

## УДК 313.86

Д. Ю. Белюченко<sup>1</sup>, к.т.н., ст. викл. каф. (ORCID 0000-0001-7782-2019)

А. В. Максимов<sup>2</sup>, викл. (ORCID 0000-0001-7015-090X)

В. М. Стрілець<sup>1</sup>, д.т.н., професор, ст. викл. каф. (ORCID 0000-0001-5992-1195)

О. А. Бурменко<sup>1</sup>, к.т.н., викл. каф. (ORCID 0000-0002-5014-2678)

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

<sup>2</sup>Міжрегіональний центр гуманітарного розмінування та швидкого реагування  
Державної служби України з надзвичайних ситуацій

## ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА РІЗНИХ ВАРІАНТІВ ПРОВЕДЕННЯ ВИСОТНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ

Здійснено кількісну порівняльну оцінку впливу чисельності складу рятувальних груп, а також рівня підготовленості рятувальників-верхолазів на час здійснення різних варіантів рятування потерпілого шляхом евакуації в безопорному просторі, що сприятиме розв'язанню проблеми скорочення часу проведення рятувальних робіт на висоті без зниження рівня безпеки як особового складу рятувальних груп, так і потерпілих, які вимагають евакуацію в безопорному просторі. Доведено, що загальноприйняті варіанти використання рятувальниками-верхолазами існуючого спеціального оснащення та страхувальних засобів суттєво впливають на ефективність відповідної оперативної діяльності, яка полягає в проведенні експериментальних досліджень щодо рятування потерпілого з висоти 15 м, що відповідає рятуванню з четвертого поверху упродовж зовнішньої стіни багатоповерхової будівлі за допомогою як щита спинального іммобілізаційного, так і нош рятувальних особовим складом рятувальників базового та початкового рівня підготовки групами повного та неповного складу у відповідності до критеріїв Шапіро-Уілкі, Фішера та Стьюдента. Показано, що розподіл часу здійснення висотно-рятувальних робіт за розглянутими варіантами з рівнем значимості  $\alpha=0,05$  можна вважати нормальним. При цьому математичне очікування часу висотно-рятувальних робіт на висоті для визначених варіантів значно відрізняється не тільки в залежності від технічних можливостей спеціального оснащення та страхувальних засобів, які використовуються, але й від рівня підготовленості рятувальника-верхолаза та чисельності рятувальної групи. Ці властивості необхідно враховувати під час складання методичних рекомендацій з виконання рятувальних робіт на висоті, а також професійної підготовки рятувальника-верхолаза. Шляхом порівняння з результатами досліджень, що проводились у 2018–2019 роках, підтверджено достовірність отриманих оцінок.

**Ключові слова:** спеціальне оснащення, страхувальні засоби, висотно-рятувальні роботи, рятувальник-верхолаз

### 1. Вступ

Рятувальні роботи на висотних об'єктах житлового та промислового призначення виконуються у випадках руйнування об'єктів, викликаних військовими діями, землетрусами, вибухами, пожежами, саморуйнуванням тощо. Поки що рятування людей з висотних об'єктів представляє велику проблему і вирішується особовим складом підрозділів оперативно-рятувальної служби ДСНС, які у свою чергу, мають труднощі з комплектуванням спеціального оснащення та страхувальних засобів та рятувальними пристроями як групового, так і індивідуального призначення. Теперішній час вимагає від підрозділів оперативно-рятувальної служби найбільш ефективно проводити невідкладні роботи на висоті з деблокування та порятунку людей, розбору завалів основних будівельних конструкцій.

Все це свідчить, що проблема скорочення часу проведення рятувальних робіт на висоті без зниження рівня безпеки як особового складу рятувальних груп, так і потерпілих, які вимагають евакуацію в безопорному просторі, є край актуальною.

### 2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Зважаючи на те, що в останні роки ведеться активна спрямованість на модерні-

зацію містобудування в галузі планування та будівництва об'єктів підвищеної поверховості, виникає велика проблема в організації та проведенні висотно-рятувальних робіт підрозділами оперативно-рятувальної служби на цих об'єктах у разі виникнення надзвичайних ситуацій [1].

В [2] визначено, що в провідних країнах світу на озброєнні рятувальних підрозділів з'явилося множинне різноманіття професійного верхолазного спорядження для групового та індивідуального порятунку людей, а також спеціальне оснащення та страхувальні засоби, які дозволяють провести порятунок людей в умовах надзвичайної ситуації. Завдяки новітнім технологіям та використанню високотехнологічних матеріалів, збільшилася ефективність та надійність нового спорядження для рятувальних робіт, а також підвищилася безпека при його використанні.

Результати дослідження, які наведені в [3] свідчать, що у період 2008–2018 рр. нові види верхолазного спорядження були адаптовані та застосовані до завдань рятувальників з метою підвищення ефективності ведення висотно-рятувальних робіт на об'єктах підвищеної поверховості. Нове професійне спорядження [4] дає значну перевагу можливості використання окремих нових способів проведення висотно-рятувальних робіт, фактично в будь-якому місці з невеликою кількістю рятувальників на промислових об'єктах та цивільних висотних будівлях. Треба зазначити, що питання які би визначали кількість необхідного особового складу та спеціального оснащення та страхувальних засобів, не розглядалися.

В той же час, в [5] відмічено, що головною вимогою проведення рятувальних робіт на висоті є достатня кваліфікація рятувальників, а також надійність та функціональність необхідного індивідуального та колективного верхолазного спорядження. В [6] були досліджені типові операції проведення рятувальних робіт на висоті, де було встановлено що з появою та використанням нового рятувального спорядження, з'явилося багато варіантів ведення рятувальних робіт на об'єктах підвищеної поверховості. У більшості випадків, способи ведення даних робіт побудовані на багаторічній практиці рятувальних робіт з висоти та прив'язані до технічних характеристик спорядження. Встановлено, що питання які би висвітлювали ефективність проведення рятувальних робіт на висоті особовим складом оперативно-рятувального підрозділу, не розглядалися.

Результати статистики [7] показує, що найпоширеніша причина, нещасних випадків під час проведення рятувальних робіт з висоти у рятувальників є порушення встановлених правил техніки безпеки 62 %, другою причиною є слабка професійна підготовка рятувальників 22 %, третя за кількістю травмованих причина – вплив інших факторів 16 %. В той же час, в [8] визначено, що існує проблема в галузі навчально-матеріальної бази підготовки рятувальників до проведення робіт з порятунку людей на висоті, як у самому навчанні так і в оснащенні різними спеціалізованими тренажерами з відпрацювання отриманих теоретичних знань та практичних навичок. Через не доведення до якісних показників даної бази неможливо повністю бути впевненим у професіоналізмі рятувальників, оскільки більшість поставлених завдань під час відпрацювання необхідних навичок та майстерності рятувальника мають випереджальний характер підготовки з використанням наявного верхолазного спорядження та впровадження нових технічних засобів та методик проведення рятувальних робіт на висоті.

В [9] підкреслюється, що впровадження сучасних методик та прийомів, які будуть закріплювати практичні навичками та вміннями, які здобуті під час практичного відпрацювання вправ на спеціалізованих тренажерах з моделюванням

надзвичайних ситуацій на висоті різної складності. Таким чином це допоможе підвищити рівень та якість виконання рятувальних робіт з порятунку людей на висоті, бути морально та психологічно підготовленими для ведення рятувальних та інших невідкладних робіт, як самостійно так і у складі висотно-рятувальної групи.

Крім цього в [10] були досліджені операції проведення рятувальником робіт на висоті, які вимагають високу професійну підготовленість, оскільки одна помилка може призвести до нещасного випадку з рятувальником і з тим, кому він надає допомогу. З урахуванням цього в [11] зазначено, що навчання верхолаз-рятувальника займає від кількох місяців до 3 років, залежно від їх приналежності та умов конкретним можливостями відповідного підрозділу або кожної общини чи міста, що обслуговується. Навчання складається зазвичай з декількох блоків, до яких можуть належати: перша долікарська допомога, робота на висоті на завалах, рятувальні роботи на висоті в літню та зимову пору року, повітряний порятунок з вертольота, робота в нічний час доби. Вивчення кожного із цих блоків завершується іспитом. Кожен з навчальних блоків включає в себе цілий ряд окремих дисциплін. Проте, реальна практика проведення висотно-рятувальних робіт показує, що досить часто вони виконуються розрахунками неповної чисельності [12].

Всі ці чинники, які впливають на ефективність проведення рятувальних робіт на висоті наведено без застосування кількісних показників, яких не було отримано.

В Україні, як і в інших провідних країнах світу, є актуальним питання, підвищенням ефективності проведення рятувальних робіт на висоті. При цьому нормативні вимоги до рівня підготовленості особового складу оперативно-рятувального підрозділу, які будуть проводити вправи з рятувальних робіт на висоті конкретизовані тільки для індивідуальних вправ (спуск, підйом рятувальника, одягання індивідуальних страхованих систем, в'язання спеціальних вузлів тощо) [13]. Спроба зробити це була в [14], але там це було зроблено тільки для рятувальників-висотників базового рівня підготовки, які стосувались тільки рятуванню потерпілого без тям за допомогою нош пожежних вогнезахисних. Тобто, не є відомим, чи вимагають доопрацювання існуючі рекомендації по відношенню до вправ з порятунку людей з висоти у складі відділення з використанням з колективного та індивідуального спеціального оснащення та страхувальних засобів.

Таким чином, невирішеною частиною розглянутої проблеми є відсутність даних щодо впливу чисельності складу рятувальних груп, а також рівня підготовленості рятувальників-верхолазів на час здійснення різних варіантів рятування потерпілого шляхом евакуації в безопорному просторі.

### 3. Мета і завдання дослідження

Метою дослідження є кількісна порівняльна оцінка впливу чисельності складу рятувальних груп, а також рівня підготовленості рятувальників-верхолазів на час здійснення різних варіантів рятування потерпілого шляхом евакуації в безопорному просторі.

Для досягнення поставленої мети потребують вирішення наступні завдання:

1. Обґрунтувати порядок проведення експериментальних досліджень та обробки отриманих результатів з урахуванням використання групою рятувальників-верхолазів різного рівня підготовки двох загальноприйнятих варіантів використання спеціального та допоміжного оснащення і обладнання з подальшою статистичною оцінкою експериментальних результатів у відповідності до критеріїв Шапіро-Уілкі, Фішера та Стьюдента.

2. Здійснити статистичний порівняльний аналіз результатів експериментального дослідження різних варіантів проведення висотно-рятувальних робіт з порятунку постраждалого в умовах повного та скороченого складу груп рятувальників-верхолазів з базовим та початковим рівнем підготовки.

#### **4. Матеріали та методи дослідження**

Об'єкт дослідження – висотно-рятувальні роботи з порятунку постраждалого. Предмет дослідження – порівняльний аналіз порятунку постраждалого в носіях рятувальних вогнезахисних та щита спинального іммобілізаційного рятувальниками-верхолазами з висоти.

Основна гіпотеза дослідження полягає в тому, що рівень підготовки рятувальників-верхолазів та чисельність складу рятувальної групи, а також загальноприйнятті варіанти використання ними існуючого спеціального оснащення та страхувальних засобів суттєво впливають на ефективність оперативної діяльності рятувальників-верхолазів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту ДСНС.

Метод дослідження – фіксація за допомогою повіреного секундоміру марки Casio HS-80TW-1EF часу виконання контрольної вправи рятувальниками-верхолазами різного рівня підготовки з урахуваннями спеціального оснащення та страхувальних засобів з подальшою статистичною оцінкою на ЕОМ в середовищі Excel експериментальних результатів у відповідності до критеріїв Шапіро-Уїлкі, Фішера та Стюдента.

Реалізацію поставленого завдання здійснювали випробовувані з числа рятувальників Міжрегіонального центру гуманітарного розмінування та швидкого реагування Державної служби України з надзвичайних ситуацій та Національного університету цивільного захисту України. Вони виконували висотно-рятувальні роботи з порятунку постраждалого з висоти 15 метрів, використовуючи носі-рятувальні вогнезахисні (ВРР1) та щит спинальний іммобілізаційний (ВРР2), як у повному складі рятувальних груп, так і в умовах скорочення чисельності складу рятувальників-верхолазів з базовим та початковим рівнями підготовки.

#### **5. Обґрунтування порядку проведення експериментальних досліджень та обробки отриманих результатів**

##### **5.1. Порядок проведення експериментальних досліджень**

Реалізація запропонованого підходу до порівняльного аналізу закономірностей виконання типових операцій при проведенні висотно-рятувальних робіт, групою рятувальників-верхолазів здійснюється шляхом порівняння часу реалізації способу порятунку постраждалого з висоти, за чотирма різними варіантами використання спеціального та допоміжного оснащення та обладнання:

варіант 1 – порятунок постраждалого з висоти, використовуючи носі-рятувальні вогнезахисні в умовах повного складу групи рятувальників-верхолазів з базовим рівням підготовки;

варіант 2 – порятунок постраждалого з висоти, використовуючи щит спинальний іммобілізаційний в умовах повного складу групи рятувальників-верхолазів з початковим рівням підготовки;

варіант 3 – порятунок постраждалого з висоти, використовуючи носі-рятувальні вогнезахисні в умовах скорочення чисельності складу групи рятувальників-верхолазів з базовим рівням підготовки;

варіант 4 – порятунок постраждалого з висоти, використовуючи щит спиналь-

ний іммобілізаційний в умовах скорочення чисельності складу групи рятувальників-верхолазів з початковим рівням підготовки.

Контрольні вправи проводили випробувані з числа здобувачів вищої освіти 3-го курсу Національного університету цивільного захисту України на базі Черкаського інституту ім. Героїв Чорнобиля з початковим рівнем висотної підготовки, та рятувальники які проходять перепідготовку в Міжрегіонального центру гуманітарного розмінування та швидкого реагування Державної служби України з надзвичайних ситуацій та набули базовий рівень висотної підготовки.

Порятунок постраждалого з висоти проводився як у повному складі рятувальної групи з 5 осіб, так і у зменшеній чисельності складу з 4 осіб. Він може бути «активним» або «пасивним». При активному способі рятувальник спускається разом з потерпілим і повністю контролює рух. Спуск одного потерпілого (без рятувальника) називається пасивним. При цьому його рух контролює група рятувальників як у вихідній точці, так і в точці прийому потерпілого. Другий спосіб вважається більш надійним, швидким та безпечним, але потребує більшої кількості рятувальників.

Вибір та переваги «пасивного» способу порятунку з висоти пояснюється тим, що постраждалого можна евакуювати відносно швидко, безпечно і практично з будь-якої висоти (в залежності від довжини мотузки).

В цьому випадку послідовність дій рятувальної групи при ВРР1 має наступний вигляд:

- визначити обов'язки кожного рятувальника-верхолаза та його початкову позицію;
- покласти постраждалого в носії-рятувальні вогнезахисні;
- зафіксувати постраждалого спеціальними ременями для можливості транспортування;
- вибрати основну опору для кріплення рятувальної мотузки;
- визначити допоміжну опору для кріплення страховки;
- вибір, фіксування та заправлення основної мотузки до гальмівного пристрою;
- кінці канатів закріплюються до НРВ;
- НРВ забезпечуються окремою мотузкою для верхньої страховки та страховальним (гальмівним) пристроєм;
- спуск контролює група рятувальників-верхолазів як у вихідній точці, так і в точці прийому потерпілого.

Дії рятувальної групи при проведенні ВРР2 виконуються в наступній послідовності:

- визначити обов'язки кожного учаснику рятувальної групи;
- покласти постраждалого на щита спинальний іммобілізаційний;
- визначити основну та допоміжну опору для закріплення основної та страховальної мотузки;
- зафіксувати лямки для закріплення потерпілого за допомогою пружок у відповідні петлі (для усунення зісковзування ременів);
- надати ЩСІ горизонтального положення шляхом регулювання довжини кожної петлі;
- прикріпити отримані петлі ЩСІ до основної мотузки;
- забезпечується верхня страховка за допомогою рятувальної мотузки через гальмівний пристрій який закріплений до допоміжної опори за допомогою петлі;

- приєднується гальмівний пристрій до основної конструкції вправляється основна рятувальна мотузка, закріплюємо до ЩСІ, контролюємо швидкість спуску до точки прийому.

Варто зазначити, що у рятувальних групах у повному складі заздалегідь чітко визначений послідовний алгоритм дій кожного рятувальника-верхолаза, розподілена послідовність необхідних елементів та етапів, де відпрацьована взаємодія та враховуються індивідуальні можливості кожного рятувальника-верхолаза для розподілу обов'язків залежно від їх фізичної підготовленості і професійних навиків.

Під час проведення висотно-рятувальних робіт з порятунку постраждалого в умовах зменшеної чисельності рятувальної групи, збільшується кількість випадків неузгодженості у взаємодії; несвоєчасного виконання окремих елементів ВРР, яке виникає через необхідність перерозподілу загального навантаження рятувальної групи на кожного рятувальника-верхолаза, що збільшує час проведення порятунку потерпілого з висоти.

## 5.2. Статистична обробка експериментальних результатів

Статистична обробка отриманих результатів починається з перевірки отриманих вибірок на нормальність їх розподілу. З урахуванням того, що була можливість провести по двадцять випробувань за кожним варіантом рятування, перевірку на нормальність доцільно виконати за критерієм Шапіро-Уїлкі [14]. Для цього необхідно розрахувати математичне очікування виконання кожної вправи висотно-рятувальних робіт (ВРР) розрахунками повної та неповної чисельності:

$$\bar{t}(\text{ВРР}) = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}, \quad (1)$$

де  $t_i$  – час  $i$ -го виконання обраного для розгляду варіанту ВРР,  $s$ ;

середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma(\text{ВРР}) = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}, \quad [c], \quad (2)$$

та

$$n \cdot m_2(\text{ВРР}) = \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2, \quad [c^2], \quad (3)$$

де  $m_2$  – вибірковий центральний момент другого порядку,

а також проміжну суму:

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

де  $k$  – індекс, який має значення від 1 до  $n/2 = 12$ ;  $a_{n-i+1}$  – коефіцієнт, який має спеціальні значення для обсягу вибірки  $n$  (їх значення наведені в табл. 10 [14]).

Розподіл вважається нормальним, якщо у відповідності до табл. 11 [14] для рівня значимості  $\alpha=0,05$  та  $n=20$ :

$$W(BPP) = \frac{S^2(BPP)}{n \cdot m_2(BPP)} \geq W_{\text{табл}} = 0,905, \quad (5)$$

розподіл у відповідності до [14] вважається нормальним.

Якщо вибірки є нормальними, то це дозволяє перевірити у відповідності до критерію Стьюдента те, наскільки значимо відрізняються середні значення виконання ВРР за різними варіантами.

Для цього необхідно розглянути гіпотезу:

$$H_0 : \bar{t}_{v1} = \bar{t}_{v2} \quad (6)$$

та її альтернатива:

$$H_1 : \bar{t}_{v1} \neq \bar{t}_{v2}, \quad (7)$$

яка доводить відмінність середніх значень.

Вибір конкретної методики розрахунку t-критерію [15] вибирається з урахуванням рівності дисперсій. Якщо у відповідності до (5) розподіли можна вважати нормальними, то вибір конкретної методики розрахунку t-критерію вибирається з урахуванням рівності дисперсій:

$$H_0 : \sigma_{v1}^2 = \sigma_{v2}^2 \quad (8)$$

за F-критерієм:

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

де  $\sigma_1^2$  – більша з оцінок дисперсій в двох вибірках.

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

$$\nu_{v1} = n_{v1} - 1 = 19; \nu_2 = n_{v2} - 1 = 19, \quad (10)$$

де  $n_{v1} = n_{v2} = 20$  – кількість вправ, які виконувались під час проведення експериментів за кожним із обраних варіантів виконання контрольної вправи виконання ВРР, дорівнює [16]:

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

У випадку:

$$F \leq F_{\text{кр}}, \quad (12)$$

гіпотеза (8) вважається вірною.

В цьому випадку, з урахуванням того, що стандартна помилка різності:

$$S_{v_1-v_2} = \sqrt{\frac{(n_{v_1}-1) \cdot \sigma_{v_1}^2 + (n_{v_2}-1) \cdot \sigma_{v_2}^2}{n_{v_1} + n_{v_2} - 2} \cdot \left( \frac{1}{n_{v_1}} + \frac{1}{n_{v_2}} \right)}; \quad (13)$$

а число ступенів свободи:

$$\nu = n_{\text{л}}(\text{п}) + n_{\text{л}}(\text{к}) - 2 = 38, \quad (14)$$

$$t_{v_1-v_2} = \frac{|\bar{t}_{v_1} - \bar{t}_{v_2}|}{S_{v_1-v_2}}. \quad (15)$$

Гіпотеза (7) приймається, якщо:

$$t_{\text{набл}(v_1-v_2)} \geq t_{\text{табл}}(\alpha = 0,05; \nu = 38) = 2,15. \quad (16)$$

Тобто, можна стверджувати, що при рівні значимості  $\alpha=0,05$  результати часу виконання обраних для розгляду варіантів проведення висотно-рятувальних робіт відрізняються суттєво.

Таким чином, обґрунтовано порядок проведення порівняльного аналізу різних варіантів здійснення висотно-рятувальних робіт з урахуванням як рівня підготовленості рятувальників-висотників, так і повноти складу рятувального підрозділу полягає в проведенні експериментальних досліджень щодо рятування потерпілого з висоти 15 м, що відповідає рятуванню з четвертого поверху, уподовж зовнішньої стіни багатоповерхової будівлі за допомогою як щита спинального іммобілізаційного, так і нош рятувальних особовим складом рятувальників базового та початкового рівня підготовки групами повного та неповного складу з подальшою статистичною оцінкою отриманих експериментальних результатів у відповідності до критеріїв Шапіро-Уїлкі, Фішера та Стьюдента.

## 6. Статистичний порівняльний аналіз різних варіантів рятування потерпілого на висоті

У відповідності до 5.2 отримані експериментальні результати (табл. 1) висотно-рятувальних робіт рятування потерпілого за допомогою щита спинального іммобілізаційного (ВРР 1) та нош рятувальних вогнезахисних (ВРР 2) спочатку були перевірені на нормальність розподілу згідно до (1–5). В узагальненому вигляді отримані показники наведені в табл. 2 та табл. 3.

Застосовані наступні скорочення: ВРР 1 – висотно-рятувальні роботи із застосуванням щита спинального іммобілізаційного; ВРР 2 – висотно-рятувальні роботи із застосуванням нош рятувальних вогнезахисних; ПС – повний склад рятувального розрахунку; НС – неповний склад рятувального розрахунку; БР – базовий рівень підготовки рятувальників-верхолазів; ПР – початковий рівень підготовки рятувальників-верхолазів.



**Табл. 1. Експериментальні результати (час рятування потерпілого з висоти 15 м за допомогою щита спинального іммобілізаційного та нош рятувальних вогнезахисних, с)**

BPP 1				BPP 2			
ПС		НС		ПС		НС	
БР	ПР	БР	ПР	БР	ПР	БР	ПР
593	663	494	670	386	419	513	557
538	735	694	691	422	403	360	598
703	770	603	669	343	380	438	482
680	665	694	831	474	418	500	368
738	720	611	515	371	501	323	499
573	746	683	608	316	466	514	525
511	557	648	815	334	562	560	383
532	656	692	897	479	435	506	540
590	619	598	776	322	487	378	413
586	629	714	781	369	265	509	405
676	700	567	749	330	623	485	510
521	706	611	734	297	371	399	472
708	709	653	813	290	405	322	529
609	542	772	694	379	411	506	563
595	677	709	791	395	476	469	581
471	764	783	824	478	439	296	426
665	521	700	827	313	449	419	509
650	698	656	834	312	467	456	520
671	825	728	685	356	438	449	488
501	676	769	706	381	529	511	512

**Табл. 2. Результати перевірки експериментальних результатів висотно-рятувальних робіт з рятування потерпілого за допомогою щита спинального іммобілізаційного**

	ПС		НС	
	БР	ПР	БР	ПР
$\bar{t}(BPP1), c$	605,55	678,90	668,95	745,50
$\sigma(BPP1), c$	77,76	77,55	73,15	91,51
$\sigma^2(BPP1), c^2$	6047,10	6014,20	5350,89	8374,89
$nm_2(BPP1), c^2$	114894,95	114269,80	101666,95	159123,00
$S(BPP1), c^2$	110728,29	108202,91	96859,32	151243,91
$W(BPP1)$	0,964	0,947	0,953	0,950
$W_{табл}$	0,905			

**Табл. 3. Результати перевірки експериментальних результатів висотно-рятувальних робіт з рятування потерпілого за допомогою нош рятувальних вогнезахисних**

	ПС		НС	
	БР	ПР	БР	ПР
$\bar{t}(BPP2), c$	367,35	447,20	445,65	494,00
$\sigma(BPP2), c$	58,67	75,16	76,30	65,25
$\sigma^2(BPP2), c^2$	3441,71	5649,75	5821,19	4257,37
$nm_2(BPP2), c^2$	65392,55	107345,20	110602,55	80890,00
$S(BPP2), c^2$	59231,29	99636,25	101969,35	75476,46
$W(BPP2)$	0,906	0,928	0,922	0,933
$W_{табл}$	0,905			

Результати статистичного аналізу, які наведено в табл. 2 та табл. 3, отриманих експериментальних результатів дозволяє стверджувати, що їх розподіли з рівнем

значимості  $\alpha=0,05$  можна вважати нормальними (рис. 1, рис. 2). Це дозволяє перейти до перевірки того, наскільки значимо відрізняються математичні очікування часу рятування з висоти потерпілого за різними варіантами проведення висотно-рятувальних робіт за критерієм Стьюдента.

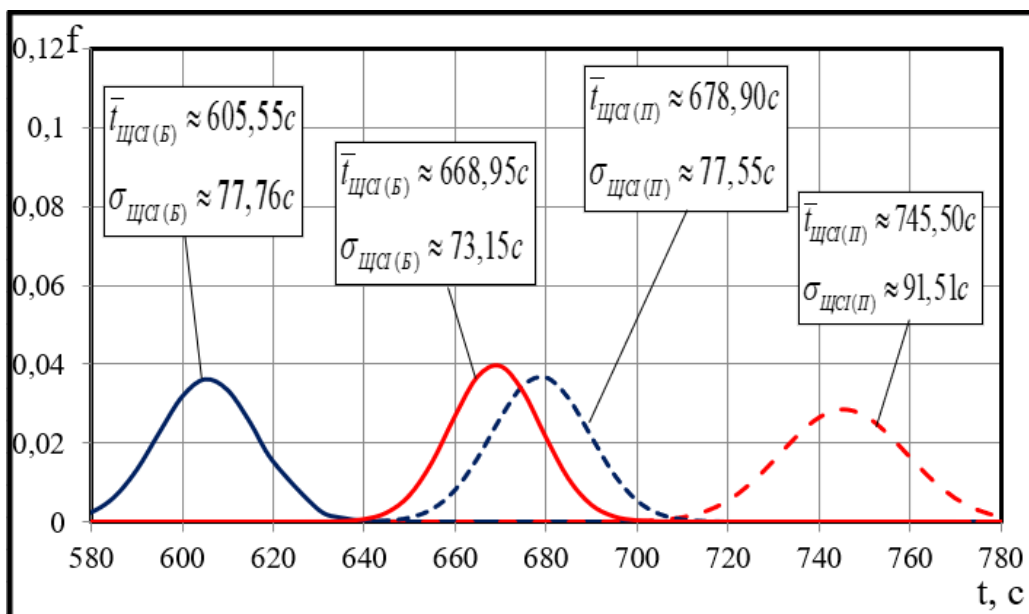


Рис. 1. Розподіл часу виконання висотно-рятувальних робіт (BPP1) з використанням щита спинального іммобілізаційного в залежності від кількості складу рятувальної групи (синій колір – повний склад відділення, червоний – неповний склад відділення) та рівня підготовленості рятувальників-верхолазів (суцільна лінія – базовий рівень підготовки, пунктирна – початковий рівень підготовки)

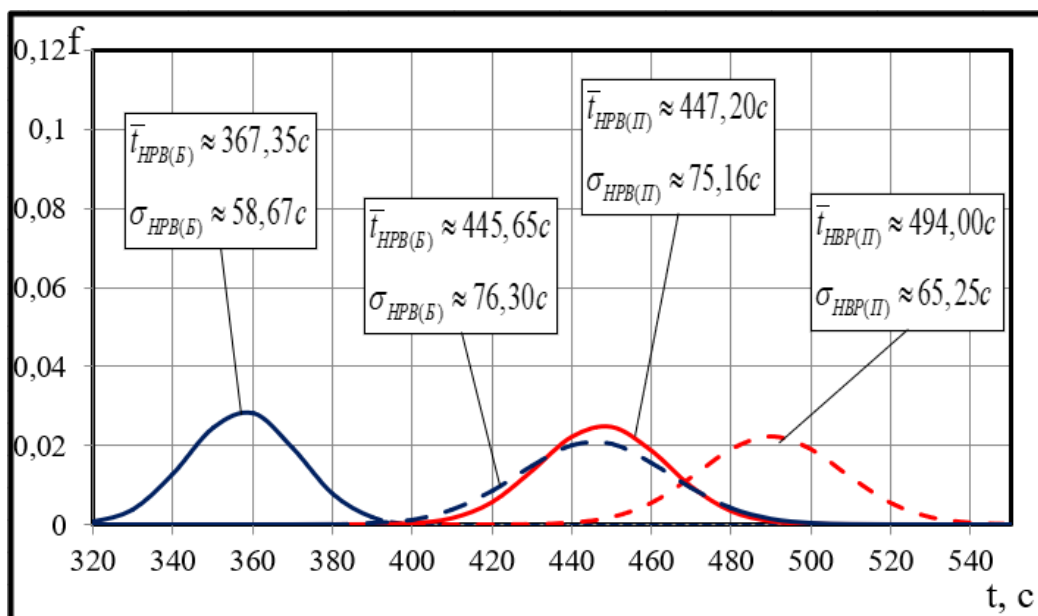


Рис. 2. Розподіл часу виконання висотно-рятувальних робіт (BPP2) з використанням нош рятувальних вогнезахисних в залежності від кількості складу рятувальної групи (синій колір – повний склад відділення, червоний – неповний склад відділення) та рівня підготовленості рятувальників-верхолазів (суцільна лінія – базовий рівень підготовки, пунктирна – початковий рівень підготовки)

Перевірка рівності дисперсій у відповідності до (6–11), результати якої наведені в табл. 4, дозволяють стверджувати, що дисперсії розподілів обраних для

порівняння варіантів проведення висотно-рятувальних робіт з рівнем значимості  $\alpha=0,05$  можуть вважатись рівними. Крім цього, одночасно була перевірена рівність дисперсій експериментальних результатів рятування потерпілого з висоти 15 м за допомогою нош пожежних рятувальних розрахунком базового рівня підготовленості у повному складі, які були отримані як в серії, яка наведена в табл. 1, так і в серії аналогічного дослідження, яке проводилось у 2018–2019 р.р. [13]. Видно, що і в цьому випадку дисперсії з рівнем значимості  $\alpha = 0,05$  можна вважати рівними.

**Табл. 4. Результати перевірки рівності дисперсій обраних для порівняння варіантів проведення висотно-рятувальних робіт**

	BPP 1			BPP 2			BPP1 ПС БР – BPP2 НС ПР	BPP2 ПС БР – BPP2 ПС БР [14]
	ПС	НС	ПС ПР - НС БР	ПС	НС	ПС ПР - НС БР		
	БР-ПР	БР-ПР		БР-ПР	БР-ПР			
1	2	3	4	5	6	7	8	8
F	1,01	1,57	1,12	1,04	1,31	1,63	1,42	1,14
F <sub>табл</sub>	2,15							

Отримані результати, які наведені в табл. 4, дозволяють перейти до перевірки відмінності середніх значень за критерієм Стюдента у відповідності до (13–16). В узагальненому вигляді вони наведені в табл. 5.

**Табл. 5. Результати перевірки відмінності середніх значень обраних для порівняння варіантів проведення висотно-рятувальних робіт**

	BPP 1			BPP 2			BPP1 ПС БР – BPP2 НС ПР	BPP2 ПС БР – BPP2 ПС БР [14]
	ПС	НС	ПС ПР - НС БР	ПС	НС	ПС ПР - НС БР		
	БР-ПР	БР-ПР		БР-ПР	БР-ПР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
S <sub>v1-v2</sub>	24,56	26,20	23,84	18,71	22,45	23,94	22,70	23,02
U	38	38	38	38	38	38	38	38
t <sub>v1-v2</sub>	2,97	2,92	0,42	3,46	2,15	0,07	4,91	0,63
t <sub>табл</sub>	2,04							

Видно (табл. 5), що з рівнем значимості  $\alpha=0,05$  можна стверджувати, що під час висотно-рятувальних робіт фактори, які пов'язані з кількістю складу рятувальної групи рятувальників-верхолазів та їх рівнем професійної підготовки, суттєво впливають на час проведення рятувальних робіт. Крім цього, практично співпали результати рятування потерпілого з висоти 15 м за допомогою нош рятувальних вогнезахисних, які були отримані розрахунками повної чисельності та базового рівня підготовленості на макетах багатоповерхових будівель в різних регіонах України.

Таким чином, статистичний порівняльний аналіз результатів експериментального дослідження різних варіантів проведення висотно-рятувальних робіт з порятунку постраждалого показав, що всі вони описуються нормальним розподілом незалежно від варіанта рятування потерпілого, рівня підготовленості особового складу та їх кількості в оперативному розрахунку рятувальної групи. При цьому всі ці фактори суттєво впливають на час проведення рятувальних робіт.

## 7. Обговорення результатів порівняльної оцінки різних варіантів проведення висотно-рятувальних робіт

Проведений аналіз показав, що важливою та нерозв'язаною частиною проблеми готовності оперативно-рятувальної служби ДСНС є підвищення ефективності оперативної роботи груп рятувальників-верхолазів під час рятувальних робіт на висоті, з використанням необхідного спеціального оснащення та страхувальних засобів, допоміжного спеціального обладнання та аварійно-рятувальних інструментів.

Гіпотеза дослідження стосовно того, що рівень підготовки рятувальників-верхолазів та чисельність складу рятувальної групи, а також загальноприйняті варіанти використання ними існуючого спеціального оснащення та страхувальних засобів суттєво впливають на ефективність відповідної оперативної діяльності, а саме це було відмінністю проведеного дослідження у порівнянні з тим, в якому 2018–2019 роках розглядався тільки варіант рятування потерпілого з висоти 15 м за допомогою нош рятувальних вогнезахисних розрахунками повної чисельності та базового рівня підготовленості на макетах багатопверхових будівель, отримала своє підтвердження. Це пояснюється тим, що всі основні висновки дослідження зроблені з рівнем значимості  $\alpha=0,05$ . Так, оскільки всі отримані за результатами експериментальних досліджень (табл. 1) розподіли часу виконання висотно-рятувальних робіт є нормальними (рис. 1, рис. 2), свідченням чого є те, що критерій Шапіро-Уїлкі всіх розглянутих випадках (табл. 2, табл. 3) був більшим його табличного значення, яке було визначене з рівнем значимості  $\alpha=0,05$ , перевірка їх відмінності виконувалась за допомогою критерію Стюдента. Вибір конкретної методики оцінювання t-критерію було здійснено з урахуванням того, що дисперсії розподілів обраних для порівняння типових варіантів проведення висотно-рятувальних робіт у відповідності до критерію Кохрена з рівнем значимості  $\alpha=0,05$  (табл. 4) можуть вважатись рівними. Це ж стосується і порівняння експериментальних результатів рятування потерпілого з висоти 15 м за допомогою нош пожежних рятувальних розрахунком базового рівня підготовленості у повному складі (стовпчик 8 табл. 4) з аналогічними, які були отримані у 2018–2019 роках (стовпчик 9 табл. 4).

Перевірка відмінностей середніх значень часу проведення висотно-верхолазних робіт між обраними варіантами за обраною методикою застосування критерію Стюдента показала суттєві розбіжності між ними, свідченням чого є те, що розраховані показники  $t_{v1-v2}$  є більшими (табл. 5), ніж відповідне табличне значення  $t_{\text{табл}}$ , яке було визначене з рівнем значимості  $\alpha=0,05$ . Це свідчить про наступне: фактори, які пов'язані з кількістю складу рятувальної групи рятувальників-верхолазів та їх рівнем професійної підготовки, суттєво впливають на час проведення висотно-рятувальних  $\alpha=0,05$  робіт.

При цьому фактично співпадають експериментальні результати рятування потерпілого за допомогою нош пожежних рятувальних розрахунком базового рівня підготовленості у повному складі з аналогічними, які були отримані у 2018–2019 роках (стовпчики 8 та 9 табл. 5). З урахуванням співпадання їх дисперсій (стовпчики 8 та 9 табл. 4) це свідчить про їх достовірність і дозволяє користуватись ними як для проведення відповідного імітаційного моделювання діяльності рятувальників-верхолазів, так і для обґрунтування відповідних практичних рекомендацій.

Так, співпадання з рівнем значимості  $\alpha=0,05$  часу проведення висотно-верхолазних робіт рятувальниками початкового рівня підготовленості, що пра-

цюють в розрахунках повного складу, з відповідним часом проведення висотно-верхолазних робіт рятувальниками базового рівня підготовленості, що працюють в розрахунках неповного складу, як у випадку застосування щита спинального іммобілізаційного (стовпчик 4 табл. 5), так і випадку застосування нош рятувальних вогнезахисних (стовпчик 7 табл. 5), свідчить про доцільність рятування з висоти потерпілих розрахунками неповного складу тільки у випадках, коли рятувальники-висотники мають базовий рівень підготовленості. Тобто, математичне очікування часу висотно-рятувальних робіт з порятунку потерпілого для однотипних варіантів з використанням нош рятувальних вогнезахисних та щита спинального іммобілізаційного суттєво відрізняється насамперед в залежності від кількості складу групи рятувальників-верхолазів, від кваліфікації рятувальника-верхолаза з базовим та початковим рівнем підготовки.

Отримані результати пояснюються тим, що зменшення складу групи призводить до збільшення кількості необхідних операцій та дій, які приходяться на кожного рятувальника-верхолаза. В результаті збільшується загальне навантаження у порівнянні зі стандартною процедурою, коли кожний етап рятувальних робіт виконується у чітко визначеною процедурою. Тобто, на початковому етапі підготовки рятувальника-верхолаза для досягнення максимально ефективних результатів проведення висотно-рятувальних робіт з порятунку потерпілого необхідно розробляти чіткі, зрозумілі та послідовні алгоритми дій як для повного складу рятувальної групи, так і для зменшеної її кількості. При цьому повинні бути визначені додаткові етапи та елементи дій кожного рятувальника-верхолаза, а також розглянуті можливості використання новітнього спеціалізованого оснащення та обладнання, допоміжних засобів, особливостей проведення відповідних навчань та тренувань. Все це свідчить, що визначені властивості необхідно враховувати під час складання методичних рекомендацій з виконання рятувальних робіт на висоті, а також професійної підготовки рятувальника-верхолаза.

Обмеженням, яке притаманне такого роду дослідженням щодо кількісної порівняльної оцінки впливу чисельності складу рятувальних груп, а також рівня підготовленості рятувальників-верхолазів на час здійснення різних варіантів рятування потерпілого шляхом евакуації в безопорному просторі, може бути невідповідність макетів багатоповерхових будівель реальним висотним спорудам. При цьому навіть за наявної навчально-матеріальної бази складно провести однорідні рандомізовані незалежні експериментальні дослідження для отримання достовірних (на рівні значимості  $\alpha=0,05$ ) статистичних показників.

Розвиток даного дослідження полягає в переході до імітаційного моделювання на ЕОМ висотно-рятувальних робіт, яке спирається як на отримані з рівнем значимості  $\alpha=0,05$  узагальнені результати експериментальних випробувань, так і на результати застосування методу безпосередніх експертних оцінок для отримання статистичних характеристик для тих умов, які неможливо було провести. В останньому випадку, не обійтись без їх порівняння, хоча б на вербальному рівні, з результатами фізичного моделювання. Крім цього, вимагатимуть свого вдосконалення існуючі методи перевірки достовірності розроблених імітаційних моделей проведення висотно-рятувальних робіт.

## 8. Висновки

1. Обґрунтовано порядок проведення порівняльного аналізу різних варіантів здійснення висотно-рятувальних робіт з урахуванням як рівня підготовленості ря-

тувальників-висотників, так і повноти складу рятувального підрозділу полягає в проведенні експериментальних досліджень щодо рятування потерпілого з висоти 15 м, що відповідає рятуванню з четвертого поверху, уподовж зовнішньої стіни багатоповерхової будівлі за допомогою як щита спинального іммобілізаційного, так і нош рятувальних особовим складом рятувальників базового та початкового рівня підготовки групами повного та неповного складу з подальшою статистичною оцінкою отриманих експериментальних результатів у відповідності до критеріїв Шапіро-Уїлкі, Фішера та Стюдента.

2. Статистичний порівняльний аналіз результатів експериментального дослідження різних варіантів проведення висотно-рятувальних робіт з порятунку постраждалого показав, що всі вони описуються нормальним розподілом незалежно від варіанта рятування потерпілого, рівня підготовленості особового складу та їх кількості в оперативному розрахунку рятувальної групи. При цьому всі ці фактори суттєво впливають на час проведення рятувальних робіт. Працездатність та достовірність отриманих результатів підтверджене практичним співпаданням (з рівнем значимості  $\alpha=0,05$ ) експериментальних результатів щодо рятування потерпілого з висоти 15 м за допомогою нош рятувальних вогнезахисних, які були отримані розрахунками повної чисельності та базового рівня підготовленості на макетах багатоповерхових будівель в різних регіонах України. Визначені властивості необхідно враховувати під час складання методичних рекомендацій з виконання рятувальних робіт на висоті, основу яких повинна складати розробка чіткого, зрозумілого алгоритму дій як для повного складу рятувальної групи, так і для зменшеної її кількості з визначенням додаткових етапів та елементів для кожного рятувальника-верхолаза.

### Література

1. Zare S., Hemmatjo R. Comparison of the effect of typical firefighting activities, live fire drills and rescue operations at height on firefighters' physiological responses and cognitive function. *Ergonomics*. 2018. Vol. 61(10). P. 1–26. doi: 10.1080/00140139.2018.1484524
2. Roseane M., Shalimar G., Patrícia K. Knowledge in critical events: Know-how at work of emerging country firefighters. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2022. Vol. 81. P. 54–79. doi: 10.1016/j.ijdr.2022.103294
3. The Importance of a Working at Height Rescue Plan. URL: <https://humanfocus.co.uk/blog/the-importance-of-a-working-at-height-rescue-plan/>
4. Selman J., Spickett J., Jansz J., Mullins B. Confined space rescue: A proposed procedure to reduce the risks. *Safety Science*. 2019. Vol. 113. P. 78–90. doi: 10.1016/j.ssci.2018.11.017
5. Gong J., Yaolin L. Evaluating the Evacuation and Rescue Capabilities of Urban Open Space from a Land Use Perspective: A Case Study in Wuhan, China. *International Journal of Geo-Information*. 2017. Vol. 6(7). P. 227–243. doi: 10.3390/ijgi6070227
6. Seven parts of an in-house rescue plan for working at heights. URL: <https://www.ishn.com/articles/113696-7-parts-of-an-in-house-rescue-plan-for-working-at-heights>
7. Milani M., Roveri G., Falla M. Occupational Accidents Among Search and Rescue Providers During Mountain Rescue Operations and Training Events. *Emergency medical services brief research report*. 2022. Vol. 81. P. 699–705. doi: 10.1016/

j.annemergmed.2022.12.015

8. Safe Work at Height. URL: <https://www.ukfrs.com/sites/defaultHeight.pdf>
9. Working at height Rules for the use of work equipment intended for temporary work at height. URL: <https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/working-height>
10. When working at heights, workers need a fall rescue plan. URL: <https://weeklysafety.com/blog/fall-rescue>
11. Training is key when working at height. URL: <https://www.ishn.com/articles/112347-training-is-key-when-working-at-height>
12. Hassanain, M. A. On the challenges of evacuation and rescue operations in high-rise buildings. *Structural Survey*. 2009. Vol. 27. P. 109–118. doi: 10.1108/02630800910956443
13. Максимов А. В., Ковальов П. А., Стрелець В. М. Порівняльний аналіз рятунку постраждалого в ношах рятувальних вогнезахисних. *Проблеми пожежної безпеки*. 2019. № 45. С. 108–116.
14. ДСТУ ISO 5479:2009. Статистичне опрацювання даних. Критерії відхилення від нормального розподілу (ISO 5479:1997, IDT). Чинний від 01.07.2011. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, «Наука», 1971. 576 с.
15. Халафян А.А. STATISTICA 6 Статистический анализ данных / А.А. Халафян. – ООО «Бином-Пресс», 2007. 512 с.

*D. Beliuchenko<sup>1</sup>, PhD, Senior Lecturer of the Department*

*A. Maksymov,<sup>1</sup> Senior Lecturer of the Cycle*

*V. Strelets,<sup>2</sup> DSc, Professor, Senior Lecturer of the Department*

*O. Burmenko<sup>1</sup>, PhD, Lecturer of the Department*

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

<sup>2</sup>*Interregional Center for Humanitarian Demining and Rapid Response of the State Emergency Service of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

## COMPARATIVE ANALYSIS OF RESCUE OPERATIONS TO RESCUE A VICTIMS AT A HEIGHT

A quantitative comparative assessment of the influence of the size of the rescue teams, as well as the level of preparedness of the rescuers-climbers on the time of implementation of various options for rescuing the victim by evacuation in an unsupported space, was carried out, which will contribute to solving the problem of reducing the time of rescue work at height without reducing the level of safety as a personnel rescue teams, as well as victims who require evacuation in an unsupported space. A comparative assessment of various options for height rescue operations was carried out, taking into account both the level of training of rescuers and the completeness of the rescue unit. with the help of both a spinal immobilization shield and rescue stretchers by the personnel of rescuers of the basic and initial level of training in groups of full and part-time staff in accordance with the criteria of Shapiro-Wilkie, Fisher and Student. It is shown that the time distribution of height rescue operations according to the options considered with a significance level of  $\alpha=0,05$  can be considered normal. At the same time, the mathematical expectation of the time of height rescue work at height for the specified options differs significantly not only depending on the technical capabilities of the special equipment and safety devices used, but also on the level of preparedness of the rescuer-climber and the size of the rescue team. These properties must be taken into account when drawing up methodological recommendations for performing rescue work at height, as well as professional training of a rescuer-climber. The reliability of the obtained estimates was confirmed by comparison with the results of research conducted in 2018–2019.

**Keywords:** special equipment, safety equipment, high-altitude rescue operations, rescue climber

### References

1. Zare, S., Hemmatjo, R. (2018). Comparison of the effect of typical firefighting activities, live fire drills and rescue operations at height on firefighters' physiological

responses and cognitive function. *Ergonomics*, 61(10), 1–26. doi: 10.1080/00140139.2018.1484524

2. Roseane, M., Shalimar, G., Patrícia, K. (2022). Knowledge in critical events: Know-how at work of emerging country firefighters. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 81, 54–79. doi: 10.1016/j.ijdrr.2022.103294

3. The Importance of a Working at Height Rescue Plan. Available at: <https://humanfocus.co.uk/blog/the-importance-of-a-working-at-height-rescue-plan/>

4. Selman, J., Spickett, J., Jansz, J., Mullins, B. (2019). Confined space rescue: A proposed procedure to reduce the risks. *Safety Science*, 113, 78–90. doi: 10.1016/j.ssci.2018.11.017

5. Gong, J., Yaolin, L. (2017). Evaluating the Evacuation and Rescue Capabilities of Urban Open Space from a Land Use Perspective: A Case Study in Wuhan, China. *International Journal of Geo-Information*, 6(7), 227–243. doi: org/10.3390/ijgi6070227

6. Seven parts of an in-house rescue plan for working at heights. Available at: <https://www.ishn.com/articles/113696-7-parts-of-an-in-house-rescue-plan-for-working-at-heights>

7. Milani, M., Roveri, G., Falla, M. (2022). Occupational Accidents Among Search and Rescue Providers During Mountain Rescue Operations and Training Events. *Emergency medical services brief research report*, 81, 699–705. doi: org/10.1016/j.annemergmed.2022.12.015

8. Safe Work at Height. Available at: <https://www.ukfrs.com/sites/default/Height.pdf>

9. Working at height Rules for the use of work equipment intended for temporary work at height. Available at: <https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/working-height>

10. When working at heights, workers need a fall rescue plan. Available at: <https://weeklysafety.com/blog/fall-rescue>

11. Training is key when working at height. Available at: <https://www.ishn.com/articles/112347-training-is-key-when-working-at-height>

12. Hassanain, M. A. (2009). On the challenges of evacuation and rescue operations in high-rise buildings. *Structural Survey*, 27, 109–118. doi: 10.1108/02630800910956443

13. Maksymov, A., Kovalov, P., Strelec, V. (2019). Comparative analysis of the rescue of the victim with the help of stretcher rescue flame retardant. *Fire Safety Problems*, 45, 108–116. Available at: <https://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol45/Maksimov.pdf>

14. Statystychnе opratsiuvannia danykh. Katehorii vidkhylennia vid normalnoho rozpodilu [Statistical interpretation of data – Tests for departure from the normal distribution]. (1971). DSTU ISO 5479:2009(ISO 5479:1997, IDT) from 1stJule 2011. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy, 576.

15. Khalafyan, A. (2007). *STATISTICA 6 Statystychnyi analiz danykh*. Binom-Press, 512.

Надійшла до редколегії: 26.09.2023

Прийнята до друку: 14.11.2023