

УДК 351.861 + 614.84

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ ГАЗОДИМОЗАХИСНИКІВ РІЗНИХ ВІКОВИХ ГРУП

<https://doi.org/10.33269/nvcz.2023.1.41-55>

Скоробагатько Т. М.<sup>1\*</sup>, ORCID 0000-0001-5651-1975  
Єременко С. А.<sup>1</sup>, ORCID 0000-0003-3685-4713  
Пруський А. В.<sup>1</sup>, ORCID 0000-0002-9132-7070  
Сидоренко В. Л.<sup>1</sup>, ORCID 0000-0002-4584-486X  
Савельєв І. В.<sup>2</sup>, ORCID 0000-0002-8067-8430  
Стрілець В. М.<sup>3</sup>, ORCID 0000-0001-5992-1195

\*E-mail: tarasskorobagatko@gmail.com

<sup>1</sup>Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту, Україна

<sup>2</sup>Головне управління ДСНС України у Луганській області, Україна

<sup>3</sup>Національний університет цивільного захисту України, Україна

### ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 09.03.2023

Пройшла рецензування: 15.04.2023

### КЛЮЧОВІ СЛОВА:

газодимозахисник, вік, мобільний тренажер, експериментальні дослідження, статистичний аналіз.

### АНОТАЦІЯ

З огляду на проведений аналіз важливою та невирішеною частиною проблеми підвищення ефективності ліквідації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з оперативною діяльністю пожежників-рятувальників у непридатному для дихання середовищі, є брак відомостей щодо того, як вік газодимозахисника впливає на показники, зокрема фізіологічні, які характеризують результати виконання професійно-важливих завдань. Проведено порівняльні експериментальні дослідження результатів діяльності газодимозахисників двох вікових груп в апаратах на стисненому повітрі (АСП) на мобільному тренажері контейнерного типу виробництва компанії MAW GmbH (мобільний тренажер), який найбільш повно відтворює умови роботи рятувальників у непридатному для дихання середовищі, з їх подальшим статистичним аналізом. Статистичний аналіз отриманих даних здійснено з рівнем значущості  $\alpha=0,05$ . Визначено, що для газодимозахисників усіх вікових груп сам процес включення в АСП та очікування роботи в екстремальних умовах є значущим стрес-фактором для особового складу всіх вікових груп. Запропоновано відповідні практичні рекомендації, зокрема: під час проведення газодимозахисниками практичних занять в апаратах на стисненому повітрі особливу увагу варто звертати на пожежників-рятувальників старшої вікової групи, у яких частота серцевих скорочень (ЧСС) починає перевищувати 150 уд./хв, для молодшої вікової групи такого контролю потребує особовий склад, у якого ЧСС починає перевищувати 165 уд./хв; у процесі оперативного контролю та планування діяльності газодимозахисників на посту безпеки доцільно враховувати, що час виконання оперативного завдання в непридатному для дихання середовищі у особового складу старшої вікової групи може бути більшим на 15–20%; на посту безпеки під час попередніх розрахунків часу роботи в АСП для газодимозахисників усіх вікових груп доцільно використовувати показник легеневої вентиляції  $\omega_{л} \approx 80$  л/хв; на посту безпеки доцільно використовувати спрощені розрахунки часу роботи в АСП. Так, у разі роботи в АСП з об'ємом балона 8 л загалом можна використовувати показник швидкості падіння тиску, також на посту безпеки доцільно планувати діяльність ланок ГДЗС таким чином, щоб вони змінювались, якщо є необхідність у довготривалому проведенні аварійно-рятувальних робіт, через 15–20 хвилин.

**Постановка проблеми.** Під час гасіння майже кожної десятої пожежі особовий склад пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС застосовує засоби індивідуального захисту органів дихання (далі – ЗІЗОД), в тому числі кожної третьої – п'ятої пожежі, що виникають в будівлях та спорудах різного функціонального призначення. Так, у 2022 році 7008 пожеж в Україні ліквідували із застосуванням ланок газодимозахисної служби (далі – ГДЗС). Водночас загальна кількість ланок ГДЗС склала 8710 од., а сумарний час їхньої роботи сягає майже 3000 год [1].

Це свідчить про те, що проблема підвищення ефективності ліквідації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з оперативною діяльністю пожежників-рятувальників у непридатному для дихання середовищі, без зниження рівня безпеки особового складу, є актуальною.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Підтвердженням актуальності цієї проблеми є постійна увага до роботи пожежників у ЗІЗОД у провідних країнах світу. Водночас виділяють ризики, що зумовлені як віком, статтю та стажем роботи, так і безпосередньо діяльністю в апаратах на стисненому повітрі (далі – АСП) [2], робота в яких практично пов'язана із запасом та витратою повітря. Дослідження щодо витрати повітря, урахувавши не тільки вік, а й те, чи є рятувальник членом кар'єрної, неповної зайнятості або волонтерської пожежної команди, проводилися в Університеті Східного Кентуккі [3]. Але за результатами було зроблено висновок, що обсяг вибірки був занадто малим. З огляду на це необхідно надалі проводити дослідження, щоб отримати більш глибоке розуміння того, що ж впливає на споживання повітря газодимозахисниками і як цим процесом можна управляти.

Зазначене свідчить про те, що є необхідність у визначенні особливостей оперативної роботи в засобах індивідуального захисту органів дихання газодимозахисників різних вікових груп.

Результати такого дослідження, але без включення пожежників-рятувальників в АСП, наведені в [4], де розглядалась відповідність пожежників визначеним фізичним вимогам. Було вказано, що літні досвідчені пожежники показали себе практично такими, що відповідають певним критеріям молодших за віком. Водночас аеробний тест був більш значущим, ніж тест на силу. Проте в цьому дослідженні не розглядалися питання, пов'язані з роботою в АСП. Крім цього, використовувалися стандартні фізіологічні тести, які з оперативно-рятувальною діяльністю газодимозахисників пов'язані опосередковано.

Хоча в [5] зазначено, що навіть помірні фізичні навантаження під час ходьби пожежника у поєднанні з пошуково-рятувальними роботами у разі носіння повного захисного спорядження та дихання через АСП створюють значне фізіологічне навантаження на професійних пожежників. Швидкість споживання повітря під час виконання завдань в метрополітені призводить до того, що запас повітря закінчується значно раніше часу захисної дії АСП, наведеного в його тактико-технічних характеристиках. Це ж наводиться і в [6], де визначено, що заміна АСП на регенеративні дихальні апарати (далі – РДА) усуває подавання повітря як фактор, який обмежує його застосування в метрополітені. Аналогічний висновок зроблено в [7–8], де поряд із цим підкреслено, що в РДА виникає проблема управління термічним навантаженням частотою серцевих скорочень (ЧСС). Про це наголошено і в [9], де вказано, що носіння дихального апарата зумовлює терморегуляторний, метаболічний та психологічний стрес, який не пояснюється насамперед вагою дихального апарата, і наголошено на цінності ергономічного дизайну та фізіологічного моніторингу. А в [10] зроблено висновок, що уникнути надмірної напруги під час ефективного гасіння пожежі тривалістю 20–30 хв із дихальним апаратом можна лише у разі хорошої фізичної працездатності та самоконтролю фізичного навантаження.

Водночас [11] відносна інтенсивність самостійного вибору роботи пожежниками мінлива і має розглядатися як додаткова фізіологічна детермінанта робочої поведінки. Але саме такий вибір є характерним якраз для досвідчених рятувальників. З іншого боку, використання газодимозахисниками різних модифікацій АСП призвело до невеликих фізіологічних відмінностей [12], проте 37% рятувальників, які мали гіршу фізичну форму та більшу масу тіла (а це є характерним саме для більш вікового особового складу), ніж інші, не змогли виконати другий за часом варіант робочого циклу пожежогасіння, як заведено у США, насамперед через перевищення граничних меж частоти серцевих скорочень. Продуктивність діяльності значно знизилась внаслідок тривалого навантаження (під час другого циклу).

Тобто в [5–12] фізичні навантаження газодимозахисників не співвідносяться з віком та досвідом конкретного рятувальника. Видно, що всі ці дослідження не були пов'язані з порівнянням фізіологічних та інших показників діяльності залежно від особливостей особового складу різних контрольних груп.

Це було зроблено у [13], де показано, що гасіння пожеж у висотних будівлях призводить до значної перенапруги роботи серця і пошуково-рятувальні бригади (розрахунки) та бригади (розрахунки) матеріальної підтримки зазнають більшої серцевої напруги, ніж бригади (розрахунки) пожежогасіння, насамперед через відмінності в тривалості роботи. І в цьому разі на вік не звертали уваги. Як не звертали і в [14], де порівняли витрати повітря в АСП у пожежників-чоловіків і цивільних чоловіків під час носіння автономного дихального апарата та визначили, що респіраторні реакції збільшились в обох групах, а дихальний об'єм виріс тільки у звичайних чоловіків (на 20%). І саме збільшення частоти дихання призводить до зменшення задишки у чоловіків-пожежників під час

напруженої оперативної діяльності з використанням АСП.

Таким чином, невирішеною частиною проблеми підвищення ефективності ліквідації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з оперативною діяльністю пожежників-рятувальників у непридатному для дихання середовищі, без зниження рівня безпеки, є відсутність відомостей щодо того, як вік газодимозахисника впливає на показники, які характеризують результати, зокрема фізіологічні, виконання професійно важливих завдань.

**Формулювання цілей дослідження.** Метою статті є аналіз того, як вік газодимозахисника впливає на показники, які характеризують результати його діяльності.

Для досягнення поставленої мети потребують розв'язання такі завдання:

- вибрати лабораторно-випробувальну базу та визначити показники, які характеризують діяльність газодимозахисників;
- оцінити можливість отримання вихідних даних;
- провести статистичний порівняльний аналіз отриманих експериментальних результатів;
- обговорити результати порівняльного аналізу того, як вік газодимозахисника впливає на показники, які характеризують результати його діяльності.

**Методи дослідження.** Застосовано експериментальні дослідження результатів діяльності газодимозахисників у АСП на мобільному тренажері контейнерного типу виробництва компанії MAW GmbH (далі – мобільний тренажер), який на сьогодні найбільш повно відтворює умови роботи рятувальників у непридатному для дихання середовищі, з їх подальшим статистичним аналізом.

**Виклад основного матеріалу дослідження.**

*Вибір лабораторно-випробувальної бази та оцінка можливості отримання вихідних даних.* Для проведення порівняльних експериментальних

випробувань використовувався [15] мобільний тренажер виробництва компанії MAW GmbH, який складався з: мобільного тренувального комплексу з пультом управління (рис. 1), що розміщується в 20-ти футовому (66 м) металевому контейнері, який поділено на три зони: компресорна, пульт керування, приміщення з тренажерами. Комплекс призначений для відтворення фізичних навантажень на газодимозахисників під час розгортання сил і засобів, залучених до ліквідації надзвичайних ситуацій; мобільної теплодимокамери-лабіринта (рис. 2), яка являє собою 40-ка футовий (12 м) металевий контейнер, в якому розміщено двоярусний лабіринт. Цей контейнер оснащено елементами, які відтворюють елементи оперативної діяльності газодимозахисників та ускладнюють проходження лабіринту шляхом подолання труби-лаза, різноманітних проходів, дверей, жалюзі, відкидних заслонок, похилих поверхонь, роликів конвеєра тощо.

Задимлення контейнера забезпечується димомашиною, а підвищена температура навколишнього середовища (до 60 °С) – електричними тенами. Комплекс призначений для відтворення умов роботи газодимозахисників у задимленому середовищі та обмеженому просторі під час проведення розвідки, порятунку постраждалих та гасіння пожеж.



Рисунок 1 – Мобільний тренувальний комплекс із пультом управління

Джерело: [15]

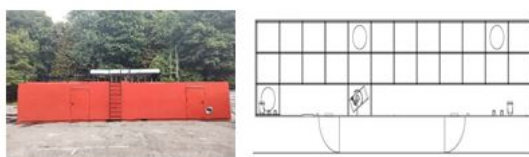


Рисунок 2 – Мобільна теплодимокамера-лабіринт

Джерело: [15]

Цей мобільний тренажер протягом серпня – листопада 2022 року був задіяний для проведення практичних занять із газодимозахисниками територіальних підрозділів ДСНС усіх вікових груп. Відповідно до [15] під час занять із газодимозахисниками, а саме вони і були досліджуваними, кожен із них у закріпленому за ним АСП виконує у випадковій послідовності такі визначені вправи з урахуванням мінімально необхідного навантаження: підіймання нескінченними сходами (15 кДж); тяговий тренажер (5 кДж); бігова доріжка (10 кДж); велотренажер (30 кДж) (рис. 3); подолання теплодимокамери-лабіринту в задимленому середовищі (рис. 4) в умовах підвищеної температури (до 60°С) та обмеженого простору (20 кДж).



Рисунок 3 – Відпрацювання вправ на тренажерах

Джерело: розроблено авторами



Рисунок 4 – Проходження теплодимокамери-лабіринту

Джерело: розроблено авторами

Водночас в автоматичному режимі фіксуються (рис. 5): діапазон серцебиття  $\Delta f$  від мінімального  $f_{\min}$  до максимального  $f_{\max}$  значення ЧСС [уд./хв], об'єм  $Q$  використаного повітря [л] та тривалість  $t$  [с] безперервного виконання визначених вправ та проходження лабіринту в умовах

підвищеної температури. Наявність об'єму  $Q$  та тривалості  $t$  дає змогу одночасно оцінити і показник легеневої вентиляції газодимозахисника

$$\omega = \frac{Q \cdot 60}{t} \quad [\text{л/хв}] \quad (1),$$

який відповідно до [16] використовують під час проведення аварійно-рятувальних робіт для прогнозування часу оперативної діяльності в непридатному для дихання середовищі.

MAW-Containeranlage

(дата) 12.10.2022 (час) 12:05 пройшов тренувальний лабіринт.  
Start: 15:31:14, Ende: 15:46:9, Gesamtübungszeit: 00:14:55

Тренувальне заняття зараховано

казник продуктивності в кДж: 80,0  
тична продуктивність в кДж: 80,8

Тренажер	Навантаження	Навантажені
Endlosleiter (mit Manipulation)	15,0	15,7
ERGO-FIT Fahrrad	30,0	30,0
Laufband	10,0	10,1
MAW Schlaghammer	5,0	5,0
Перший рівень лабіринту	20,0	20,0
Другий рівень лабіринту:	0,0	0,0

	Перед початком заняття	Після завершення заняття
Тиск заправки балона:	300	100
Діастолічний артеріальний		
Систолічний артеріальний		
Пульт:		

Витрати повітря: 1200,0 Літри

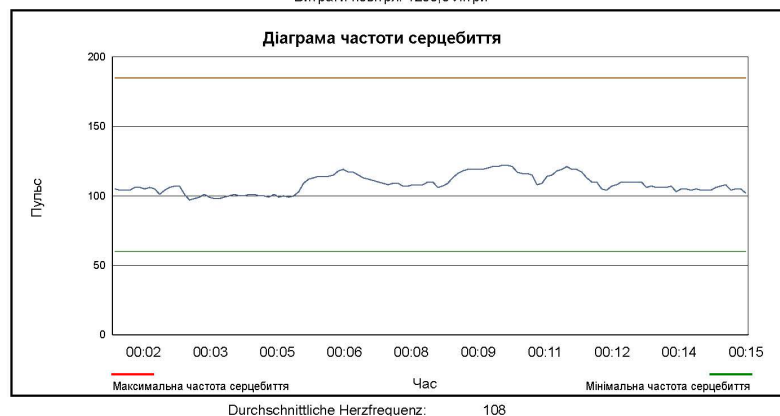


Рисунок 5 – Зразок звіту, що формуються за результатами проведення практичних занять на мобільному тренажері

Таким чином, використання мобільного тренажера виробництва компанії MAW GmbH дає змогу організувати проведення порівняльних експериментальних досліджень найбільш важливих показників оперативної діяльності в непридатному для дихання середовищі (частоти серцевих скорочень, об'єму використаного повітря, часу безперервного виконання визначеного та однакового для всіх досліджуваних набору вправ, а також легеневої вентиляції), за

Джерело: розроблено авторами

якими можна порівняти газодимозахисників різних вікових груп.

Статистичний порівняльний аналіз отриманих експериментальних результатів. Спочатку отримані результати (табл. 1, табл. 2), оскільки у кожному випадку використовувалися вибірки з об'ємом  $n = 20 < 30$ , були перевірені на нормальність розподілу за критерієм Шапіро-Уїлкі [17].

Таблиця 1 – Експериментальні результати тих досліджуваних, у яких вік не перевищував 40 років

№	$f_{\min}$ , уд./хв	$f_{\max}$ , уд./хв	$\Delta f$ , уд./хв	Q, л	t, с	t, хв	$\omega$ , л/хв
1	94	120	26	1200	895	14,92	80,45
2	60	170	110	1150	780	13,00	88,46
3	120	160	40	900	773	12,88	69,86
4	130	165	35	1200	696	11,60	103,45
5	140	170	30	1260	784	13,07	96,43
6	130	180	50	1020	600	10,00	102,00
7	120	170	50	1200	883	14,72	81,54
8	130	170	40	1080	919	15,32	70,51
9	120	180	60	1140	829	13,82	82,51
10	120	170	50	900	707	11,78	76,38
11	130	160	30	1080	870	14,50	74,48
12	110	170	60	960	883	14,72	65,23
13	150	180	30	980	708	11,80	83,05
14	130	170	40	1140	765	12,75	89,41
15	120	170	50	1380	942	15,70	87,90
16	130	160	30	1320	908	15,13	87,22
17	120	165	45	1140	830	13,83	82,41
18	80	160	80	1200	729	12,15	98,77
19	110	170	60	1140	654	10,90	104,59
20	130	160	30	1160	774	12,90	89,92

Джерело: розроблено авторами

Таблиця 2 – Експериментальні результати тих досліджуваних, у яких вік був від 40 до 50 років

№	f min, уд./хв	f max, уд./хв	$\Delta f$ , уд./хв	Q, л	t, с	t, хв	$\omega$ , л/хв
1	140	170	30	1320	932	15,53	84,98
2	90	175	85	1140	744	12,40	91,94
3	140	190	50	1500	924	15,40	97,40
4	120	180	60	1200	909	15,15	79,21
5	120	160	40	1260	940	15,67	80,43
6	120	180	60	1200	1037	17,28	69,43
7	140	180	40	960	959	15,98	60,06
8	150	185	35	1320	1110	18,50	71,35
9	130	185	55	1200	1180	19,67	61,02
10	110	185	75	1500	1044	17,40	86,21
11	110	170	60	1080	1030	17,17	62,91
12	160	190	30	1440	900	15,00	96,00
13	130	190	60	1200	926	15,43	77,75
14	80	180	100	1500	790	13,17	113,92
15	80	170	90	960	730	12,17	78,90
16	120	185	65	1320	978	16,30	80,98
17	120	190	70	1200	985	16,42	73,10
18	100	180	80	1020	760	12,67	80,53
19	90	180	90	960	825	13,75	69,82
20	110	185	75	1110	858	14,30	77,62

Джерело: розроблено авторами

Для цього, наприклад, спочатку були розраховані середні значення тривалості виконання газодимозахисниками, вік яких не перевищував 40 років, на мобільному тренажері визначеного переліку вправ

$$\bar{t}(< 40) = \frac{\sum_{i=1}^n t(< 40)_i}{n} = 796,45 \text{ с}, \quad (2)$$

де  $t(< 40)_i$  – час виконання  $i$ -м газодимозахисником контрольного завдання, с; середньоквадратичне відхилення

$$\sigma(< 40) = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (t(< 40)_i - \bar{t}(< 40))^2} = 95,35 \text{ с}, \quad (3)$$

та

$$n \cdot m_2 = \sum_{i=1}^n (t(< 40)_i - \bar{t}(< 40))^2 = 172752,95 \text{ с}^2, \quad (4)$$

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. 3 наведена впорядкована серія отриманих значень часу виконання контрольного завдання. Це дало змогу обчислити проміжну суму  $S$  за формулою:

$$S = \sum_{i=1}^k a_{n-i+1} \cdot (t_{(n-i+1)} - t_i) = 408,31 \quad (5)$$

де  $k$  – індекс, який має значення від 1 до  $n/2 = 10$ ;  $a_{n-i+1}$  – коефіцієнт, який має спеціальні значення для обсягу вибірки  $n$  (його значення, що наведені в табл. 2, взяті з табл. 10 [18]).

Таблиця 11 [17] для рівня значущості  $\alpha = 0,05$  та  $n = 20$  дає значення  $W_{\text{табл}} = 0,905$ .

Таблиця 3 – Упорядкована серія отриманих значень тривалості виконання контрольної вправи газодимозахисниками, вік яких не перевищував 40 років

k	$t_{(20-k+1)}$ , с	$t_k$ , с	$t_{(20-k+1)} - t_k$ , с	$a_{n-k+1}$	$a_{n-k+1} \cdot (t_{(20-k+1)} - t_k)$
1	2	3	4	5	6
1	942	600	342	0,4493	153,6606
2	919	654	265	0,3098	82,097
3	908	696	212	0,2554	54,1448
4	895	707	188	0,2145	40,326
5	883	708	175	0,1807	31,6225
6	883	729	154	0,1512	23,2848
7	870	765	105	0,1245	13,0725
8	830	773	57	0,0997	5,6829
9	829	774	55	0,0764	4,202
10	784	780	4	0,0539	0,2156
S					408,31
S <sup>2</sup>					166716

Джерело: розроблено авторами

Оскільки

$$W = \frac{S^2}{n \cdot m_2} = \frac{166716}{172752,95} = 0,965 \geq W_{\text{табл}} = 0,905, \quad (5)$$

розподіл відповідно до [17] вважається нормальним.

Розрахунки відповідно до (2)–(5) були виконані й для інших показників діяльності газодимозахисників, які були обрані для розгляду. В узагальненому вигляді вони наведені в табл. 4.

Таблиця 4 – Узагальнені результати оцінки показників, які характеризують виконання газодимозахисниками контрольної вправи на мобільному тренажері

	f min, уд./хв.	f max, уд./хв.	Δf, уд./хв.	Q, л	t, с	t, хв.	ω, л/хв.
Газодимозахисники, у яких вік не перевищував 40 років							
$\bar{x}$	118,70	166,00	47,30	1127,50	796,45	13,27	85,73
$\sigma_x$	20,57	12,63	20,24	127,93	95,35	1,59	11,37
W	0,809	0,664	0,928	0,931	0,965	0,965	0,962
Газодимозахисники, у яких вік був понад 40 років							
$\bar{x}$	118,00	180,50	62,50	1219,50	928,05	15,47	79,68
$\sigma_x$	22,38	8,09	20,81	177,42	120,58	2,01	13,21
W	0,945	0,882	0,955	0,919	0,955	0,955	0,921

Джерело: розроблено авторами

Аналіз результатів, які наведені в табл. 4, показує, що є випадки, коли у деяких газодимозахисників ЧСС суттєво відрізняється від такого показника у інших. Водночас, якщо такий ефект для газодимозахисників, у яких вік не перевищує 40 років, спостерігається як для мінімального, так і максимального значення ЧСС, то для тих, у кого вік складає понад 40 років, вибірка є неоднорідною тільки для показника, який характеризує максимальне значення ЧСС.

Перевірка того, наскільки значуще відрізняються математичні очікування показників, які розглядаються, була виконана за t-критерієм Стьюдента.

Для цього, наприклад, для ситуацій, коли порівнюється загальний час виконання контрольної справи різними віковими групами, розглядалась гіпотеза

$$H_0 : \bar{t}(> 40) = \bar{t}(< 40) \quad (6)$$

та її альтернатива

$$H_1 : \bar{t}(> 40) \neq \bar{t}(< 40), \quad (7)$$

яка доводить відмінність середніх значень.

З метою вибору конкретної методики розрахунку t-критерію [18] спочатку була перевірена гіпотеза про рівність дисперсій. Як критерій для перевірки нуль-гіпотези

$$H_0 : \sigma(< 40) = \sigma(> 40) \quad (8)$$

був вибраний F-критерій

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = \frac{14539,00}{9092,26} = 1,60, \quad (9)$$

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

Водночас критичне значення  $F_{кр}$ , яке за рівня значущості  $\alpha = 0,05$  та числа ступенів свободи

$$\begin{aligned} \nu(< 40) &= n(< 40) - 1 = 19 \\ \nu(> 40) &= n(> 40) - 1 = 19 \end{aligned}, \quad (10)$$

де  $n_{верт} = n_{супр} = 20$  – кількість газодимозахисників у кожній віковій групі, які виконували контрольне завдання, дорівнює [19]

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

Видно, що в розглянутому випадку правомірною визнається нуль-гіпотеза (8) та допускається рівність дисперсій загального часу виконання контрольної справи різними віковими групами.

Розрахунки відповідно до (8)–(11) були виконані й для інших показників діяльності газодимозахисників, які були вибрані для розгляду. В узагальненому вигляді результати оцінювання критерію Фішера наведені в табл. 5. Її аналіз показує, що для розрахунку критерію Стьюдента необхідно використовувати різні методики. Це спричинено тим, що у разі порівняння дисперсій розподілу максимальних показників ЧСС

$$F(f_{max}) = 2,43 = F_{кр} = 2,15 \quad (12)$$



Таблиця 5 – Узагальнені результати оцінки показників критерію Фішера, які характеризують відмінність виконання газодимозахисниками контрольної вправи на мобільному тренажері

	f min, уд./хв	f max, уд./хв	Δf, уд./хв	Q, л	t, с	t, хв	w, л/хв
F	1,18	2,43	1,06	1,92	1,60	1,60	1,35

Джерело: розроблено авторами

З огляду на табл. 5, крім випадку оцінювання критерію Стьюдента для порівнювання середніх значень максимальної ЧСС, стандартна помилка різниці  $S_{<40->40}$  з урахуванням того, що вибірки малого розміру (<30) та число

ступенів свободи  $\nu$  у разі обчислення t-критерію розраховуються [18] таким чином (як приклад розглядається порівняння математичних очікувань часу виконання контрольної вправи різними віковими групами)

$$S_{<40->40} = \sqrt{\frac{(n_{<40} - 1) \cdot \sigma_{<40}^2 + (n_{>40} - 1) \cdot \sigma_{>40}^2}{n_{<40} + n_{>40} - 2} \cdot \left( \frac{1}{n_{<40}} + \frac{1}{n_{>40}} \right)} = \sqrt{\frac{(20 - 1) \cdot 9092 + (20 - 1) \cdot 14539}{20 + 20 - 2} \cdot \left( \frac{1}{20} + \frac{1}{20} \right)} = 34,37; \quad (13)$$

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

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

У результаті

$$t_{\text{набл}} = \frac{|\bar{t}_{\text{верт}} - \bar{t}_{\text{супр}}|}{S_{t_{<40-t>40}}} = \frac{|9092,26 - 14539,00|}{34,37} = 3,83 \quad (15)$$

Оскільки

$$t_{\text{набл}} = 3,83 > t_{\text{табл}}(\alpha = 0,05) = 2,15, \quad (16)$$

можна стверджувати, що у разі рівня значущості  $\alpha=0,05$  результати часу виконання контрольної вправи різними віковими групами відрізняються суттєво. Для порівнювання середніх значень

максимальної ЧСС стандартна помилка різниці  $S(f_{\text{max}})_{<40->40}$  і число ступенів свободи  $\nu$  у разі обчислення t-критерію були розраховані таким чином

$$S(f_{\text{max}})_{<40->40} = \sqrt{\frac{\sigma_{<40}^2(f_{\text{max}})}{n_{<40}} + \frac{\sigma_{>40}^2(f_{\text{max}})}{n_{>40}}} = 3,35, \quad (17)$$

$$\nu = \frac{\left( \frac{\sigma_{<40}^2(f_{\text{max}})}{n_{<40}} + \frac{\sigma_{>40}^2(f_{\text{max}})}{n_{>40}} \right)^2}{\frac{\sigma_{<40}^4(f_{\text{max}})}{n_{<40}^2 \cdot (n_{<40} - 1)} + \frac{\sigma_{>40}^4(f_{\text{max}})}{n_{>40}^2 \cdot (n_{>40} - 1)}} = 32,36 \quad (18)$$

У результаті

$$t_{\text{набл}} = \frac{|\bar{f}_{\text{max}} (< 40) - \bar{f}_{\text{max}} (> 40)|}{S(f_{\text{max}})_{<40 \rightarrow 40}} = \frac{|166,0 - 180,5|}{3,35} = 4,32 > t_{\text{табл}} (\alpha = 0,05) = 2,04, \quad (19)$$

тобто, значення t-критерію  $t_{\text{набл}}$  більше критичного значення t-критерію  $t_{\text{табл}}$  за заданого рівня значущості  $\alpha=0,05$  і числа ступенів свободи  $\nu$ . Це свідчить про те, що на рівні значущості  $\alpha$  (ймовірність похибки менше 5%) можна прийняти гіпотезу  $H_0$ . Отже, відмінність

математичних очікувань максимальних значень ЧСС, отриманих у різних вікових групах, є значущою.

В узагальненому вигляді результати оцінювання того, наскільки значуще відрізняються математичні очікування показників, які розглядаються, за t-критерієм Стьюдента, наведені в табл. 6.

Таблиця 6 – Узагальнені результати оцінювання того, наскільки значуще відрізняються математичні очікування показників, які розглядалися

	f min, уд./хв	f max, уд./хв	$\Delta f$ , уд./хв	Q, л	t, с	t, хв	$\omega$ , л/хв
$t_{\text{набл}}$	0,10	4,32	2,34	1,88	3,83	3,83	1,55
$t_{\text{табл}} (\alpha = 0,05)$	2,15	2,04	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15

Джерело: розроблено авторами

Видно, що за рівнем значущості  $\alpha=0,05$  можна сверджувати про те, що показники мінімальних значень ЧСС (рис. 6), витрат повітря (рис. 9) та легеневої вентиляції (рис. 11) збігаються, а для показників максимальних значень ЧСС

(рис. 7), діапазону серцебиття від мінімального до максимального (рис.8) та часу виконання контрольної вправи (рис. 10) газодимозахисниками різних вікових груп на мобільному тренажері, їх відмінності є значущими.

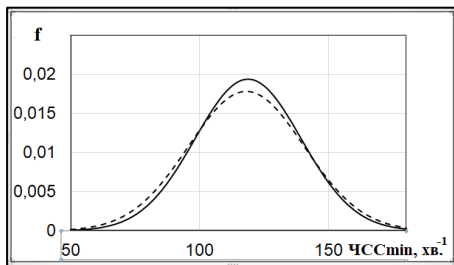


Рисунок 6 – Розподіли мінімальної ЧСС залежно від віку газодимозахисників

Джерело: розроблено авторами

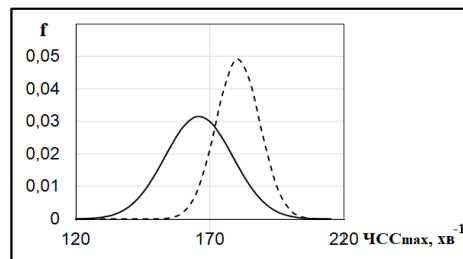


Рисунок 7 – Розподіли максимальної ЧСС залежно від віку газодимозахисників

Джерело: розроблено авторами

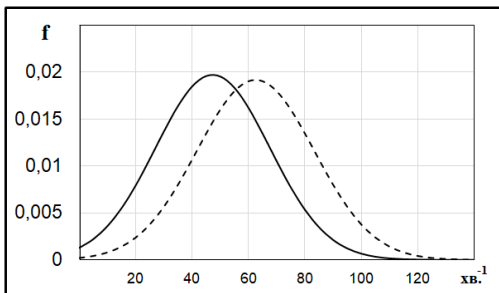


Рисунок 8 – Розподіли діапазонів серцебиття залежно від віку газодимозахисників

Джерело: розроблено авторами

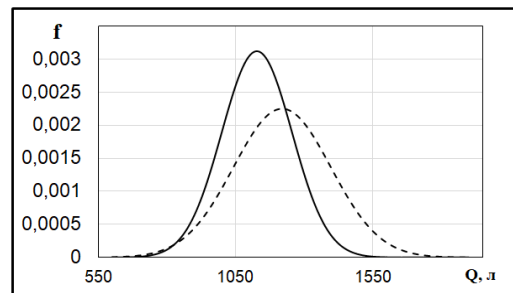


Рисунок 9 – Розподіли витрат повітря в АСП залежно від віку газодимозахисників

Джерело: розроблено авторами

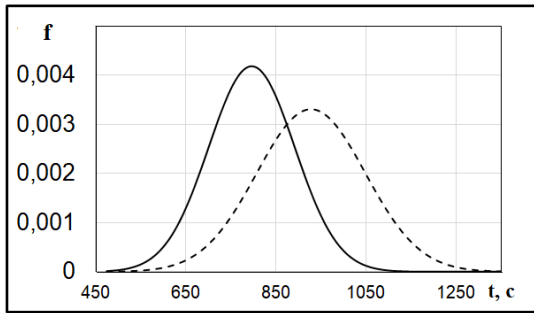


Рисунок 10 – Розподіли часу виконання контрольних завдань залежно від віку газодимозахисників

Джерело: розроблено авторами

Таким чином, результати статистичного оцінювання експериментальних результатів, які були отримані під час виконання визначених контрольних вправ на мобільному тренажері виробництва компанії MAW GmbH, який на сьогодні найбільш повно відтворює умови роботи пожежників-рятувальників у непридатному для дихання середовищі, підтвердили можливість проведення за рівня значущості  $\alpha=0,05$  порівняльного аналізу показників, що характеризують діяльність газодимозахисників різних вікових груп.

*Обговорення результатів порівняльного статистичного аналізу щодо того, як вік газодимозахисника впливає на показники, які характеризують результати його діяльності*

Хоча до виконання контрольних завдань допускались газодимозахисники, у яких ЧСС не перевищувала 80 уд./хв, сам процес включення в АСП та очікування роботи в екстремальних умовах є значущим стрес-фактором для газодимозахисників усіх вікових груп. Водночас більшість пожежників-рятувальників молодшої вікової групи та всі старшої мали багаторічний досвід гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій в засобах індивідуального захисту органів дихання.

Початок виконання завдання газодимозахисником у непридатному для дихання середовищі з ЧСС, яка перевищує 120 уд./хв, є свідченням того, що під час виконання вправи його стан потребує особливого постійного контролю з боку

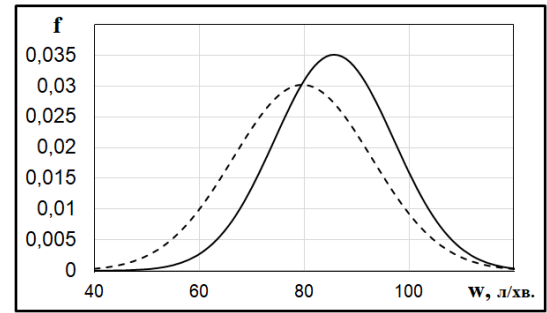


Рисунок 11 – Розподіли легеневої вентиляції залежно від віку газодимозахисників

Джерело: розроблено авторами

керівника занять. Окремо треба звернути увагу на газодимозахисників старших вікових груп, у яких ЧСС підвищується не тільки до 150 уд./хв (цей рівень ЧСС відповідає середині діапазону для особового складу старшої вікової групи), а й починає перевищувати 180 уд./хв, що вже є небезпечним для здоров'я. Для пожежників-рятувальників молодшої вікової групи такого контролю потребують газодимозахисники, у яких ЧСС починає перевищувати 165 уд./хв, що відповідає середній оцінці максимального значення ЧСС.

У процесі оперативного контролю та планування діяльності газодимозахисників на посту безпеки доцільно враховувати, що час виконання оперативного завдання в непридатному для дихання середовищі у особового складу старшої вікової групи може бути більшим на 15–20%. За рахунок цього він, на наш погляд, намагається не допустити збільшення індивідуальної ЧСС до рівня, який кожен вважає для себе критичним. Крім цього, деяке збільшення часу у старших газодимозахисників призводить до того, що рівень легеневої вентиляції стає практично однаковим ( $\approx 80$  л/хв) у всього особового складу, коли він працює в непридатному для дихання середовищі.

Потребує корегування показник легеневої вентиляції ( $\approx 40$  л/хв), який є рекомендованим для розрахунку часу роботи в ізолювальних апаратах згідно з [16]. Отримані результати свідчать про те, що на посту безпеки під час попередніх розрахунків для газодимозахисників всіх

вікових груп доцільно використовувати показник легеневої вентиляції  $\omega_{л} \approx 80$  л/хв. Для апаратів з об'ємом балона  $V_6=8$  л це дає можливість перейти до спрощеної оцінки того, як змінюється тиск  $P$  в АСП під час роботи в непридатному для дихання середовищі,

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} \approx 1 \text{ МПа} / \text{хв} \approx 10 \text{ бар} / \text{хв}$$

Крім цього, на посту безпеки під час контролю оперативних дій ланки ГДЗС в непридатному для дихання середовищі треба розуміти, що у деяких членів ланки легенева вентиляція може бути на рівні  $\omega_{л \max} = \bar{\omega}_{л} + 3 \cdot \sigma_{\omega_{л}} \approx 120$  л/хв.

І в цьому разі, наприклад для АСП з  $V_6=8$ , швидкість падіння тиску у них буде  $\frac{\Delta P}{\Delta t} \approx 1,5 \text{ МПа} / \text{хв} \approx 15 \text{ бар} / \text{хв}$

Отже, без урахування запасу повітря на непередбачені обставини, який відповідає  $P_{\text{рез}}=5$  МПа=50 бар, якщо характер оперативної роботи не є відомим, на посту безпеки треба планувати діяльність ланок ГДЗС таким чином, щоб вони змінювались через 15–20 хвилин.

Сильною стороною здобутих результатів є отримання з рівнем значущості  $\alpha=0,05$  статистичних оцінок результатів діяльності газодимозахисників різних вікових груп через виконання контрольних вправ на мобільному тренажері виробництва компанії MAW GmbH, який на сьогодні найбільш повно відтворює умови роботи рятувальників у непридатному для дихання середовищі. Аналіз результатів дав змогу визначити конкретні практичні рекомендації.

Слабкою стороною застосування обраного підходу є необхідність отримання нових вихідних даних у разі вибору нових характеристик, які потребують свого дослідження. Відповідно не завжди наявний тренажер може відтворити умови, в яких працюють газодимозахисники. Наприклад, якщо необхідно оцінити роботу газодимозахисників у метрополітені, під час ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних хімічних або радіоактивних речовин, здійсненні рятування потерпілих

на висоті в умовах перебування в безпорному просторі, а також, що є особливо актуальним нині, проведенні аварійно-рятувальних робіт в умовах війни з росією.

### **Висновки та напрями подальших досліджень.**

1. Невирішеною частиною проблеми підвищення ефективності ліквідації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з оперативною діяльністю пожежників-рятувальників у непридатному для дихання середовищі, є брак відомостей щодо того, як вік газодимозахисника впливає на показники, що характеризують результати його діяльності.

2. Використання мобільного тренажера контейнерного типу виробництва компанії MAW GmbH дає змогу організувати проведення порівняльних експериментальних досліджень найбільш важливих показників оперативної діяльності в непридатному для дихання середовищі (серцебиття, об'єму використаного повітря, тривалості безперервного виконання визначеного та однакового для всіх досліджуваних набору вправ та легеневої вентиляції), за якими можна порівняти газодимозахисників різних вікових груп.

3. Дані статистичного оцінювання експериментальних результатів, які були отримані під час виконання визначених контрольних вправ на мобільному тренажері виробництва компанії MAW GmbH, який на сьогодні найбільш повно відтворює умови роботи пожежників-рятувальників у непридатному для дихання середовищі, підтвердили можливість проведення за рівня значущості  $\alpha=0,05$  порівняльного аналізу показників, що характеризують діяльність газодимозахисників різних вікових груп.

4. Незважаючи на те, що практично всі залучені до проведення експериментальних досліджень газодимозахисники мали багаторічний досвід ліквідації надзвичайних ситуацій в засобах індивідуального захисту органів дихання, сам процес включення в АСП та очікування роботи в екстремальних умовах

є значущим стрес-фактором для рятувальників усіх вікових груп.

5. Як практичні рекомендації, які отримано за результатами порівняльної статистичної оцінки експериментальних результатів діяльності газодимозахисників, можна виділити:

- процес включення в АСП та очікування роботи в екстремальних умовах є значущим стрес-фактором для газодимозахисників усіх вікових груп;

- під час проведення газодимозахисниками практичних занять в ізолювальних апаратах особливу увагу звертати на рятувальників старшої вікової групи, у яких ЧСС починає перевищувати 150 уд./хв, для молодшої вікової групи такого контролю потребує особовий склад, у якого ЧСС починає перевищувати 165 уд./хв;

- у процесі оперативного контролю та планування діяльності газодимозахисників на посту безпеки доцільно враховувати, що час виконання оперативного завдання в непридатному для дихання середовищі у особового складу старшої вікової групи може бути більшим на 15–20%;

- на посту безпеки під час попередніх розрахунків часу роботи в АСП для газодимозахисників усіх вікових груп доцільно використовувати показник легеневої вентиляції  $\omega_r \approx 80$  л/хв;

- можливість використання спрощених розрахунків часу роботи в АСП. Так, у разі роботи в АСП з об'ємом балона 8 л загалом можна використовувати показник швидкості падіння тиску

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} \approx 1 \text{ МПа} / \text{хв} \approx 10 \text{ бар} / \text{хв};$$

також на посту безпеки доцільно планувати діяльність ланок ГДЗС таким чином, щоб вони змінювались, якщо є необхідність у довготривалому проведенні аварійно-рятувальних робіт, через кожні 15–20 хв.

Надалі під час наукових розвідок підвищену увагу потрібно приділити аналізу діяльності газодимозахисників в умовах проведення аварійно-рятувальних робіт за військового впливу росії, зокрема, оперативної діяльності одночасно в ізолювальних апаратах та засобах бронезахисту.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про забезпечення ведення обліку пожеж та їх наслідків : наказ ДСНС від 16 серпня 2017 р. № 445. URL : <http://www.dsns.gov.ua/ua/Nakazi/66412> (дата звернення : 09.03.2023).
2. Steven A. Kahn, MD, Tina L. Palmieri, MD, Soman Sen, MD, Jason Woods, FF, Oliver L. Gunter, MD, Factors Implicated in Safety-related Firefighter Fatalities. *Journal of Burn Care & Research*. 2017. Volume 38, Issue 1. P. 83–88.
3. Broderick Otis Wesley. Air Consumption and Air Management in the Fire Service : Master Theses / Eastern Kentucky University. Kentucky, 2017. 477 p.
4. Asgeir Mamen, Erna Diana von Heimburg, Harald Oseland & Jon Ingulf Medbø. Examination of a new functional firefighter fitness test. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 2021. 27:2. P. 460–471.
5. Williams-Bell F.M., Boisseau G., McGill J., Kostyuk A. & Hughson R. Physiological responses and air consumption during simulated firefighting tasks in a subway system. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2010. 35(5). P. 671–678.
6. Стрілець В. М., Бородич П. Ю., Росоха С. В. Закономірності діяльності рятувальників при проведенні аварійно-рятувальних робіт на станціях метрополітену : монографія. Харків : КП Миська друкарня, 2012. 112 с.
7. Richmond V. L., Rayson M. P., Wilkinson D. M., Carter J. M. & Blacker S.D. Physical demands of firefighter search and rescue in ambient environmental conditions. *Ergonomics*. 2008. 51:7. C. 1023–1031.
8. Randy W. Dreger, Richard L. Jones & Stewart R. Petersen. Effects of the self-contained breathing apparatus and fire protective clothing on maximal oxygen uptake. *Ergonomics*. 2006. 49:10. P. 911–920.
9. Jian Li, Yunyi Wang, Rongfan Jiang & Jun Li. Quantifying self-contained breathing apparatus on physiology and psychological responses during firefighting: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 2023. 29:1. P. 77–89.
10. Louhevaara V., Smolander J., Korhonen O. & Tuomi T. Maximal working times with a self-contained breathing apparatus, *Ergonomics*, 1986. 29:1. P. 77–85.
11. Sothmann M., Saupe K., Raven P., Pawelczyk J., Davis P., Dotson C., Landy F. & Siliunas M. Oxygen consumption during fire suppression: error of heart rate estimation. *Ergonomics*. 1991. 34:12. P. 1469–1474.
12. Richard M. Kesler, Ipek Ensari, Rachel E. Bollaert, Robert W. Motl, Elizabeth T. Hsiao-Wecksler, Karl S. Rosengren, Bo Fernhall, Denise L. Smith & Gavin P. Horn. Physiological response to firefighting activities of various work cycles using extended duration and prototype SCBA. *Ergonomics*. 2018. 61:3. P. 390–403.
13. Denise L. Smith, Jeannie M. Haller, Ron Benedict & Lori Moore-Merrell. Cardiac Strain Associated with High-rise Firefighting. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2015. 12:4. P. 213–221.
14. Donovan, K., McConnell, A. Do fire-fighters develop specific ventilatory responses in order to cope with exercise whilst wearing self-contained breathing apparatus?. *Eur J Appl Physiol*. 1999. 80. P. 107–112.
15. Інструкція з експлуатації мобільного тренажера контейнерного типу виробництва компанії / MAW GmbH, 2021. 35 с.

16. Довідник керівника гасіння пожежі / за заг. ред. В. С. Кропивницького. Київ : ТОВ Літера-Друк, 2016. 320 с.
17. Статистичне опрацювання даних. Категорії відхилення від нормального розподілу : ДСТУ ISO 5479:2009 (ISO 5479:1997, IDT) [Чинний з 01.07.2011]. Київ : Держстандарт України, 2009. 34 с.
18. Митропольский А. К. Техника статистических обчислений. М. : Наука, 1971. 576 с.
19. Халафян А.А. STATISTICA 6 Статистичний аналіз даних. М : Бинوم-Пресс, 2007. 512 с

## REFERENCES

1. Pro zabezpechennia vedennia obliku pozhezh ta yikh naslidkiv: nakaz DCNS vid 16 serpnia 2017 r. № 445. Retrieved from <http://www.dsns.gov.ua/ua/Nakazi/66412> [in Ukrainian].
2. Steven A. Kahn, MD, Tina L. Palmieri, MD, Soman Sen, MD, Jason Woods, FF, Oliver L. Gunter, MD. (2017). Factors Implicated in Safety-related Firefighter Fatalities. *Journal of Burn Care & Research*. Volume 38, Issue 1. 83–88. doi:10.1097/BCR.0000000000000434 [in English].
3. Broderick, Otis Wesley. (2017). *Air Consumption and Air Management in the Fire Service*. (Master Theses, Master of Science (MS). Eastern Kentucky University, Kentucky [in English].
4. Asgeir Mamen, Erna Diana von Heimburg, Harald Oseland, Jon Ingulf Medbø. (2021). Examination of a new functional firefighter fitness test. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 27:2, 460–471. doi: 10.1080/10803548.2019.1627075 [in English].
5. Williams-Bell F. M., Boisseau G., McGill J., Kostiuk A. & Richard L. Hughson. (2010). Physiological responses and air consumption during simulated firefighting tasks in a subway system. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 35(5). 671–678. doi.org/10.1139/H10-061 [in English].
6. Strilets, V. M., Borodich, P. Y., & Rosoha, S. V. (2012). *Zakonomirnosti diialnosti riatuvalnykh pry provedenni avariino-riatuvalnykh rob it na stantsiakh metropolitenu* [Patterns of rescuers' activities during emergency rescue operations at subway stations]. Kharkiv: Municipal enterprise City printing house [in Ukrainian].
7. Richmond V. L., Rayson M. P., Wilkinson D. M., Carter J. M. & Blacker S. D. (2008). Physical demands of firefighter search and rescue in ambient environmental conditions, *Ergonomics*, 51:7, 1023–1031. doi: 10.1080/00140130801939709 [in English].
8. Randy W. Dreger, Richard L. Jones & Stewart R. Petersen. (2006). Effects of the self-contained breathing apparatus and fire protective clothing on maximal oxygen uptake. *Ergonomics*, 49:10, 911–920. doi: 10.1080/0014013060066745 [in English].
9. Jian Li, Yunyi Wang, Rongfan Jiang & Jun Li. (2023). Quantifying self-contained breathing apparatus on physiology and psychological responses during firefighting: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 29:1, 77–89. doi: 10.1080/10803548.2021.2024020 [in English].
10. Louhevaara V., Smolander J., Korhonen O. & Tuomi T. (1986). Maximal working times with a self-contained breathing apparatus. *Ergonomics*, 29:1, 77–85. doi: 10.1080/00140138608968242 [in English].
11. Sothmann M., Saupé K., Raven P., Pawelczyk J., Davis P., Dotson C., Landy F. & Siliunas M. (1991). Oxygen consumption during fire suppression: error of heart rate estimation. *Ergonomics*, 34:12, 1469–1474. doi: 10.1080/00140139108964890 [in English].
12. Richard M. Kesler, Ipek Ensari, Rachel E. Bollaert, Robert W. Motl, Elizabeth T. Hsiao-Weckler, Karl S. Rosengren, Bo Fernhall, Denise L. Smith & Gavin P. Horn. (2018). Physiological response to firefighting activities of various work cycles using extended duration and prototype SCBA. *Ergonomics*, 61:3, 390–403. doi: 10.1080/00140139.2017.1360519 [in English].
13. Denise L. Smith, Jeannie M. Haller, Ron Benedict & Lori Moore-Merrell. (2015). Cardiac Strain Associated with High-rise Firefighting. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 12:4, 213–221. doi: 10.1080/15459624.2014.970272 [in English].
14. Donovan, K., McConnell, A. (1999). Do fire-fighters develop specific ventilatory responses in order to cope with exercise whilst wearing self-contained breathing apparatus? *Eur J Appl Physiol*, 80, 107–112. doi.org/10.1007/s004210050565 [in English].
15. MAW GmbH. (2021). *Instruktsiia z ekspluatatsii mobilnoho trenazheru konteinerneho typu vyrobnytstva kompanii* [Instructions for use of the container-type mobile simulator manufactured by the company] [in Ukrainian].
16. Kropyvnytskyi V.S. (Ed.) (2016). *Dovidnyk kerivnyka hasinnia pozhezhi* [Handbook of the head of fire extinguishing]. Kyiv: TOV Litera-Druk [in Ukrainian].
17. *Statystychnne opratsiuvannia danykh. Katehorii vidkhylennia vid normalnoho rozpodilu* [Statistical interpretation of data – Tests for departure from the normal distribution]. (2009). DСТU ISO 5479:2009 (ISO 5479:1997, IDT) from 1<sup>st</sup> July 2011. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
18. Mitropol'skij, A. (1971). *Tekhnika statystychnykh obchyslen* [The technique of statistical calculations]. Nauka [in Russian].
19. Khalafyan, A. (2007). *STATISTICA 6 Statystychnyi analiz danykh*. Binom-Press [in Russian].

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE ACTIVITY OF GAS SMOKE PROTECTORS DIFFERENT AGE GROUPS

T. Skorobahatko<sup>1</sup>, S. Yeremenko<sup>1</sup>, A. Pruskyi<sup>1</sup>, V. Sydorenko<sup>1</sup>, I. Saveliev<sup>2</sup>, V. Strelets<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Public Administration and Civil Protection Research, Ukraine*

<sup>2</sup>*Department of the State Emergency Service of Ukraine in the Luhansk region, Ukraine*

<sup>3</sup>*National University of Civil Protection of Ukraine, Ukraine*

---

### KEYWORDS:

gas smoke  
protectors, age,  
mobile simulator,  
experimental studies,  
statistical analysis.

### ANNOTATION

The conducted analysis showed that an important and unresolved part of the problem of increasing the efficiency of liquidation of emergency situations related to the operational activities of firefighters and rescuers in an environment unsuitable for breathing is the lack of information about how the age of the gas smoke protection device affects the indicators characterizing the results, in that in this case physiological, performance of professionally important tasks. Comparative experimental studies of the results of the activities of gas and smoke rescuers of two age groups in compressed air apparatus (ASP) in a container-type mobile simulator manufactured by MAW GmbH (mobile simulator), which most fully reproduces the working conditions of rescuers in an environment unsuitable for breathing, were carried out, with their further statistical analysis. Statistical analysis of the obtained results was carried out with a significance level of  $\alpha=0.05$ . It was determined that for gas and smoke protection workers of all age groups, the very process of inclusion in ASP and the expectation of working in extreme conditions is a significant stress factor for personnel of all age groups. Relevant practical recommendations are offered, in particular: during practical training in compressed air apparatuses by gas and smoke protection officers, special attention should be paid to firefighters and rescuers of the older age group, whose heart rate (HR) begins to exceed 150 beats/min, for the younger age group such control is required by personnel whose heart rate begins to exceed 165 bpm; in the process of operational control and planning of the activities of gas and smoke protection officers at the security post, it is advisable to take into account that the time required to perform an operational task in an environment unsuitable for breathing may be 15-20% longer for personnel of the older age group; at the post of safety during the preliminary calculations of the working time in the ASP for gas and smoke protection devices of all age groups, it is advisable to use the pulmonary ventilation indicator  $\omega_{\pi} \approx 80$  l/min; at the security post, it is advisable to use simplified calculations of working time in ASP. So, for cases of work in an emergency response system with a cylinder volume of 8 l, in general, you can use the indicator of the rate of pressure drop, also at the security post, it is advisable to plan the activities of the units of the GDSS in such a way that they change, if there is a need for long-term emergency and rescue operations, due to 15–20 min.