

УДК 614.8: 331.4

DOI <https://doi.org/10.32782/EIS/2024-106-18>

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОГНІТИВНИХ ПОКАЗНИКІВ РЯТУВАЛЬНИКІВ ПІД ЧАС РОБОТИ В ІЗОЛЮЮЧОМУ АПАРАТІ НА СТИСНЕНОМУ ПОВІТРІ

**Яворська Олена Олександрівна,**

доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри охорони праці та цивільної безпеки  
Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»  
ORCID ID: 0000-0001-5516-5310  
SCOPUS AUTHOR ID: 55319849800

**Яворський Андрій Васильович,**

кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри гірничої інженерії та освіти  
Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»  
ORCID ID: 0000-0003-4484-3723  
SCOPUS AUTHOR ID: 56449362100

**Сушко Надія Сергіївна,**

аспірантка кафедри охорони праці та цивільної безпеки  
Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»  
ORCID ID: 0000-0002-4874-1823

**Кусковець Сергій Леонідович,**

кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності  
Національного університету водного господарства та природокористування  
ORCID ID: 0009-0002-5572-1385

**Мета** – дослідження когнітивних показників рятувальників під час роботи в ізолюючому апараті на стисненому повітрі та панорамній масці щодо оцінювання впливу на час реакції з оброблення критичної інформації для прийняття рішення.

**Методи.** У дослідженні взяли участь 5 чоловіків віком від 25 до 35 років, які є особами рядового та начальницького складу ДСНС України та мають допуск для використання даного виду ЗІЗОД. Експеримент проводився в типовій пожежно-рятувальній частині. У ході дослідження визначались час і швидкість реакції рятувальників, одягнених в апарат на стисненому повітрі на подразник, що дозволяє оцінити швидкість прийняття рішень під час виконання професійної діяльності в умовах забрудненого робочого середовища. Завдання виконувалися за відсутності фізичних навантажень: один раз в апараті, в інший раз – без апарата (контрольне значення). У задачах вимірювалась здатність пригнічувати перешкоди (тест Stroop Color Word), швидкість візуального пошуку, швидкість оброблення та розумової гнучкості, швидкість реакції (тест Trailmaking Halstead-Reitan), рівень уважності та логічності мислення (Тест Равена), рівень тривожності (ресурс «IDRLabs.com»). Три основних завдання виконувались учасником дослідження протягом 40 хв., після чого виконувався тест для визначення рівня тривожності.

**Результати.** Здатність пригнічувати перешкоди, швидкість реакції та рівень логічного мислення між контрольним значенням і під час носіння ізолюючого апарату на стисненому повітрі істотно не відрізнялися між собою. Під час виконання будь-якого завдання з визначення швидкості реакції і логічності мислення в разі носіння штучного апарату на стисненому повітрі результати не мали істотних відмінностей. Водночас рівень тривожності під час виконання завдань був на 8% більший у разі використання штучного апарату на стисненому повітрі, чим без нього.

**Новизна.** Встановлено, що в разі носіння штучного апарату на стисненому повітрі збільшується рівень стресового навантаження і тривожності користувачів під час виконання розумових завдань через підвищення навантаження на серцево-судинну систему.

**Цінність.** Результати показують, що короткострокове носіння штучного апарату на стисненому повітрі за відсутності інших впливів не погіршує когнітивні показники, що говорить про відсутність додаткових ризиків у разі використання засобів індивідуального захисту для користувачів під час виконання виробничих завдань.

**Ключові слова:** штучний апарат на стисненому повітрі, когнітивне мислення, швидкість візуального пошуку, швидкість оброблення та розумової гнучкості, швидкість реакції.

**Yavorska Olena, Yavorskyi Andrii, Sushko Nadiia, Kuskovets Serhii. Study of cognitive indicators of rescuers when working in the isolating apparatus with compressed air**

**Purpose.** A study of the cognitive indicators of rescuers when working in an isolation apparatus on compressed air and a panoramic mask regarding the assessment of the impact on the reaction time of processing critical information for decision-making.

**Methods.** 5 men aged between 25 and 35, who are rank-and-file members of the State Emergency Service of Ukraine and have permission to use this type of PPE, took part in the study. The experiment was conducted in a typical fire and rescue unit. During the study, the time and speed of response of rescuers wearing compressed air apparatus to a stimulus were determined, which allows us to assess the speed of decision-making when performing professional activities in a polluted working environment. The tasks were performed in the absence of physical exertion: once in the apparatus, another time – without the apparatus (control value). The tasks measured the ability to suppress obstacles (Stroop Color Word test), visual search speed, processing speed and mental flexibility, reaction speed (Trailmaking Halstead–Reitan test), level of attention and logic of thinking (Raven's test), anxiety level (IDRLabs resource. com). Three main tasks were performed by the research participant for 40 minutes, after which a test was performed to determine the level of anxiety.

**Results.** The ability to suppress obstacles, reaction speed, and level of logical thinking did not differ significantly between the control value and when wearing an isolation device on compressed air. When performing any task to determine the speed of reaction and logic of thinking when wearing an artificial apparatus on compressed air, the results did not have significant differences. At the same time, the level of anxiety during tasks was 8% higher when using an artificial apparatus on compressed air than without it.

**Originality.** It was established that when wearing an artificial apparatus on compressed air, the level of stress load and anxiety of users when performing mental tasks increases due to increased load on the cardiovascular system.

**Practicality.** The results show that short-term wearing of an artificial device on compressed air in the absence of other influences does not impair cognitive performance, which indicates the absence of additional risks when using personal protective equipment for users when performing industrial tasks.

**Key words:** artificial apparatus on compressed air, cognitive thinking, speed of visual search, speed of processing and mental flexibility, speed of reaction.

**Актуальність.** Робота пожежників досить важка і небезпечна, оскільки характеризується потужним фізичним навантаженням та впливом значної кількості різних небезпечних чинників. Разом із тим пожежники піддаються стресовому навантаженню під час прийняття відповідних рішень для уникнення розвитку найгіршого сценарію з розвитку надзвичайної ситуації, в ліквідації якої вони беруть участь. Розуміння впливу різних небезпечних чинників на психологічний стан пожежника дозволяє передбачити запровадження дієвих запобіжних заходів, які можуть сприяти запобіганню професійним захворюванням, вигоранню і травмуванню. Звідси виникає актуальне завдання щодо проведення дослідження того, як чинники навколишнього середовища впливають на прийняття рішень. Разом із тим пожежники використовують засоби індивідуального захисту (далі – ЗІЗ), які теж мають певний вплив як на фізичний, так і психологічний стан. Щодо фізичного впливу питання є досить дослідженим, тоді як психологічний вплив ЗІЗ недостатньо вивчено [1].

**Аналіз літературних джерел.** У роботі [2, с. 547] зазначено, що тривала робота в надзвичайних умовах може призвести до розвитку посттравматичного стресового розладу (ПТСР) серед пожежників. Цей висновок автори зробили на основі аналізу опитування 147 пожежників. Також повідомляється про переживання підвищеного рівня стресу пожежниками через

наявність підвищеної кількості в крові холестерину [3, с. 579]. Порівняно зі звичайними працівниками пожежники мають вищий ризик отримати тілесні ушкодження, пов'язані з роботою, що обґрунтовано в роботі [4]. Автори проаналізували типи травм опорно-рухового апарату пожежників і виявили, що найбільша їх кількість пов'язана з розтягненнями м'язів, що спричинені ковзанням, спітканням або падінням. Також було досліджено вплив ЗІЗ на біомеханіку рухів пожежників. Автори виявили необхідність в оптимізації дизайну ЗІЗ щодо зменшення навантаження і збільшення оглядовості та рухливості. Також існує декілька робіт, в яких описано вплив експлуатації ЗІЗ на рівень ризику травмування [5, с. 604]. Крім того, під час використання ЗІЗ пожежниками виявлено зниження до 20% метаболічної ефективності та терморегуляції та до 75% толерантності до роботи. Отже, виникає питання щодо дослідження впливу когнітивних показників рятувальників під час роботи в ізолюючому апараті на стисненому повітрі та панорамній масці на час реакції з оброблення критичної інформації для прийняття рішення.

**Мета роботи** – дослідження когнітивних показників рятувальників під час роботи в ізолюючому апараті на стисненому повітрі та панорамній масці щодо оцінювання впливу на час реакції з оброблення критичної інформації для прийняття рішення. Для досягнення мети поставлено декілька завдань:

– вибір відповідних методів з визначення когнітивних показників, які відповідають за швидкість реакції з оброблення інформації для прийняття управлінського рішення;

– оцінювання впливу носіння апарату на когнітивні параметри користувачів.

**Матеріали та методи.** У дослідженні взяли участь 5 чоловіків віком від 25 до 35 років, які є особами рядового та начальницького складу ДСНС України та мають допуск для використання даного виду засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) (табл. 1). Експеримент проводився в типовій пожежно-рятувальній частині. Перед початком дослідження всіх учасників попросили гарно відпочити для відновлення розумових здібностей.

Таблиця 1

**Базові показники учасників дослідження**

Показники	Чоловіки
Кількість учасників	5
Середній вік учасників	30±5
Рівень IQ*	106–118
Середня частота серцевих скорочень**	71,4±4,6

\*Примітка рівень IQ було визначено у відповідності до міжнародного тесту, який дозволяє встановити рівень здатності вчитися, розуміти, формувати поняття, обробляти інформацію, застосовувати логіку та міркування в порівнянні з іншими людьми; тест проводився на онлайн-платформі <https://international-iq-test.com/uk/>.

\*\*Середня частота серцевих скорочень визначена для розуміння рівня тривожності за допомогою пульсометру RDS.

Експеримент проводився 2 дні поспіль за стандартних кліматичних умов – кімнатній температурі 20–24°C, з вологістю повітря 75%. У перший день усі учасники виконували в апаратах низку психометричних тестів, які проводились у певній послідовності за 50 хвилин (рис. 1). Для проведення дослідження було використано:

– тест Stroop Color Word [6], який визначає здатність пригнічувати перешкоди; у першій частині тесту учасників просять якомога швидше прочитати вголос слова, що складаються з назв кольорів жовтого, зеленого, червоного та синього, надрукованих чорним кольором; у другій частині – пропонується прочитати назви кольорів, коли колір слів не збігається з написаними словами; затримка реакції оцінюється в секундах. Під час проходження тесту за 45 с визначалась кількість правильних відповідей під час читання слів (SWR), назви кольорів (SCN) і кольорових слів (SCW). Потім прогнозовану оцінку визначали за формулою  $CW = (SWR * SCN) / (SWR + SCN)$ , де CW – здатність

пригнічувати, причому нижчий показник означає більші труднощі в пригніченні перешкод;

– тест Trailmaking Halstead–Reitan, який призначений для збору інформації про швидкість візуального пошуку, сканування, швидкість оброблення та розумової гнучкості; учаснику пропонується якомога швидше з'єднати набір із 25 точок, зберігаючи при цьому точність (частина А), і з'єднати цифри від 1 до 13 з відповідними літерами від А до L, які довільно розподілено на аркуші паперу (частина Б);

– тест Равена, який призначений для визначення рівня розвитку інтелекту та вивчення логічності мислення; учасникам пропонується рисунки з фігурами, які пов'язані між собою певною залежністю, потрібно знайти одну фігуру, якої бракує, за визначений час;

– тест на рівень тривожності проводили за допомогою відомого онлайн-ресурсу <https://www.idrlabs.com/>, де пропонується відповісти на 30 запитань, які стосуються поточного внутрішнього стану, наявності занепокоєння, яке нерідко супроводжується такими фізичними симптомами, як спітнілі долоні, аритмія та головний біль; часто тривога проявляється у складних ситуаціях.



**Рис. 1. Учасники експерименту під час виконання завдань**

На другий день учасники виконували подібні тести з іншою послідовністю.

Для аналізу даних використовувався статистичний пакет SPSS (версія 21.0; SPSS, Inc., Чикаго, Іллінойс). Асиметрію розподілу оцінювали за критерієм тесту Колмогорова-Смирнова. Відмінності між попередніми та пост-вибірками двох оцінюваних ситуацій були проаналізовані за допомогою MANOVA зі зразками як фіксованим фактором і за допомогою аналізу Bonferroni post hoc. Розмір ефекту перевірено за допомогою  $\eta^2$ . Нарешті, було проведено двовимірний кореляційний аналіз між усіма досліджуваними змінними за допомогою кореляційного аналізу Пірсона. Рівень значущості для всіх порівнянь було встановлено на  $p \leq 0,05$ .

**Результати дослідження.** Результати дослідження когнітивної продуктивності під час



виконання запропонованих тестів без ЗІЗОД та з їх використанням наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

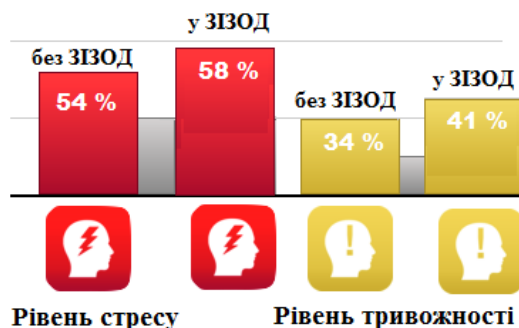
**Результати дослідження когнітивної продуктивності під час виконання запропонованих тестів рятувальників**

Показники	Чоловіки	
	без ЗІЗОД	у ЗІЗОД
IG (оцінка інтерференції) за тестом Stroop Color Word, %	3–21	4–18
Час виконання тесту Trailmaking від Halstead–Reitan, (частина А) сек.	24–32	30–38
Час виконання тесту Trailmaking від Halstead–Reitan, (частина Б) сек.	44–52	51–63
Рівень уважності за тестом Равена, %	83	86
IQ за тестом Равена, %	85	93
Рівень тривожності, %	35	41

Отримані експериментальні дані мають доволі неоднозначні результати, що можна пояснити різним проявом впливу ЗІЗОД на функції прийняття рішення користувачами. Так, під час виконання першого тесту було визначено, що значного впливу наявності респіратора на гнучкість когнітивного мислення не мала (табл. 2). Хоча показник інтерференції, за допомогою якого оцінюється здатність пригнічувати перешкоди, дещо вищий у разі використання ЗІЗОД. Це пояснюється передусім підвищенням розумової активності, оскільки добровольці проходили один і той же тест з різницею в один день. З іншого боку, виникає припущення, що наявність ЗІЗОД, хоча б і незначно, але все ж таки збільшує увагу завдяки додатковому навантаженню і підвищенню концентрації уваги через зменшення поля зору. Подібний ефект було відзначено в іншому дослідженні щодо оцінки впливу респіратора на розумові здібності [7, с. 804]. Автори відмітили, що наявність ЗІЗОД у деяких користувачів підвищує рівень уважності, при цьому виникає пригнічення інтерференції, що говорить про здатність гальмувати сильніші за своєю природою вербальні функції заради сприйняття кольору, висока – про те, що випробуваний насилу звільняється від впливу значення слова при його невідповідності наочному враженню. Втім, на результат цього тесту може впливати і рівень освіти. Так, у роботі говориться про значну кількість помилок за низької успішності учнів.

З іншого боку, експериментальні дослідження показали незначний негативний вплив

використання апарату на швидкість візуального пошуку точок за тестом Trailmaking Halstead–Reitan, що може говорити про додаткові незручності під час носіння ЗІЗОД та панорамної маски, зокрема.



**Рис. 1. Діаграма визначення рівня стресу і тривожності під час виконання зазначених тестів у респіраторі і без респіратора**

Враховуючи спостережуваний зв'язок когнітивної продуктивності від наявності ЗІЗОД та IQ, повторно проаналізували наші групові відмінності, виправивши залежність від віку та IQ (IQ та рівень освіти мають сильну взаємодію).

Швидкість прийняття рішень (дорівнює часу відбору за вирахуванням часу реакції) в оцінюванні зміни швидкості під час виконання пізнавальних завдань може бути кращим показником, ніж тільки час реакції. Кожен учасник був протестований на те, щоб він відрізнявся цією швидкістю між результатами в ЗІЗОД і без нього. Для розрахунку часу прийняття рішення з кожного зі значень часу відбору віднімалися середні значення часу реакції. Результати цих розрахунків показали, що під час прийняття рішення в разі носіння апарату час прийняття рішення значно нижче, ніж за його відсутності. Залежно від використання ЗІЗОД час прийняття рішення під час виконання ЕПТ показало значний зв'язок з часом вимірювань – у порівнянні вихідного результату ( $0,08 \pm 0,04$  секунди). Також не було виявлено істотних зв'язків між використанням апарату на стисненому повітрі та періодом вимірювання щодо швидкості прийняття рішень для будь-якого із завдань, в якому визначався час відбору.

Точність реакції визначалася як частка правильних позитивних реакцій і пропорція неправильних позитивних реакцій для кожного із завдань, де учасник робив вибір. Істотних відмінностей у точності реакції між результатами в разі носіння респіратора і контролю не

було – незалежно від часу вимірювання. Крім того, не спостерігалось значного впливу часу вимірювання на частку правильних і неправильних позитивних відповідей.

**Дискусія.** Прийнято вважати, що носіння ЗІЗОД та захисного одягу завжди має негативний фізіологічний і психологічний ефект. Однак результати дослідження показали, що когнітивні показники на початковому етапі – швидкість реакції, здатність пригнічувати перешкоди, час прийняття рішення, а також точність відбору – не змінюються в разі застосування апарату за відсутності інших впливових факторів. Водночас було виявлено деяке скорочення часу щодо прийняття рішень під час виконання завдання з розрізнення слів і кольорів (у разі носіння ЗІЗОД). Це дозволяє говорити, що апарат може поліпшити когнітивні показники в деяких випадках. З іншого боку, наявність апарату на стисненому повітрі збільшує тривожність і фізичне навантаження, що призводить до настання втоми, яка також відобразиться і на перевірених когнітивних показниках. Тому можна дійти висновку, що короткочасне застосування ЗІЗОД не вплине на зазначені показники, але з часом, коли накопичиться достатній рівень втоми і погіршиться рівень уваги – проявиться й ефект від носіння апарату та захисного одягу на когнітивних показниках.

Можна припустити, що на отримані показники має вплив певне нервово збудження, яке могло би поліпшити увагу учасників і концентрацію під час виконання завдань. Так, обмеження

поля зору та фокусування погляду пов'язані з різними впливами, що спричиняють стрес. Цілком можливо, що звуження поля зору під час носіння респіратору покращує зорову увагу, відсіюючи сигнали від периферичного зору, дозволяючи краще зосередитися [8, с. 363].

Той факт, що запропоноване дослідження не виявило істотного впливу носіння апарату на когнітивні показники, не доводить, що інші фактори експерименту можуть перешкодити спостереженню за такими вимірами. Тривалість тестового періоду за безперервного впливу апарату на стисненому повітрі може бути недостатньою, щоб виявити вплив на вимірювання когнітивних показників [9, с. 198].

**Висновки.** Використання ізолюючих апаратів на стисненому повітрі за відсутності інших негативних факторів не впливає на когнітивні показники рятувальників.

Встановлено, що в разі носіння ізолюючих апаратів на стисненому повітрі час прийняття рішень скоротився – ймовірно, тому, що засіб індивідуального захисту органів дихання посилював збудження і допомагав акцентувати увагу, при цьому поле зору користувача зменшувалося.

Результати показують, що носіння ізолюючих апаратів на стисненому повітрі протягом короткого проміжку часу і за відсутності інших впливів не погіршує когнітивні показники, що говорить про відсутність додаткових ризиків у разі використання засобів індивідуального захисту для користувачів під час виконання виробничих завдань.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Drew E. Gonzalez, Sarah N. Lanham, Steven E. Martin, Richard E. Cleveland, Thad E. Wilson, Emily L. Langford, Mark G. Abel. Firefighter Health: A Narrative Review of Occupational Threats and Countermeasures. URL: <https://www.mdpi.com/2227-9032/12/4/440> (дата звернення: 25.07.2024)
2. Witt, M.; Stelcer, B.; Czarnicka-Iwanczuk, M. Stress coping styles in firemen exposed to severe stress. *Psychiatr. Pol.* 2018. 52, 543–555.
3. Mortazavi, S.B.; Mahabadi, H.A.; Saber, E.; Talarposhti, S.J.H.; Zandi, A.; Abbaspour, S. Survey of blood and urine biological at petrochemical firefighters. *Asian J. Pharm.* 2018. 12, 576–579.
4. Orr, R.; Simas, V.; Canetti, E.; Schram, B. A profile of injuries sustained by firefighters: A critical review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2019. URL: <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/20/3931> (дата звернення: 29.07.2024).
5. Reinhardt, T.E.; Ottmar, R.D. Baseline measurements of smoke exposure among wildland firefighters. *J. Occup. Environ. Hyg.* 2004. 1, 593–606.
6. The Stroop Color and Word Test. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2017.00557/full> (дата звернення: 28.07.2024).
7. Bezdicek O., Lukavsky J., Stepankova H., Nikolai T., Axelrod B. N., Michalec J., et al. The Prague Stroop Test: normative standards in older Czech adults and discriminative validity for mild cognitive impairment in Parkinson's disease. *J. Clin. Exp. Neuropsychol.* 2015. 37, 794–807. 10.1080/13803395.2015.1057106
8. Szlyk PC, DM Caretti, IV Sils, O Zubal et al.: Effect of protective clothing ensembles on artillery battery crew performance. [USARIEM Technical Report No. T8-92] US Army Research Institute of Environmental Medicine, Natick, MA, 1992.

9. Johnson AT, RA Weiss and C Grove: Respirator performance rating table for mask design. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 53: 193–202.

#### REFERENCES:

1. Drew, E., Gonzalez, Sarah, N., Lanham, Steven, E., Martin, Richard, E., Cleveland, Thad E. & Wilson, Emily L. Langford, Mark G. Abel. Firefighter Health: A Narrative Review of Occupational Threats and Countermeasures. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2227-9032/12/4/440>
2. Witt, M., Stelcer, B., & Czarnecka-Iwanczuk, M. (2018). Stress coping styles in firemen exposed to severe stress. *Psychiatr. Pol.*, 52, 543–555.
3. Mortazavi, S.B. Mahabadi, H.A. Saber, E. Talarposhti, S.J.H. Zandi, A. & Abbaspour, S. (2018). Survey of blood and urine biological at petrochemical firefighters. *Asian J. Pharm.*, 12, 576–579.
4. Orr, R., Simas, V., Canetti, E., & Schram, B. (2019). A profile of injuries sustained by firefighters: A critical review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* Retrieved from <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/20/3931>
5. Reinhardt, T.E. & Ottmar, R.D. (2004). Baseline measurements of smoke exposure among wildland firefighters. *J. Occup. Environ. Hyg.* 1, 593–606.
6. The Stroop Color and Word Test. Retrieved from <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2017.00557/full>.
7. Bezdicek, O., Lukavsky, J., Stepankova, H., Nikolai, T., Axelrod, B. N., Michalec J., et al. (2015). The Prague Stroop Test: normative standards in older Czech adults and discriminative validity for mild cognitive impairment in Parkinson's disease. *J. Clin. Exp. Neuropsychol.* 37, 794–807. 10.1080/13803395.2015.1057106
8. Szlyk, PC., DM Caretti, IV Sils, O Zubal et al. (1992). Effect of protective clothing ensembles on artillery battery crew performance. [USARIEM Technical Report No. T8-92] US Army Research Institute of Environmental Medicine, Natick, MA,
9. Johnson AT, RA Weiss and C Grove: Respirator performance rating table for mask design. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 53:193–202.