1,32	-1,40

**Статистичний аналіз експериментальних результатів.**

Спочатку отримані результати (табл. 1) – оскільки у кожному випадку використовувалися вибірки з об'ємом – були перевірені на нормальність розподілу за критерієм Шапіро-Уїлка, згідно з ДСТУ ISO 5479:2009 «Статистичне опрацювання даних. Критерії відхилення від нормального розподілу».

Для цього, наприклад, стосовно до першої спроби, коли вона виконується після початкового навчання (цей варіант розглядається більш докладно тому, що він характеризується найбільшим показником скошеності  $Skos_1 = -1,61$ ), спочатку було розраховано:

– середнє значення часу виконання контрольної вправи:

$$\bar{t}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n t_{1i}}{n} = 345,33 \text{ c}, \quad (1)$$

де  $t_{1i}$  – час виконання першої спроби  $i$ -м випробовуваним, с;

– середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (t_{1i} - \bar{t}_1)^2} = 32,75 \text{ c} \quad (2)$$

та

$$n \cdot m_2 = \sum_{i=1}^n (t_{1i} - \bar{t}_1)^2 = 5361,33 \text{ c}^2, \quad (3)$$

де  $m_2$  – вибірковий центральний момент другого порядку.

Оскільки оцінки  $t_i$  є результатом обробки незалежних спостережень, вони були розташовані в порядку неспадання і позначені символами  $t_1, t_2, \dots, t_{n=6}$ . У табл. 2 наведена впорядкована серія отриманих значень часу виконання вправи за першим варіантом.

Таблиця 2

Впорядкована серія отриманих значень часу виконання першої спроби

$k$	$t_{(20-k+1)}, c$	$t_k, c$	$t_{(20-k+1)} - t_k, c$	$a_{n-k+1}$	$a_{n-k+1} \cdot (t_{(20-k+1)} - t_k)$
1	381	301	80,00	0,6431	51,448
2	373	366	56,00	0,2806	15,714
3	366	334	32,00	0,1401	4,483
$S$					71,65
$S^2$					5361,33

Це дозволило обчислити проміжну суму  $S$  за формулою:

$$S = \sum_{i=1}^k a_{n-i+1} \cdot (t_{(n-i+1)} - t_i) = 243,26 \text{ c}, \quad (4)$$

де  $k$  – індекс, який має значення від 1 до  $n/2 = 3$ ;

$a_{n-i+1}$  – коефіцієнт, який має спеціальні значення для обсягу вибірки  $n$  (його значення, що наведені в табл. 2, взяті з ДСТУ ISO 5479:2009).

[20] для рівня значимості  $\alpha = 0,05$  та  $n = 6$  надає значення  $W_{табл} = 0,788$ .

Оскільки

$$W = \frac{S^2}{n \cdot m_2} = \frac{5132,98}{5361,33} = 0,96 \geq W_{\text{табл}} = 0,788, \quad (5)$$

розподіл відповідно до ДСТУ ISO 5479:2009 вважається нормальним.

Розрахунки відповідно до (1)–(5) були виконані й для інших показників діяльності газодимозахисни-

ків, які були обрані для розгляду. В узагальненому вигляді вони представлені в табл. 3.

Розрахунки відповідно до (2)–(5) були виконані й для двох інших варіантів виконання контрольної вправи. В узагальненому вигляді вони наведені в табл. 3. Видно, що в усіх випадках розподіли з рівнем значимості  $\alpha = 0,05$  можуть вважатись нормальними.

Таблиця 3

Узагальнені результати перевірки нормальності розподілів

	Спроба 1	Спроба 2	Спроба 3	Спроба 4	Спроба 5	Спроба 6
$\bar{t}$	345,33	211,33	184,17	183,67	181,50	179,33
$\sigma$	32,75	27,64	33,58	26,64	27,33	24,73
W	0,96	0,95	0,95	0,98	0,99	0,97
$W_{\text{табл}}$	0,788					

Розподіл експериментальних результатів в кожній спробі за нормальним законом дозволив перейти до перевірки відповідно до критерію Фроцині [26] того, що час одягання комплексу засобів броне- та радіаційного захисту залежно від рівня підготовленості (спроби виконання) змінюється за експоненціальним законом.

Для цього була розрахована статистика:

$$V_6 = \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{j=1}^6 \left| 1 - \exp\left(-\frac{\bar{t}_j - \bar{t}_{\text{гран}}}{\bar{t}(j)}\right) - \frac{j-0,5}{n} \right| = 0,304, \quad (6)$$

де  $n = 6$  – кількість виконаних спроб;

$\bar{t}_{\text{гран}} = 175$  с – граничне значення середнього часу виконання вправи, яке може бути досягнуте в результаті довготривалої підготовки, с;

$$\bar{t}(j) = \frac{\sum_{j=1}^n (\bar{t}_j - t_{\text{гран}})}{n} = 39,22 \text{ с.} \quad (7)$$

Оскільки

$$V_6 = 0,304 < V_6^*(0,95) = 0,367, \quad (8)$$

де  $V_6^*(P)$  – критичне значення [26] критерію експоненціальності Фроцині ( $P = 0,95$  – рівень довіри); статистика критерію Фроцині менше табличного значення. Це дозволяє стверджувати: з рівнем значимості  $\alpha = 0,05$  час одягання комплексу засобів броне- та радіаційного захисту змінюється за експоненціальним законом (рис. 2).

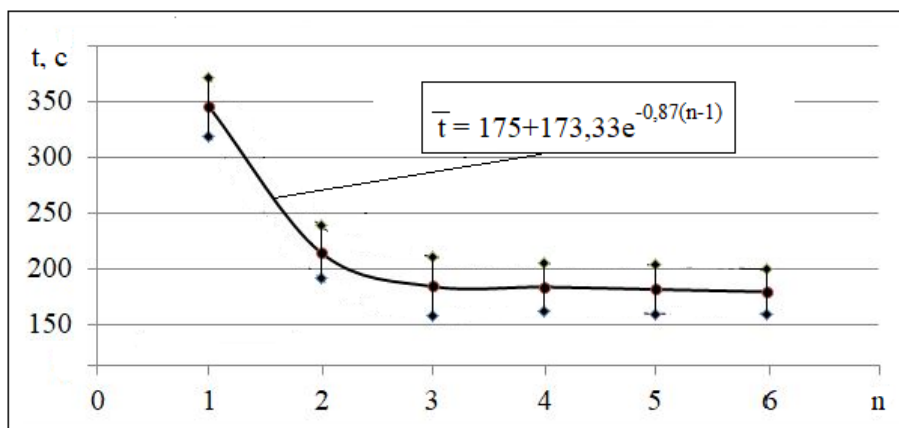


Рис. 2. Зміна середнього одягання піротехніком комплексу засобів броне- та радіаційного захисту

Його параметри не становило труднощів визначити із застосуванням програмного середовища Excel:

$$\bar{t} = t_{\text{гран}} + 173,33 \cdot e^{-0,87(n-1)}, \quad (9)$$

де  $\lambda = -0,87$  – параметр експоненціального закону.

Експоненціальний характер зміни середнього часу одягання комплексу засобів броне- та радіаційного захисту дозволяє перейти до визначення спроби, після виконання якої можна перейти до оцінювання рівня підготовленості особового складу.

Для цього обирається спроба  $s^*$ , після якої середній час здійснення обраного варіанта виконання вправи перестав скорочуватись, свідченням чого є виконання нульової гіпотези рівності оцінок середнього часу одягання комплексу засобів індивідуального захисту 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, це дозволяє отримати (табл. 4) довірчий (з рівнем довіри  $P = 0,95$ ) інтервал [27] можливих значень:

$$t_s = \bar{t}_s \pm 1,96 \cdot \frac{\sigma_s}{\sqrt{n_s}} \quad (10)$$

та перевірити, чи перетинаються такі інтервали для спроб, що знаходяться поруч.

Таблиця 4

Інтервали можливих значень часу одягання піротехніком комплексу засобів броне- та радіаційного захисту

Спроба	1	2	3	4	5	6
$t_{\min}, c$	319,13	189,22	157,30	162,35	159,63	159,55
$\bar{t}, c$	296,14	181,43	158,29	158,00	156,29	154,57
$t_{\max}, c$	371,54	233,45	211,04	204,99	203,37	199,12

Якщо інтервали не перетинаються, перевірку нульової гіпотези можна не виконувати. Якщо ж перетинаються, то перевірку доцільно почати між спробами, які були спочатку.

Для цього розглядається гіпотеза

$$H_0 : t_{s-1} = t_s \quad (11)$$

та її альтернатива

$$H_1 : t_{s-1} \neq t_s, \quad (12)$$

яка доводить відмінність середніх значень.

Аналіз табл. 4 показує, що результати між першою та другою спробами не перетинаються. Тобто треба перевірити нульові гіпотези відмінності середніх значень часу виконання вправи в другій та третій спробах, а також, якщо відмінність між другою та третьою спробами буде суттєвою, між третьою та четвертою спробами тощо.

Оскільки вправи послідовно виконують одні й ті ж самі піротехніки (тобто  $n_{s-1} = n_s$ ), у ситуації, що розглядається, доцільним є застосування критерію Стьюдента для залежних вибірок. У цьому разі стандартна помилка різниці розраховується [28] як:

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_s} d_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n_s} d_i\right)^2}{n_s}}{n_s \cdot (n_s - 1)}}, \quad (13)$$

де  $d_i$  – різниця між відповідними значеннями

змінних:

$$d_i = t_s - t_{s-1}. \quad (14)$$

Коефіцієнт Стьюдента визначається як:

$$t_{\text{набл}} = \frac{\bar{d}}{S_d}, \quad (15)$$

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

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^{n_s} d_i}{n_s}. \quad (16)$$

Тоді з урахуванням того, що число ступенів свободи

$$\nu = n_s - 1, \quad (17)$$

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

$$t_{\text{набл}} < t_{\text{табл}}(\alpha = 0,05; \nu). \quad (18)$$

Результати порівняння середнього часу виконання вправи між третьою та другою, а також між четвертою та третьою спробами наведені в табл. 5.

Видно, що з рівнем значимості  $\alpha = 0,05$  час одягання піротехніками в третій та четвертій спробах компле-

ксу засобів броне- та радіаційного захисту можна вважати однаковим.

Таблиця 5

Результати перевірки нульової гіпотези відмінності середніх значень часу виконання вправи в третій та другій, а також в четвертій та третій спробах

s	n <sub>s</sub>	$\bar{d}$	S <sub>d</sub>	t <sub>набл</sub>	v	t <sub>табл</sub> ( $\alpha = 0,05; 5$ )	Висновок
3	6	-27,17	5,10	5,33	5	2,57	$\bar{t}_3 < \bar{t}_2$
4		-0,50	5,40	-0,09		2,57	$\bar{t}_4 \approx \bar{t}_3$

Отже, результати статистичного оцінювання експериментальних результатів, які були отримані під час експериментальних досліджень, підтвердили, що в кожній спробі вони мають нормальний розподіл, а також що зміна математичного очікування часу одягання піротехніком комплексу засобів броне- та радіаційного захисту за спробами має експоненціальний характер. З урахуванням цього визначено, що з рівнем значимості  $\alpha = 0,05$ , починаючи з третьої спроби, час одягання піротехніками комплексу засобів броне- та радіаційного захисту можна вважати сталим.

**Отримання нормативних оцінок та їх аналіз.**

Наявність експериментальних результатів одягання піротехніком комплексу засобів броне- та радіаційного захисту в третій та четвертій спробах дозволяє, використовуючи (1) та (2), отримати математичне очікування  $\bar{t}_{3+4} = 183,92$  с та середньоквадратичне відхилення  $\sigma_{3+4} = 28,90$  с за вибіркою з двох спроб.

Це дозволяє використати відомий вираз [29] для визначення імовірності влучення випадкової величини в заданий інтервал:

$$p_5 = P(t \leq t_5) = \Phi\left(\frac{t_5 - \bar{t}_{4+5}}{\sigma_{4+5}}\right); \quad (19)$$

$$p_4 = P(t_4 < t \leq t_5) = \Phi\left(\frac{t_4 - \bar{t}_{4+5}}{\sigma_{4+5}}\right) - \Phi\left(\frac{t_5 - \bar{t}_{4+5}}{\sigma_{4+5}}\right) = \Phi\left(\frac{t_4 - \bar{t}_{4+5}}{\sigma_{4+5}}\right) - p_5; \quad (20)$$

$$p_4 = P(t_3 < t \leq t_4) = \Phi\left(\frac{t_3 - \bar{t}_{4+5}}{\sigma_{4+5}}\right) - \Phi\left(\frac{t_4 - \bar{t}_{4+5}}{\sigma_{4+5}}\right) = \Phi\left(\frac{t_3 - \bar{t}_{4+5}}{\sigma_{4+5}}\right) - (p_4 + p_5), \quad (21)$$

де  $t_{5(4,3)}$  – значення часу одягання піротехніком комплексу засобів броне- та радіаційного захисту, при досягненні якого норматив може бути оцінений

на «відмінно» («добре», «задовільно»), с;

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

Тоді як застосування (20)–(22) для отримання нормативних оцінок  $t_{5(4,3)}$  вимагає знання й показників імовірностей 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 за аналогією з [30] можна використовувати середньозважені оцінки  $\langle \tilde{p}_5; \tilde{p}_4; \tilde{p}_3 \rangle$ , сума яких з урахуванням частки, яка приходить на незадовільну оцінку  $\tilde{P}_2$ , дорівнює одиниці.

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

$$\tilde{P}_{5(4;3)} = \sum_{j=1}^n v_{5(4;3)j}(\tilde{p}_{5(4;3)}) \cdot \bar{p}_{5(4;3)}, \quad (22)$$

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:

$$v_{5(4;3)j}(\tilde{p}_{5(4;3)}) = \frac{1}{(p_{5(4;3)j} - \bar{p}_{5(4;3)})^2 \cdot \sum_{j=1}^n \frac{1}{(p_{5(4;3)j} - \bar{p}_{5(4;3)})^2}}, \quad (23)$$

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

Для отримання середньозважених оцінок  $(\tilde{p}_5; \tilde{p}_4; \tilde{p}_3)$  відповідно до (22), (23) використовувались експертні оцінки відповідних часток (частот)

можливих результатів, які надали викладачі кафедр «Пожежної та рятувальної підготовки» і «Піротехнічних та спеціальних робіт» НУЦЗУ. В узагальненому вигляді вони наведені в табл. 6.

Таблиця 6

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					

Відповідно до (19)–(21) та середньозважених експертних оцінок  $(\tilde{p}_5 = 0,162; \tilde{p}_4 = 0,388; \tilde{p}_3 = 0,342)$  нормативні оцінки визначаються як:

$$t_5 = 183,92 + 28,90 \cdot \Phi^{-1}(0,162) = 155,4 \text{ с}; \quad (24)$$

$$t_4 = 183,92 + 28,90 \cdot \Phi^{-1}(0,162 + 0,388) = 187,5 \text{ с}; \quad (25)$$

$$\begin{aligned} t_3 &= \\ &= 183,92 + 28,90 \cdot \Phi^{-1}(0,162 + 0,388 + 0,342) = \quad (26) \\ &= 219,7 \text{ с} \end{aligned}$$

З урахуванням вимог кратності та запам'ятовуваності [31] рекомендуються наступні нормативи для оцінювання рівня підготовленості піротехніками до одягання комплексу засобів броне- та радіаційного захисту:

$$(t_5 = 155 \text{ с}; t_4 = 185 \text{ с}; t_3 = 220 \text{ с}). \quad (27)$$

Отже, розроблено науково-методичний апарат розробки нормативів для оцінювання рівня підготовленості піротехніків до здійснення типових операцій (процесів) гуманітарного розмінування в радіаційно забрудненій місцевості на рівні значимості  $\alpha = 0,05$ .

### Висновки

Важливою та нерозв'язаною частиною проблеми гуманітарного розмінування радіаційно забрудненої місцевості спеціально підготовленими фахівцями є відсутність науково-методичного апарату обґрунту-

вання нормативів для оцінювання рівня підготовленості піротехніками до одягання комплексу засобів броне- та радіаційного захисту.

Проведено експериментальні дослідження того, як змінюється час одягання комплексу засобів броне- та радіаційного захисту залежно від рівня підготовленості піротехніків, які готуються до гуманітарного розмінування в радіаційно забрудненій місцевості. Як комплекс засобів захисту використовувалась комбінація захисного костюма Л-1, бронезахисту типу захисний бронезилет IV рівня захисту, захисного бронешолома III-A рівня захисту та фільтрувального протигазу типу ГП-5, а як показник підготовленості – кількість тренувальних спроб виконання цієї операції.

Результати статистичного оцінювання експериментальних результатів, які були отримані під час експериментальних досліджень, підтвердили, що в кожній спробі вони мають нормальний розподіл, а також що зміна математичного очікування часу одягання піротехніком комплексу засобів броне- та радіаційного захисту за спробами має експоненціальний характер. З урахуванням цього визначено, що з рівнем значимості  $\alpha = 0,05$ , починаючи з третьої спроби, час одягання піротехніками комплексу засобів броне- та радіаційного захисту можна вважати сталим.

Розроблено науково-методичний апарат розробки нормативів для оцінювання рівня підготовленості піротехніків до здійснення типових операцій (процесів) гуманітарного розмінування в радіаційно забрудненій місцевості на рівні значимості  $\alpha = 0,05$ . Для випадку оцінювання рівня підготовленості піротехніків до виконання першої операції, з якої починається такий вид гуманітарного розмінування,

а саме одягання зазначеного комплексу засобів бронета радіаційного захисту, оцінювання часу виконання цієї операції можна здійснювати, починаючи з третьої спроби, із застосуванням наступних нормативів: «відмінно» – 155 секунд, «добре» – 185 секунд та «задовільно» – 220 секунд.

### Література

1. Ukrinform. Понад 95% території зони відчуження ЧАЕС може бути заміновано. Укрінформ - актуальні новини України та світу. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-society/3701184-ponad-95-teritorii-zoni-vidczuzenna-caes-moze-buti-zaminovano.html>
2. Хотин Р. Перестраховуватись від «другого Чорнобиля» та «маєв із гранатами». Що треба знати про «терахт» на Запорізькій АЕС?. Радіо Свобода. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/ukrayina-zaporizka-aes-rosiya-yadernu-terakt-shcho-treba-znati/32472691.html>
3. Гудкова С. Загроза застосування тактичної ядерної зброї: чи зважиться Путін на удар. RFI. URL: <https://goo.su/Matc>
4. Наказ МНС України від 15.10.2008 №741 Методичні рекомендації «Порядок виконання нормативів радіаційного та хімічного захисту особовим складом органів управління та підрозділів МНС»
5. Evans, Roly and Perkins, Dan (2022) "New Conventional EOD and IEDD Competency Standards for Mine Action: Notes on T&EP 0930, 0931, and IMAS 0930," *The Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol. 25 : Iss. 3 , Article 11. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol25/iss3/11>
6. Mathewson, Andro. "Open-Source Research and Mapping of Explosive Ordnance Contamination in Ukraine," *The Journal of Conventional Weapons Destruction*. 2022: Vol. 26 : Iss. 1, Article 3.
7. Cottrell, Linsey; Darbyshire, PhD, Eoghan; and Holme Obrestad, Kristin "Explosive Weapons Use and the Environmental Consequences: Mapping Environmental Incidents in Ukraine," *The Journal of Conventional Weapons Destruction*. 2022, Vol. 26: Iss. 1, Article 4.
8. Chrystie, Emily. "Environmental Mainstreaming in Mine Action: A Case Study of Moving Beyond "Do No Harm"," *The Journal of Conventional Weapons Destruction*. 2022, Vol. 27: Iss. 2, Article 5.
9. n/a, Anonymous. "Developing National Landmine Clearance Capacity in Ukraine," *The Journal of Conventional Weapons Destruction*. 2021, Vol. 25 : Iss. 1, Article 9.
10. Mori K. Occupational health in disasters: Valuable knowledge gained from experience with the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. *Journal of Occupational Health*. 2019. T. 61, № 6. С. 429–430.
11. Hignett, S., Hancox, G. and Edmunds Otter, M., "Chemical, biological, radiological, nuclear and explosive (CBRNe) events: Systematic literature review of evacuation, triage and decontamination for vulnerable people", *International Journal of Emergency Services*, 2019, Vol. 8 No. 2, pp. 175-190.
12. Long, F., Bateman, G. and Majumdar, A., "The impact of fire and rescue service first responders on participant behaviour during chemical, biological, radiological and nuclear (CBRN)/Hazmat incidents", *International Journal of Emergency Services*, 2020, Vol. 9 No. 3, pp. 283-298.
13. Gyllencreutz, L., Carlsson, C.-P., Karlsson, S. and Hedberg, P., "Preparedness for chemical, radiologic and nuclear incidents among a sample of emergency physicians' and general practitioners"—a qualitative study", *International Journal of Emergency Services*, 2023, Vol. 12 No. 2, pp. 161-170.
14. С. О. Степанчук, В. М. Стрілець, С. О. Макаров, В. В. Стрілець. Порівняльний кількісний аналіз особливостей гуманітарного розмінування в радіаційно забрудненій місцевості. Збірка наукових праць «Проблеми надзвичайних ситуацій». – Харків: НУЦЗ України, 2023. – Випуск 2(38). – С. 208-223.
15. В.М. Стрілець, Є.І Стецюк, Є.В. Іванов, І.В. Шепелев. Метод обґрунтування рекомендацій особовому складу піротехнічних підрозділів за результатами імітаційного моделювання їх діяльності. Збірка наукових праць «Проблеми надзвичайних ситуацій». – Харків: НУЦЗ України, 2017. – Випуск 26. – С. 132-142.
16. Соловійов І. І., Стецюк Є. І., Стрілець В.М. Закономірності розходу повітря під час підводного розмінування водних акваторій. Збірка наукових праць «Проблеми надзвичайних ситуацій». – Харків: НУЦЗ України, 2020. – Випуск 2(32). – С. 132-144.
17. Lyovin, D., Strelets, V., Shevchenko, R., Loboichenko V., Diviznyuk, M., Strelets, V. and Pruskyi, A. "A dataset on the features of the elimination of explosive objects using a dome-shaped protective device with a load", *Data in Brief*, Volume 50, October 2023, 109602.
18. Про затвердження Правил радіаційної безпеки при проведенні робіт у зоні відчуження і зоні безумовного (обов'язкового) відселення: наказ Міністерство охорони здоров'я України, Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 04.04.2008 N 179/276: станом на 12 вересня 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0754-08#Text>
19. NFPA 1033: Standard for Professional Qualifications for Fire Investigator. URL: <http://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards?mode=code&code=1033>
20. Texas City Refinery explosion. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Texas\\_City\\_Refinery\\_explosion](https://en.wikipedia.org/wiki/Texas_City_Refinery_explosion)
21. OSHA 1910.156 Fire brigades. URL: [https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=9810](https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9810)
22. Stevenson R., Siddall A., Turner P., Bilzon J. Implementation of Physical Employment Standards for Physically Demanding Occupations. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2020. 62(8). P. 647-653. doi: 10.1097/JOM.0000000000001921. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3247>
23. 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). 61/10. P. 1299-1310. doi: 10.1080/00140139.2018.1464211. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00140139.2018.1464211>
24. Strelec, V. M., Stecuk, E. I., Shepelev, I. V. Статистичний метод обґрунтування нормативів для оцінювання рівня підготовленості піротехніків (на прикладі одягання засобів індивідуального захисту сапера). Військово-технічний збірник. 2018. (19). С. 85–93. doi: 10.33577/2312-4458.19.2018.85-93
25. Стрелец В.М. Оценка эффективности подготовки спасателей к ликвидации чрезвычайных ситуаций с использованием нормативов. Проблемы надзвичайних ситуацій. 2014. 20. С. 124-131. URL: <https://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol19/19.pdf>
26. Frozini B.V. On the distribution and power of goodness-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.
27. Горкавий В. К. Статистика : навч. посібник / В. К. Горкавий. Київ : Алерта, 2012. 608 с.



28. Ромакін В. В. Комп'ютерний аналіз даних: Навчальний посібник. — Миколаїв: Вид-во МДГУ ім. Петра Могили, 2006. — 144 с.
29. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. Наука, 1962. 564 с.
30. Соловійов І. Методика обґрунтування оперативнотехнічних рекомендацій щодо скорочення часу підводного розмінування водозадами-саперами Державної служби України з надзвичайних ситуацій / І. Соловійов, В. Стрилець, О. Бляшенко, В. Серватюк, А. Пруський // Цивільний захист та пожежна безпека. — 2022. - № 2 (14). — С.108–121. DOI: [https://doi.org/10.33269/nvcs.2022.2\(14\).108-121](https://doi.org/10.33269/nvcs.2022.2(14).108-121)
31. Ковалев П.А. Особенности обоснования комплексных нормативов для практических занятий / П.А. Ковалев, Р.А. Нередков, В.М. Стрелец // Проблемы надзвичайних ситуацій. — № 4. — Харків, Фолио, 2006 — С. 129-133. Available at: <https://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol4/kovalev.pdf>

## References

- Ukrinform. (2023). More than 95 % of the territory of the exclusion zone of the Chernobyl Nuclear Power Plant can be replaced. Ukrinform - current news of Ukraine and the world. Available at: <https://www.ukrinform.ua/rubric-society/3701184-ponad-95-teritorii-zoni-vidcuzenna-caes-moze-buti-zaminovano.html>
- Khotyn, R. (2023). Insure yourself against the «second Chernobyl» and «monkeys with grenades». What should be known about the «terrorist attack» at the Zaporizhzhia NPP?. Radio Svoboda. Available at: <https://www.radiosvoboda.org/a/ukrayina-zaporizka-aes-rosiya-vadernyy-terakt-shcho-treba-znaty/32472691.html>
- M Gudkova, S. (2023). The threat of using tactical nuclear weapons: will Putin decide to strike.RFI. Available at: <https://goo.su/Matc>
- 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)
- 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>
- Mathewson, Andro. "Open-Source Research and Mapping of Explosive Ordnance Contamination in Ukraine," The Journal of Conventional Weapons Destruction. 2022: Vol. 26 : Iss. 1, Article 3. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol26/iss1/3>
- Cottrell, Linsey; Darbyshire, PhD, Eoghan; and Holme Obrestad, Kristin "Explosive Weapons Use and the Environmental Consequences: Mapping Environmental Incidents in Ukraine," The Journal of Conventional Weapons Destruction. 2022, Vol. 26 : Iss. 1, Article 4. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol26/iss1/4>
- Chrystie, Emily. "Environmental Mainstreaming in Mine Action: A Case Study of Moving Beyond "Do No Harm"," The Journal of Conventional Weapons Destruction. 2022, Vol. 27 : Iss. 2 , Article 5.
- n/a, Anonymous. "Developing National Landmine Clearance Capacity in Ukraine," The Journal of Conventional Weapons Destruction. 2021, Vol. 25 : Iss. 1 , Article 9. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol25/iss1/9>
- Mori K. Occupational health in disasters: Valuable knowledge gained from experience with the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. Journal of Occupational Health. 2019. T. 61, № 6. С. 429–430. <https://doi.org/10.1002/1348-9585.12084>
- Hignett, S., Hancox, G. and Edmunds Otter, M., "Chemical, biological, radiological, nuclear and explosive (CBRNe) events: Systematic literature review of evacuation, triage and decontamination for vulnerable people", International Journal of Emergency Services, 2019, Vol. 8 No. 2, pp. 175-190. doi:10.1017/dmp.2023.148
- Long, F., Bateman, G. and Majumdar, A., "The impact of fire and rescue service first responders on participant behaviour during chemical, biological, radiological and nuclear (CBRN)/Hazmat incidents", International Journal of Emergency Services, 2020, Vol. 9 No. 3, pp. 283-298. DOI: 10.1108/IJES-06-2019-0027 <https://doi.org/10.1108/IJES-06-2019-0027>
- Gyllencrutz, L., Carlsson, C.-P., Karlsson, S. and Hedberg, P., "Preparedness for chemical, radiologic and nuclear incidents among a sample of emergency physicians' and general practitioners'—a qualitative study", International Journal of Emergency Services, 2023, Vol. 12 No. 2, pp. 161-170. <https://doi.org/10.1108/IJES-07-2022-0032>
- Stepanchuk S., Strelets V., Makarov Y., Strelets V., (2023). Comparative analysis of the regulations of humanitarian demining in a radiation-contaminated area. Scientific Journal "Problems of Emergency Situations", 38, 208-223 [in Ukrainian].
- Strelets V., Stetsyuk E., Ivanov E., Shepelev I., (2017). Method of justifying recommendations to the personnel of pyrotechnic units based on the results of simulation of their activities. Scientific Journal "Problems of Emergency Situations", 26, 132-142 [in Ukrainian].
- Soloviov I., Stetsyuk E., Strelets V., (2020). Regularities of air consumption during underwater demining of water areas. Scientific Journal "Problems of Emergency Situations", 32, 132-144 [in Ukrainian].
- Lyovin, D., Strelets, V., Shevchenko, R., Loboichenko, V., Divizynuk, M., Strelets, V., & Pruskyi, A. (2023). A dataset on the features of the elimination of explosive objects using a dome-shaped protective device with a load. Data in brief, 50, 109602. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.109602>
- Law of Ukraine. (2008). «On the approval of the Radiation Safety Rules when carrying out work in the exclusion zone and the zone of unconditional (mandatory) resettlement», 179/276. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0754-08#Text>
- 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>
- Wikipedia contributors. (2024, March 30). Texas City refinery explosion. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 06:56, April 9, 2024, from [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Texas\\_City\\_refiner\\_y\\_explosion&oldid=1216382594](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Texas_City_refiner_y_explosion&oldid=1216382594)
- OSHA 1910.156 Fire brigades. URL: [https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=9810](https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9810)
- Alps, B. J., Devoy, P. W., & Waterfall, J. F. (1976). The evaluation of the novel pressor activity of gamma-piperidinobutyramide (WY 20051, DF480). British journal of pharmacology, 56(2), 179–186. <https://doi.org/10.1111/j.1476-5381.1976.tb07440.x>
- Gumieniak, R. J., Shaw, J., Gledhill, N., & Jamnik, V. K. (2018). Physical employment standard for Canadian wildland fire fighters; identifying and characterising critical initial attack response tasks. Ergonomics, 61(10), 1299–1310. <https://doi.org/10.1080/00140139.2018.1464211>
- Strelec V., Stecuk, E., Shepelev, I. (2018). The statistical

method of justifying the standards for assessing the level of preparedness of pyrotechnics (on the example of dressing the sapper's personal protective equipment). Military Technical Collection, (19), 85–93. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.19.2018.85-93>

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

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

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

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

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

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

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

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Р.І. Шевченко, Національний університет цивільного захисту України, Україна.

**Автор:** СТЕПАНЧУК Сергій Олександрович  
викладач кафедри піротехнічної та спеціальної підготовки

Національний університет цивільного захисту України

E-mail – [stepanchukdsns@gmail.com](mailto:stepanchukdsns@gmail.com)

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

**Автор:** СТРИЛЕЦЬ Валерій Вікторович  
керівник з питань інформування про ризики вибухонебезпечних предметів (ІРВНП)

Міжнародна гуманітарна організація «The HALO Trust Ukraine»

E-mail – [v.strelec.brand@gmail.com](mailto:v.strelec.brand@gmail.com)

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

**Автор:** МАЛОВИК Ігор Вікторович  
головний інспектор відділу нормативної та ліцензійної роботи управління пожежної безпеки Департаменту запобігання надзвичайним ситуаціям апарату ДСНС

Державна служба України з надзвичайних ситуацій

E-mail – [ivmal132@gmail.com](mailto:ivmal132@gmail.com)

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

**Автор:** СТРИЛЕЦЬ Віктор Маркович  
доктор технічних наук, професор, старший викладач кафедри автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій

Національний університет цивільного захисту України

E-mail – [vstrelec1956@ukr.net](mailto:vstrelec1956@ukr.net)

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5992-1195>

## DEVELOPMENT OF STANDARDS FOR ASSESSING THE LEVEL OF PREPAREDNESS OF EXPLOSIVE ORDNANCE DISPOSAL TECHNICIANS FOR PUTTING ON A SET OF ARMOUR AND RADIATION PROTECTION EQUIPMENT

S. Stepanchuk<sup>1</sup>, V. Strilets<sup>2</sup>, I. Malovyk<sup>3</sup>, V. Strilets<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

<sup>2</sup>International humanitarian organisation "The HALO Trust Ukraine", Kyiv, Ukraine

<sup>3</sup>State Emergency Service of Ukraine, Kyiv, Ukraine

*An urgent and unsolved part of the problem of humanitarian demining of radiation-affected areas by specially trained specialists is the scientific and methodological apparatus of substantiation of standards for assessing the level of preparedness of explosive ordnance disposal (EOD) technicians for putting on a set of armour and radiation protection equipment. According to the results of an experimental study, the authors established that the change in the time of putting on a set of armour and radiation protection equipment is exponential depending on the level of readiness of EOD technicians preparing for humanitarian demining in a radiation-contaminated area. The experiment participants put on a set of armour and radiation protection equipment consecutively for six days (one attempt each day). It is worth noting that with a significance level of  $\alpha = 0.05$ , starting from the third attempt, the time EOD technicians put on armour and radiation protection equipment can be considered constant. Based on the experimental results obtained in the third and fourth attempts, we developed standards for assessing the level of preparedness of EOD technicians of the State Emergency Service of Ukraine for putting on a set of armour and radiation protection gear. For this, we used an adapted statistical method for substantiating the standards, which featured the use of weighted average estimates of the fractions (frequencies) of the performance time that fall within the intervals of the excellent standard, as well as between the 'excellent' and 'good' and 'good' and 'satisfactory' standards. We determined that for the case of a combination of an L-1 protective suit, armour protection such as a protective vest of the IV protection level, an armoured helmet of the III-A protection level, and a filter gas mask of the GP-5 type, the time for executing this operation could be estimated starting from the third attempt using the following standards: 'excellent' – 155 seconds, 'good' – 185 seconds, and 'satisfactory' – 220 seconds.*

**Keywords:** standard, armour and radiation protection equipment, demining, radioactive contamination, experiment.