

*А.В. Максимов, викладач, НУЦЗУ,
П.А. Ковальов, к.т.н., доцент, нач. каф., НУЦЗУ,
В.М. Стрілець, д.т.н., с.н.с., НУЦЗУ*

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПОРЯТУНКУ ПОСТРАЖДАЛОГО В НОШАХ РЯТУВАЛЬНИХ ВОГНЕЗАХИСНИХ

(представлено д.т.н. Росохою С.В.)

В статті визначено, що існує протиріччя між вимогами керівних документів, які не розглядають під час пожеж багатоповерхових та висотних будівель особливості евакуації потерпілих без тями вздовж зовнішніх стінок споруд, оскільки в основі лежить використання для цього авто драбин та авто підйомачів, та практикою таких дій у пожежно-рятувальних підрозділах. Відмічено, що на цей час вже є пристрої, які дозволяють проводити такий вид аварійно-рятувальних робіт. На прикладі нош рятувальних вогнезахисних проведено порівняльний аналіз рятування потерпілих без тями різними способами. Показав, що розподіл часу проведення такого типу аварійно-рятувальних робіт з рівнем значимості $\alpha=0,05$ є нормальним. При цьому математичне очікування часу рятування від обраного варіанту рятування суттєво не відрізняється. Ці особливості повинні бути врахованими під час коригування рекомендацій щодо висотної та висотно-верхолазної підготовки особового складу пожежно-рятувальних підрозділів.

Ключові слова: ноші рятувальні вогнезахисні, потерпілий, порятунок, багатоповерхові будівлі, розподіл часу виконання, статистичний аналіз.

Постановка проблеми. Широке використання під час забудови сучасних місць будівель підвищеної поверховості суттєво ускладнило пожежно-рятувальним підрозділам проведення аварійно-рятувальних робіт, оскільки в основі тактики їх проведення лежить використання авто драбин та авто підйомачів [1]. Проте реальна практика досить часто відбувається в умовах, коли автомобілі не можуть бути встановленими на визначені відповідно до їх тактико-технічних характеристик місця. Характерними прикладами були пожежі в готелі «Ленінград» (м. Петербург, 23.02.1991 р., 16 загиблих), на заводі «Хартрон» (м. Харків, 8.01.2014 р., 8 загиблих), 16-поверховій житловій будівлі (м. Баку, 19.05.2015 р., 15 загиблих), 8-поверховій будівлі (м. Париж, 5.02.2018 р., 8 загиблих) тощо. Все це свідчить про актуальність проблеми проведення рятувальних операцій по евакуації потерпілих, які не можуть рухатись самостійно, вздовж зовнішніх стінок багатоповерхової будівлі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що у провідних країнах світу питанням рятування людей під час пожежі в багатоповерхових та висотних будівлях приділяється достатньо багато уваги. Так, в США особливості дій рятувальників під час таких пожеж докладно розглянуті в Технічному звіті TR-082 [2], проте там основна увага приділяється експлуатаційним аспектам висотного пожежогасіння. З урахуванням цього в [3, 4] розглядаються питання навчання евакуації як ключового фа-

ктору виживання. При цьому в [5] відмічено, що планування евакуації потерпілих з багатоповерхових будівель, навіть за повного дотримання будівельних норм, суттєво ускладнюється наявністю людського фактору у потерпілих, який виступає навіть проти самих передових технологій.

Це підтверджується і результатами пожежних розслідувань відповідним департаментом NFPA. Наприклад, негативні наслідки пожежі в багатоповерховій офісній будівлі Five Fatality були обумовлені [6], серед іншого, помилками в діях пожежних. В той же час, аналіз [7] аварійно-рятувальних робіт під час гасіння пожежі висотної жилої будівлі у Північному Йорку 6.01.1995 р. показав, що уникненню загиблих сприяли, в першу чергу, дії першого пожежного підрозділу. З урахуванням дій пожежних Нью-Йорка під час подій 11.09.2001 р. на 605 сесії Конференції по професійному розвитку інженерів з безпеки [8] було відмічене особливе місце дій пожежних першого рятувального підрозділу, які зумовлені як їх оснащенням, яке повинно відповідати місцевим особливостям, так і рівнем підготовленості. В узагальненому вигляді це наведено в стандарті NFPA 1500-2002 [9, 10], а також стандартах OSHA 1910.120 [11] та OSHA 1910.156 [12], які уточнюють, що персонал, який приймає участь в проведенні аварійно-рятувальних робіт, повинен пройти спеціальну підготовку до кваліфікованого застосування специфічного для конкретної професійної пожежної станції аварійно-рятувального обладнання [13]. Проте, особливості рятування потерпілих без тям з багатоповерхових та висотних будівель не визначені.

Такі питання розглядалися в [14], де були розкриті закономірності дій газодимозахисників під час проведення аварійно-рятувальних робіт всередині багатоповерхових будівель. Але і тут, як і в [15], де розглядаються стаціонарні пожежні рятувальні пристрої, або [16], де розглядаються мобільні пожежні рятувальні пристрої, особливості евакуації потерпілих, які не можуть рухатись самостійно, вздовж зовнішніх стінок багатоповерхової будівлі не визначались. Хоча в [17] представлені ноші рятувальні вогнезахисні (НРВ), які дозволяють її розв'язати, проте за допомогою цих нош рятування можна здійснити по різному. В результаті чого навіть в керівному документі [18], який регламентує серед іншого і висотно-рятувальну підготовку пожежно-рятувальних підрозділів вправи з НРВ не передбачені.

Постановка завдання та його вирішення. У зв'язку з цим необхідно здійснити порівняльний аналіз рятування постраждалого в ношах рятувальних вогнезахисних різними способами.

Для цього були проведені експериментальні дослідження, в яких брали участь випробовувані з числа курсантів та викладачів Національного університету цивільного захисту України. Вони виконували рятування постраждалого в НРВ з 4-го поверху трьома різними способами: 1) спуск постраждалого, який знаходиться в ношах у горизонтальному стані (див. фотографія 1); 2) спуск постраждалого, який знаходиться в ношах у вертикальному стані (див. фотографія 2); 3) спуск постраждалого, який знаходиться в ношах у горизонтальному стані, у супроводі рятувальника (див. фотографія 3). Отримані результати наведені в табл. 1.

**Фотографія 1.**

Спуск постраждалого, який знаходиться в НРВ у горизонтальному стані

**Фотографія 2.**

Спуск постраждалого, який знаходиться в НРВ у вертикальному стані

**Фотографія 3.**

Спуск постраждалого у супроводі рятувальником

Табл. 1. Експериментальні результати [с] рятування потерпілого без тями за допомогою нош рятувальних вогнезахисних з четвертого поверху

Спроба	Варіант рятування		
	1	2	3
1	456,2	343,6	466,6
2	374,9	392,1	288,5
3	424,3	384,4	432,6
4	391,1	475,8	509,9
5	310,9	318,5	637,8
6	534,2	318,1	447,2
7	428,6	438,2	453
8	423,3	555,6	453,8
9	431,1	280,5	397,9
10	388	366,5	570,5
11	401	452,9	286,5
12	443	366,5	444
13	381	386,7	427,2
14	495,2	349,4	499,6
15	451,3	331,9	545,2
16	484,9	384,6	401,3
17	530,2	455,4	482,7
18	551,9	401,6	355,1
19	275,3	477,6	532,5
20	475,9	492,2	566,1
\bar{t}	432,615	398,605	459,900
σ	70,358	69,866	89,551
Skos	-0,345	0,464	-0,205

Отримані результати, оскільки у кожному випадку використовувалися вибірки з об'ємом $n = 20 < 30$, були перевірені на нормальність розподілу за критерієм Шапіро-Уїлкі [18].

Для цього, наприклад, стосовно до рятування за допомогою НРВ, коли потерпілий без тями знаходиться в них у вертикальному стані (результати (табл. 1) розглядаються саме для цього варіанту, оскільки отримана вибірка експериментальних результатів характеризувалась

найбільшим показником скошеності $Sk_{\text{верт}} \approx 0,464$) спочатку були розраховані середнє значення часу рятування потерпілого з 4-го поверху

$$\bar{t}_{\text{верт}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{\text{верт}i}}{n} = 398,61 \text{ с}, \quad (1)$$

де $t_{\text{верт}i}$ – час рятування за допомогою НРВ бойовим розрахунком, с; середньоквадратичне відхилення

$$\sigma_{\text{верт}} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (t_{\text{верт}i} - \bar{t}_{\text{верт}})^2} = 69,87 \text{ с}, \quad (2)$$

та

$$n \cdot m_2 = \sum_{i=1}^n (t_{\text{верт}i} - \bar{t}_{\text{верт}})^2 = 92743 \text{ с}^2, \quad (3)$$

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 рятування потерпілого за другим варіантом. Це дозволило обчислити проміжну суму S за формулою

$$S = \sum_{i=1}^k a_{n-i+1} \cdot (t_{(n-i+1)} - t_i) = 298,02, \quad (4)$$

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 табл. 10 [18]).

Таблиця 11 [18] для рівня значимості $\alpha=0,05$ та $n=20$ дає значення $W_{\text{табл}} = 0,905$.

Оскільки

$$W = \frac{S^2}{n \cdot m^2} = \frac{88815}{92743} = 0,96 \geq W_{\text{табл}} = 0,905, \quad (5)$$

розподіл у відповідності до [18] вважається нормальним.

Розрахунки, аналогічні (1)-(5), були виконані також для аналізу часу рятування потерпілого без тям за допомогою НРВ при застосуванні інших варіантів їх використання. Вони показали, що з рівнем значимості $\alpha=0,05$ їх можна вважати нормальними.

Табл. 2. Упорядкована серія отриманих значень часу рятування за допомогою НРВ потерпілого, коли він в них перебуває у вертикальному стані

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	555,6	280,5	275,10	0,4493	123,6024
2	492,2	318,1	174,10	0,3098	53,93618
3	477,6	318,5	159,10	0,2554	40,63414
4	475,8	331,9	143,90	0,2145	30,86655
5	455,4	343,6	111,80	0,1807	20,20226
6	452,9	349,4	103,50	0,1512	15,6492
7	438,2	366,5	71,70	0,1245	8,92665
8	401,6	366,5	35,10	0,0997	3,49947
9	392,1	384,4	7,70	0,0764	0,58828
10	386,7	384,6	2,10	0,0539	0,11319
S					298,02
S ²					88815

Наявність оцінок математичних очікувань і середньоквадратичних відхилень часу рятування різними способами потерпілого без тьми за допомогою НРВ дозволило виконати перевірку того, наскільки значимо різняться середні значення (рис. 1), отримані по незалежних вибірках дослідження, використовуючи t-критерій Стьюдента [19].

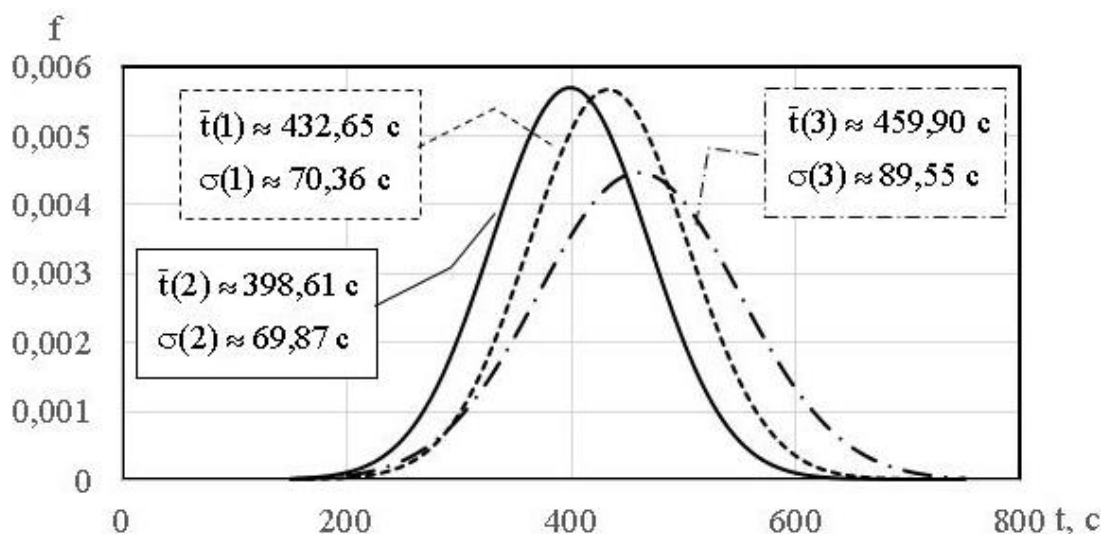


Рис. 1. Розподіли часу рятування потерпілого без тьми за допомогою нош рятувальних вогнезахисних різними способами: 1 – потерпілий знаходиться в горизонтальному стані; 2 – у вертикальному; 3 – потерпілого супроводжує рятувальник

В цьому випадку, наприклад для ситуацій, коли порівнюється час рятування потерпілого при його вертикальному спуску (другий варіант) та рятування із застосуванням (третій варіант) супроводу потерпілого (різниця між середніми для цих варіантів рятування за допомогою НРВ була найбільшою), розглядалась гіпотеза

$$H_0: \bar{t}_{\text{верт}} = \bar{t}_{\text{супр}} \quad (6)$$

та її альтернатива

$$H_1 : \bar{t}_{\text{верт}} \neq \bar{t}_{\text{супр}}, \quad (7)$$

яка доводить відмінність середніх значень.

З метою вибору конкретної методики розрахунку t-критерію [21] спочатку була перевірена гіпотеза про рівність дисперсій. У якості критерія для перевірки нуль-гіпотези

$$H_0 : \sigma_{\text{верт}} = \sigma_{\text{супр}} \quad (8)$$

був обраний F-критерій

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = \frac{8019}{4881} = 1,64, \quad (9)$$

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

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

$$\nu_{\text{л}}(\text{п}) = n_{\text{л}}(\text{п}) - 1 = 19, \quad \nu_{\text{л}}(\text{к}) = n_{\text{л}}(\text{к}) - 1 = 19, \quad (10)$$

де $n_{\text{верт}} = n_{\text{супр}} = 20$ – кількість бойових розрахунків, які виконували рятування потерпілого за допомогою НРВ різними способами, дорівнює [20]

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

Видно, що в розглянутих випадках правомірною визнається нуль-гіпотеза (2.6) та допускається рівність дисперсій під час рятування потерпілих за допомогою НРВ різними способами.

Виходячи з цього, стандартна помилка різниці $S_{\text{верт-супр}}$, з урахуванням того, що вибірки малого розміру (<30), та число ступенів свободи ν при обчисленні t-критерію розраховуються [20] наступним чином

$$\begin{aligned} S_{\text{верт-супр}} &= \\ &= \sqrt{\frac{(n_{\text{верт}} - 1) \cdot \sigma_{\text{верт}}^2 + (n_{\text{супр}} - 1) \cdot \sigma_{\text{супр}}^2}{n_{\text{верт}} + n_{\text{супр}} - 2} \cdot \left(\frac{1}{n_{\text{верт}}} + \frac{1}{n_{\text{супр}}} \right)} = \\ &= \sqrt{\frac{(20 - 1) \cdot 4881 + (20 - 1) \cdot 8019}{20 + 20 - 2} \cdot \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{20} \right)} = 110,7; \end{aligned} \quad (12)$$

$$n_{\text{л}}(\text{п}) + n_{\text{л}}(\text{к}) - 2 = 38. \quad (13)$$

В результаті

$$t_{\text{набл}} = \frac{|\bar{t}_{\text{верт}} - \bar{t}_{\text{супр}}|}{S_{\text{верт-супр}}} = \frac{|398,6 - 459,9|}{110,7} = 0,554. \quad (14)$$

Оскільки

$$t_{\text{набл}} = 0,554 < t_{\text{табл}}(\alpha = 0,05) = 2,04, \quad (15)$$

можна говорити, що при рівні значимості $\alpha=0,05$ результати, отримані під час рятування потерпілих за допомогою НРВ різними способами можна вважати рівними. Це дозволяє розширити можливості командира оперативного розрахунку щодо самостійного вибору того варіанту рятувальних робіт, який відповідає його індивідуальним можливостям.

Висновки. Ефективне проведення рятувальних робіт при виникненні пожеж в багатоповерхових та висотних будівлях супроводжується протиріччям між вимогами керівних документів, які не розглядають особливості евакуації потерпілих без тям вздовж зовнішніх стінок споруд, та практикою таких дій у пожежно-рятувальних підрозділах.

У провідних країнах світу підготовка пожежно-рятувальних підрозділів відбувається з урахуванням як місцевих особливостей, так і пожежної техніки, яка стоїть у них на озброєнні.

Порівняльний аналіз рятування потерпілих за допомогою нош рятувальних вогнезахисних, які передбачається поставити на озброєння в пожежно-рятувальні підрозділи ДСНС України, показав, що розподіл часу проведення типових аварійно-рятувальних робіт з рівнем значимості $\alpha=0,05$ є нормальним. При цьому математичне очікування часу рятування від обраного варіанту рятування суттєво не відрізняється, що сприяє ініціативному вибору оперативним розрахунком такого варіанту, який найкраще відповідає їх індивідуальним можливостям.

Напрямки подальших досліджень. Перспективним напрямком досліджень є розробка нових нормативів стосовно висотно-верхолазної підготовки особового складу пожежно-рятувальних підрозділів до застосування нош пожежних вогнезахисних.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bush, Reade and J. Gordon Routley. Operational Considerations for High-rise Firefighting. Emmitsburg, Md.: US Fire Administration Technical Report Series TR-082, Title from title screen (viewed Oct. 17, 2006).
2. Shin, Paul H.B. "Evacuation Training Called a Key Factor in Survival." New York Daily News. September 20, 2001.
3. Dunn, Vincent. "Dunn's Dispatch: Deadly Elevators" Fire Engineering, December 2007.
4. Jennings, Charles. "High-Rise Office Building Evacuation Planning: Human Factors versus "Cutting Edge" Technologies." Journal of Applied Fire

Science, Vol. 4, no. 4. Reprinted in DeCicco, Paul. Ed. Evacuation from Fires. (Applied Fire Science in Transition Series, volume 2). Amityville, N.Y.: Baywood Press, 2001.

5. Jennings, Charles. "Five Fatality High-rise Office Building Fire -- Atlanta, GA. Report 033 in United States Fire Administration Technical Report Series, 1989.

6. Fire Investigation Summary: North York Residential High-Rise January 6, 1995. NFPA Fire Investigations Department.

7. DeVries, David. "Chicago Office High-Rise Fire: Lessons Learned" American Society of Safety Engineers 2005 Professional Development Conference, Session 605.

8. NFPA 1500 Standard on Fire Department Occupational Safety and Health Program. 2002 Edition. <http://www.fsans.ns.ca/pdf/research/nfpa1500.pdf>

9. Subburajah J. OSHA's Interpretation for Fire Emergency Planning. <https://www.linkedin.com/pulse/oshas-interpretation-fire-emergency-planning-subburajah-j>.

10. OSHA 1910.120 Hazardous waste operations and emergency response.

11. https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owares.do_search?p_doc_type=STANDARDS&p_search_str=1910.120

12. OSHA 1910.156 Fire brigades. https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9810.

13. NFPA 1033: Standard for Professional Qualifications for Fire Investigator.

14. <http://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards?mode=code&code=1033>.

15. Kovalyov P.A. Analysis execution emergency- rescue work firefighters in special protective masks on a height / P.A. Kovalyov, A.M. Maximov, V.M. Strelec // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2017. – № 26. – С.69-78.

16. Todoseychuk S. Technology and the results of field testing of rescuing people from a height S. Todoseychuk, Y. Onishenko, A. Archenko Civil Security Technology – vol.11, 2014, No.1 (39) – p.p. 42-45.

17. Опыт ведения спасательных работ в многоэтажных зданиях при чрезвычайных ситуациях / Б.Л. Кашевник, Пожаровзрывобезопасность – 2003. – № 4 – С.33-36.

18. Ноші рятувальні пат. 125165 Україна: МПК А61G1/00 (2018.01). № и 2018 00158; заявл. 03.01.18; опубл. 25.04.18, Бюл. № 8. 5 с.

19. Про затвердження Нормативів виконання навчальних вправ з підготовки осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту та працівників Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту ДСНС України до виконання завдань за призначенням. Наказ МВС України від 20.11.2015 № 1470.

20. ГОСТ Р ИСО 5479-2002. Статистические методы. Проверка отклонения распределения вероятностей от нормального распределения. [Действующий от 2002-07-01]. Москва, 2002. – 31 с. – (Государственные стандарты России).

21. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений – Главная редакция физико-математической литературы издательства "Наука", 1971. – 576 с.

22. Халафян А.А. STATISTICA 6 Статистический анализ данных.000 «Бином-Пресс», 2007. — 512 с.

Отримано редколлегією 12.03.2019

А.В. Максимов, П.А. Ковальов, В.М. Стрілець

Сравнительный анализ спасения пострадавшего с помощью носилок спасательных огнезащитных

В статье показано, что существует противоречие между требованиями руководящих документов, которые не рассматривают особенности эвакуации пострадавших без сознания вдоль наружных стен зданий во время пожаров многоэтажных и высотных зданий, поскольку в их основе лежит использование для этого автолестниц и автоподъемников, и практикой проведения таких действий личным составом пожарно-спасательных подразделений. Отмечено, что в настоящее время уже есть устройства, которые позволяют проводить такой вид аварийно-спасательных работ. На примере носилок спасательных огнезащитных проведен сравнительный анализ спасения пострадавших без сознания различными способами. Показано, что распределение времени проведения такого типа аварийно-спасательных работ с уровнем значимости $\alpha=0,05$ является нормальным. При этом математическое ожидание времени спасения пострадавшего от выбранного варианта проведения аварийно-спасательных работ существенно не отличается. Эти особенности должны быть учтены при корректировке рекомендаций по высотной и высотно-верхолазной подготовке личного состава пожарно-спасательных подразделений.

Ключевые слова: носилки спасательные огнезащитные, потерпевший, спасение, многоэтажные здания, распределение времени выполнения, статистический анализ.

A. Maksimov, P. Kovalov, V. Strelec

Comparative analysis of the rescue of the victim with the help of stretcher rescue flame retardant

The article shows that there is a contradiction between the requirements of the governing documents, which do not consider the features of evacuation of unconscious victims along the outer walls of buildings during high-rise and high-rise fires, because they are based on the use of motor ladders and car lifts, and the practice of conducting such actions by personal composition of fire and rescue units. It is noted that at present there are already devices that allow for this type of rescue operations. Using the example of a rescue fire retardant stretcher, a comparative analysis of the rescue of unconscious victims in various ways was carried out. It is shown that the distribution of the time of this type of rescue operations with a significance level of $\alpha=0,05$ is normal. At the same time, the mathematical expectation of the rescue time of the victim from the chosen option of conducting rescue operations is not significantly different. These features should be taken into account when adjusting the recommendations for high-altitude and high-altitude climb-up training of personnel of fire and rescue units.

Keywords: fire-retardant rescue stretcher, victim, rescue, high-rise buildings, runtime distribution, statistical analysis.