

## ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА CIVIL SAFETY

УДК: 614.8

Т.В. Костенко  
С.М. Александров

### ОЦІНКА НЕБЕЗПЕК ДЛЯ РЯТУВАЛЬНИКІВ ПРИ ГАСІННІ ПОЖЕЖ

*В статті представлено новий підхід до оцінки небезпек, що створюють професійні ризики для рятувальників при ліквідації пожеж. Вперше запропоновано виконувати якісну оцінку екстремальних небезпек при пожежі на основі аналізу системи «стан оточуючого середовища – негативно діючі фактори пожежі – індивідуальні засоби захисту – організм рятувальника». Подальшого розвитку отримало уявлення, що екстремальні ризики не є постійною величиною протягом ліквідації пожежі, розкрито механізм їх змін. Це дозволило деталізувати процес ведення аварійно-рятувальних робіт, виявити потенційні загрози що виникають та запропонувати ефективні шляхи їх нейтралізації.*

*Ключові слова: рятувальник, надзвичайна ситуація, аварійно-рятувальні роботи, ризик, екстремальна небезпека*

**Вступ.** Статистичні дані свідчать що найбільш поширеним видом надзвичайних ситуацій в Україні є пожежі, відповідно травми рятувальників переважно пов'язані з негативно діючими факторами пожежі (НДФП) [1, 2]. До числа основних таких факторів відносяться: тепловий вплив у вигляді інфрачервоного випромінювання та конвекційних потоків газів; ударна хвиля від вибухів газових сумішей або інших речовин; механічна дія порушених пожежею падаючих уламків; травмування гострими або важкими предметами; утворення токсичного та задушливого середовища; ураження електричним струмом; радіаційні випромінювання тощо.

Актуальною проблемою для Державної служби надзвичайних ситуацій України (ДСНС) є забезпечення мір захисту рятувальників від враження НДФП шляхом забезпечення профілактичних мір, використання захисних засобів, застосування безпечних тактичних схем та прийомів тощо. Теоретичною підставою для розробки мір забезпечення безпеки співробітників рятувальних підрозділів в умовах ведення аварійно-рятувальних робіт (АРР) при дії НДФП в першу чергу може бути попередня оцінка специфічних найбільш масштабних та вірогідних, так званих, екстремальних небезпек та ризиків.

**Аналіз сучасних досліджень у напрямку оцінки виробничих ризиків.** В сучасній технічній літературі широко розповсюджено оцінювати загрози людині в

виробничому середовищі за допомогою поняття ризик. Вікіпедія дає поняття ризику як поєднання ймовірності та наслідків настання несприятливих подій. При веденні АРР мінімальний наслідок негативної події  $M_c$  для рятувальника це неможливість виконання рятувальником оперативних дій, максимальний – тяжке травмування. Загальноприйнято оцінювати величину ризику  $R$  як результат множення вірогідності події  $P$  на її масштаб (наслідок)  $M_c$ :

$$R = P M_c$$

Екстремальний ризик  $R_e$  для рятувальника, в контексті даної роботи, такий ризик, що може привести до враження рятувальника, який знаходиться поблизу джерела полум'я.

Відомі декілька методичних підходів до оцінювання виробничих ризиків. Один з найбільш розповсюджених методів їх оцінки є врахування коефіцієнту частоти травмування відносного показника числа травмованих рятувальників  $n_{mp}$  за відрізок часу, наприклад, за рік, до їх загальної кількості з приведенням до тисячі працюючих  $N$  [3]. Але внаслідок нестабільного характеру виникнення пожеж, великого різноманіття надзвичайних ситуацій та умов їх розвитку цей метод може визначати велику помилку, тому не є адекватним до аварійних робіт.

Деякі методи оцінки ризику, базуються на результатах економічних витрат через перебування постраждалих на

лікарняних, інвалідності тощо [4]. Недоліком такого методу є можливість приховання травм, спотворення медичної статистики, її недосконалість тощо. Недостатньо дослідженою на даний час є також можливість застосування стохастичних і імітаційних моделей, що аргументовано відображено у [5, 6].

Для оцінки надійності і безпеки експлуатації устаткування і виробничих процесів використовують метод «дерева відмов», основною характеристикою надійності є частка відмов, величина якої вміщує у собі дані про випадкове явище – час безвідмовної роботи [7]. «Дерево відмов» є топологічною моделлю надійності і безпеки оскільки воно враховує логіко-вірогідні взаємозв'язки між різними окремими випадковими вихідними подіями у вигляді експлуатаційних первинних або результуючих відмов, сукупність яких призводить до головної події – небезпечної, критичної або аварійної ситуації і, загалом, до нещасного випадку [8]. Однак, такі методи малопридатні для оперативної оцінки ризиків у реальних умовах ліквідації надзвичайних ситуацій внаслідок їх громіздкості і складності.

Фундаментальні дослідження в напрямку оцінки екстремальних ризиків при веденні АРР виконані під керівництвом професорів Белікова А.С. і Касьянова М.А [9, 10] де закладено методичні підходи до визначення ризику при проведенні аварійно-рятувальних робіт, в яких необхідно враховувати не тільки напрацювання на відмову технічних систем, які використовуються рятувальниками, а і імовірність безпомилкового виконання останніми виробничих функціональних дій. В якості приклада наведено отримані за допомогою метода «дерева відмов» данні про імовірність подій що можуть привести до шкоди здоров'ю рятувальників (табл.1) [9]. Велика кількість наведених в таблиці вірогідності подій одного порядку ( $n \cdot 10^{-4}$ ), які можуть призвести до травмування рятувальника, ускладнюють виробку і прийняття рішень з забезпечення його безпеки в процесі роботи.

Важливою є психофізіологічна сторона праці рятувальників, а саме емоційне навантаження при зіткненні з травмами людей та дією екстремальних чинників пожежі або іншого виду

надзвичайної ситуації, що потребує особливої уваги. Фізичний стан людини упродовж робочого часу змінюється у

Таблиця 1 – Імовірність подій, що призводять до заподіяння шкоди здоров'ю рятувальника [9]

№	Подія	Імовірність
1.	Дотик до струмопровідних елементів об'єкта	$5 \cdot 10^{-4}$
2.	Вихід з ладу електрозахисних засобів	$2 \cdot 10^{-4}$
3.	Травмування при використанні ручного електроінструмента	$2 \cdot 10^{-4}$
4.	Травмування при використанні ручного гідравлічного інструменту	$2 \cdot 10^{-4}$
5.	Травмування при використанні ручного пневматичного інструменту	$7,2 \cdot 10^{-4}$
6.	Травмування у результаті падіння при переміщенні на об'єкті	$3 \cdot 10^{-4}$
7.	Травмування внаслідок падіння (обвалу) будівельних конструкцій, елементів устаткування	$3 \cdot 10^{-4}$
8.	Забиття верхніх кінцівок при веденні АРР	$3 \cdot 10^{-4}$
9.	Забиття нижніх кінцівок при веденні АРР	$3 \cdot 10^{-4}$
10.	Травмування при визволенні з-під елементів об'єкта і обладнання постраждалих	$2 \cdot 10^{-4}$
11.	Травмування у процесі підготовки постраждалих до транспортування	$2 \cdot 10^{-4}$
12.	Травмування у процесі транспортування постраждалих	$3 \cdot 10^{-4}$
13.	Дотик до гострих і потрошених елементів конструкцій та устаткування	$3 \cdot 10^{-5}$
14.	Наявність умов для виникнення пожежі	$5 \cdot 10^{-4}$
15.	Наявність умов і джерел вибуху	$5 \cdot 10^{-4}$
16.	Попадання гарячих уламків будівельних конструкцій на засоби індивідуального захисту	$3 \cdot 10^{-5}$
17.	Перевищення ГДК шкідливих речовин у повітрі зони проведення АРР	$5 \cdot 10^{-4}$
18.	Порушення нормативних показників параметрів мікроклімату (високі: швидкість, вологість та температура повітря)	$4 \cdot 10^{-4}$
19.	Наявність джерел теплового опромінення	$4 \cdot 10^{-4}$
20.	Локалізація перевищеного теплового опромінення (ефект багаття)	$4 \cdot 10^{-4}$
21.	Наявність підвищеного рівня шуму	$4 \cdot 10^{-4}$
22.	Порушення характеристик освітлення	$3 \cdot 10^{-4}$
23.	Надмірна фізична напруга з її наслідками	$2 \cdot 10^{-4}$
24.	Наявність психофізіологічних ШНВЧ (незручна робоча поза, монотонність, стресогенні ситуації, недостаття інформація для виконання АРР і т. ін.)	$4 \cdot 10^{-4}$
25.	Вихід з ладу захисного шолома	$3 \cdot 10^{-4}$
26.	Вихід з ладу захисного прозорого щитка для очей захисного шолому	$2 \cdot 10^{-4}$
27.	Порушення цілісності спецодягу	$4 \cdot 10^{-4}$
28.	Порушення цілісності спецвзуття	$2 \cdot 10^{-4}$
29.	Порушення цілісності захисних	$2 \cdot 10^{-4}$
30.	Відмова захисних пристроїв і	$4 \cdot 10^{-4}$

сторону погіршення якісного виконання розумових і фізичних навантажень. Таким чином, встановлено, що величина ризику травми внаслідок дії людського фактору не є постійною, а збільшується протягом виконання операцій рятувальником. Наприклад, відповідно до [11], імовірність безпомилкового виконання людиною операцій з прийняття інформації, її оцінки та приймання рішення змінюється від  $P(t) = 0,783$  до  $0,447$ , а затримка у часі від 15 до 40 с, що свідчить про значну загрозу неадекватної дії рятувальника, особливо при швидкій зміні обстановки. На це вказують і результати дослідження [12], які акцентують увагу на проблемах, пов'язаних з невідповідністю психофізіологічної підготовки працівників вимогам певної трудової діяльності.

Відомий аналітичний підхід відносно поняття «виробнича система» [13], який дозволяє регулювати взаємодію між людиною, робочими матеріалами, засобами виробництва та навколишнім середовищем. Таке визначення ризику часто ускладняється через відсутність даних відносно елементів такої системи на аварійному об'єкті, при виникненні надзвичайної ситуації, оцінку стану об'єкта в такому стані можна здійснити тільки шляхом розвідки, наприклад, уточнюючи вірогідність витоків легкозаймистих газів та рідин або інших ускладнень.

**Мета дослідження.** Як показують результати аналізу літературних джерел, існуючі методи визначення виробничих ризиків при виконанні АРР не дають відповіді на питання стосовно того, яким чином небезпечні параметри надзвичайної ситуації визначають їх екстремальні величини. Цьому заважає безліч варіантів небезпечного впливу на рятувальника, що можуть скластись на конкретному об'єкті при виникненні надзвичайних ситуацій. В реальній аварійній обстановці, при дефіциті часу і інформації, доводиться керуватись доступними але обмеженими даними, які відображають конкретну ситуацію. Тому метою роботи є вдосконалення спрямованої на підвищення безпеки та ефективності праці рятувальників методології якісної оцінки екстремальних умов ведення аварійно-рятувальних робіт, що сприятиме вдосконаленню тактики ліквідації пожеж та модернізації засобів захисту.

**Методика.** Підґрунтям для створення основ методики оцінки екстремальних умов ведення АРР є ситуаційний аналіз, як новий варіант вивчення виробничої системи. Він передбачає аналіз небезпек в межах специфічної системи «стан оточуючого середовища – чинники НДФП – індивідуальні засоби захисту – організм рятувальника», що виникають при ліквідації пожежі.

В загальному уявленні небезпекою вважають можливість виникнення обставин, за яких матерія, поле, інформація або їхнє поєднання впливають на складну систему, та призводять до погіршення або неможливості її функціонування. У випадку ведення АРР з гасіння пожежі пропонується окремо аналізувати небезпеки як об'єктивні реальності що утворюються в елементах системі «стан оточуючого середовища – негативно діючі фактори пожежі (НДФП) – індивідуальні засоби захисту – організм рятувальника». Це пояснюється тим, що вихід з ладу одного з елементів призводить до фатальних наслідків в усій системі.

Розкриття механізму дії основних негативних чинників в кожному елементі означеної системи дозволить визначити шляхи мінімізації їх негативного впливу на хід АРР, запропонувати способи і засоби зниження екстремальних ризиків.

**Результати досліджень.** Нижче надано підсумки поелементного аналізу системи «стан оточуючого середовища – НДФП – індивідуальні засоби захисту – організм рятувальника».

Елемент вказаної системи «стан оточуючого середовища на аварійному об'єкті» слід оцінювати виходячи з того що в ньому небезпеки можна умовно розділити на три основні групи, а саме: кліматичні умови, топологія простору та стан протипожежного захисту аварійного об'єкту.

Основні кліматичні чинники це погодні умови: температура повітря, напрям та сила вітру, осаді (дощ, сніг, град), видимість (туман, пил), сонячна радіація, час доби (день, ніч). Вони можуть призвести до ускладнення організації та ведення аварійно-рятувальних робіт, це визначає певні види ризиків. Більшість з перелічених чинників враховано в нормативних документах, що використовують керівники рятувальних підрозділів, або досліджені в

науковій літературі [14]. Наприклад дія негативних температур в широкому діапазоні від 0 до  $-40^{\circ}\text{C}$  [15]. Слід звернути увагу на те, що в нормативних документах та науковій літературі відсутні рекомендації щодо забезпечення захисту від сонячної радіації при веденні робіт на відкритому просторі, таких як гасіння торф'яників, лісових пожеж тощо. Досвід показує, що вплив Сонця буває небезпечним для працюючих навіть при відсутності теплової дії джерела горіння. Такий вид ризику можна врахувати як екстремальний не постійно діючий, він потребує окремого докладного вивчення.

Топологія простору, рельєф місцевості, наявність або відсутність на аварійному об'єкті доріг з твердим покриттям, складні маршрути висунення та розгортання підрозділів ДСНС, особливо на промислових підприємствах, захаращеність території – все це визначає певні ризики які, як правило, є практично незмінними протягом ліквідації пожежі. Іноді, при катастрофічних пожежах, що ускладнені вибухами, коли змінюється ситуація на підприємстві рівень такого виду ризику стрибкоподібно змінюється. Міри зниження такого роду небезпек полягають в виборі безпечних, незахищених маршрутів з достатньою видимістю робочих місць.

Законодавством України про пожежну безпеку [16] передбачено обмежене пожежне навантаження приміщень, забезпечення виробничих об'єктів пожежною сигналізацією, автоматичними установками, первинними, водними, пінними, порошковими, аерозольними, газовими засобами придушення вогню. Відсутність або неналежний стан цього обладнання також утворює значні труднощі та загрози для рятувальників.

Аналізуючи елементи системи «стан оточуючого середовища –НДФП – індивідуальні засоби захисту – організм рятувальника» «НДФП» характерною відзнакою екстремальної тобто неприпустимої небезпеки  $N_e$  є наявність зони враження – геометричного простору  $V_e$ , з розмірами які, як звичай, вимірюють по трьом висям ( $L_{x\text{дон}}$ ,  $L_{y\text{дон}}$ ,  $L_{z\text{дон}}$ ), у якому дія негативного фактору пожежі сягає величини, яка є неприпустимою для нормального функціонування організму. В ній вірогідність, що рятувальник, який

працює без спеціальних засобів захисту, постраждає, близька до одиниці  $P(t) \sim 1$ . Слід зазначити, що зона враження - це характеристика параметрів аварії (надзвичайної ситуації), а рівень небезпеки – можливий вплив на рятувальника, рівень екстремальної небезпеки можна орієнтовно, в першому наближенні, визначити як:

$$N_e = 1 - V_{\phi}/V_{\text{дон}},$$

або через лінійні її розміри:

$$\begin{aligned} N_e &= 1 - L_{x\phi}/L_{x\text{дон}} = 1 - L_{y\phi}/L_{y\text{дон}} = \\ &= 1 - L_{z\phi}/L_{z\text{дон}} = 1 - L_{i\phi}/L_{i\text{дон}}, \end{aligned}$$

де показники розміру з індексом  $L_{i\phi}$  означають фактичну координату розташування рятувальника в зоні враження, а показники - з індексом  $L_{i\text{дон}}$  – розмір границі зони враження в напрямку ( $i$ ).

З цього виходить, що на границі зони враження рівень екстремальної небезпеки близький до нульового, а в центрі зони – максимальний і наближається до одиниці. При веденні АРР за результатами розвідки можна швидко і достатньо точно на даний час визначити межі ( $L_x$ ,  $L_y$ ,  $L_z$ ) зони враження.

Основні негативні фактори пожежі, що формують екстремальні небезпеки, це тепловий вплив у вигляді інфрачервоного випромінювання  $N_{ев}$ , конвекційні потоки газів від нагрітих поверхонь  $N_{ек}$ ; дія ударної хвилі при вибухах газових сумішей або інших речовин  $N_{еу}$ , хмара токсичних та ядушливих газів  $N_{ея}$ , механічна енергія у вигляді падаючих уламків або перешкод руху  $N_{ем}$ , механічна енергія у вигляді потоку розлитого пального  $N_{еп}$ , ураження електричним струмом від джерел що знаходяться під напругою  $N_{ее}$  тощо. До негативного результату може призвести дія будь-якої однієї з сукупності небезпек. Тому зони враження визначають для кожного з означених негативних факторів, в якості приклада схематично наведено ситуацію гасіння резервуару з паливом (рис. 1а).

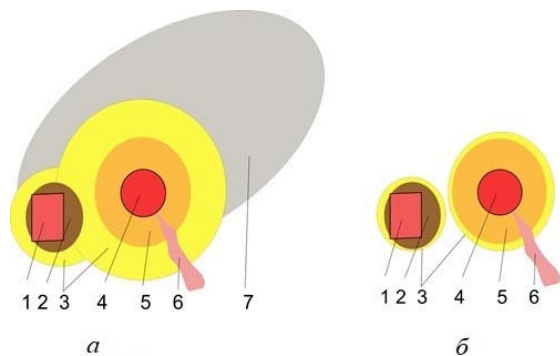
Слід відзначити, що протягом виконання аварійно-рятувальних робіт розміри зон враження можуть змінюватись, відповідно міняються величини екстремальних небезпек. Це може відбуватись як внаслідок розгорання або наступного вигорання горючої речовини, так під дією засобів гасіння пожежі. В такому випадку величина зони враження є

нестабільною в часі і просторі, а змінюється:

$$N_{\text{пож}} = f(t, A)$$

де  $t$  – час;

$A$  – потужність засобів впливу на пожежу.



1, 4 – джерела горіння, відповідно технологічна споруда та резервуар; 2,3,5,6,7 – зони враження, відповідно: падаючими уламками  $N_{em}$ , тепловим випромінюванням  $N_{ee}$ , вибуховою хвилею або бризками при кипінні  $N_{ey}$ , витокami пального з резервуару  $N_{ep}$ , газоподібними продуктами горіння  $N_{ea}$

**Рис.1.** Схеми розташування зон враження рятувальників при гасінні пожежі у резервуарі з рідким паливом:  
а – без використання засобів індивідуального захисту від тепла та газів,  
б – з використанням засобів захисту:

Цю особливість слід враховувати в реальних умовах ліквідації пожежі, доцільно проводити регулярний моніторинг зон враження. Результатом моніторингу є рекомендації з коригування оперативних планів ведення АРР.

Сучасні пожежна наука і практика мають способи і засоби зниження впливу чинників НДФП, але питання стоїть в тому, що параметри цих заходів іноді не дозволяють реалізувати безпечно та ефективно виконання АРР.

Розглянемо елемент системи «стан оточуючого середовища –НДФП – індивідуальні засоби захисту – організм рятувальника» «індивідуальні засоби захисту». Використання засобів захисту від тепла та органів дихання дозволяє штучно змінити картину дії НДФП на рятувальника, суттєво зменшивши розміри зон враження, обумовлених дією теплових, токсичних факторів надзвичайної ситуації (рис.1 б). При використанні протитеплових засобів та

засобів захисту органів дихання під час АРР існує експлуатаційна вірогідність ( $p = 2...4 \cdot (10^{-4}...10^{-5})$ ) відмови і виходу з ладу безпосередньо самих спорядження та апаратів (див. табл. 1). Вона характерна для всіх засобів такого роду та проявляється як при ліквідації пожежі, так і, наприклад, при тренуванні.

Особлива ситуація складеться при використанні такої техніки в зонах враження інфрачервоним випромінюванням та конвекційними потоками газів. Виникає загроза рятувальникам, що працюють в апаратах регенеративного типу, коли зовнішня теплота додається до тієї, що утворюється в процесі хімічних реакцій екзогенного типу в патроні регенерації повітря. Це може призвести до підвищення температури газів, що вдихають, вище допустимої величини ( $42^{\circ}\text{C}$ ) і нагріву організму рятувальника внутрішнім шляхом до небезпечного рівня. Подібний процес нагріву може відбуватися при використанні апаратів на стисненому повітрі, бо існує небезпека зовнішнього нагріву балонів і дихального агенту в них. Однією з мір запобігання дії гарячого повітря є застосування крижаних холодильників для потоку повітря, що вдихають, а також у розміщенні апаратів в під костюмному просторі.

Аналогічна небезпека існує при експлуатації індивідуальних засобів протитеплого захисту. Під дією підвищених температур значно зменшуються межа міцності та модуль пружності тканинних та пластикових матеріалів з яких виготовлено засоби. Це може призвести до пошкодження захисних поверхонь одягу, після цього продовження ведення АРР може привести до теплової травми рятувальника. Працювати при несправності оболонок захисного засобу забороняється.

Слід зазначити, що величина теплової загрози також не є постійною, вона зростає пропорційно рівню теплового стану середовища, що оточує рятувальника, та тривалості роботи в ньому. Зниження небезпеки такого роду можливо, в першу чергу, шляхом вдосконалення систем охолодження засобів захисту і організму рятувальника.

Найбільш дискусійним є аналіз останньої складової системи «стан оточуючого середовища –НДФП –

індивідуальні засоби захисту – організм рятувальника», а саме «організму рятувальника». Цей елемент є об'єктом, який підлягає захисту, але існує зворотній зв'язок - реакція на прояв зовнішніх чинників у вигляді дій що призводять до зменшення їх негативного впливу. Домінуючим є вплив на стан всієї системи суб'єктивного фактора, а саме здібність рятувальника адекватно і вчасно оцінювати обстановку, приймати раціональні рішення. Втома, нездоровий психофізичний стан, недостатні навички та тренуваність і інші обставини вирішують уповільнення реакції, прийняття невірних рішень та, відповідно, виконання неефективних дій. Це може призвести до нераціонального виконання АРР та, навіть, до фатальних наслідків.

Забезпечити надійне функціонування даного елемента системи можна, в основному, шляхом підвищення стану здоров'я рятувальників, їх навчання та тренування. Зменшити втому можливо за рахунок використання засобів механізації важких процесів роботи, а також залучаючи додаткові підрозділи для допомоги або частішої зміни працюючих. В тому разі, коли можлива різка зміна зовнішньої обстановки, наприклад раптовий зріст температури при спалаху легкозаймистих речовин, і динаміка перевищує фізіологічні можливості реакції організму, захист рятувальника можуть забезпечити автоматичні засоби, які мають більшу швидкодію.

**Висновки.** Розроблено новий підхід до оцінки небезпек, що створюють професійні ризики для рятувальників при ліквідації пожеж. Вперше запропоновано виконувати якісну оцінку екстремальних небезпек при пожежі на основі аналізу системи «оточуюче середовище – джерело горіння – засоби захисту організму – організм людини».

Подальшого розвитку отримало уявлення, що екстремальні ризики не є постійною величиною протягом ліквідації пожежі, розкрито механізм їх змін. Це дозволило деталізувати процес ведення аварійно-рятувальних робіт, виявити потенційні загрози що виникають та запропонувати ефективні шляхи їх нейтралізації.

Подальшого розвитку набула методологія оцінки екстремальних небезпек

при веденні аварійно-рятувальних робіт, що дозволяє розкрити шляхи з вдосконалення тактики ліквідації пожеж та модернізування засобів захисту рятувальників.

Встановлено, що величини зон враження негативними факторами пожежі не є стабільними в часі і просторі, тому доцільно проводити регулярний моніторинг меж зон враження. Результатом моніторингу є коригування оперативних планів ведення АРР.

Небезпека під час використання засобів захисту від тепла та засобів захисту органів дихання також не є величиною постійною, вона зростає пропорційно рівню теплового стану середовища що оточує рятувальника та тривалості роботи в ньому. Зниження небезпеки такого роду можливо, в першу чергу, шляхом вдосконалення систем охолодження засобів захисту і організму рятувальника.

Захист рятувальника в умовах швидкої динаміки зміни зовнішньої обстановки, яка перевищує фізіологічні можливості реакції організму, доцільно забезпечувати автоматичними засобами, які мають більшу швидкодію.

### Список літератури

1. Костенко Т.В. Особливості травматизму рятувальників в Україні / Т.В. Костенко // Вісті Донецького гірничого інституту: Всеукраїнський науково-технічний журнал. – 2017. – №1 (40). – С. 165–169.
2. Automatization of individual anti-thermal protection of rescuers in the initial period of fire suppression / V.Kostenko, T.Kostenko, O.Zemlianskiy, A.Maiboroda, S.Kutsenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, No.5/10 (89) 2017, pp.4-11.
3. Сафонов, В.В. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей: Навч. посіб. / В.В. Сафонов, А.С. Беліков, В.І. Русін та ін. – Київ: Основа, 2011. – 480 с.
4. Водяник, А.О. Про концепцію економічного управління охороною праці та регулювання промислової безпеки // Інф. бюл. з охорони праці. Київ: ННДІОП, 2004. - № 3. – С. 7 – 11.
5. Гогіташвілі, Г.Г. Управління охороною праці та ризиком за міжнародними стандартами: Навч. посіб. [Текст] / Г.Г. Гогіташвілі, Є.Т. Карчевські, В.М. Лапін. – Київ: Знання, 2007. – 367 с.
6. Kasyanov N. Development of simulation methods for labour protection status indicators/ N. Kasyanov, O. Gunchenko, D. Vishnevskiy// ТЕКА Com. Mot. Energ. Roin. – OL PAN, Lublin – Lugansk, 2010. Vol. XA. – P. 234 – 242.
7. Ветров, В. Структура професійного ризику в производственной сфере России [Текст] / В. Ветров, И. Панферова, А. Хрупачев // Охр. Труда и соц. Страхование. – Москва, 1999. - №7. – С. 45 – 47.

8.Топоров А.А. Критерии оценки деградации шахтных водопроводов / А.А.Топоров, Т.В. Костенко, Е.А.Тюрин, О.Н.Лысенко// Вісті Донецького гірничого інституту: Всеукраїнський науково-технічний журнал - 2017. - № 1(40). - С.73-77.

9.Вдосконалення методів оцінки виробничого ризику при проведенні аварійно-рятувальних робіт (АРР) на об'єктах будівництва /Касьянов М. О., Гунченко М.А, Корінний В. І., Сабітова О.А., Улітіна М. Ю./ Строительство, материаловедение, машиностроение. ISSN 2415-7031. Серия: Безопасность жизнедеятельности. Вып. 93 – 2016. – С.57-64.

10. Обґрунтування необхідності управління виробничим ризиком / Беліков А. С., Касьянов М. А., Гунченко О. М., Тищенко Ю. А. /Строительство, материаловедение, машиностроение. ISSN 2415-7031. Серия: Безопасность жизнедеятельности. Вып. 93 – 2016. – С.94-106.

11. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере / П.Г. Белов. – Москва: Изд. Центр АГЗ МЧС РФ, 2003. – 512 с.

12. Касьянов, М.А. Дослідження наслідків впливу на людину-оператора фізичної роботи і психічного навантаження [Текст] / М.А. Касьянов, О.О. Андрианова, О.О. Рибальченко, О.М. Климова, Д.О. Вишнеvський // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні. Зб. н. пр. – Луганськ: 2009. – С. 317 – 324.

13. Гунченко, О.М. Удосконалення системи управління охороною праці на машинобудівних підприємствах: автореф. дис.... канд. техн. наук : 05.26.01 [Текст]/ Гунченко Оксана Миколаївна; СНУ ім. В.Даля, Луганськ, 2007. – 20 с.

14. Довідник керівника гасіння пожежі / Державна служба України з надзвичайних ситуацій. – К. : ТОВ «Літера-Друк», 2016. – 320 с.

15. Болібрux Б. В. Развитие научных основ створення високоєфективних засобів індивідуального захисту пожежника: автореф. дис....д-ра. техн. наук: 05.26.01. Болібрux Борис Васильович, ДОННТУ, - Покровськ: 2017. -26 с.

16. Кодекс цивільного захисту України, № 5403-VI, Введено в дію 2013-07-01, Опубл. «Голос України» № 220 від. 2012-11-20 с.

## References

1.Kostenko T. (2017) "Features injury rescuers in Ukraine" ["Osoblyvosti travmatyzmu ryatuval'nykiv v Ukrayini"], Visti Donets'koho hirnychoho instytutu: Vseukrayins'kyu naukovo-tekhnichnyy zhurnal, No.1 (40), pp.165-169 (in Ukrainian)

2.Kostenko V., Kostenko T., Zemlianskiy O., Maiboroda A., Kutsenko S. (2017) "Automatization of individual anti-thermal protection of rescuers in the initial period of fire suppression", Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, No.5/10 (89), pp.4-11 (in English)

3.Safonov V., Belikov A., Rusin. (2011) "Engineering decisions on labor protection during development of diploma projects of engineering-building specialties: Teach. Manual" ["Inzhenerni rishennya z okhorony pratsi pry rozrobtsi dyplomnykh proektiv inzhenernobudiveln'nykh spetsial'nostey: Navch. Posib"], Kyiv: Osnova, 490p. (in Ukrainian)

4.Vodyanyk A. (2004) "On the concept of economic management of labor protection and regulation of industrial safety" ["Pro kontseptsiyu ekonomichnoho upravlinnya okhoronoyu pratsi ta rehulyuvannya promyslovoyi bezpeky"], Inf. byul. z okhorony pratsi. Kyiv: NNDIOP, No.3, pp.7-11 (in Ukrainian)

5.Hohitashvili, H. (2007) "Management of labor protection and risk according to international standards: Teaching. Manual" ["Upravlinnya okhoronoyu pratsi ta ryzykom za mizhnarodnymy standartamy: Navch. Posib"], Kyiv: Znannya, 367p. (in Ukrainian)

6.Kasyanov N., Gunchenko O., Vishnevskiy D. (2010) "Development of simulation methods for labour protection status indicators" TEKA Com. Mot. Energ. Roin. – OL PAN, Lublin – Lugansk, Vol. XA. pp. 234 – 242 (in English)

7.Vetrov V., Panferova I., Khrupachev A. (1999) "Structure of occupational risk in the production sphere of Russia" ["Struktura professional'nogo riska v proizvodstvennoy sfere Rossii"], Okhr. Truda i sots. Strakhovaniye, No. №7. pp. 45 – 47 (in Russian)

8.Toporov A., Kostenko T., Tyurin Ye., Lysenko O. (2017) "Criteria for assessing the degradation of mine water pipelines" ["Kriterii otsenki degradatsii shakhtnykh vodoprovodov"], Visti Donets'koho hirnychoho instytutu: Vseukrayins'kyu naukovo-tekhnichnyy zhurnal, No.1 (40), pp.73-77 (in Russian)

9.Kasyanov M.O., Gunchenko MA, Korinny V.I., Sabitova O.A., Ulitina M.Yu. (2016) "Improvement of methods for assessing industrial risks during carrying out of emergency rescue works at construction sites" ["Vdoskonalennya metodiv otsinky vyrobnychoho ryzyku pry provedenni avariyno-ryatuval'nykh robit (ARR) na ob'yektakh budivnytstva"], Stroytel'stvo, materyalovedenye, mashynostroenye. Seryya: Bezopasnost' zhyznedeyatel'nosti, No. 93, pp.57-64 (in Ukrainian)

10. Byelikov A. S., Kas'yanov M. A., Hunchenko O. M., Tyshchenko YU. A. (2016) "Justification for the need to manage industrial risk" ["Obgruntuvannya neobkhdnosti upravlinnya vyrobnychym ryzykom"], Stroytel'stvo, materyalovedenye, mashynostroenye. Seryya: Bezopasnost' zhyznedeyatel'nosti, No. 93, pp.94-106 (in Ukrainian)

11. Belov P. (2003) "System analysis and modeling of dangerous processes in the technosphere" ["Sistemnyy analiz i modelirovaniye opasnykh protsessov v tekhnosfere"], Moskva: Izd. Tsentr AGZ MCHS RF, 512p (in Russian)

12. Kas'yanov M.A., Andrianova O.O., Rybal'chenko O.O., Klymova O.M., Vyshnevs'kyi D.O. (2009) "Investigation of the consequences of the influence on the person-operator of physical work and mental load" ["Investigation of the consequences of the influence on the person-operator of physical work and mental load"], Resursozberihayuchi tekhnolohiyi vyrobnytstva ta obrobky tyskom materialiv u mashynobuduvanni. Zbirnyk naukovykh prats', Luhans'k, pp. 317 – 324 (in Ukrainian)

13. Hunchenko, O.M. (2007) "Improvement of the management system of labor protection at machine-building enterprises" ["Udoskonalennya systemy upravlinnya okhoronoyu pratsi na mashynobudivnykh pidpryyemstvakh"], SNU im. V.Dalya, Luhans'k, 20p (in Ukrainian)

14. "Handbook of Fire Extinguishing Director" (2016) ["Dovidnyk kerivnyka hasynnya pozhezhi"],

Derzhavna sluzhba Ukrainy z nadzvychaynykh sytuatsiy, Kyiv: TOV «Litera-Druk», 320p (in Ukrainian)

15. Bolibrukh B. (2017) "Development of scientific foundations for the creation of highly effective means of individual protection of a firefighter: author's abstract. dis ... dr. tech sciences: 05.26.01" ["Rozvytok naukovykh osnov stvorennya vysokoefektyvnykh zasobiv individual'noho zakhystu pozhezhnyka: avtoref. dys....d-

ra. tekhn. nauk: 05.26.01"], DONNTU, -Pokrovs'k, 26p (in Ukrainian)

16. "The Code of Civil Protection of Ukraine" (2012) ["Kodeks tsyvil'noho zakhystu Ukrainy"], No. 5403-VI, put into effect on 2013-07-01, Published by. «Voice of Ukraine» № 220 from. 2012, pp.11-20 (in Ukrainian)

Надійшла до редакції 01.10.2017

Рецензент д-р. техн. наук, проф. В.Б. Гого.

**Костенко Тетяна Вікторівна** – кандидат технічних наук, докторант, кафедра охорони праці, Донецький національний технічний університет (пл. Шибанкова, 2, Покровськ, Донецька область, 85300, Україна)

E-mail: [tatiana.kostenko@gmail.com](mailto:tatiana.kostenko@gmail.com)

**Александров Сергій Миколайович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри, кафедра охорони праці, Донецький національний технічний університет (пл. Шибанкова, 2, Покровськ, Донецька область, 85300, Україна)

### ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ДЛЯ СПАСАТЕЛЕЙ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ

**Аннотация.** В статье представлен новый подход к оценке опасностей, которые создают профессиональные риски для спасателей при ликвидации пожаров. Впервые предложено выполнять качественную оценку экстремальных опасностей при пожаре на основе анализа системы «состояние окружающей среды – негативно действующие факторы пожара – индивидуальные средства защиты – организм спасателя». Дальнейшее развитие получило представление, что экстремальные риски не являются постоянной величиной в течение ликвидации пожара, раскрыт механизм их изменений. Это позволило детализировать процесс ведения аварийно-спасательных работ, выявить потенциальные угрозы возникающих и предложить эффективные пути их нейтрализации.

**Ключевые слова:** спасатель, чрезвычайная ситуация, аварийно-спасательные работы, риск, экстремальная опасность

**Костенко Татьяна Викторовна** - кандидат технических наук, докторант, кафедра охраны труда, Донецкий национальный технический университет (пл. Шибанкова, 2, Покровск, Донецкая область, 85300, Украина)

E-mail: [tatiana.kostenko@gmail.com](mailto:tatiana.kostenko@gmail.com)

**Александров Сергей Николаевич** - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, кафедра охраны труда, Донецкий национальный технический университет (пл. Шибанкова, 2, Покровск, Донецкая область, 85300, Украина)

### ESTIMATION OF HAZARDS FOR RESCUERS AT FIRE EXTINGUISHING

**Abstract.** The article presents a new approach to the evaluation of the hazards that pose occupational risks to rescuers in case of liquidation of fires. For the first time, it was proposed to perform a qualitative assessment of extreme hazards in a fire based on analysis of the system "state of the environment - negative effects of fire factors - personal protection - body rescuer". Further development received the idea that extreme risks are not a constant during the liquidation of fire; the mechanism of their changes is revealed. This allowed the detailing process of conducting rescue operations, identify potential threats arise and propose effective ways to neutralize them. The risk of using heat protection and respiratory protective equipment is also not constant. Risk grows in proportion to the level of the thermal state of the environment surrounding the rescuer and the duration of work in it. Reducing the danger of this kind is possible by improving cooling systems of remedies and the body of the rescuer. Protection of the rescuer in conditions of rapid dynamics of changes in the external environment should be provided by automatic means that have a higher speed.

**Keywords:** rescuer, emergency, rescue operations, risk, extreme danger

**Kostenko Tatiana** - PhD, Doctoral student, Department of Labor Safety, Donetsk National Technical University (2, Shybankova square, Pokrovsk, Donetsk region, 85300 Ukraine)

E-mail: [tatiana.kostenko@gmail.com](mailto:tatiana.kostenko@gmail.com)

**Aleksandrov Sergey** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department, Department of Labor Safety, Donetsk National Technical University (2, Shybankova square, Pokrovsk, Donetsk region, 85300 Ukraine)