

УДК 313.86

Д. Ю. Белюченко, к.т.н., викл. каф. (ORCID 0000-0001-7782-2019)
І. М. Грицина, к.т.н., доцент, заст. нач. каф. (ORCID 0000-0002-2581-1614)
В. М. Стрілець, д.т.н., доцент, с.н.с. (ORCID 0000-0002-9109-8714)
Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЧИСЕЛЬНОСТІ РОЗРАХУНКУ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНОГО АВТОМОБІЛЯ НА ЧАС ОПЕРАТИВНОГО РОЗГОРТАННЯ

Розроблена методика проведення експериментальних досліджень, яка дозволяє отримати кількісні оцінки часу оперативного розгортання від пожежних автоцистерн, що будуть одночасно характеризувати клас пожежно-рятувального автомобіля, рівень підготовленості особового складу та вплив чисельності розрахунків відділень пожежно-рятувальних автомобілів різного класу першим оперативно-рятувальним підрозділом під час ліквідації (локалізації) надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Проведені експериментальні дослідження, в яких брали участь випробовувані з числа курсантів Національного університету цивільного захисту України та пожежних оперативно-рятувальних підрозділів Головного управління Державної служби України з надзвичайних ситуацій у Харківській області показали, що при рівні значимості $\alpha=0,05$ результати, отримані під час визначених вправ з оперативних розгортань з урахуванням кількості складу оперативного розрахунку від автоцистерн різного класу, в усіх випадках відрізняються суттєво. Показано, що на етапі первинної підготовки рятувальників необхідно приділяти підвищену увагу навчанням до виконання різноманітних варіантів оперативного розгортання від пожежно-рятувального автомобіля в умовах зменшення кількості складу оперативного розрахунку відділення, визначення необхідних додаткових операцій, які необхідно виконати кожним рятувальником за умов відсутності відповідного номеру оперативного розрахунку. Сильною стороною отриманих результатів є визначення достовірних показників (з рівнем значимості $\alpha=0,05$), які можуть бути основою для обґрунтування конкретних пропозицій щодо організації оперативної роботи в умовах скороченої чисельності оперативного розрахунку відділень оперативно-рятувальних підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій, пожежно-рятувальних автомобілів різного класу, в першу чергу нормативів для об'єктивного оцінювання рівня підготовленості особового складу.

Ключові слова: оперативний розрахунок відділення, пожежно-рятувальній автомобіль, пожежна автоцистерна, оперативне розгортання, номер оперативного розрахунку, статистичний аналіз, розподіл часу

1. Вступ

Оперативне розгортання сил і засобів - це приведення сил і засобів пожежно-рятувальних підрозділів в стан готовності для виконання поставлених завдань під час пожежі, процес взаємодії номерів оперативного розрахунку на пожежних автоцистернах між собою і дій із застосуванням пожежно-технічного обладнання. Аналіз [1] показав, що в Україні, особливо для підрозділів, які розташовані не в обласних центрах, має місце тенденція оперативного розгортання в умовах скороченої штатної чисельності розрахунків пожежно-рятувальних автомобілів, основу яких складають пожежні автоцистерни. Це свідчить про те, що підвищення ефективності оперативного розгортання пожежних автоцистерн розрахунками скороченої чисельності є актуальною проблемою для Державної служби України з питань надзвичайних ситуацій.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Проблема оперативних дій підрозділів оперативно-рятувальної служби в умовах зменшення кількості оперативного розрахунку пожежно-рятувального автомобіля, є актуальною у всьому світі. В [2] відмічено, що одним з основних

civil security. DOI: 10.52363/2524-0226-2021-33-9

факторів, що впливають на час виконання оперативного розгортання сил та засобів, є чисельність оперативного розрахунку пожежно-рятувальних автомобілів. За умов зменшення кількості рятувальників в оперативному розрахунку, збільшується середнє навантаження на одну особу, тому що кількість операцій, які виконує один рятувальник, зростає [3].

В [4] були досліджені операції, які неодноразово повторюються кожним рятувальником оперативного розрахунку під час проведення дій з оперативного розгортання це: відкривання відсіків пожежно-рятувального автомобіля, відкріплення та зняття пожежно-технічного обладнання та оснащення та пересування та переміщення з ним, з'єднання пожежно-технічного обладнання між собою, розмотування та прокладання пожежних рукавних ліній. А в [5] – підйом пожежно-технічного обладнання особовим складом пожежно-рятувальних автомобілів за допомогою рятували мотузок, тощо. Але при цьому не аналізувався груповий характер бойової роботи оперативних розрахунків і особливості, які пов'язані з кількістю задіяного особового складу.

В [6] відмічено, що особливістю проведення оперативного розгортання особовим складом оперативного розрахунку відділення пожежно-рятувального автомобіля є те, що ці дії найчастіше обмежені в просторі та часі та повинні виконуватися у суровій послідовності відповідно до таблицю оперативного розрахунку. З урахуванням цього особливості дій пожежно-рятувальних підрозділів під час виконання оперативного розгортання відділень на пожежних автомобілях було розглянуто в [7] де визначено, що найбільш раціональним варіантом буде той, коли увесь склад оперативного розрахунку відділення закінчує свої дії одночасно, тобто кожен номер оперативного розрахунку витратить однакову кількість часу на виконання своїх окремих операцій. Але особливості оперативного розгортання, пов'язані зі зменшенням кількості оперативного розрахунку відділення, і в цьому випадку не розглядалися.

Вимоги Стандартів NFPA 1001 [8], NFPA 1710 [9] та NFPA 1720 [10] уточнюють, що персонал, який приймає участь в проведенні оперативно-рятувальних робіт, повинен ефективно організувати оперативне розгортання пожежних автоцистерн, враховуючи місцеві особливості та забезпечити оптимальне застосування і раціональне використання пожежно-рятувальної техніки та оснащення. З урахуванням цього в [11] зазначено, що під час проведення оперативного розгортання сил та засобів в умовах зменшення кількості особового складу, необхідно дотримуватися послідовності дій, які забезпечують безпечні умови для особового складу відділення, допускається зменшення кількості стволів на гасіння пожежі, але при цьому головним завданням під час ліквідації пожежі залишається порятунок людей [12].

Крім цього в [13] визначено що, вікова група рятувальників, їх професійні навички також є важливими факторами, які зумовлюють час проведення оперативного розгортання в умовах зменшення кількості складу оперативного розрахунку відділення. В [14] зазначено, що професійні пожежні з різним професійним досвідом витрачають різну кількість часу на проведення визначених вправ з оперативного розгортання (більш досвідчені витрачають менше часу, але є межа коли ці переваги втрачається). Також відмічено [15], що пожежні молодші за віком можуть компенсувати свої недостатні професійні навички більшою фізичною активністю та витривалістю, ніж їх старші за віком та більш досвідчені колеги.

В [16] зазначено, що під час проведення оперативного розгортання сил та засобів в умовах зменшення кількості особового складу збільшуються витрати

часу саме на прокладання рукавних магістральних та робочих ліній по горизонтальним ділянкам місцевості, а також [17] маршовим сходом. При цьому, при проведенні оперативних дій в більшості випадків (50-60%) використовуються оперативні розгортання, пов'язані з установкою пожежно-рятувального автомобіля на вододжерело, які знаходяться на відстані до 100 м - 58% випадків; 100-200м – 42%; до 300 м – 30%. Це свідчить про значне навантаження та витрати часу на ці дії, та який може бути відсутній вплив оперативні дії у випадку неповного оперативного розрахунку відділення.

В NFPA 1410 [18] наведена методика вимірювання ефективності, яка спирається на час виконання процедур оперативного розгортання, пожежогасіння та рятування з урахуванням особливості задіяного персоналу та обладнання, у тому разі з урахуванням класу пожежно-рятувального автомобіля. В той же час, питання які би висвітлювали зменшення кількості оперативного розрахунку пожежно-рятувального автомобіля, не розглядалися.

В розглянуті об'єктивні [19] та суб'єктивні [20] чинники: кількість оперативного розрахунку відділення, злагодженість роботи номерів оперативного розрахунку; безпомилкова та раціональна послідовність виконання оперативного розгортання; рівномірне фізичне навантаження на особовий склад та їх вік; тривалість оперативних дій, психологічні та функціональні можливості рятувальника; антропологічні дані, тощо), які впливають на ефективність проведення оперативної діяльності особовим складом пожежно-рятувальних підрозділів. Але ці чинники наведені без застосування кількісних показників. Такі оцінки отримано в [21], але і там статистичні оцінки часу оперативного розгортання пожежно-рятувальних автомобілів різного класу особовим складом різного рівня підготовленості за зменшеної кількості оперативного розрахунку відділення не були отримані.

Тобто, в Україні, як і в інших провідних країнах світу, питання, підвищення ефективності оперативних розгортань пожежно-рятувальних автомобілів різного класу за умови зменшення кількості оперативного розрахунку відділення розглянуто недостатньо.

Все це свідчить про необхідність порівняльного аналізу часу виконання типових оперативних розгортань на пожежно-рятувальних автомобілях різних класів з урахуванням кількості оперативного розрахунку.

3. Мета та завдання дослідження

Мета – аналіз впливу чисельності розрахунків пожежно-рятувальних автомобілів різного класу на час оперативного розгортання.

Завдання дослідження:

1. Розробити методику проведення експериментальних досліджень.
2. Здійснити статистичний аналіз результатів експериментального дослідження оперативних розгортань в умовах неповного складу оперативного розрахунку відділення пожежно-рятувального автомобіля.

4. Розробка методики проведення експериментальних досліджень

Для вирішення поставленого завдання спочатку були проведені експериментальні дослідження, в яких брали участь випробовувані з числа курсантів (К) Національного університету цивільного захисту України та пожежні (П) оперативно-рятувальних підрозділів ГУ ДСНС України в Харківській області. Вони виконували

ли оперативні розгортання «Подача переносного лафетного ствола по магістральним лініям на 3 рукава діаметром 77 мм з установкою пожежно-рятувального автомобіля на водоймище» (ОР1) та «Подача одного ствола «А» та одного ствола «Б» з прокладанням магістральної лінії на п'ять рукавів діаметром 77 мм та двох робочих ліній на два рукава діаметра 51 мм та два рукава діаметра 77 мм з установкою пожежно-рятувального автомобіля на водоймище» (ОР2) від автоцистерн АЦ-40 (131) модель 137А (АЦ_{серед}), МАЗ АЦ-4-60 (5309)-505М (АЦ_{важк}) як повним складом оперативного розрахунку пожежної автоцистерни, так і неповним складом.

Таким чином, запропонована методика проведення експериментальних досліджень, яка дозволяє отримати кількісні оцінки часу оперативного розгортання, що будуть одночасно характеризувати клас пожежно-рятувального автомобіля, рівень підготовленості особового складу та вплив чисельності розрахунків пожежно-рятувальних автомобілів різного класу на час оперативного розгортання.

5. Статистичний аналіз результатів експериментального дослідження оперативних розгортань

Отримані результати, оскільки у кожному випадку використовувалися вибірки з об'ємом $n = 20 < 30$, були перевірені на нормальність розподілу за критерієм Шапіро-Уїлкі [22].

Для цього, наприклад, стосовно ОР1 від АЦ середнього класу курсантами (результати (див. табл. 1) в умовах скороченої чисельності складу оперативного розрахунку пожежно-рятувального автомобіля спочатку були розраховані середнє значення часу оперативного розгортання

$$\bar{t}_{\text{ОР1}}(\text{АЦ}_{\text{серед}}) = \frac{\sum_{i=1}^n t_{\text{ОР1}}(\text{АЦ}_{\text{серед}})}{n}, \quad (1)$$

де $t_{\text{ОР1}}(\text{АЦ}_{\text{серед}})$ – час оперативного розгортання пожежної автоцистерни «середнього» класу i -им оперативним розрахунком, який складався із курсантів 3-го курсу, s ; середньоквадратичне відхилення

$$\sigma_{\text{ОР1}}(\text{АЦ}_{\text{серед}}) = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (t_{\text{ОР1}}(\text{АЦ}_{\text{серед}}) - \bar{t}_{\text{ОР1}}(\text{АЦ}_{\text{серед}}))^2}, \quad (2)$$

та

$$n \cdot m_2 = \sum_{i=1}^n (t_{\text{ОР1}}(\text{АЦ}_{\text{серед}}) - \bar{t}_{\text{ОР1}}(\text{АЦ}_{\text{серед}}))^2, \quad (3)$$

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 $t_1, t_2, \dots, t_{n=20}$. В табл. 2 приведена впорядкована серія отриманих значень часу оперативного розгортання. Це дозволило обчислити проміжну суму S за формулою:

$$S = \sum_i^k a_{n-i+1} \cdot (t_{(n-i+1)} - t_i) = 21,11, \quad (4)$$

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 [22]).

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

Табл. 1. Результати подачі переносного лафетного ствола по магістральним лініям на 3 рукава діаметром 77 мм з установкою пожежної автоцистерни середнього класу на водоймище

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	97,1	89,4	102,6	89,1	96,1	108,2	94,4	104,3	106,3	100,7
$(t_i - \bar{t}_i)^2$	1,71	9,41	3,79	9,71	2,71	9,39	4,41	5,49	7,49	1,89
n	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
t_i, c	93,7	95,9	98,4	103,6	95,7	88,8	104,8	98,8	106,1	102,3
$(t_i - \bar{t}_i)^2$	5,11	2,91	0,41	4,79	3,11	10,02	5,99	0,01	7,29	3,49
\bar{t}, c	98,82									
σ, c	5,95									
$n \cdot m_2$	673,67									

Табл. 2. Упорядкована серія отриманих значень часу оперативного розгортання

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	108,2	88,8	19,40	0,4493	8,71642
2	106,3	89,1	17,20	0,3098	5,32856
3	106,1	89,4	16,70	0,2554	4,26518
4	104,8	93,7	11,10	0,2145	2,38095
5	104,3	94,4	9,90	0,1807	1,78893
6	103,6	95,7	7,90	0,1512	1,19448
7	102,6	95,9	6,70	0,1245	0,83415
8	102,3	96,1	6,20	0,0997	0,61814
9	100,7	97,1	3,60	0,0764	0,27504
10	98,8	98,4	0,40	0,0539	0,02156
S					25,423
S^2					646,348

Оскільки

$$W = \frac{S^2}{n \cdot m^2} = \frac{646,348}{673,67} = 0,959 \geq W_{\text{табл}} = 0,905, \quad (5)$$

розподіл у відповідності до [23] вважається нормальним.

Розрахунки, аналогічні (1)–(5), були виконані також для аналізу часу оперативних розгортань за іншими обраними результатами. Вони показали що за рівнем значимості $\alpha=0,05$ їх можна вважати нормальним.

Отримані результати в узагальненому вигляді наведені в табл. 3 та табл. 4, а також на рис. 1 та 2 де наведено розподіл часу виконання оперативного розгортання «Подача переносного лафетного ствола по магістральним лініям на 3 рукава діаметром 77 мм з установкою пожежно-рятувального автомобіля на водоймище» від пожежної автоцистерни АЦ-40 (131) модель 137А (АЦ_{сер.}), МАЗ АЦ-4-60 (5309)-505М (АЦ_{важк.}), рис. 2 «Подача одного ствола «А» та одного ствола «Б» з прокладанням магістральної лінії на п'ять рукавів діаметром 77 мм та двох робочих ліній на два рукава діаметра 51 мм та два рукава діаметра 77 мм з установкою на пожежний гідрант», як повним складом оперативного розрахунку пожежної автоцистерни, так і неповним складом.

Табл. 3. Результати оперативних розгортань курсантів та пожежних «Подача переносного лафетного ствола по магістральним лініям на 3 рукава діаметром 77 мм з установкою пожежно-рятувального автомобіля «середнього» та «важкого» класу на водоймище» з урахуванням кількості складу оперативного розрахунку (ОР1)

ОР1 АЦ серед. клас							
Повний склад відділення				Неповний склад відділення			
К		П		К		П	
$\bar{t}_{\bar{n}}, \tilde{n}$	σ_c	$\bar{t}_{\bar{n}}, \tilde{n}$	$\sigma_{\bar{n}}$	$\bar{t}_{\bar{n}}, \tilde{n}$	$\sigma_{\bar{n}}$	$\bar{t}_{\bar{n}}, \tilde{n}$	$\sigma_{\bar{n}}$
98,82	5,95	95,11	6,19	114,69	6,59	112,82	5,13
ОР1 АЦ тяж. клас							
$\bar{t}_{\bar{o}}, \tilde{n}$	$\sigma_{\bar{o}}$	$\bar{t}_{\bar{o}}, \tilde{n}$	$\sigma_{\bar{o}}$	$\bar{t}_{\bar{o}}, \tilde{n}$	$\sigma_{\bar{o}}$	$\bar{t}_{\bar{o}}, \tilde{n}$	$\sigma_{\bar{o}}$
60,82	2,75	53,82	2,53	69,27	2,21	62,61	1,88

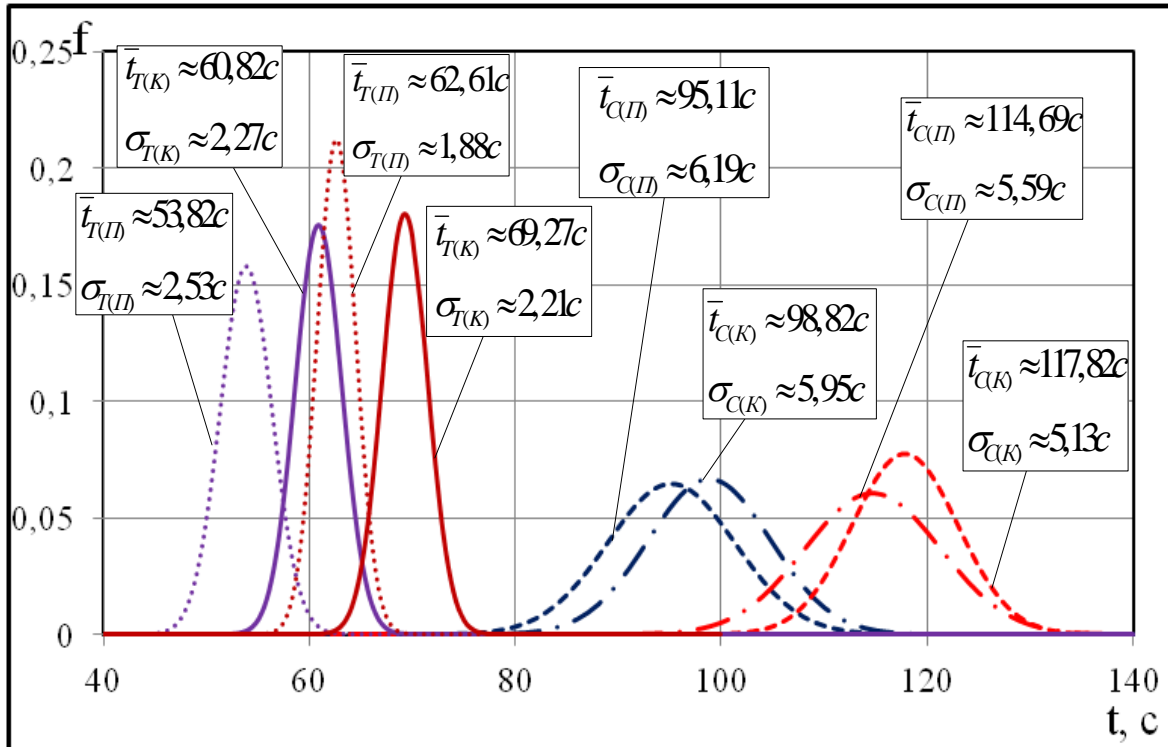


Рис. 1. Розподіл часу виконання оперативного розгортання (ОР1) від пожежно-рятувальних автомобілів середнього та важкого класів в залежності від кількості складу оперативного розрахунку (синій колір – повний склад відділення, червоний – неповний склад відділення) та рівня підготовки пожежних (суцільна лінія – курсанти, пунктирна – пожежні штатних підрозділів)

Табл. 4. Результати оперативних розгортань курсантів та пожежних «Подача одного ствола «А» та одного ствола «Б2 з прокладанням магістральної лінії на п'ять рукавів діаметром 77 мм та двох робочих ліній на два рукава діаметра 51 мм та два рукава діаметра 77 мм з установкою пожежно-рятувального автомобіля «середнього» та «важкого» класу на водоймище» з урахуванням кількості складу оперативного розрахунку (ОР2)

ОР2 _{АЦ} серед. клас							
Повний склад відділення				Неповний склад відділення			
К		П		К		П	
$\bar{t}_{\bar{n}}, \bar{n}$	$\sigma_{\bar{n}}$	$\bar{t}_{\bar{n}}, \bar{n}$	$\sigma_{\bar{n}}$	$\bar{t}_{\bar{n}}, \bar{n}$	$\sigma_{\bar{n}}$	$\bar{t}_{\bar{n}}, \bar{n}$	$\sigma_{\bar{n}}$
109,32	4,41	103,42	3,24	133,52	5,03	126,52	3,79
ОР2 _{АЦ} тяж. клас							
$\bar{t}_{\bar{o}}, \bar{n}$	$\sigma_{\bar{o}}$	$\bar{t}_{\bar{o}}, \bar{n}$	$\sigma_{\bar{o}}$	$\bar{t}_{\bar{o}}, \bar{n}$	$\sigma_{\bar{o}}$	$\bar{t}_{\bar{o}}, \bar{n}$	$\sigma_{\bar{o}}$
102,12	3,18	97,50	3,02	130,62	4,85	123,47	4,05

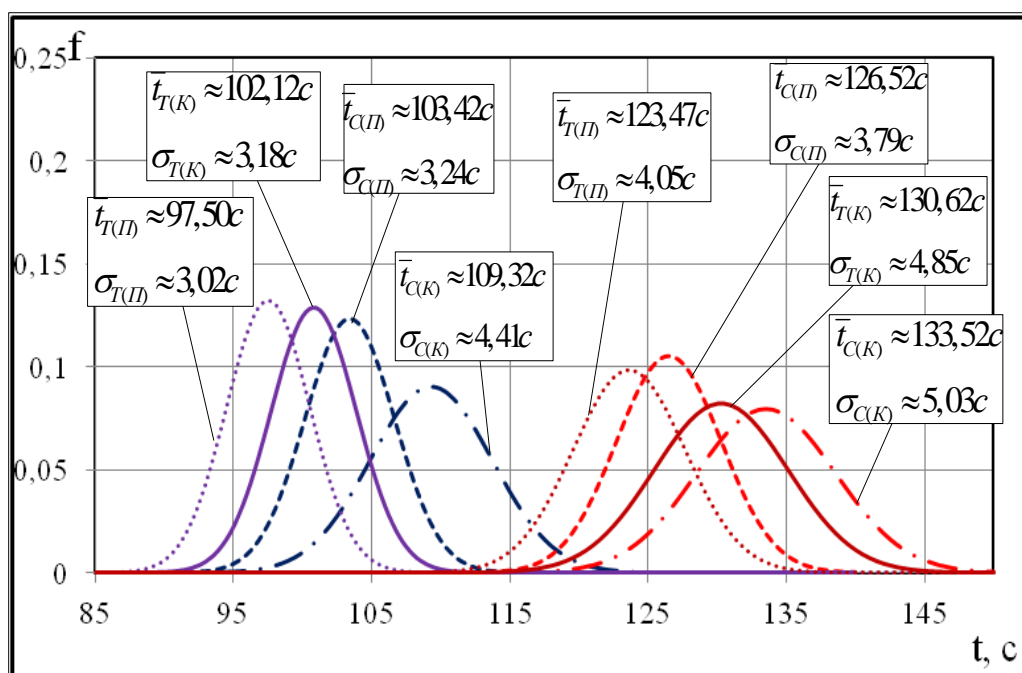


Рис. 2. Розподіл часу виконання оперативного розгортання (ОР2) від пожежно-рятувальних автомобілів середнього та важкого класів в залежності від кількості складу оперативного розрахунку (синій колір – повний склад відділення, червоний – неповний склад відділення) та рівня підготовленості пожежних (суцільна лінія – курсанти, пунктирна – пожежні штатних підрозділів)

Наявність оцінок математичних очікувань і середньоквадратичних відхилень для отриманих вибірок (табл. 1, 2) часу оперативного розгортання дозволило виконати перевірку того, наскільки значимо різняться середні значення, отримані по незалежних вибірках дослідження, використовуючи t-критерій Стюдента [23].

У цьому випадку, наприклад для ситуацій, коли порівнюється час ОР1 від пожежно-рятувального автомобіля середнього та важкого класів курсантами та пожежними з урахуванням фактору кількості складу оперативного розрахунку, розглядалась гіпотеза

$$H_0 : \bar{t}_{л}(\Pi) = \bar{t}_{л}(K) \quad (6)$$

та її альтернатива

$$H_1: \bar{t}_n(\Pi) \neq \bar{t}_n(K), \quad (7)$$

яка доводить відмінність середніх значень.

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

$$H_0: \sigma_n(\Pi) = \sigma_n(K) \quad (8)$$

був обраний F-критерій

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}, \quad (9)$$

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

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

$$v_n(\Pi) = n_n(\Pi) - 1 = 19, \quad v_n(K) = n_n(K) - 1 = 19, \quad (10)$$

де $n_n(\Pi) = n_n(K) = 20$ кількість оперативних розрахунків, які виконували оперативне розгортання ОР1 та ОР2 за результатами яких оцінювалися статистичні характеристики отриманих розподілів, дорівнює [23]

$$F_{кр} = F_{табл} = 2,15. \quad (11)$$

Результати порівняння (9) з (11) наведені в табл. 5.

Табл. 5. Результати статистичної перевірки до відношення вибірових дисперсій оперативного розгортання від пожежно-рятувальних автомобілів середнього та важкого класу з урахуванням кількості складу оперативного розрахунку

F _{кр}							
П	К	П	К	П	К	П	К
ОР _{1с}	ОР _{1с}	ОР _{1т}	ОР _{1т}	ОР _{2с}	ОР _{2с}	ОР _{2т}	ОР _{2т}
0,74	1,65	1,18	1,38	1,85	1,76	1,10	1,43

$$F_{кр} = F_{табл} = 2,15. \quad (12)$$

Видно, що в розглянутих випадках правомірною визнається нуль-гіпотеза та допускається рівність дисперсій при виконанні оперативного розгортання як курсантами, так пожежними штатних пожежно-рятувальних підрозділів. Тобто,

$$\sigma_{до}^2(ОР_1\Pi) = \sigma_{після}^2(ОР_1К); \quad (13)$$

$$\sigma_{до}^2(ОР_2\Pi) = \sigma_{після}^2(ОР_2К). \quad (14)$$

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

$$S_{(C-T)}(OP_{1,2}) = \sqrt{\frac{(n_c(n) - 1) \cdot \sigma_c^2(n/k) + (n_c(k) - 1) \cdot \sigma_c^2(\pi/k)}{n_c(\pi) + n_c(k) - 2} \cdot \left(\frac{1}{n_c(n)} + \frac{1}{n_c(k)} \right)}; \quad (15)$$

$$n_{\pi}(n) + n_{\pi}(k) - 2 = 38. \quad (16)$$

Узагальненні результати розрахунку стандартної помилки оцінки часу оперативного розгортання наведені в табл. 6.

Табл. 6. Результати розрахунку стандартної помилки оцінки часу оперативного розгортання від автоцистерн середнього та важкого класу з урахуванням кількості складу оперативного розрахунку

S(c-T)							
П	К	П	К	П	К	П	К
OP _{1c}	OP _{1c}	OP _{1T}	OP _{1T}	OP _{2c}	OP _{2c}	OP _{2T}	OP _{2T}
0,801	0,765	0,513	0,452	0,618	0,664	0,556	0,667

В результаті за

$$t_{\text{набл}} = \frac{|\bar{t}_{\text{скороч.С}}(\Pi) - \bar{t}_{\text{повн.С}}(\Pi)|}{S(OP_{C-T}\Pi)} \quad (17)$$

отримано (табл. 7) показники t -критерію для статистичних оцінок часу оперативного розгортання.

Табл. 7. Результати розрахунку t -критерію для оцінки часу оперативного розгортання від автоцистерн середнього та важкого класів з урахуванням кількості складу оперативного розрахунку

$t_{\text{набл}}$							
П	К	П	К	П	К	П	К
OP _{1c}	OP _{1c}	OP _{1T}	OP _{1T}	OP _{2c}	OP _{2c}	OP _{2T}	OP _{2T}
22,1	20,74	17,13	18,69	37,54	36,44	46,7	40,17

Аналіз результатів, наведених в табл. 7, показує, що в усіх випадках

$$t_{\text{набл}} = > t_{\text{табл}}(\alpha = 0,05) = 2,04. \quad (18)$$

Таким чином, результати статистичного аналізу експериментальних результатів показали, що при рівні значимості $\alpha=0,05$ результати, отриманні під час оперативного розгортання з урахуванням кількості складу оперативного розрахунку від автоцистерн різного класу, в усіх випадках відрізняються суттєво.

6. Обговорення результатів дослідження оперативних розгортань розрахунками в умовах скороченої чисельності

Проведений аналіз показав, що важливою та нерозв'язаною частиною проблеми підвищення ефективності діяльності пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС

Україні є підвищення ефективності оперативного розгортання пожежних автоцистерн розрахунками скороченої чисельності. Виходячи з цього, метою роботи було визначено аналіз впливу чисельності розрахунків пожежно-рятувальних автомобілів різного класу на час оперативного розгортання. Це викликано тим, що в Україні, як і в інших провідних країнах світу, питання, підвищенням ефективності оперативних розгортань пожежно-рятувальних автомобілів різного класу за умови зменшення кількості оперативного розрахунку відділення розглянуто недостатньо. Для досягнення поставленої мети була розроблена методика проведення експериментальних досліджень, яка дозволяє отримати кількісні оцінки часу оперативного розгортання, що будуть одночасно характеризувати клас пожежно-рятувального автомобіля, рівень підготовленості особового складу та вплив чисельності розрахунків пожежно-рятувальних автомобілів різного класу на час оперативного розгортання.

Сильною стороною отриманих результатів є визначення достовірних показників (з рівнем значимості $\alpha=0,05$), які доцільно використовувати для визначення по аналогії з [21] нормативів для оцінювання якості підготовки особового складу пожежно-рятувальних підрозділів в мовах зменшення кількості складу оперативного розрахунку відділення. Слабою – трудомісткість в отриманні вихідних експериментальних результатів.

Аналіз отриманих результатів показує, що математичне очікування часу оперативного розгортання для однотипних варіантів суттєво відрізняється насамперед в залежності кількості складу оперативного розрахунку відділення пожежно-рятувального автомобіля, від класу пожежної автоцистерни, та від рівня підготовленості особового складу, що значно ускладнили та збільшили витрати часу на дії з оперативного розгортання пожежно-рятувальних автомобілів, які вони виконуються в строгій послідовності. Зі зменшенням кількості складу оперативного розрахунку відділення збільшується середнє навантаження на одну особу, тому що кількість операцій, які виконує один рятувальник, зростає.

Визначено що більшій мірі ці чинники вплинули на результати курсантів, які мають професійні навички, але випадки застосування їх та досвід значно менший ніж у професійних пожежних. В меншій мірі ці чинники впливають на результат професійних пожежних, проте ці переваги втрачається коли особовий склад відділення досягає 4-ї та 5-ї медико-вікової групи.

У зв'язку з цим на етапі первинної підготовки необхідно приділяти підвищену увагу навчанню до виконання різноманітних варіантів оперативного розгортання в умовах зменшення кількості складу оперативного розрахунку відділення, визначення додаткових операцій, які необхідно виконати кожним рятувальником за умов відсутності відповідного номеру оперативного розрахунку.

7. Висновки

1. Запропонована методика проведення експериментальних досліджень часових характеристики кожної складової операції, дозволяє отримати кількісні оцінки часу оперативного розгортання (математичні очікування та середньоквадратичні відхилення), які будуть одночасно характеризувати кількості складу оперативного розрахунку та рівень професійної підготовки відділення, класу пожежно-рятувального автомобіля, визначили напрямки та можливості скорочення часу оперативного розгортання сил та засобів, так і перевіряти за критеріями Стюдента наскільки значимо кожен з обраних факторів впливає на час проведення оперативного розгортання від пожежно-рятувального автомобіля в умовах неповного складу оперативного розрахунку відділення.

2. Проведені експериментальні дослідження, в яких брали участь випробовувані з числа курсантів Національного університету цивільного захисту України та рятувальники оперативно-рятувальних підрозділів ГУ ДСНС України в Харківській області, показали, що при рівні значимості $\alpha=0,05$ результати, отриманні під час оперативного розгортання з урахуванням кількості складу оперативного розрахунку відділення від пожежних автоцистерн середнього та важкого класу, відрізняються суттєво. На етапі первинної підготовки рятувальників необхідно приділяти підвищену увагу навчанню до виконання різноманітних варіантів оперативного розгортання в умовах зменшення кількості складу оперативного розрахунку відділення. За результатами проведеного дослідження з метою об'єктивного оцінювання рівня підготовки особового складу в умовах неповного складу оперативного розрахунку відділення запропоновано науково-обґрунтовані практичні рекомендації для оперативних розгортань пожежно-рятувальних автомобілів середнього та важкого класу для курсантів та особового складу штатних пожежно-рятувальних підрозділів.

Література

1. Інформаційна – аналітична довідка про виникнення НС в Україні у 2020 році. URL: <https://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-za-kvartal/119288.html>
2. World Fire Statistics / N. N. Brushlinsky, M. Ahrens, P. Wagner 2019. № 24.P 64. URL: https://www.ctif.org/sites/default/files/2019-04/CTIF_Report24_ERG.pdf.
3. Review of Emergency Responder Standard Operating Procedures. URL: <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Emergency-responders/RFRReviewOfEmergencyResponderSOPSOGs.pdf>
4. Fire and Emergency Service Personnel Knowledge and Skills Proficiency. URL: <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Emergency-responders/RFFEMSPProficiency.pdf>
5. Evaluation of Fire Service Training Fires. URL: <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Emergency-responders/RFEvaluationofFireServiceTraining.ashx>.
6. Training for failure in the united states fire service. URL: https://calhoun.nps.edu/bitstream/handle/10945/64038/19Dec_O%27Neal_David.pdf?sequence=1&isAllowed=y
7. Framework for the competence of rescue and fire fighting service (RFFS) personnel. URL: [https://publicapps.caa.co.uk/docs/33/CAP699E3Jan2017\(BM\).pdf](https://publicapps.caa.co.uk/docs/33/CAP699E3Jan2017(BM).pdf)
8. NFPA 1001. Standard for Fire Fighter Professional Qualifications. URL: https://www.nfpa.org/assets/files/AboutTheCodes/1001/1001_F2017_PQU_FFQ_SAgenda_01_17.pdf
9. NFPA 1710 Standard for the Organization and Deployment of Fire Suppression Operations, Emergency Medical Operations, and Special Operations to the Public by Career Fire Departments. URL: <https://www.nfpa.org/Codes-and-Standards/ARCHIVED/Safer-Act-Grant/NFPA-1710>
10. NFPA 1720, Standard for the Organization and Deployment of Fire Suppression Operations, Emergency Medical Operations, and Special Operations to the Public by Volunteer Fire Departments. URL: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=1720>
11. Alternative deployment models for the fire service. URL: <https://www.firerescue1.com/fire-chief/articles/alternative-deployment-models-for-the-fire-service-34IJK0Q3UF5ZjRiB>

12. Fire and emergency service personnel knowledge and skills proficiency. URL: <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Emergency-responders/RFFEMSPProficiency.pdf>
13. Training Related Risk Factors of Firefighters. URL: https://www.researchgate.net/publication/320545566_Training_Related_Risk_Factors_of_Firefighters
14. OSHA 1910.156 Fire brigades. URL: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.156>
15. NFPA "RESEARCH" US Fire Department Profile 2018. URL: <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Emergency-responders/osfdprofile.pdf>
16. Evaluation of Fire Flow Methodologies. URL: <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Emergency-responders/RFEvaluationofFireFlowMethodologies.ashx?la=en>
17. Principal Emergency Response and Preparedness. Requirements and Guidance. URL: <https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/osha3122.pdf>
18. NFPA 1410 Standard on Training for Initial Emergency Scene Operations. URL: https://niordc.ir/uploads/nfpa_1410_-_2005.pdf
19. Features of the organization fighting fires at low temperatures. URL: <https://narfu.ru/upload/iblock/8ca/mbwsrrzqgqfprsjtwbrrcq%20likziilcgmqtlrziqkglez%20uoirueszlbewgn%20cpnzkadzskkmjj%20ip%20enzzakluhqvhqpxh.pdf>
20. Fire and emergency service personnel knowledge and skills proficiency. URL: <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Emergency-responders/RFFEMSPProficiency.pdf>
21. Белюченко Д. Ю., Стрілець В. М. Багатофакторна оцінка ефективності оперативного розгортання пожежних автомобілів в умовах виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру // Комунальне господарство міст. Харків. 156. 2020. 204-211. doi: 10.33042/2522-1809-2020-3-156-204-211
22. Illowsky B., Dean S. Introductory Statistics. OpenStax CNX. 2014. P 67–74. URL: <https://openstax.org/details/introductory-statistics>
23. Denworth L. A Significant Problem: Standard scientific methods are under fire. Journal of Scientific American. 2019. V. 321. № 4. P. 62–67. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Scientific_American

D. Beliuchenko, PhD, Lecturer of the Department
I. Gritsina, PhD, Associate Professor, Deputy Head of Department
V. Strelets, DSc, Associate Professor, Senior Researcher
National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ANALYSIS OF THE IMPACT OF THE NUMBER OF PERSONNEL OF THE FIRE AND RESCUE VEHICLE DURING THE OPERATIONAL DEPLOYMENT

A methodology for conducting experimental studies has been developed, which allows one to obtain quantitative estimates of the time of operational deployment from fire tankers, which will simultaneously characterize the class of the fire fighting vehicle, the level of preparedness of personnel and the influence of the number of crews of departments of fire fighting vehicles of different classes by the first operational and rescue unit during liquidation (localization) of technogenic emergencies. Experimental studies, in which subjects from among the cadets of the National University of Civil Protection of Ukraine and fire-fighting operational and rescue units of the Main Directorate of the State Service of Ukraine for Emergency Situations in the Kharkiv region participated, showed that at a significance level of $\alpha = 0.05$, the results obtained during certain exercises on operational deployment, taking into account the number of

the composition of the operational calculation from tank trucks of various classes, in all cases differ significantly. It is shown that at the stage of primary training of rescuers, it is necessary to pay increased attention to training in performing various options for operational deployment from a fire-rescue vehicle in conditions of a decrease in the number of the operational crew of the department, determining the necessary additional operations that must be performed by each rescuer in the absence of the corresponding operational crew number. The strength of the results obtained is the determination of reliable indicators (with a significance level of $\alpha=0.05$), which can be the basis for substantiating specific proposals for organizing operational work in conditions of a reduced number of operational calculations for operational and rescue units of the State Emergency Service of Ukraine, fire rescue vehicles of different classes, primarily standards for an objective assessment of the level of preparedness of personnel.

Keywords: operational calculation of the department, fire and rescue vehicle, fire tanker, operational deployment, operational calculation number, statistical analysis, time distribution

References

1. Informacijna – analitychna dovidka pro vynyknennja NS v Ukrai'ni u 2020 ro-ci. Retrieved from <https://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-za-kvartal/119288.html>
2. World Fire Statistics (2019). N. N. Brushlinsky, M. Ahrens, P. Wagner. № 24. Retrieved from https://www.ctif.org/sites/default/files/2019-04/CTIF_Report24_ERG.pdf
3. Review of Emergency Responder Standard Operating Procedures. Retrieved from <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Emergency-responders/RFRReviewOfEmergencyResponderSOPSOGs.pdf>
4. Fire and Emergency Service Personnel Knowledge and Skills Proficiency. Retrieved from <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Emergency-responders/RFFEMSPProficiency.pdf>
5. Evaluation of Fire Service Training Fires. Retrieved from: <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Emergency-responders/RFEvaluationofFireServiceTraining.ashx>
6. Training for failure in the united states fire service. Retrieved from https://calhoun.nps.edu/bitstream/handle/10945/64038/19Dec_O%27Neal_David.pdf?sequence=1&isAllowed=y
7. Framework for the competence of rescue and fire fighting service (RFFS) personnel. Retrieved from [https://publicapps.caa.co.uk/docs/33/CAP699E3Jan2017\(BM\).pdf](https://publicapps.caa.co.uk/docs/33/CAP699E3Jan2017(BM).pdf)
8. NFPA 1001, Standard for Fire Fighter Professional Qualifications. Retrieved from <https://sa5e44a321405f035.jimcontent.com/download/version/1268192963/module/3735826357/name/61ns.pdf>
9. NFPA 1710 Standard for the Organization and Deployment of Fire Suppression Operations, Emergency Medical Operations, and Special Operations to the Public by Career Fire Departments. Retrieved from <https://www.como.gov/CMS/granicus/downloadfile.php?id=11785&type=attachment>
10. NFPA 1720. Standard for the Organization and Deployment of Fire Suppression Operations, Emergency Medical Operations, and Special Operations to the Public by Volunteer Fire Departments. Retrieved from http://www.niordc.ir/uploads/nfpa_1720_-.pdf
11. Alternative deployment models for the fire service. Retrieved from <https://www.firerescue1.com/fire-chief/articles/alternative-deployment-models-for-the-fire-service-34IJK0Q3UF5ZjRiB>
12. Fire and emergency service personnel knowledge and skills proficiency. Retrieved from <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Emergency-responders/RFFEMSPProficiency.pdf>

13. Training Related Risk Factors of Firefighters. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/320545566_Training_Related_Risk_Factors_of_Firefighters

14. Training Related Risk Factors of Firefighters. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/320545566_Training_Related_Risk_Factors_of_Firefighters

15. NFPA "RESEARCH" US Fire Department Profile 2018. Retrieved from <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Emergency-responders/osfdprofile.pdf>

16. Fire Protection Handbook. Retrieved from <https://tocanthike.files.wordpress.com/2015/10/nfpa-fire-protection-handbook-20th-edition.pdf>

17. Principal Emergency Response and Preparedness. Requirements and Guidance. Retrieved from <https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/osha3122.pdf>.

18. NFPA 1410 Standard on Training for Initial Emergency Scene Operations. Retrieved from http://www.niordc.ir/uploads/nfpa_1410_-_2005.pdf

19. Features of the organization fighting fires at low temperatures. Retrieved from <https://narfu.ru/upload/iblock/8ca/mbwsrrzqgqfprsjtwbrccq%20likziilcgmqtlrziqkglez%20uoirueszlbewgn%20cpnzkadzskkmjj%20ip%20enzzakluhqvhqpxh.pdf>

20. Fire and emergency service personnel knowledge and skills proficiency. Retrieved from <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Emergency-responders/RFFEMSPProficiency.pdf>

21. Beljuchenko, D. Ju., Strilec', V. M. (2020). Bagatofaktorna ocinka efektyvnosti operativnogo rozgortannja pozheznyh avtomobiliv v umovah vynyknennja nadzvyhajnyh situacij tehnogennogo harakteru // Komunal'ne gospodarstvo mist. Harkiv. 156. 204-211. doi: 10.33042/2522-1809-2020-3-156-204-211

22. Illowsky, B., Dean, S. (2014). Introductory Statistics. OpenStax CNX, 67–74. Retrieved from <https://openstax.org/details/introductory-statistics>

23. Denworth, L. (2019). A Significant Problem: Standard scientific methods are under fire. *Journal of Scientific American*, 321(4), 62–67. Retrieved from https://uk.wikipedia.org/wiki/Scientific_American

Надійшла до редколегії: 11.03.2021

Прийнята до друку: 13.04.2021