

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**



**МАТЕРІАЛИ  
Міжнародної науково-практичної конференції  
«Проблеми пожежної безпеки 2022»  
(«Fire Safety Issues 2022»)**



**ХАРКІВ 2022**

***Шановні колеги та колежанки!***



Маю за честь вітати учасників Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми пожежної безпеки 2022», напрямки якої є актуальними щодо вирішення проблемних питань сучасності у сфері пожежної безпеки та забезпечення протипожежного захисту.

Сьогодні, незважаючи на військову агресію з боку Росії, наш університет, як і весь народ України, продовжує свою діяльність у всіх сферах, зокрема, і в науковій. Потужний науковий потенціал провідного закладу вищої освіти Державної служби України з надзвичайних ситуацій у сфері цивільного захисту складає 50 докторів наук, 200 кандидатів наук, 30 професорів, 180 доцентів та старших дослідників і наразі охоплює велику кількість наукових напрямів у міжнародному науково-освітньому просторі. Одним із результатів діяльності наших науковців є сьогоднішня конференція.

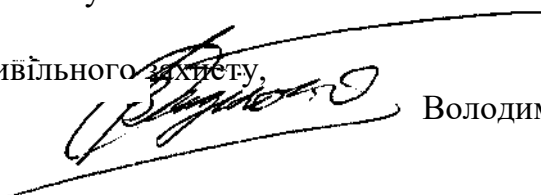
Слід зазначити, що учасниками наукового форуму є численні фахівці вищів не тільки з різних регіонів України, а й інших країн таких, як Ізраїль, Польща, Канада, Азербайджанська Республіка, Словаччина, Угорщина, Португалія та Бразилія.

Метою конференції є обговорення питань, пов'язаних із проблемами та перспективами впровадження новітніх розробок, спрямованих на попередження виникнення пожеж та мінімізацію їх наслідків. Забезпечення інноваційних напрямів розвитку системи протипожежного захисту, передові ідеї вчених, активне використання сучасних технологій з урахуванням можливостей міжнародного співробітництва сприятимуть досягненню загального результату.

Сподіваюсь, що отримані наукові результати, об'єднані в збірнику Конференції, будуть корисними для всіх учасників та знайдуть своє впровадження в практичній діяльності і в подальшій науково-дослідницькій роботі.

Бажаю всім учасникам невичерпної енергії на шляху до нових наукових звершень, придбання партнерських і дружніх контактів, результативних рішень, творчої наснаги та успіхів у професійній діяльності, миру та більш тісної співпраці у післявоєнний період!

Ректор Національного університету  
цивільного захисту України  
генерал-лейтенант служби цивільного захисту,  
доктор наук, професор



Володимир САДКОВИЙ

*Рудаков С.В., к.т.н., доцент, НУЦЗУ*

## МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО УПРАВЛІННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКОЮ СКЛАДНИХ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ОЦІНКИ ПОЖЕЖНИХ РИЗИКІВ

Вся сучасна теорія ризику і безпеки вивчає та аналізує, насамперед, тільки техногенні ризики різноманітних промислових споруд, наприклад, таких як атомні, теплові енергетичні станції, нафтопереробні підприємства та ін. В таких випадках, оцінюється небезпека, перш за все, будівель, споруд даного об'єкта за-хисту, потім - території цього об'єкта і прилеглої до неї території.

Однак, не меншу зацікавленість представляє оцінка комплексної безпеки таких об'єктів захисту як міста, особливо великі і найбільші, мегаполіси та агломерації (тобто урбанізовані території), регіони, країни, континенти і вся планета в цілому.

Для цих об'єктів захисту повинна бути введена зовсім інша система ризиків, а звичні поняття, наприклад, індивідуальні та соціальні ризики, придбають нові смислові значення на відміну від промислових і подібних до них порівняно невеликих об'єктів захисту. У зв'язку з цим, введемо умовні поняття локальних і інтегральних ризиків.

Локальні ризики характеризують небезпеки, які загрожують таким об'єктам захисту як підприємства, транспортні засоби тощо.

Інтегральні ризики характеризують комплекс небезпек, що загрожують таким великим і складним об'єктам захисту як міста, регіони, країни, що включає в себе як елементи будівлі, споруди, різні підприємства, транспортні мережі і т.д., тобто вони підсумовують всі локальні ризики, властиві цим системам.

По суті вся світова і вітчизняна наукова література, присвячена вивченню проблеми ризиків і безпеки виходить з єдиного формалізованого визначення поняття ризику  $R$ , а саме

$$R = P \cdot U \quad (1)$$

де  $P$  - ймовірність настання деструктивної події,  $U$  - математичне очікування (середнє значення) шкоди від неї.

При цьому, під ймовірністю в цих випадках розуміють будь-яку частотну характеристику настання даної несприятливої події, що має певну розмірність, хоча ймовірність випадкової події завжди є безрозмірною величиною.

Це зауваження свідчить про певну вразливість, некоректності виразу (1). До того ж, на наш погляд, воно є тільки однією з багатьох форм визначення поняття ризику, що характеризує в даному випадку збиток (будь-якого роду) від реалізації конкретної небезпеки.

Проілюструємо це на прикладі. Нехай  $N_{об}$  - кількість об'єктів певного виду. Припустимо, що за  $T$  років на них відбулося  $N_{об}^{пож}$  пожеж, сумарний збиток від яких склав  $C_{зб}^{пож}$  гривень (або інших грошових одиниць).

В такому випадку, ризик  $R_{п}$  виникнення пожежі на об'єктах даного виду обчислюється за формулою:

$$R_{п} = \frac{N_{об}^{пож}}{N_{об}T} \left[ \frac{\text{пожежа}}{\text{об'єкт} \cdot \text{рік}} \right] \quad (2)$$

Саме такий вираз зазвичай приймають за ймовірність  $P$  в формулі (1).

Далі, середній збиток від однієї пожежі, вочевидь, дорівнює

$$\bar{C}_{зб} = \frac{C_{зб}^{пож}}{N_{об}^{пож}} \left[ \frac{\text{грн}}{\text{пожежа}} \right] \quad (3)$$

Ця величина тотожна величині  $U$  в рівності (1).

Тоді, ризик  $R_{зб}$  збитку від одного можливого пожежі на об'єкті даного виду за рік буде дорівнює:

$$R_{зб} = R_{п} \bar{C}_{зб} = \frac{N_{об}^{пож}}{N_{об} \cdot T} \cdot \frac{C_{зб}^{пож}}{N_{об}^{пож}} = \frac{C_{зб}^{пож}}{N_{об} \cdot T} \left[ \frac{\text{пожежа} \cdot \text{грн}}{\text{об'єкт} \cdot \text{рік} \cdot \text{пожежа}} \right],$$

тобто  $R_{зб} = R_{п} \bar{C}_{зб} \left[ \frac{\text{грн}}{\text{об'єкт} \cdot \text{рік}} \right]$

Це найпростіша, але єдина розумна інтерпретація виразу (1). Це, дійсно, тільки одна з багатьох форм визначення поняття ризику, яка не може претендувати на універсальність.

Вочевидь, що індивідуальний і соціальний ризики опинитися в умовах пожежі, ризик отримати травму під час пожежі, ризик загинути під час пожежі і багато інших ризики не можна визначити за допомогою формули (1), але цілком можна це зробити за допомогою формул, аналогічних формули (2).

Більш того, існує безліч завдань з різних областей науки і практики, в яких для визначення (обчислення) значення ризику реалізації будь-якої небезпеки потрібно застосовувати широкий спектр наукових методів, що відносяться до теорії ймовірностей, теорії надійності, різних теорій міцності, механіки руйнувань, дослідження операцій та ін.

Всі загальні значення пожежних ризиків залежать, насамперед, від природних, техногенних і соціальних факторів, тобто, вони є і для окремої країни, і для всієї планети випадковими функціями багатьох змінних, таких як рівні енергоспоживання, споживання алкоголю, тютюну, наркотиків, кліматичні та інші умови, національні, культурно-історичні особливості тієї чи іншої країни, континенту і ін. Формалізований запис цього рівняння виглядає наступним чином:

$$R = \varphi (S, T, N),$$

де  $S$  - соціальні фактори та причини пожеж,  $T$  - техногенні та  $N$  - природні фактори та причини пожеж (фактори визначені за ступенем їх значимості).

Вочевидь, що більшість з цих факторів і причин залежать від часу. Отже, всі пожежні ризики, в кінцевому рахунку, є функціями часу  $\tau$ :

$$R = \varphi [S(\tau), T(\tau), N(\tau)] = F(\tau).$$

Схематично це представлено на рис. 1.

Залежність пожежних ризиків від часу дозволяє простежувати їх динаміку, зумовлену, зокрема, управлінням цими ризиками (тобто оцінювати ефективність управління ризиками).

Пожежні ризики, по-перше, характеризують можливість реалізації пожежної небезпеки у вигляді пожежі та, по-друге, містять оцінки його можливих наслідків. Отже, при їх визначенні необхідно знати частотні характеристики виникнення пожежі на те чи іншому об'єкті, а також передбачувані розміри його соціальних, економічних і екологічних наслідків, тобто у багатьох випадках пожежні ризики можна оцінювати статистичними або імовірнісними методами.

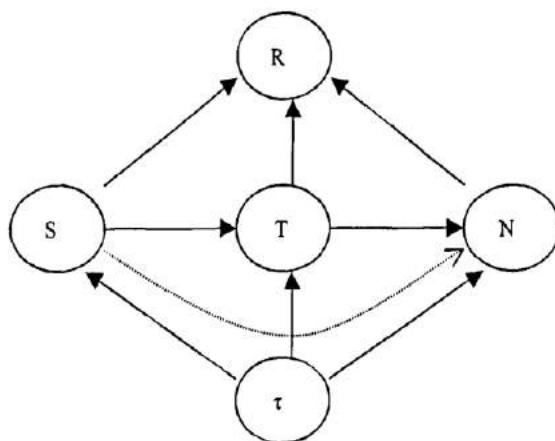


Рис. 1. Ризик  $R = \varphi [S(\tau), T(\tau), N(\tau)] = F(\tau)$  як функція кількох змінних

Основні пожежні ризики залежать від природних, техногенних і соціальних факторів, тобто їх можна розглядати для окремого міста, регіону, країни, для всієї планети як випадкові функції багатьох змінних. Більшість з цих факторів і причин залежать від часу. Отже, всі пожежні ризики є функціями часу, на основі цього виникає можливість вивчення їх динаміки, управління, прогнозування пожежних ризиків.

Порівнюючи значення основних пожежних ризиків для України з аналогічними світовими значеннями, бачимо, що ризик  $R_1$ , опинитися в умовах пожежі в Україні вище, ніж в світі в 1,3 рази; ризик  $R_2$  загинути при пожежі в Україні вище в 8,8 разів; ризик  $R_3$  загинути в Україні від пожежі протягом року вище, ніж в світі на порядок, в 10,6 разів. Таку ситуацію з пожежами в Україні цілком можна вважати кризовою.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Yang Lizhong, Yang Yong, Cui Wei et al. The Relations hips between Socioeconomic Factors and Fire in China. II Proceedings of the 6th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology, 17-20 March, 2004, Daegu, Korea. Part 2c-4. -p.p. 831-836.

2. Мартин О.М., О.П. Завада. Пожежна та економічна безпека в Україні, їх взаємозв'язок: регіональні аспекти Глобальні та національні проблеми економіки; Миколаївський національний університет імені В.О. Сухомлинського. 2016. № 11 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.global-national.in.ua/issue-11-2016.2002>. Jul. № 32 (4). P. 259–289.

*Rudakov Serhii, Ph.D.(Technical Sciences), Associate Professor, Associate Professor Department of Fire prevention in settlements, National University of Civil Defence of Ukraine*

#### **METHODICAL APPROACH TO FIRE SAFETY MANAGEMENT OF COMPLEX SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS BASED ON FIRE RISK ASSESSMENT**

The article is devoted to the development and application of the fire risk methodology for solving the tasks of ensuring fire safety in cities and regions of Ukraine. The paper presents the principles of ensuring fire safety in cities and regions based on fire risk management methods. The methodology of risk analysis as an effective tool for supporting management decisions is gradually gaining understanding in regional, district and city administrations and is enshrined in relevant local legislative and normative-methodological documents. The developed scientific toolkit makes it possible to carry out research, analysis, assessment of fire risks of cities and regions and to develop plans to reduce them to an acceptable level, as well as to use the obtained results in other sectors of the economy to support decision-making in the relevant management systems.

Визначення втрат напору плоскозгорнутих рукавів, якими комплектуються ПКК, залежно від діаметра рукава, тиску в мережі та відстані від точки підключення рукава до точки розташування ствола показав, що втрати напору в рукаві діаметром 19 мм можуть знаходитись в межах (1,1 ÷ 2,4) м, а втрати напору у рукаві діаметром 25 мм можуть змінюватися в межах (0,04 ÷ 1,16) м.

Для успішного гасіння пожежі в житлових будівлях під час використання пожежних кран-комплектів час початку їх застосування повинен бути мінімальним, тоді для звичайного пожежного навантаження житлових будівель подача необхідної кількості води буде забезпечена існуючою водопровідною мережею.

Різноманіття варіантів планувальних рішень для великих житлових приміщень (апартаментів) і довільний (за бажанням власника) порядок планування внутрішніх приміщень житлових осель призводять до необхідності впровадження індивідуального підходу при визначенні мінімально допустимої довжини рукава пожежного кран-комплекту. Лише самі габарити приміщення не дозволяють адекватно оцінити необхідну довжину рукава, оскільки внутрішнє планування будівлі може призвести до необхідності значного подовження рукава, особливо у випадку великої площі та великої протяжності внутрішніх стін приміщення. Зрозуміло, що недостатня довжина рукава призводить до унеможливлення подачі води безпосередньо в осередок пожежі, а надлишок довжини – до втрат напору, зважаючи на, як правило, малий діаметр рукава та невеликий тиск у протипожежній мережі, особливо в житлових приміщеннях.

При комплектуванні ПКК слід враховувати діаметр, довжину, втрати напору рукава. Визначення цих характеристик забезпечить успішне гасіння пожеж в умовах житлових будівель.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. ДБН В.2.5-64:2012. – [Чинний від 01-03-13]. – К.: Держбуд України, 2013. – 135 с. (Державні будівельні норми України).
2. Будинки і споруди. Проектування висотних житлових і громадських будинків: ДБН В.2.2-24-2009. – [Чинний від 01-09-09]. – К.: Держбуд України, 2009. – 105 с. (Державні будівельні норми України).
3. Пожежна техніка. Кран-комплекти пожежні. Частина 1. Кран-комплекти пожежні з напівжорсткими рукавами. Загальні вимоги (EN 671-1:2001, MOD): ДСТУ 4401-1-2005. [Чинний від 25-05-05]. – К.: Держспоживстандарту України, 2005. – 22 с. (Національний стандарт України).

*S. Shcherbak, Ph.D., associate professor, National University of Civil Defense of Ukraine*

#### **PRESSURE LOSSES IN FLAT-ROLLED SLEEVES OF DIFFERENT DIAMETERS**

The use of fire hydrants for extinguishing fires in the initial stage in high-rise residential and public buildings with a height of more than 47 m is regulated by a number of regulatory documents.

The ability to supply a fire extinguishing agent in the amount necessary for successfully extinguishing a fire in its initial stage is affected not only by the pressure in the network, but also by a number of factors that must be taken into account, especially when the source of the fire is at a considerable distance from the location of the fire extinguisher.

**СЕКЦІЯ 3. СИЛИ, ЗАСОБИ ТА ТАКТИКА ГАСІННЯ ПОЖЕЖ**

*Kristián Slastan; PhD. student, University of Žilina, Faculty of Security Engineering, Žilina;  
Jozef Svetlík, head of department., University of Žilina, Faculty of Security Engineering, Žilina*

**ALTERNATE WATER SOURCES ASSESSMENT FOR THE NEEDS OF FIRE  
BRIGADES**

**ABSTRACT**

When extinguishing fires, ensure the supply of water is a must. There are various types of water sources. Fire brigades mostly prefer verified water sources, such as which are underground and aboveground fire hydrants. However, in the case of impossibility of using verified water sources, it is necessary to consider an alternative solution. Deciding whether an alternative water source can be used for water drafting operations purposes requires evaluating several criteria. The criteria are focused on evaluation of surrounding of water source, access roads, positioning of fire apparatuses and others that will be processed in this paper.

**Key words:** water source, alternative water sources, pumping post, fire brigade

**INTRODUCTION**

Assessing water sources during interventions is one of the many activities of firefighters. Deciding whether a water source is suitable for drafting operations, requires a certain amount of theoretical and practical knowledge. First, the firefighter must know and understands the water pumping process. Equally important are the technical parameters of the firefighting equipment, along with the conditions of the surroundings and the adjacent terrain of the water source. However, by this paper we would like to point out the current issue of assessing an alternative water source. At the same time, we would like to build foundations that can lead to improvement of the problem.

**GENERAL WATER SOURCES ASSESSMENT**

In the Slovak Republic, the general requirements for water sources are defined in legal regulations and technical standards. To create a pumping post, all water sources must meet specific criteria. These criteria may be understood as conditions and parameters of water sources that indicate whether it is possible to pump water. The conditions of the source characterize the possibilities of access and placement of firefighting apparatuses. The basic conditions of water sources are [1, 2, 3]:

- access routes,
- distance to the assessed location,
- a suitable area to create a pumping post for the use of firefighting equipment,
- marking of water source on maps.

Parameters of water resource describe measurable properties. The parameters have an impact on the current requirements for firefighting apparatuses. The parameters of water sources are mainly [1, 2, 3]:

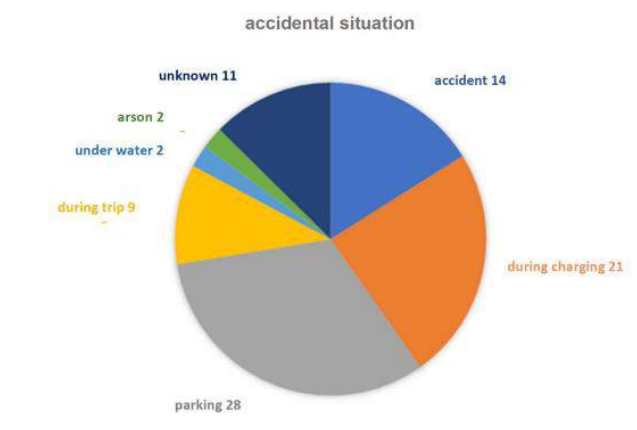
- water source capacity,
- suction height,
- the yield of the water source,
- depth.

Places designated as water sources for firefighting must meet all the requirements of legal regulations and technical standards discussed in this area of work. Reason is that the fire brigades can use these water sources for water pumping without further problems. It is for this reason that fire brigades prefer water supply from proven water sources. However, a situation may arise when the fire brigades does not have verified water sources available at intervention site. forced to use alternative solutions [1, 4, 5].

*Rudolf Rečlo, PhD student, University of Žilina, Faculty of Security engineering, Žilina*  
**SPECIFIC DANGERS FOR RESCUE UNIT RESPONDING TO EMERGENCIES  
INVOLVING BATTERY ELECTRIC VEHICLES**

Battery electric vehicle fires are currently a rarity that is often overlooked. Regardless of rising interest in electric vehicles and possibility to see more and more hybrid vehicles or all-electric vehicles in traffic statistics support the fact that electric vehicle fires are exceptionally rare. One such statistics that takes in account incidents from all around the globe between years 2014 and 2019 offers only 87 specific incidents that have been document well enough to be relevant. Based on this statistic most of the incidents in Europe occurred in Germany and Norway where electric vehicles are best promoted and the infrastructure for electric vehicles could be considered as most developed. However, creator of this statistic state that there may have been many more incidents that haven't been sufficiently documented and cannot be used for the purpose of their study [1][2].

There are many possible reasons for ignition of batteries in electric vehicles. Numerous situations in which these causes for ignition may occur can be identified as well. As an example, most prominent situation in which a battery electric vehicle fire occurred these vehicles auto-ignited while being parked. Based on the history of aforementioned auto-ignited vehicles it could be determined that most of these vehicles have been damaged to some extend during a minor traffic accident. This mechanical impact might've not been severe enough to lead to ignition immediately however it may have been a prominent factor in causing short circuit that has been the primary cause for ignition of said vehicle. [1] [2] [3] [4].



All various situation mention in a graph above lead to, or were accompanied with a specific failure in battery. Based on the situation it can be determined what caused the fire. As an example during charging the battery may overcharge leading to overheating, possible short-circuits and eventually ignition. Traffic accidents may lead to mechanical deformation of battery that may also lead to overheating or short-circuits. All mentioned causes lead to thermal runaway. [3][4]

Thermal runaway can be described as exothermic reaction that generates more heat that can be dissipated. Thus, leading to exponential increase in temperature until accumulated flammable gases build up enough pressure to rupture the package. After these gases are expelled and are mixed with oxygen, the battery ignites. This process is one of the greatest complications for firefighters as it is extremely difficult to put out these fires. The battery must be cooled enough for this process to stop. If the battery hasn't been sufficiently cooled there is a high risk for re-ignition. [3][5][6]

Specific dangers for rescue units result from accident scenarios that either lead to ignition, deformation, entrapment of civilians in the vehicle or other incident that requires rescue units to respond. Even placement of a burning vehicle can lead to different risks for firefighters. For



example, the risks associated with expelled dangerous gases differs in case of electric vehicle fire in an open space or in enclosed area.

So far, most scenarios that have been taken in account so far usually exclude unlikely situations that might occur. A scenario that might be considered highly unlikely to occur could be inability to disconnect the high voltage system in electric vehicle resulting in electric energy to not be restricted only to battery. In case the system cannot be safely disconnected, current could flow through all its parts. In case of damage to high voltage cables it could be possible that parts of bodywork might conduct the current and could pose a danger for responding firefighter who currently don't have appropriate protective gear to handle equipment with high voltage current and are at risk of electrocution.

Even as an unlikely danger, risk of electrocution has been on minds of firefighter for some time since such a risk is associated with electric vehicle due to the presence of high voltage system. There are however other possible dangers that are not considered based on lack of knowledge that such risk is even present.

Most prominent risks that are largely ignored due to lack of information regarding these dangers are mainly the dangerous gases expelled by batteries during battery fires and the carbon fiber expelled due to deformation of bodywork if the bodywork has elements using carbon fibers [4].

Regarding the expelled gases hydrofluoric acid is the most dangerous substance regarding firefighters' safety. The concentration of this gas expelled can be so high that the basic equipment used in standard procedures is an insufficient protection. Self-contained breathing apparatus offers enough protection for lungs however basic bunker gear used by firefighters may absorb the gas and cause severe irritation to skin. Therefore, higher protection in form of hazmat suits ought to be used at least in the phase while the concentration of gases can be measured [4][9].

Another problematic substance that can cause severe harm to rescuers is carbon fiber that may have been expelled as a result of traffic accident and destruction of vehicle bodywork. These fibers may be present in the air due to movement of rescue units at the scene of accident. Firefighters do have protection from these fibers mainly due to use of self-contained breathing apparatus, however other units such as EMTs ought to be taken in account as well as they are likely to be responding to an emergency involving crashed electric vehicles as well. Unlike firefighter EMTs are less protected due to lack of equipment protecting their respiratory system. In case of inhalation these fibers may cause inflammation of lung tissues, fibrosis or even cancer. Risks associated with carbon fibers penetrating skin are mitigated by use of protective equipment such as gloves that are used by firefighters. To protect EMTs use of respirators would be advised [4].

As the last risk that might be a prominent issue is the problem with identification of electric vehicles. These vehicles can seem very similar to vehicles with conventional engines, especially if we include hybrid electric vehicles. Many signs used for identification may have been destroyed due to the traffic accident or may be unseen due to deformation of the bodywork. In Slovakia, all vehicle that use elements of electric drive such as hybrid vehicle and all electric vehicles may be identified by the green license plates. However not every electric vehicle may have these license plates as it is not mandatory and vehicles that received license plates before these green plates were available, may not have them installed [8].



Problems with identification of electric vehicles may lead to difficulties and disregarding possible dangers associated specifically with fires or traffic accidents of these vehicles resulting in risk to lives and health of responding unit.

A problem that is however most dangerous would be the lack of knowledge and training in regard to emergencies involving electric vehicles. It is of utmost importance that rescue units are educated in terms of tactics and most importantly dangers in order to provide higher protection to responding units leading to safer work environment and proper mitigation of risks to their health.

### Bibliography

[1] MEIBNER, D., *Evaluation of accident statistics on electric vehicles regarding to the cause of the accident*, [ONLINE], link:

[https://alberoprojekt.de/index\\_htm\\_files/WP%202.2%20Evaluation%20of%20accident%20statistics%20on%20electric%20vehicles%20regarding%20to%20the%20cause%20of%20the%20accident.pdf](https://alberoprojekt.de/index_htm_files/WP%202.2%20Evaluation%20of%20accident%20statistics%20on%20electric%20vehicles%20regarding%20to%20the%20cause%20of%20the%20accident.pdf)

[2] LINJA-AHO, V., *Hybrid and Electric Vehicle Fires in Finland 2015–2019*, 2020, [online], Link: <https://www.ri.se/sites/default/files/2020-12/linja-aho-paper-FIVE%20Hybrid%20and%20Electric%20Vehicle%20Fires%20in%20Finland%202015%E2%80%932019.pdf>

[3] PEIYI, S., BISSCHOP, R., NIU, H., Huang, X., 2020, *A review of battery fires in electric vehicles*, [online], link: [https://www.researchgate.net/publication/338542510\\_A\\_Review\\_of\\_Battery\\_Fires\\_in\\_Electric\\_Vehicles](https://www.researchgate.net/publication/338542510_A_Review_of_Battery_Fires_in_Electric_Vehicles)

[4] BISSCHOP, R., WILLSTRAND, O., AMON, F., ROSENGREN, M., *Fire safety of lithium-ion batteries in road vehicles*, 2019, [online], DOSTUPNÉ NA:

[https://www.researchgate.net/publication/336640117\\_Fire\\_Safety\\_of\\_Lithium-Ion\\_Batteries\\_in\\_Road\\_Vehicles](https://www.researchgate.net/publication/336640117_Fire_Safety_of_Lithium-Ion_Batteries_in_Road_Vehicles)

[5] SCHEIGER, H., KUBJATKO, T., *Battery Crush Test Procedures in Standards and Regulation*, 2021, [online], link: [https://www.researchgate.net/publication/354632845\\_Battery\\_Crush\\_Test\\_Procedures\\_in\\_Standards\\_and\\_Regulation\\_Need\\_for\\_Augmentation\\_and\\_Harmonisation](https://www.researchgate.net/publication/354632845_Battery_Crush_Test_Procedures_in_Standards_and_Regulation_Need_for_Augmentation_and_Harmonisation)

[6] KONG, L., LI, CH., JIANG, J., PECHT, M., *Li-ion battery fire hazards and safety strategies*, 2018, [online], link: [https://www.researchgate.net/publication/327162650\\_Li-Ion\\_Battery\\_Fire\\_Hazards\\_and\\_Safety\\_Strategies](https://www.researchgate.net/publication/327162650_Li-Ion_Battery_Fire_Hazards_and_Safety_Strategies)

[7] NFPA, 2018, *EMERGENCY FIELD GUIDE*, 465S, VOL. 3, ISBN 978-1-4559-1274-2

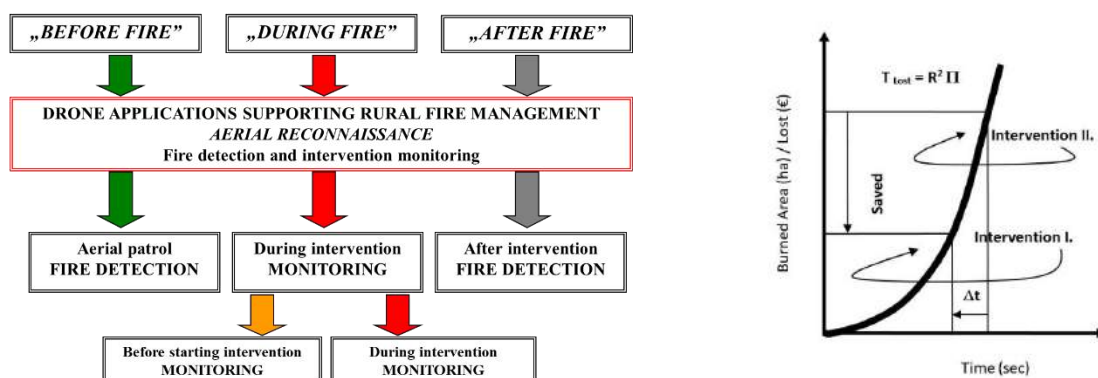
[8] *Elektro teč na elektromobily a plug-in hybridy*, [online], link: <https://www.minv.sk/?elektro-tec-na-elektromobily-a-plug-in-hybridy>

[9] WILLSTRAND, O., BISSCHOP, R., BLOMQUIST, P., *TOXIC GASES FROM ELECTRIC VEHICLE FIRES*, [online], DOSTUPNÉ NA: [https://www.ri.se/sites/default/files/2020-12/FIVE2020\\_Willstrand.pdf](https://www.ri.se/sites/default/files/2020-12/FIVE2020_Willstrand.pdf)

## DRONE APPLICATIONS SUPPORTING FIREFIGHTERS IN CASE OF RURAL FIRES

**Introduction:** The operation of manned aircraft at forest fires is usually expensive, therefore in many cases managers miss the aerial activity even for reconnaissance or supporting decision making, even if that would be required for the effective intervention. Today's experiences say drone can give real alternatives of manned aircraft's operation not just for aerial reconnaissance but even other activities. Drone activities regarding forest fire is not new. We can reel off activities using drones to fight against rural fires in the United States (Ambrosia and Hinkley, 2009), in Croatia (Hucaljuk, 2004; Restas, 2013), in Spain (Ollero, 2004; Pastor, 2008) or in Hungary (Restas, 2004). This paper gives an approach for thematic division of using drones at rural fires; it is based on the tactical differences. Logically drones can be used before fire for hot spot detection, during the intervention helping fire management and after suppression for post fire monitoring (Figure 1).

**Aerial patrol for hot spot detection:** Aerial patrol with manned aircraft is a commonly used procedure for detecting hot spot. Many countries such as Australia, Canada, France, Russia, Spain, and United States regularly use this procedure while others such as Germany and Poland used to apply it but today not.



**Figure 1. Thematic division of drone usage (left) and the Damage – Time function (right)**

Detecting hot spots by aeriels earlier than reporting it by civilians obviously helps fire managers limit the damages fires cause. Unfortunately, the main reason why this method is not always used is the huge costs of aeriels. If the procedure made by drone is cheaper than the traditional one (manned aircraft), it means that the option of drone use is the better solution. Naturally this case assumes the similar professional efficiency of different methods. No doubt, aerial patrol by drones can detect hot spots very quickly and it is able to give the first fire report to fire brigades. It can reduce the time of first attack but study says that based on economic calculations, this application can be effective just under special conditions such as at extremely high Fire Weather Index and at geographically high articulated area. Detailed criteria must be developed in the future for optimizing the effectiveness of drone applications.

**Aerial reconnaissance before starting intervention:** When starting intervention the main problem is the lack of objective information regarding the affected area, fire intensity, etc. Operational used drones could help in this case; below just a few minutes it can be ready for launch and 2-3 minutes later it transmits the real time pictures about the fire and their circumstances.

In case of aerial reconnaissance the quick access to the information is much more important than the quality (e.g. resolution of the video, photos) of that. Therefore the simple but immediately ready for start drone is required for this type of task. Capability of this type of drone is limited. Fire manager needs objective information about the fire characteristic, fire intensity, speed of spreading fire, smoke emission, wind direction, etc. but very quickly (Figure 2.). For this task a hand launch,

by electric engine powered drones are considered the best solution. The simple criterion for economic effectiveness is that all costs of drone use must remain below the value of example the forest or grain field saved by this process.



**Figure 2. Different view of fire front without drone (left) and with drone (right) usage**

**Aerial reconnaissance during intervention:** During intervention, where aerial reconnaissance is required but manned aircraft is above price, drone could give also a cost effective solution. If the commander of fire-fighting operations is at the scene, he is too close to the fire to be able to manage it along with its environment. Quite literally, he cannot see the forest for the trees! As the extinction of forest fires is a protracted process in time, and since during that time the fire will continue to spread, the ability to manage a fire together with its environment is an indispensable precondition for the efficient extinguishing of a fire. During intervention the drone use can be very effective because obtaining an overview of several hundred or even thousand hectares of forest allows intervention measures to be co-ordinated. Without air reconnaissance, co-ordination of measures can only be based on the information circulating between the commanders of individual units at various locations. But the assessment of the scope of their individual situations by commanders located at various sites may be completely subjective and not made in relation to the other sites. Air reconnaissance helps to eliminate subjectivity in such judgements and to rank the individual sites in relation to the others.

At huge fires using manned aircraft for bombing water or just to support the reconnaissance with information is a normal procedure. On the other hand, small fires don't require aerial support; these are managed by traditional equipment. Between these extremes, logically, there is a sector, where fire size is larger than management could suppress successfully just with traditional equipment, but not large enough to ask manned aircraft for help. In this case the manned aircraft is economically, obviously, not effective, but a solution such as drones - which are cheaper than the use of manned aircraft – can already be. We can demonstrate the effectiveness of drone based aerial reconnaissance also by the damage – time function. This kind of applications is not just reducing the damages caused by the fire but even reducing the time of the intervention. Shorter intervention is reducing also the risk posed to citizens caused by the lack of fire fighters who are ready for alarm in case of accident, house fire, etc. Unfortunately this kind of risk is usually assessed much lower than the reality requires.

**Post-fire monitoring:** After suppressions, many times, area surveillance is required to prevent starting fire again by remained cinder. Drones equipped with IR camera can detect the critical points easily and with a small team can manage hot spots while let fire fighters leave the area. Burnt area monitoring besides the tactically advantages gives also other options. Since many cases drone usage is optimal when it is in the hand of fire service, the post fire monitoring is ideal for training recruit. After the intervention, there is no stress regarding success, no pressure from media or residents. But post fire monitoring is a real task while its environment means a reality. It means hot spots, remained cinder what also requires responsible management. Planning the post-fire monitoring drone must fly around the extinguished fire front instead of monitoring the whole area (hot spot detection). For this task a simple but with IR equipped drone is required.

**Summarizing:** Based on the above examples drone can be a very effective tool in the hand of fire managers. After launch the UAS can supply real time data continuously, therefore within in the first few minutes it can provide effective support for the decisions of the commander. One such element of decision support is that even before the drone returns, it will be possible to establish the extent of the burning area and to request the assistance of further units. This will save a significant amount of time. Another example of decision support: if commanders are able to manage the entire area in a complex way, it may be the case that protecting the area where the fire is currently most intense is the most important task. It is possible that our forces need to be concentrated in a location other than that furnished by the initial assessment.

While firefighting is in progress, the fire continues to spread in the areas where no countermeasures are taken, and indeed it may meet natural obstacles or barriers. A river, a wider road or glade may stop the fire as a natural barrier, so beginning fire-fighting measures at a distance of 100 or 200 metres from such a natural barrier can only be considered efficient if we have plenty of resources. On the other hand, it is also possible that in a direction which currently has low parameters for spread and is thus assessed as lower priority, there lies a much more valuable area, such as a highly protected plant community, a habitat of protected animals, or perhaps an area of vegetation with higher parameters for spread. The above examples show that the most efficient intervention is not necessarily the same as intervention at the point where the fire is the most intense. In order to make the best decision, the area of the fire must be managed in a complex manner, together with its environment.

The tactical drone, which has proven effective, can be made available to even the smallest fire brigades. Increasing the efficiency of reconnaissance will result in increasingly efficient interventional measures. This will increase the area of forests saved while reducing the areas destroyed. The workload of fire-fighters may be reduced; in many instances there may be no need to mount a response at all. The elimination of unnecessary responses will reduce the level of risk to citizens, resulting in a higher level of fire safety.

### Bibliography

1. Ambrosia, V. and Hinkley, E.: UAS Applications: Science, Applied Science, and Civil App. "UAS For Earth Remote Sensing Workshop" ISRSE Symp., Stresa, Italy, 3 May 2009
2. Hucaljuk M.: "Remote Sensing of Wild Fires by an Ultra-light Unmanned Aerial Vehicle", 24th EARSeL Symp. New Strategies for EU Remote Sensing, Dubrovnik, Croatia, 25-27 May 2004
3. Ollero A., Hommel G., Gancet J., Gutierrez L.G., Viegas X.D., González M.A.: "COMETS: A multiple heterogeneous UAV system". Workshop, Bonn, Germany, May 24-26, 2004.
4. Pastor, E. (et al.): Project SKY-EYE, Applying UAVs to Forest Fire Fighter, Support and Monitoring; Dep. of Computer Architecture; Technical University of Catalonia, Spain, 2008
5. Restas, A.: Robot Reconnaissance Aircraft. UAVnet 9th Meeting, Amsterdam, Netherlands, 2004
6. Restas, A.: Cost Effective Solution of Aerial Means for Supporting Large Scale Firefighter's Incidents, Advances Fire and Safety Engineering, Conference, Zilina, Slovakia, 2013

*Д.Ю. Белюченко, к.т.н., ст. викладач кафедри пожежної та рятувальної підготовки;  
Д.А. Льовін, ад'юнкт; В.М. Стрілець, д.т.н., проф., с.н.с. наукового відділу ПЦЗтаТЕБ,  
Національний університет цивільного захисту України*

## **ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДИКИ СКОРОЧЕННЯ ЧАСУ ОПЕРАТИВНОГО РОЗГОРТАННЯ ПЕРШИМ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИМ ПІДРОЗДІЛОМ**

В доповіді показано, що існує наукова проблема розв'язання протиріччя між новітніми тактико-технічними характеристиками сучасної оперативно-рятувальної техніки та вимогами до тактичних прийомів і рекомендацій щодо оперативних розгортань пожежних автомобілів, які наведені в нормативній документації. Важливою та нерозв'язаною частиною цієї проблеми є недосконалість сучасних методів та підходів скорочення часу оперативного розгортання першим пожежно-рятувальним підрозділом [1].

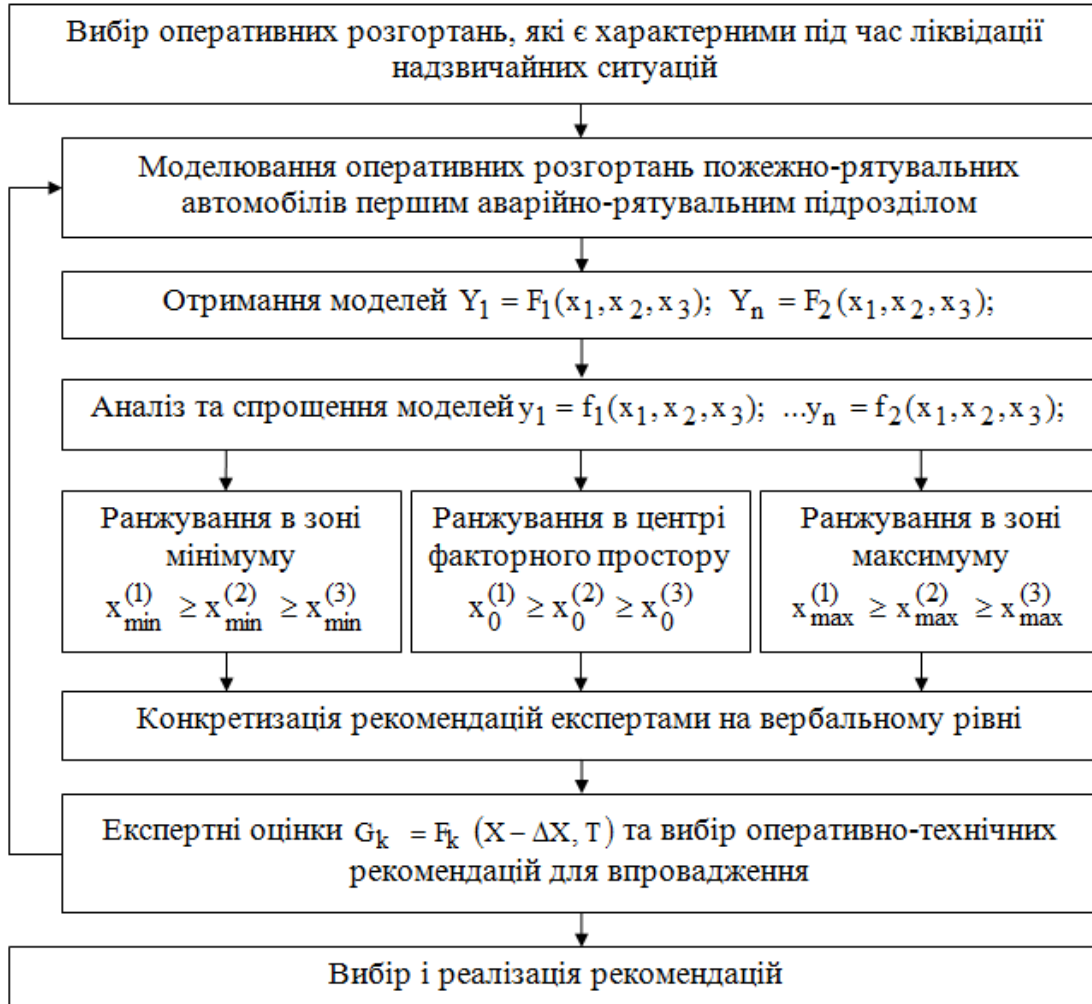
Аналіз особливостей моделювання дій аварійно-рятувального підрозділу показав, що вони базуються на тому, що оперативне розгортання уявляє собою процес функціонування системи «рятувальник – оперативно-рятувальна техніка – надзвичайна ситуація» [2]. При цьому у якості вихідних перемінних математичної моделі виступають показники, що характеризують безпосередньо особовий склад оперативного розрахунку, пожежно-рятувальний автомобіль та його обладнання, умови проведення аварійно-рятувальних робіт. Це дозволяє за результатами моделювання оперативного розгортання пожежно-рятувальних автомобілів у відповідності до традиційного плану проведення техніко-економічних експериментів отримати трифакторну поліноміальну модель для дослідження впливу окремо кожного з трьох факторів на трьох рівнях (при інших рівних умовах), яка має гарні статистичні характеристики та кращі по точності оцінки всіх коефіцієнтів регресії [3].

Відмічено, що процес оперативного розгортання уявляє собою процес функціонування системи «рятувальник – оперативно-рятувальна техніка – надзвичайна ситуація», при цьому у якості вихідних перемінних математичної моделі виступають показники, що характеризують безпосередньо особовий склад оперативного розрахунку, пожежно-рятувальний автомобіль та його обладнання, умови проведення аварійно-рятувальних робіт. Моделювання оперативного розгортання пожежно-рятувальних автомобілів у відповідності до традиційного плану проведення техніко-економічних експериментів дозволяє отримати трифакторну поліноміальну модель, яка дозволить дослідити вплив окремо кожного з трьох факторів на трьох рівнях (при інших рівних умовах) і має гарні статистичні характеристики та кращі по точності оцінки всіх коефіцієнтів регресії.

Авторами розроблено методику скорочення часу оперативного розгортання пожежно-рятувальної техніки, яка спирається на використання багатфакторної моделі функціонування системи «рятувальник – оперативно-рятувальна техніка – надзвичайна ситуація», схема керуючого алгоритму реалізації якої наведено на рис.1.

Оснovoю відповідної методики складає скорочення часу оперативних розгортань пожежно-рятувальних автомобілів першим рятувальним підрозділом та розробка та перевірка оперативно-технічних рекомендацій у відповідності до максимальних перепадів в однофакторних моделях, що одержані в центрі та на краях факторного простору для трифакторних поліноміальних моделей в нормованих перемінних [4], які отримуються за результатами імітаційного (у тому разі фізичного) моделювання оперативних розгортань пожежно-рятувальних автомобілів першим оперативно-рятувальним підрозділом. Дана методика передбачає послідовне виконання чотирьох процедур, а саме: – вибір типових для проведення аварійно-рятувальних робіт першим оперативно-рятувальним підрозділом під час ліквідації (локалізації) надзвичайних ситуацій оперативних розгортань пожежно-рятувальних автомобілів; – їх імітаційне (у тому разі фізичне моделювання) у відповідності до плану  $3 \times 3 \times 3$  з урахуванням факторів, які характеризують людину (особовий склад

оперативно-рятувального підрозділу), техніку (пожежно-рятувальні автомобілі та їх обладнання, оснащення рятувальників тощо) та середовище (умови оперативної діяльності рятувальників); – експертне обґрунтування рекомендацій для впровадження; – вибір оперативно-технічних рекомендацій для впровадження в нормативні документи за результатами статистичних оцінок того, наскільки ефективність від їх реалізації є значимою.



**Рис. 1. Схема керуючого алгоритму реалізації методики скорочення часу оперативних розгортань першим рятувальним підрозділом під час ліквідації надзвичайних ситуацій**

Визначено, що конкретизація та відбір конкретних рекомендацій для впровадження, які відобразять як оперативну, так і технічну складову процесу оперативного розгортання пожежно-рятувальної техніки під час ліквідації (локалізації) надзвичайної ситуації, здійснюється за результатами ранжування ваги факторів та їх взаємодії. Основою конкретних рекомендацій, які відобразять як оперативну, так і технічну процесу оперативного розгортання пожежно-рятувальної техніки під час ліквідації (локалізації) надзвичайної ситуації є висновки за ранжуванням ваги факторів та їх взаємодії.

Слабкою стороною застосування обраного підходу є необхідність отримання великої кількості вихідних даних. Це вимагає проведення для кожного варіанту оперативного розгортання пожежно-рятувальної техніки особливим складом оперативно-рятувальних підрозділів багаточисельних натурних експериментальних досліджень у разі фізичного моделювання або створення імітаційної моделі діяльності оперативних розрахунків для здійснення багатфакторного моделювання.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Присяжнюк В. В., Якіменко М. Л., Кухарішин С. Д. Аналіз сучасного стану парку пожежних і пожежно-рятувальних автомобілів в Україні та ефективності дій пожежно-рятувальних підрозділів. *Науковий вісник УкрНДІПБ*, 2013. 1(27). С. 68–74. URL: [http://firesafety.at.ua/visnyk/2013\\_No\\_1-27/15\\_Prisyazhnyuk\\_Jakimenko\\_Kukharishyn.pdf](http://firesafety.at.ua/visnyk/2013_No_1-27/15_Prisyazhnyuk_Jakimenko_Kukharishyn.pdf)
2. Стрелец В. М. Имитационный анализ системы «человек-машина» как метод эргономической оценки функционирования аварийных служб // *Научно-технический журнал. Радиоэлектроника и информатика. № 3(16). Харьков: ХНТУРЭ, 2001. С. 125–128.*
3. Вознесенский В. А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. *Финансы и статистика*. 1981. 263 с.
4. Стрелец В. М. Многофакторная оценка пожарно-спасательных работ на станциях метрополитена. *Проблемы пожарной безопасности*. 2004. №.15. С. 208 –214.

*Beliuchenko Dmytro, PhD, senior lecturer of the Department of service and training;  
Lovin Denys, adjunct; Strelets Victor, DSc, Professor, senior scientific researcher  
scientific department of problems of civil defence and technogenic and ecological safety of the  
scientific and research center  
National University of Civil Defence of Ukraine*

#### **FEATURES OF THE METHOD OF REDUCING THE TIME OF OPERATIONAL DEPLOYMENT BY THE FIRST EMERGENCY AND RESCUE UNIT**

The application of experimental research planning methods showed that the obtained multifactor models of operation of the system "rescuer - rescue equipment - emergency" should be the basis of appropriate methods to reduce the time of operational deployment of fire and rescue vehicles by the first rescue unit during emergencies. The basis of this methodology is the development and verification of operational and technical recommendations in accordance with the maximum differences in one-factor models obtained in the center and at the edges of factor space for three-factor polynomial models in normalized variables. Deployments of fire and rescue vehicles by the first operational and rescue unit, provides for the sequential implementation of four procedures, namely: - their simulation (in that case physical modeling) in accordance with the 3x3x3 plan, taking into account the factors that characterize the person (personnel of the rescue unit), equipment (fire and rescue vehicles and their equipment, rescue equipment, etc.) and environment (operational conditions rescuers' activities); - expert substantiation of recommendations for implementation; - selection of operational and technical recommendations for implementation in regulatory documents based on the results of statistical assessments of how effective their implementation is. At the same time, it should be borne in mind that to apply the chosen approach it is necessary to obtain a large amount of source data. In addition, a significant limitation of the developed approach is the need to involve highly qualified experts at all stages of the methodology.



*П.Ю. Бородич, к.т.н., доцент, доцент кафедри ПтаРП, Національний університет цивільного захисту України,*

*К.А. Дягілев, здобувач вищої освіти, Національний університет цивільного захисту України*

### **БАГАТОФАКТОРНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ РЯТУВАННЯ ПОСТРАЖДАЛОГО З ТРЕТЬОГО ПОВЕРХУ**

В доповіді наведено багатофакторний експеримент для оцінки ефективності процесу рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою нош рятувальних вогнезахисних, з використанням імітаційної моделі [1], побудована квадратична модель цього процесу та оцінено значимість факторів та зв'язків між ними.

Провівши аналіз процесу рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою нош рятувальних вогнезахисних, в якості основних факторів були обрані:

$x_1$  – навички особового складу ОРСЦЗ ДСНС України працювати з пожежно-технічним оснащенням;

$x_2$  – навички особового складу ОРСЦЗ ДСНС України працювати з оснащенням для висотних робіт;

$x_3$  – навички особового складу ОРСЦЗ ДСНС України працювати з засобами захисту органів дихання.

Експеримент був спланований таким чином, щоб оцінити вагу кожного з трьох факторів, а також характер взаємодії між ними. Для цього був обраний план  $3 \times 3 \times 3$ , що дозволяє досліджувати три фактори на трьох рівнях, при інших рівних умовах. Такий план має гарні статистичні характеристики і кращі за точністю оцінки всіх коефіцієнтів регресії  $\{k_s\}$  [2]. Використовуючи імітаційну модель було проведено 27 експериментів по 100 ітерацій кожен і отримано безліч коефіцієнтів регресії  $\{k_s\}$ .

Модель, що характеризує час рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою нош рятувальних вогнезахисних:

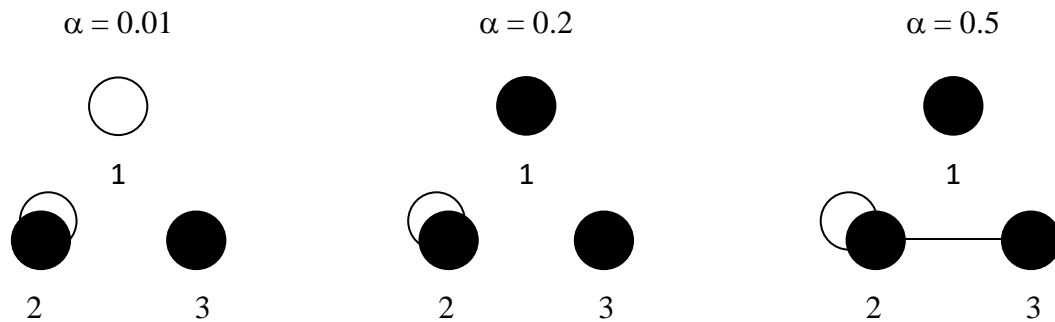
$$y = 0,6275 - 0,0361 x_1 + 0,0002 x_1^2 - 0,0082 x_1 x_2 - 0,0028 x_1 x_3 - \\ - 0,3855 x_2 - 0,1075 x_2^2 + 0,0266 x_2 x_3 - \\ - 0,1161 x_3 - 0,0014 x_3^2, \quad (1)$$

Інтерпретація моделей проводилася при наростаючому ступеню ризику відкинути правильну гіпотезу [2]. Значимість коефіцієнтів регресії перевірялася багаторазово від рівня значущості  $\alpha = 0,001$  до  $\alpha = 0,5$ . Для оцінки помилок розрахунку коефіцієнтів регресії була розрахована середня дисперсія вимірювань. Для цього спочатку була перевірена гіпотеза однорідності ряду дисперсій за критерієм Кохрена. Розрахувавши критерії Кохрена і порівнявши їх з табличними значеннями [3], виявилось, що розраховані значення менше табличних. Це дозволило прийняти розглянуту гіпотезу як правдоподібну. В результаті була розрахована середня дисперсія проведених імітаційних експериментів, що дозволило розрахувати помилки коефіцієнтів регресії, які використовували для обчислення відповідних критичних значень.

При кожному рівні ризику  $\alpha$  були побудовані графі зв'язку між факторами. На рис. 1 показані графіки зв'язку між факторами при зростанні ризику. Найбільш достовірними є висновки по першим графом ( $\alpha = 0,001$ ):

- на час успішного рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою нош рятувальних вогнезахисних впливають навички особового складу ОРСЦЗ ДСНС України працювати з оснащенням для висотних робіт  $x_2$  та навички особового складу ОРСЦЗ ДСНС України працювати з засобами захисту органів

дихання  $x_3$ , причому фактор навички особового складу ОРСЦЗ ДСНС України працювати з оснащенням для висотних робіт  $x_2$  впливає нелінійно.



**Рис. 1. Зміна зв'язку між факторами при різному рівні значущості для моделі, що характеризує час рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою нош рятувальних вогнезахисних**

За графами для  $\alpha = 0,2$  для моделі (1) всі фактори впливають на даний процес.

Аналіз графів для  $\alpha = 0,5$  дозволяє обережно «можливо» припустити, що для моделі взаємопов'язаними будуть другий та третій фактори.

У процесі інтерпретації поліноміальної моделі було виконано ранжування факторів за ступенем їх впливу на вихідні дані. Для подальшого аналізу було прийнято [3] двосторонній ризик  $\alpha = 0,2$ . Після видалення незначущих ефектів отримані кінцеві моделі:

$$y = 0,6275 - 0,0361 x_1 - 0,3855 x_2 - 0,1075 x_2^2 - 0,1161 x_3 \quad (2)$$

Аналіз отриманих результатів показав, що на час рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою нош рятувальних вогнезахисних впливають навички особового складу ОРСЦЗ ДСНС України працювати з оснащенням для висотних робіт та навички особового складу ОРСЦЗ ДСНС України працювати з засобами захисту органів дихання.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Бородич П.Ю. Імітаційне моделювання рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою НРВ-1 / П.Ю. Бородич, Р.В. Пономаренко // Проблеми пожежної безпеки. Зб. наук. пр. НУЦЗ України. – вип. 39. – Харків: НУЦЗУ, 2016. с. 49-55.
2. Вознесенський В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В.А. Вознесенський // 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 263 с.
3. Рева А.Н. Имитационная эргономическая оценка функционирования системы «спасатель – средства защиты личного состава и ликвидации аварии – чрезвычайная ситуация» / А.Н.Рева, В.М. Стрелец // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. ХУПС. – Вип.5 (130). – Х., 2015. – С. 192–196.

*P. Borodych, PhD, assistant professor, National University of Civil Defence of Ukraine  
K. Diahiliev, student, National University of Civil Defence of Ukraine*

#### **A MULTIVARIATE EXPERIMENT TO EVALUATE THE EFFECTIVENESS OF THE PROCESS OF RESCUING A VICTIM FROM THE THIRD FLOOR**

The report presents a multifactorial experiment for evaluating the effectiveness of the process of rescuing a victim from the third floor using an inclined crossing with the help of fire-resistant rescue stretchers, using a simulation model, a quadratic model of this process was built, and the significance of factors and relationships between them was evaluated.

*П.Ю. Бородич, к.т.н., доцент, доцент кафедри ПтаРП, Національний університет цивільного захисту України,*

*М.О. Лілюхін, здобувач вищої освіти, Національний університет цивільного захисту України*

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ ПІДГОТОВКИ РЯТУВАЛЬНИКІВ ДО ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ ПО РЯТУВАННІ ПОСТРАЖДАЛОГО З КОЛЕКТОРУ**

В доповіді наведено, що процес оперативного розгортання особового складу аварійно-рятувального автомобілю при рятуванні постраждалого з колектору містить досить велику кількість операцій, що підлягають виконанню, відповідно до центральної граничної теореми можна вважати, що закон розподілу часу оперативного розгортання буде нормальним незалежно від закону розподілу часу виконання окремих операцій [1]. Використовуючи значення зворотної функції  $\Phi^{-1}$  стандартного нормального розподілу, шукані оцінки часу рятування можуть бути визначені як [1,2]

$$t_5 = \bar{t} + G \cdot \Phi^{-1}(\tilde{P}_5), \quad (1)$$

$$t_4 = \bar{t} + G \cdot \Phi^{-1}(\tilde{P}_4 + \tilde{P}_5), \quad (2)$$

$$t_3 = \bar{t} + G \cdot \Phi^{-1}(\tilde{P}_3 + \tilde{P}_4 + \tilde{P}_5), \quad (3)$$

де  $\bar{t}$  – математичне очікування виконання процесу рятування, с;

$G$  – середньоквадратичне відхилення, с;

$P_3, P_4, P_5$  – середньозважені оцінки відповідних часток (частот) можливих результатів віднесених, відповідно, до оцінки «відмінно», «добре», «задовільно».

Для визначення середньозважених оцінок відповідних часток можливих результатів був використаний метод експертної оцінки. В якості експертів виступили співробітники оперативно-координаційного центру Головного управління ДСНС у Харківській області та викладачі Національного університету цивільного захисту України.

Їм було запропоновано надати відповідну частку усіх можливих результатів, віднесених, відповідно (як це прийнято в оперативно-рятувальній служб в даний час), до оцінки «відмінно», «добре», «задовільно» або «незадовільно».

В той же час, експертні оцінки характеризуються тим, що думки конкретних експертів можуть суттєво відрізнятись між собою. Щоб зменшити вплив некомпетентних експертів на підсумкову оцінку, яка і буде використовуватись для визначення частки результатів, що відповідають конкретній оцінці нормативу, пропонується метод визначення усередненої оцінки експертів, в основі якого лежить середньозважене значення тих оцінок, які надали експерти.

В основі розрахунку вагового коефіцієнта конкретного експерта лежить розрахунок суми квадратів відхилень запропонованих ним значень від середніх значень, отриманих в результаті аналізу всіх результатів ваговий коефіцієнт вище в того експерта, у якого результати менше відрізняються від відповідних середніх значень.

Щоб накопичити вихідні дані, для експертної оцінки, доцільно використовувати спеціальну форму, в якій зазначається оцінка, яку  $i$ -ий ( $i = 1, 2, \dots, k$ , де  $k$  кількість експертів) експерт вважає за доцільне виділити для оцінки  $j$ -ї частки ( $j = 5, 4, 3$  та  $2$ ) всіх можливих результатів виконання нормативу.

Розрахунок величин середньої оцінки, яку пропонується виділити для оцінки  $j$ -ї частки всіх можливих результатів виконання нормативу:

$$\bar{P}_j = \frac{\sum_{i=1}^k P_{ij}}{k} . \quad (4)$$

Розрахунок суми квадратів відхилень по кожній частки всіх можливих результатів виконання нормативу між оцінкою, яку пропонує і-ий експерт, і її середнім значенням:

$$S_i = \sum_{j=1}^l (P_{ij} - \bar{P}_j)^2 . \quad (5)$$

Визначення усередненої оцінки експертів по j-ій частки всіх можливих результатів, яке здійснюється шляхом знаходження середньозваженого значення за оцінками всіх експертів

$$\tilde{P}_j = \sum_{i=1}^k q_i \cdot P_{ji} , \quad (6)$$

де  $q_i = \frac{S_i}{S_0}$  – ваговий коефіцієнт і-го експерта;

$S_0$  – постійна, яка вибирається з умови

$$\sum_{i=1}^k S_i = 1, \text{ тобто } S_0 = \frac{1}{\sum_{i=1}^k \frac{1}{S_i}} .$$

Оцінки, які надали експерти наведені в табл. 1.

**Табл. 1. Експертні оцінки часток всіх можливих результатів виконання нормативу та їх аналіз**

Оцінка	Експерт					$\bar{P}_j$
	1	2	3	4	5	
5	0,3	0,15	0,25	0,25	0,1	0,21
4	0,4	0,4	0,35	0,45	0,4	0,4
3	0,25	0,3	0,25	0,25	0,4	0,29
2	0,05	0,15	0,15	0,05	0,1	0,1
$S_i$	0,0122	0,0062	0,0082	0,0082	0,0242	
$\frac{1}{S_i}$	81,97	161,29	121,95	121,95	41,32	
$q_i$	0,210649	0,131159	0,38619	0,161661	0,11034	
Оцінка	Експерт					$\tilde{P}_j$
5	0,047	0,046	0,058	0,058	0,008	
4	0,062	0,122	0,081	0,104	0,031	0,4
3	0,039	0,092	0,058	0,058	0,031	0,277
2	0,008	0,046	0,035	0,012	0,008	0,108

Використовуючи (1), (2), (3) та дані [3] були розраховані оцінки часу оперативного розгортання особового складу аварійно-рятувального автомобілю при рятуванні постраждалого з колектору

$$t_5 = 2244 + 71 \cdot \Phi^{-1}(0,216) = 2188,1 \text{ с};$$

$$t_4 = 2244 + 71 \cdot \Phi^{-1}(0,4 + 0,216) = 2264,8 \text{ с};$$

$$t_3 = 2244 + 71 \cdot \Phi^{-1}(0,277 + 0,4 + 0,216) = 2332,1 \text{ с}.$$

Використовуючи підходи, що запропоновані в [5] були розроблені нормативи оперативного розгортання особового складу аварійно-рятувального автомобілю при рятуванні постраждалого з колектору:

$$t_5 = 37 \text{ хв.};$$

$$t_4 = 38 \text{ хв.}$$

$$t_3 = 39 \text{ хв.}$$

Найбільш важливим результатом проведених досліджень є отримані критерії для оцінки ефективності підготовки особового складу ОРС ЦЗ ДСНС України, але не меншу цінність мають і проміжні результати, а саме середньозважені оцінки відповідних часток (частот) можливих результатів віднесених, відповідно, до оцінки «відмінно», «добре», «задовільно», які були отримані методом експертних оцінок. Їх важливість полягає в тому, що отримані оцінки можливо використовувати при розробці нормативів для інших видів оперативного розгортання та інших дій за призначенням, що виконують рятувальники.

**Висновки:** запропоновано науково обґрунтовані нормативи оперативного розгортання особового складу аварійно-рятувального автомобілю при рятуванні постраждалого з колектору; отримані експертні оцінки часток всіх можливих варіантів виконання нормативу.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Стрілець В.М. Оцінка фільтрувальних протигазів-саморятівників за результатами полігонних випробувань / В.М. Стрілець, В.М. Лобойченко // Проблеми пожежної безпеки. Зб. наук. пр. НУЦЗ України. – вип. 33. – Харків: НУЦЗУ, 2013. с 175-182. Заціорский В.М. Основы спортивной метрологии / В.М. Заціорский // Учеб. для интов физ. культ. - М.: Физкультура и спорт, 1982. 256 с.
2. Бородич П.Ю. Імітаційне моделювання оперативного розгортання особового складу автомобілю пожежного першої допомоги установкою триноги на колодязь та спуском в нього / П.Ю. Бородич, П.А. Ковальов, І.О. Поляков // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. НУЦЗ України. – вип. 20. – Харків: НУЦЗУ, 2014. с 28-32.

*P. Borodych, PhD, assistant professor, National University of Civil Defence of Ukraine  
M. Liliukhin, student, National University of Civil Defence of Ukraine*

#### IMPROVEMENT OF TRAINING OF RESCUERS FOR CARRYING OUT WORK ON RESCUING A VICTIM FROM A COLLECTOR

Scientifically based standards for rescuing a victim from a collector were developed, in which the method of expert evaluation was used to determine the weighted average estimates of the respective shares of possible results.

*О.В. Бригада, к.т.н., доц., А.О. Михайлова, К.В. Рихлик  
Національний університет цивільного захисту України*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ФІТОТОКСИЧНОГО ЕФЕКТУ ПІНОУТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ**

Ефективність боротьби з пожежами значною мірою залежить від ефективності вогнегасних речовин, до яких належать водні, газові та аерозолеві вогнегасні речовини, вогнегасні порошки та піноутворювачі для гасіння пожеж. Піноутворювачі для гасіння пожеж застосовуються для гасіння відносно невеликої кількості пожеж. Разом з тим, застосування піноутворювачів у багатьох випадках (наприклад, під час пожеж у резервуарах для зберігання горючих рідин) є практично єдиним можливим або найбільш ефективним способом гасіння пожежі [1].

Токсичні властивості піноутворювачів в основному зумовлені сполуками, що входять до їх складу. Останні дослідження токсичних властивостей піноутворювачів для гасіння пожеж свідчать про те, що найтоксичнішими є піноутворювачі, які містять у своєму складі сполуки фтору. Наразі токсичність піноутворювачів для гасіння пожеж добре досліджена для водних об'єктів, а також їх вплив на гідробіонтів за допомогою таких тест-об'єктів найпростіші, водорості, риби тощо. Проте немає достатньої інформації щодо впливу складових піноутворювачів на ґрунт та рослини. Саме це зумовлює актуальність даної роботи.

Для експериментальних досліджень було обрано 3 піноутворювачі різного складу. Для біоіндикаційних досліджень в якості тест-об'єктів використовували насіння льону та крес-салату. Ці рослини відповідають вимогам, що пред'являються до біоіндикаторів: швидка відповідь, надійність (помилка < 20 %), простота використання [2]. Для визначення фітотоксичності водних розчинів піноутворювачів для гасіння пожеж проведено експериментальні дослідження з використанням насіння льону та крес-салату за регламентованими методиками [3, 4].

Фітотоксичний ефект розчинів піноутворювачів для гасіння пожеж на тест-реакції рослин розраховували за формулою:

$$ФЕ = \left( \frac{M_0 - M_x}{M_0} \right) 100, \quad (1)$$

де  $M_0$  – середня довжина кореня (пагона) на контрольному ґрунті, мм;

$M_x$  – середня довжина кореня (пагона) на забрудненому ґрунті, мм.

Вплив рівня фітотоксичності ґрунту, забрудненого розчинами піноутворювачів, на ріст рослин визначали за шкалою рівнів токсичності ґрунтів [5, 6].

Порівняльну характеристику фітотоксичних ефектів досліджуваних водних розчинів піноутворювачів за льоном та крес-салатом наведено на рис. 1 та 2.

Як видно з наведених даних, найбільший фітотоксичний ефект (високий токсичний рівень за шкалою токсичності) за всіма концентраціями спостерігався в досліді з водними розчинами піноутворювача № 2.

Як видно з даних рис. 2, за крес-салатом водні розчини всіх піноутворювачів в концентраціях 1 та 2% спричиняють фітотоксичний ефект вище за середній, а в концентрації 0,5 % - середній рівень токсичності.

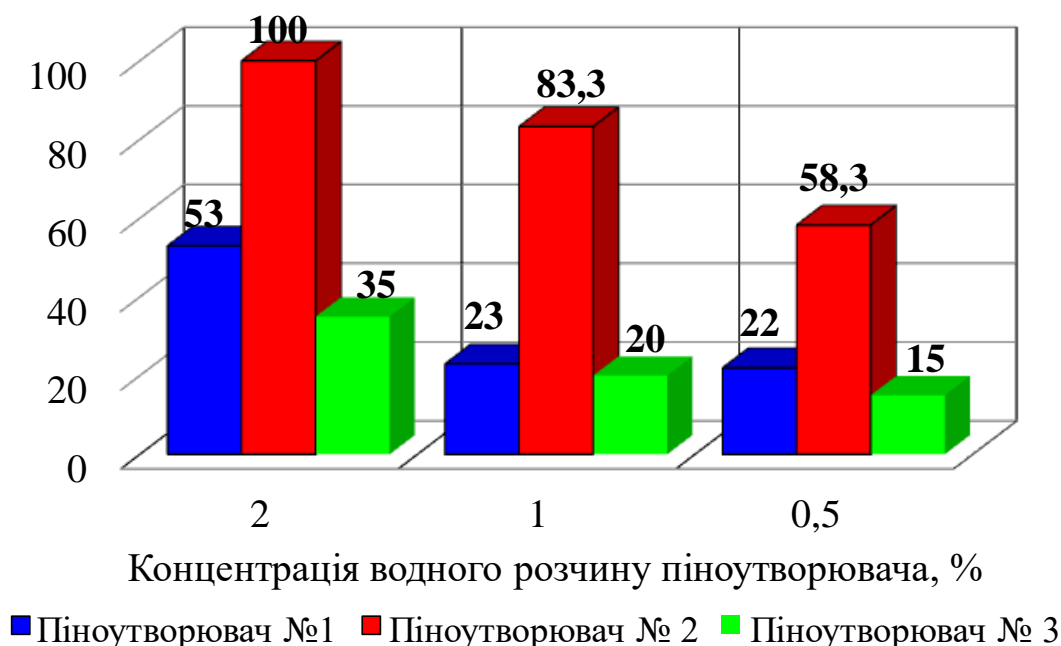


Рис. 1. Фітотоксичні ефекти розчинів піноутворювачів за льоном

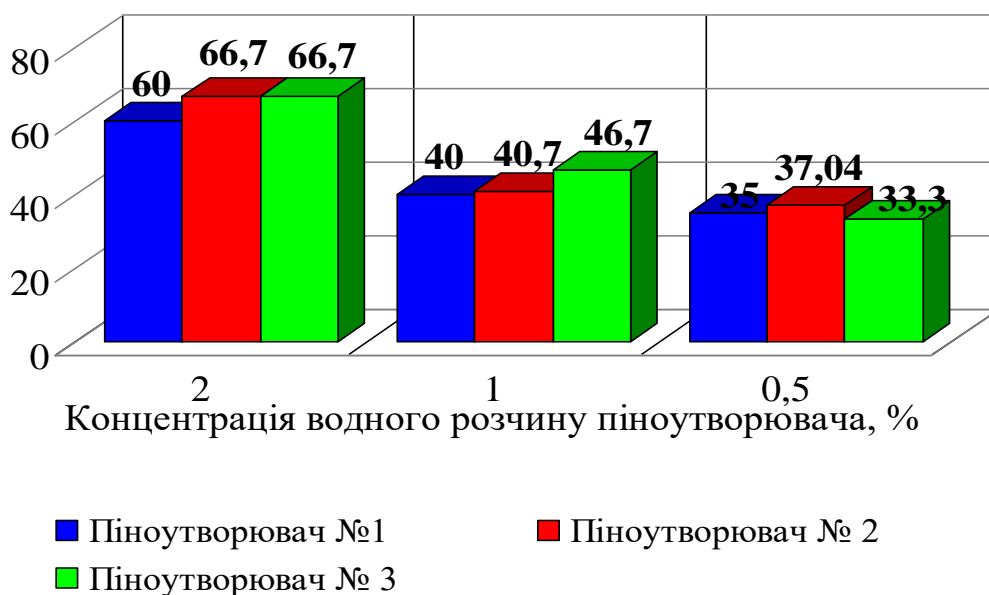


Рис. 2. Фітотоксичні ефекти розчинів піноутворювачів за крес-салатом

За всіма показниками найбільший токсичний ефект (від середнього до максимального рівня токсичності) спостерігався у дослідженнях з водними розчинами піноутворювача № 2.

Найменший токсичний ефект (за крес-салатом) виявив водний розчин піноутворювача № 3, рівень токсичності якого коливався від відсутнього або слабкого до середнього.

В якості рекомендацій можна відзначити, що використання піноутворювача для гасіння пожеж № 2 призведе до забруднення ґрунтів, поверхневих та підземних вод токсичними речовинами, пригнічення діяльності флори, фауни та мікробіоти тощо. Щодо

піноутворювачів № 1 та 3 - вони вимагають додаткових токсикологічних досліджень – наприклад, визначення гострої токсичності та біорозкладаності.

Наразі науковці намагаються розробляти піноутворювачі для гасіння пожеж зі значно меншим ризиком для довкілля: з використанням компонентів для піноутворювачів, які дозволяють утворення піни високої продуктивності, але мають високу біорозкладаність та малу токсичність, а отже, є більш безпечними для навколишнього середовища [7].

## ЛІТЕРАТУРА

1. Слущка О.М. Удосконалення системи оцінювання якості піноутворювачів для гасіння пожеж: дис. Пожежна безпека: 21.06.02 Львів, 2019. 178 с.
2. Дідух Я.П. Біоіндикація та біомоніторинг. К.: Наукова думка, 2012. 361 с.
3. Якість ґрунту. Визначання дії забрудників на флору ґрунту. Ч. 1. Метод визначення гальмівної дії на ріст коренів (ISO 11269-1:1993, IDT): ДСТУ ISO 11269-1:2004. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 14 с.
4. Якість ґрунту. Визначання дії забрудників на флору ґрунту. Ч. 2. Вплив хімічних речовин на проростання та ріст вищих рослин (ISO 11269-2:1995, IDT): ДСТУ ISO 11269-2:2002. К.: Держспоживстандарт України, 2004. 14 с.
5. Бешлей З.М., Бешлей С.В., Баранов В.І., Терек О.І. Використання рослинних тест-систем для оцінки токсичності техногенно забруднених субстратів. Вісник Харківського національного аграрного університету. Сер.: Біологія. 2014. Вип. 1. С. 97-102.
6. Григорчук І.Д. Використання рослинних біоіндикаторів для оцінки токсичності ґрунтів на території м. Кам'янець Подільського. *Biological systems*. Vol. 8. Is. 2. 2016. С. 212-218.
7. Development of eco-friendly soap-based firefighting foam for forest fire. Kawahara T., Hatae Sh., Kanyama T., Ishizaki Y., Uezu K. *Environ. Control Biol.*, 2016. 54 (1). P. 75-78.

*O.V. Bryhada, Cand. Sc (Tech.), Assoc. Prof., A.O. Mykhailova, K.V. Rykhlyk  
National University of Civil Defence of Ukraine*

## DETERMINATION OF THE PHYTOTOXIC EFFECT OF FIRE EXTINGUISHING FOAM

Using the methods of bioindication, experimental studies were conducted on the toxic effect of aqueous solutions of fire extinguishing foam on soils. Phytotoxic effects of fire extinguishing foam for extinguishing fires of different compositions were determined, as well as toxicity levels that allow predicting the impact of foaming agents on the environment.



*Д.В. Грищенко, Національний університет цивільного захисту України*  
*С.А. Виноградов, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України*  
**ВИЗНАЧЕННЯ НАЙБІЛЬШ ЕФЕКТИВНОГО СТАТИЧНОГО ЗМІШУВАЧА ДЛЯ  
УТВОРЕННЯ КОМПРЕСІЙНОЇ ПІНИ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ**

В Україні безперервно розширюється спектр використання сучасних засобів для гасіння пожеж. Пропонуємо розглянути установку для утворення (генерування) компресійної піни (CAFS). Одним з напрямків підвищення ефективності ліквідації пожеж класу А є застосування компресійної піни.

Компресійна піна (англійською – CAF – Compressed Air Foam) – однорідна дрібноструктурна піна низької кратності, що отримана шляхом змішування води, піноутворювача та повітря, або азоту під тиском [1].

Особливість даної установки на відміну від повітряно-механічних систем полягає в можливості генерації піни за рахунок одночасної подачі в спеціальну камеру змішування повітря під тиском і рідкого розчину з піноутворювачем, а не генерації розчину за допомогою ежектуючого повітря. Для утворення компресійної піни необхідна спеціальна система, що складається, у загальному вигляді: циліндричного корпусу, каналу для подавання водного розчину піноутворювача, каналу для подавання повітря під тиском, камери змішування та камери піноутворення [2]. Відомо, що камера змішування є основним елементом утворення компресійної піни [2].

Висока ефективність, низькі капітальні та експлуатаційні витрати, мале споживання енергії, невеликі розміри, відсутність внутрішніх рухомих деталей – це значно відрізняє статичні змішувачі з інших типів змішувального устаткування. Основним етапом в утворенні компресійної піни є саме генерування в статичному змішувачі, з різними конструктивними особливостями, які в свою чергу покращують властивості отриманої піни для гасіння пожеж.

За типом елемента змішування статичні змішувачі поділяються:

- Нерегулярні насадки;
- Гвинтові насадки;
- Потоківі;
- Перегородчасті;
- Кільця «ІнжеХім»;

Отже, при застосуванні статичного змішувача для утворення компресійної піни з гвинтовими та нерегулярними насадками, локалізація та ліквідація пожежі буде ефективніше.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Ларін О.М., Виноградов С.А., Баркалов В.Г. Пожежні машини. К.: МПБП «Гордон», 279 с.
2. Шахов С.М. Використання статичних змішувачів у системах подачі компресійної піни. Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій : зб. матеріалів доп. ІХ Міжнар. наук.–практ. конф., 18–19 трав. 2018 р. Черкаси : ЧПБ, 2018. С. 144–145.

*D.V. Grischenko, National University of Civil Defence of Ukraine*  
*S.A. Vinogradov, PhD, docent, National University of Civil Defence of Ukraine*  
**DETERMINATION OF THE MOST EFFICIENT STATIC MIXER FOR FORMATION  
OF COMPRESSION FOAM FOR FIRE EXTINGUISHING**

In the modern world, the issue of using static mixers in various fields of industry is gaining a lot of attention. High efficiency, low capital and operating costs, low energy consumption, small dimensions, absence of internal moving parts - this significantly distinguishes static mixers from other types of mixing equipment.

*Д.П. Дубінін, канд. техн. наук, доцент, НУЦЗ України*

*А.А. Лісняк, канд. техн. наук, доцент, НУЦЗ України*

*Ю.І. Гапоненко, НУЦЗ України*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ НЕБЕЗПЕКИ УТВОРЕННЯ ПРОДУКТІВ ПРОЛІЗУ ПІД ЧАС РОЗВИТКУ ВНУТРІШНЬОЇ ПОЖЕЖИ**

В Україні у приміщеннях житлових будівель та споруд щороку виникає біля 30 тис. пожеж, внаслідок яких гине близько 1800 людей [1, 2]. Кожна пожежа характеризується наявністю небезпечних чинників пожежі. До яких відноситься підвищена температура, задимлення, погіршення складу газового середовища [3].

На матеріал під час розвитку пожежі, впливає теплова енергія (під час теплового випромінювання чи конвекції) нагрівається, тобто збільшує свою температуру – спершу на поверхні, а далі у результаті теплопровідності відбувається прогрівання у глибину. Залежно від своїх властивостей, кожен матеріал поглине різну кількість тепла для того, щоб температура одиниці маси даного матеріалу піднялась на 1 градус. Тому нагрівання різних матеріалів є специфічною властивістю – одні нагріваються швидше, інші повільніше. Не всі речовини також можуть зайнятися: наприклад метал поглинає тепло відносно легко, але його майже неможливо запалити (вимагає надзвичайно інтенсивного нагрівання) [4].

Після досягнення певної температури, енергія накопичена у частинках твердого тіла починає розривати зв'язки між атомами. Виникає незворотний термічний хімічний розклад внаслідок впливу тепла – або інакше термічний розклад. Утворюються продукти розпаду у газоподібному агрегатному стані. Якщо цей процес відбувається без участі кисню, що є можливим, цей процес називаємо піролізом. Піроліз часто виникає у внутрішніх пожежах, оскільки доступ кисню там буває ускладненим. Для більшості твердих тіл, процес піролізу відбувається при температурах від 150 °С до 300 °С [4]. Для гасіння внутрішніх пожеж використовують засоби пожежогасіння дрібнорозпиленою водою [5, 6].

Термічне розкладання включає незворотні зміни хімічної структури матеріалу через вплив тепла (піроліз). Продукти піролізу – це вивільнені і нагріті вуглеводні, які у подальшому накопичують теплову енергію і готові до процесу горіння.

Хімічний склад деревини  $6C_{10}H_{15}O_7$ . При дії тепла вона перетворюється на деревне вугілля  $C_{50}H_{10}O$  та газоподібну речовину  $10CH_2O$ , відому як формальдегід [7]:



Після того, як леткі гази досягають 260 °С, формальдегід вступає у наступну реакцію під назвою газифікація – відбувається при наявності кисню у атмосфері з утворенням води, вуглекислого газу та інших речовин. Ця реакція виділяє велику кількість теплової енергії (екзотермічна), яка провокує подальші хімічні реакції, тому вогонь – це самопоглинаюча реакція, допоки присутнє паливо та кисень [7].



Термічне розкладання твердого горючого матеріалу найчастіше призводить до утворення газів. Деревина розкладається з утворенням вугілля та газів, деякі з яких легко спалахують. Встановлено, що при термічному розкладанні відбувається виділення газоподібних продуктів, таких як, діоксид вуглецю, монооксид вуглецю, метан, етилен, водень [7]. Склад газів, що утворюються під час термічного розкладання деревини можна поділити на два види в залежності від впливу на організм людини, перший вид – токсичні ( $CO$  та  $CO_2$ ), другий вид – горючі ( $CH_4$ ,  $C_2H_4$ ,  $H_2$ ). Вміст газоподібних продуктів піролізу при горінні деревини з обмеженим доступом кисню наведено в табл. 1 [7].

**Таблиця – 1. Вміст газоподібних продуктів піролізу при горінні деревини [7].**

Найменування деревини	Вміст газоподібних продуктів піролізу, [%]				
	CO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>
Береза	49,0	28,4	1,4	1,4	3,0
Сосна	49,5	28,5	1,0	1,0	3,0
Ялинка	48,0	28,0	1,0	1,0	4,0

В табл. 2 наведено вміст продуктів термічного розкладання при горінні деревини з обмеженим доступом кисню [7].

**Таблиця – 2. Вміст продуктів термічного розкладання при горінні деревини [7].**

Найменування деревини	Вміст продуктів термічного розкладання, [%]				
	вугілля	смоли	легколеткі компоненти	гази	вода
Береза	33,6	14,3	12,3	17,0	22,8
Сосна	38,0	16,7	6,2	17,7	21,4
Ялинка	37,9	15,3	6,3	18,2	22,3

Продукти піролізу становлять величезну небезпеку. Ці гази часто недооцінені, у зв'язку із їхнім зазвичай світлим кольором, який є подібним до водяної пари. Якщо тверді тіла, які підлягають нагріванню є синтетичного походження, вони будуть мати тенденцію плавлення і випаровування, а не обуглення, як у випадку органічних тіл.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Дубінін Д. П. та ін. Експериментальне дослідження розвитку пожежі в будівлі. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2021. № 34. С. 110–121.
2. Dubinin D. et al. Research and justification of the time for conducting operational actions by fire and rescue units to rescue people in a fire //Sigurnost. – 2022. – Т. 64. – №. 1. – С. 35-46.
3. Dubinin D. et al. Dubinin D. et al. Investigation of the effect of carbon monoxide on people in case of fire in a building //Sigurnost. – 2020. – Т. 62. – №. 4..
4. Посібник «Вентилятори і вентиляція у пожежній охороні / Шимон Кокот-Ґура; переклад з пол. Володимира Дубасюка. – Львів: «SUPRON1», 2020 – 72 с.
5. Дубінін Д. П. та ін. Експериментальне дослідження методу гасіння пожежі водяним аерозолем у приміщеннях складної конфігурації. Проблеми пожежної безпеки. 2019. № 46. С. 47–53.
6. Дубінін Д. П. Дослідження вимог до перспективних засобів пожежогасіння тонкорозпиленою водою. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2021. № 33. С. 15–29.
7. Dubinin D. et al. Experimental Investigations of the Thermal Decomposition of Wood at the Time of the Fire in the Premises of Domestic Buildings //Materials Science Forum. – Trans Tech Publications Ltd, 2022. – Т. 1066. – С. 191-198.

*A. Lisniak, PhD, Associate Professor, National University of Civil Protection of Ukraine*

*D. Dubinin, PhD, Associate Professor, National University of Civil Protection of Ukraine*

*Yu. Gaponenko, National University of Civil Protection of Ukraine*

#### **STUDY OF THE DANGER OF THE FORMATION OF PYROLYSIS PRODUCTS DURING THE DEVELOPMENT OF AN INTERNAL FIRE**

Conducted studies on the development of fires in the premises of residential buildings. Considered conditions and certain danger during the thermal decomposition of wood (pyrolysis) during the development of an internal fire.

*О.В. Загора, к.т.н., доцент, викл. каф., НУЦЗУ*

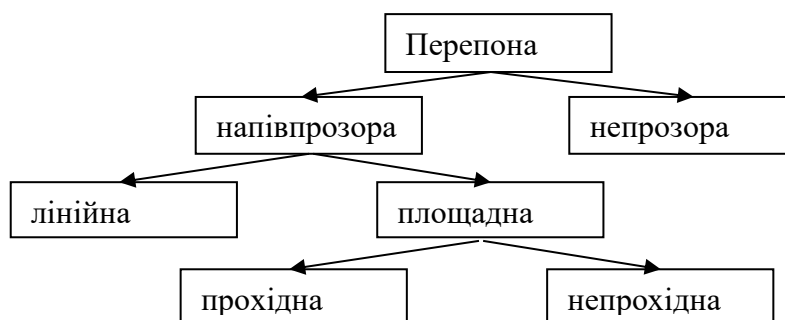
*А.Б. Феценко, к.т.н., доцент, ст. викл. каф., НУЦЗУ*

## **ПОДАННЯ НАПІВПРОЗОРИХ ПЕРЕПОН У МОДЕЛІ РОБОЧОЇ ЗОНИ ЛОКАЛЬНОЇ RTLS-СИСТЕМИ РАЙОНУ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ**

RTLS-система позиціонування реального часу (від англ. Real-time Locating Systems) надає керівнику гасіння пожежі відомості про наявність у районі надзвичайної ситуації пожежних, які опинилися у пастці або є найближчими до критичної зони. Особливо це важливо при подоланні НС у висотних або складних будівлях (промислові об'єкти великої протяжності, кар'єри, шахти, місцевість зі складним рельєфом і т.д.) [1]. У наш час значна кількість мобільних технічних систем має в своєму складі системи позиціонування, які зазвичай приймають сигналів глобальної супутникової навігаційної системи GPS, однак в умовах, коли прийом сигналів цієї системи ускладнено, система не може виконувати свої функції. У таких умовах для визначення координат мобільних об'єктів необхідні альтернативні методи позиціонування, такі як розгортання локальної RTLS-системи, що складається зі стаціонарно розташованих маяків з відомими координатами і мобільних об'єктів, координати яких визначаються.

В умовах щільної міської забудови значно погіршується якість прийому GPS-трекерами сигналів, що використовуються задля позиціонування. Суттєвий вплив на робочу зону системи навігації вносять властивості перепон, що зустрічаються на шляху розповсюдження радіохвиль (РРХ). Виходячи з цього актуальною проблемою є вдосконалення методів моделювання робочої зони локальної RTLS-системи з урахуванням основних різновидів напівпрозорих перепон в умовах надзвичайної ситуації. Метою проведеного дослідження була розробка математичної моделі розрахунку робочої зони різнице-далекомірної RTLS-системи з урахуванням напівпрозорих перепон РРХ робочої зони локальної RTLS-системи, що містить розробку класифікацію та загального опису основних перепон РРХ моделі оперативного розрахунку робочої зони RTLS-системи [1], а також експериментальне дослідження роботи моделі за відсутності та при наявності у зоні НС основних різновидів напівпрозорих перепон РРХ.

Задля досягнення мети дослідження напівпрозорі перепони було поділено на лінійні та площадні (рис.1). До перших можуть бути віднесені напівпрозорі щодо перепускання електромагнітних хвиль (ЕМХ) будівельні стіни, огорожі та подібні до них плоскі вертикально розташовані конструкції, які мають невелику товщину, але можуть суттєво послаблювати ЕМХ у випадку їх перетинання. Площадні об'єкти-перепони можуть займати площі у десятки гектарів у межах зони НС і мати складні форми, при цьому розрізняючись у властивостях перепускання ЕМХ від майже вільного до повного їх поглинання. Для площадних об'єктів ступіть послаблення, крім властивостей середовища, суттєво залежить і від довжини перетину траси РРХ площадним об'єктом - довжини відрізка траси з інтенсивним поглинанням ЕМХ. Крайнім випадком таких об'єктів є непрозорі, які повністю поглинають (відбивають) ЕМХ (рис.1).



**Рисунок 1** Класифікація перепон РРХ моделі робочої зони RTLS-системи

Програмно площинний об'єкт може бути заданий на площині за допомогою геометричних фігур (коло, прямокутник, трикутник), або як плоский багатокутник, контуром якого є замкнута ломана без перетинів. Координати вершин такої ломаної дозволяють досить точно описати контур відповідної зони. Додатковим параметром зони поглинання є характеристика радіопрозорості для відповідного діапазону радіохвиль.

Для врахування наявних напівпрозорих перепонов у програмній моделі необхідно запровадити енергетичний критерій:

$$P_{BX} \geq P_{MHH}, \quad (1)$$

де  $P_{MHH}$ , дБ/Вт - чутливість радіонавігаційного приймача по потужності, а потужність сигналу на вході навігаційного приймача, дБ/Вт, у досить загальному випадку визначається виразом:

$$P_{BX} = P_T + G_T + G_R - (K_{BII} + K_{TP} + K_{II}) = P_{const} - 20 \lg(D) - K_{II}, \quad (2)$$

де  $P_T$ , дБ/Вт – потужність передавача радіостанції;  $G_T, G_R$ , дБ – коефіцієнти підсилення антен передавача й приймача по потужності;  $K_{BII} = 39,8 + 20 \lg(D) - 20 \lg(\lambda)$ , дБ – втрати потужності сигналу у вільному просторі;  $K_{TP} \approx 0$ , дБ – втрати РРХ в атмосфері (для малих відстаней можна знехтувати);  $K_{II}$ , дБ - втрати потужності сигналу у перепонах шляху розповсюдження;  $P_{const} = P_T + G_T + G_R - 39,8 + 20 \lg(\lambda) = const$ , дБ - енергетичний параметр, значення якого визначається параметрами навігаційних передавачів та приймачів й не залежить від властивостей траси РРХ і перепонов.

Після підстановки (2) в (1) кінцево критерій радіонавігаційної доступності ділянки місцевості при наявності перепонов подамо у вигляді:

$$K_{II} \leq P_{const} - P_{MHH} - 10 \lg(D^2). \quad (3)$$

Значення параметру втрат у перепонах  $K_{II}$  для лінійної перепонов може бути задано типовим параметром втрат, дБ. Для площинної перепонов  $K_{II}$  може бути визначений як добуток:

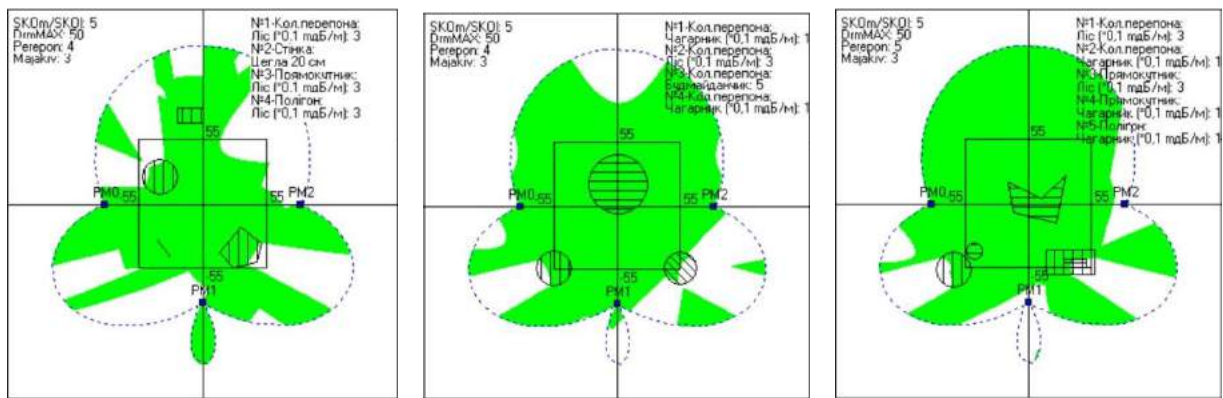
$$K_{II} = k_{npi} \cdot D_{npi}, \quad (4)$$

де  $D_{npi}$  - довжини шляху РРХ у межах перепонов, м;

$k_{npi}$  - питома згасання хвиль у перепонові, дБ/м.

Поширення радіохвиль усередині будівель має специфічні риси, пов'язані із середовищем поширення. В результаті, поширення дуже сильно залежить від таких специфічних характеристик, як тип конструкційний матеріал будівлі, наявність в стінах будівлі металу, кількості поверхів у будинку, щільність розміщення обладнання в будівлі і т.п. Врахувати такі фактори дозволяють методи математичного прогнозування.

Перевірка практичної реалізації алгоритму здійснювалася за допомогою математичного апарату програмного середовища Borland C++Builder. Під час моделювання використовувалися просторові комбінації з 3-4 радіомаяків, при цьому перевірявся вплив форми перепонов, та її параметрів на форму робочої зони. Для дослідження впливу напівпрозорих перепонов на робочу зону у розрахункові зони вводилося додатково від трьох до п'яти перепонов різної форми, в тому числі досліджувався вплив на робочу зону перепонов з різних матеріалів, різної форми, вплив форми перепонов та їх сполучення (рис.2,а)-в):



а) б) в)  
**Рис. 2. Робоча зона RTLS-системи при наявності: а) 4 перепон перетину типу "коло", "стінка", "прямокутник" та "багатокутник"; б) 3 колових перепон з різних матеріалів; в) перепони складної форми.**

Отримані під час дослідження результати доводять, що вплив будівельних перепон на вигляд робочої зони в умовах міста може бути важко передбачуваним. Реальне зменшення робочої зони під впливом кількох непрозорих перепон може досягати 90 %, якщо вплив подібних факторів не враховано. Загальний вплив напівпрозорих перепон на форму робочої зони RTLS-системи має складнопередбачуваний характер. Використання розробленої моделі розрахунку робочої зони RTLS-системи для оперативного прогнозування і корегування відповідної зони в умовах міста дозволяє оперативно вирішувати цю проблему. Експериментальне дослідження підтвердило відповідність роботи моделі системи оперативного прогнозування робочої зони локальної RTLS-системи за відсутності та при наявності у зоні НС основних різновидів напівпрозорих перепон РРХ. Після розрахунку розмірів зони навігаційного забезпечення та нанесення границь роботи локальної RTLS-системи на карту керівник ліквідації НС може приймати обґрунтоване управлінське рішення про необхідність залучення додаткових сил або засобів. На випадок, якщо через умови траси РРХ робоча зона РНС є незадовільною, можуть бути передбачені інші технічні або організаційні методи навігаційного забезпечення.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Закора О.В., Фещенко А.Б., Борисова Л.В., Михайлик В.О. Моделирование рабочей зоны локальной RTLS-системы района надзвичайної ситуації. *Problems of Emergency Situations: Scientific Journal*. –Х.: НУЦЗУ, 2021. № 2(34) pp.144-153.

*A.V.Zakora, Ph.D., Associate Professor, Lecturer of the Department,*  
*A.B.Feshchenko, Ph.D., Associate Professor, Senior Lecturer of the Department,*  
*National University of Civil Protection of Ukraine, Kharkov, Ukraine*  
**SEMI-TRANSPARENT OBSTACLES REPRESENTATION IN THE MODEL OF THE WORKING AREA OF THE LOCAL RTLS-SYSTEM OF THE EMERGENCY SITUATION DISTRICT**

The report is devoted to the issues of accounting for the influence of translucent obstacles on the local radio navigation system quality in the emergency area. A classification and an analytical apparatus are proposed that allow taking into account the influence of such objects in the system mathematical modeling.

*В.М. Ішук,*

*Національний університет цивільного захисту України*

## **ЗАДАЧІ І УТРИМАННЯ СПЕЦІАЛЬНОЇ ФІЗИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ В ДПРЧ**

Спеціальна фізична підготовка (СФП) забезпечує усвідомлення та вміле виконання найбільш раціональних і ефективних прийомів, дій з пожежною технікою, обладнанням та є одним з важливих видів оперативної підготовки особового складу пожежно-рятувальних частин, направлених на підвищення боєздатності оперативно-рятувальних підрозділів.

Метою СФП є вивчення прийомів роботи з пожежною технікою і пожежним обладнанням. Формування спеціальних навичок полягає в доведенні до рівня майстерності виконання прав індивідуально, і до повної злагодженості дій у складі відділення, варті.

Основними задачами спеціальної фізичної підготовки є:

- виховання особового складу високих морально-вольових якостей, дисциплінованості та товариської взаємодопомоги;
- вивчення прийомів та способів дій з пожежною технікою та обладнанням;
- вироблення навичок злагодженої роботи і вмілого застосування пожежної техніки та обладнання при рятуванні людей і гасінні пожеж.

Спеціальна фізична підготовка проводиться шляхом:

- індивідуального навчання пожежних-рятувальників, прийомам роботи з пожежною технікою та обладнанням;
- навчання та тренування в складі відділення і караулу;
- здача нормативів з спеціальної-фізичної підготовки;
- участь в змаганнях з пожежно-прикладного спорту.

У навчальних підрозділах оперативно-рятувальної служби перед курсом спеціальної-фізичної підготовки ставляться такі задачі:

- спеціальна фізична підготовка пожежних-рятувальників, відділень, караулу;
- інструкторсько-методична підготовка керівників занять у караулі;
- інструкторсько-методична підготовка тренера-методиста і судді по пожежно-прикладному спорту.

Після проходження курсу СФП пожежні повинні вміти:

- виконувати вправи відповідно до «Нормативів з СФП»;
- використовувати пожежну техніку, обладнання і засоби зв'язку;
- методично правильно проводити заняття з спеціальної фізичної підготовки;
- забезпечувати безпеку праці на заняттях з спеціальної фізичної підготовки і при гасінні пожеж.

Відповідальність за організацію СФП підготовки в частині несе начальник пожежно-рятувальної частини. Він забезпечує створення в частині необхідної навчально матеріально-технічної бази перевіряє хід проведення занять і виконання організаційних та методичних вимог, а також забезпечує перевірку рівня фізичної підготовки особового складу.

Заняття СФП у навчальних закладах проводяться в таких організаційно-методичних формах:

Лекції – для передачі навчальним теоретичної інформації частини вивченого матеріалу, або іспит, який звичайно включає теоретичне питання і виконання основних практичних дій.

Різноманітними вправами з спеціальної фізичної підготовки властиві свої особливості, властива своя методика. Про те існують загальні вимоги до організації вправ, додержання яких робить будь-яку вправу достатньо ефективною:

1. Свідомість навчаємих по-перше необхідно зрозуміти, яке теоретичне положення лежить в основі даної вправи, з якою метою виконується та чи інша дія, чому роблять так, а не інакше;
2. Ціленаправленість навчаємих – спрямованість до твердого оволодіння навиками, прагнення добитися гарних результатів;
3. Стійкої уваги навчаємих в процесі виконання вправи. Нерідко причинами допущених помилок при виконанні вправи виявляється нестійка увага, розсіяність пожежних-рятувальників;
4. Систематичність вправ та їх суворі послідовність. Вправу треба розсташувати в такій послідовності, при якій ступінь самостійності навчаємого зростає б, а його дії ставали кожного разу більш складними.
5. Постійне повторення вправ. Важливо періодично повторювати вправу з метою попередження забування придбаних навичок. Необхідно, щоб пожежний-рятувальник одночасно з засвоєнням нових навичок продовжував виконувати вправи, які раніше були засвоєні;
6. При розподілі вправи по годинах не потрібно кожен раз повторювати вправу надто тривало, краще її повторювати декілька раз, поєднуючи з іншими видами вправ.

Таким чином, виконання вправ не зводиться до механічного їх виконання. Начальнику караулу необхідно звертати увагу на особливості психологічного стану і властивості кожного пожежного-рятувальника (темперамент, характер, волю і т.п.) і на цій основі здійснювати принцип індивідуального підходу.

Спеціальна-фізична підготовка є практичною дисципліною в системі оперативної підготовки пожежних-рятувальників, знаходиться в тісному взаємозв'язку з іншими теоретичними і практичними дисциплінами: пожежною тактикою, пожежною технікою, військовою та фізичною підготовкою.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України : Кодекс. - [чинний від 2013-07-01]. – К. : Міністерство з надзвичайних ситуацій України, 2013. – 82 с. – (Кодекс України).
2. Наказ МВС України від 10.02.2022 року № 116 Про затвердження Порядку організації внутрішньої, гарнізонної та караульної служб в органах та підрозділах Державної служби України з надзвичайних ситуацій.
3. Наказ МВС України № 511 від 16.06.2017 р. Про затвердження Порядку організації службової підготовки осіб начальницького та рядового складу органів і підрозділів цивільного захисту.
4. Стройовий статут Збройних Сил України.
5. Організація служби та підготовки особового складу пожежно-рятувальних підрозділів: навч. посіб./ Безуглов О.Є., Іщук В.М., Коломенів О.М., Назаров О.О., Попов В.М. – Х.: НУЦЗУ, КП «Міськдрук», 2012. – 436 с.

*V. Ishchuk, National University of Civil Defence of Ukraine*

## PROBLEM AND MAINTENANCE OF SPECIAL PHYSICAL TRAINING IN FIRE DEPARTMENT

Special physical training (SFP) provides awareness and skillful execution of the most rational and effective techniques, actions with firefighting equipment, equipment and is one of the important types of operational training of the personnel of fire and rescue units, aimed at increasing the combat capacity of operational and rescue units.



## **ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗВИТКУ ПОЖЕЖ У БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДІВЛЯХ У МІСТАХ УКРАЇНИ**

З розвитком технологій та устаткування, що використовується у будівництві, щорічно зростає кількість висотних будівель. Будівлі підвищеної поверховості належать до об'єктів з масовим перебуванням людей. Крім того там знаходяться великі матеріальні цінності. Виникнення пожеж та надзвичайних ситуацій у цих будівлях може призвести до великих матеріальних збитків та загибелі людей. Саме цим і обумовлено особливу увагу до проблеми забезпечення безпеки людей в багатоповерхових будівлях при виникненні пожежі. Масштабні пожежі, що сталися в останні роки довели необхідність переозброєння оперативно-рятувальних підрозділів новою технікою та засобами пожежогасіння. Одним з перспективних напрямків пожежогасіння у багатоповерхових будівлях [1] є застосування дискретної доставки вогнегасних речовин до осередку пожежі. Завдяки цьому способу, можливо знизити час локалізації пожежі, але необхідні знати, яку забезпечити кількість вогнегасної речовини. Відомо, що чим більша площа пожежі, тим більше необхідно засобів пожежогасіння для успішної локалізації та ліквідації горіння. Але на сьогодні невідомі дані або статистика, завдяки яким можливо розрахувати кількість вогнегасних речовини для успішної локалізації пожежі. Отже невирішеною частиною проблеми гасіння пожеж у багатоповерхових будинках є встановлення зв'язку між такими параметрами, як площа горіння, поверхом будівлі де виникло загорання та часом локалізації пожежі. Зв'язок цих параметрів дозволить визначити кількість вогнегасної речовини, в залежності від поверху пожежі, під час використання способу дискретної доставки вогнегасних речовин.

У [2] авторами проведено аналіз нормативних документів в галузі пожежної безпеки для багатоповерхових будівель, досліджено причини загибелі та травмування людей в будівлях від 17 поверхів і вище. Визначено кількісний та якісний склад пожежної навантаги в сучасних квартирах висотних будівель, але поза увагою авторів залишилося дослідження площі пожеж та часу локалізації. Дослідниками [3] проаналізовано умови пожежного захисту висотних будівель, наведено приклади розподілу будівель на відсіки, запропоновано комплекси розрахунків для забезпечення пожежної безпеки. Слід зауважити, що авторами не виявлено закономірності між поверхом будівлі, де виникла пожежа, площею гасіння та часом локалізації. У роботі [4] проаналізовано пожежну небезпеку висотних будівель. Зіставлені способи гасіння пожежі в залежності від функціонального призначення будівлі. Наведений механізм гасіння тонко розпиленою водою. Підтверджена ефективність застосування системи гасіння тонко розпиленою водою, але не виявлено взаємозв'язок між площею горіння, поверхом будівлі та кількістю необхідної вогнегасної речовини. Авторами [5] розглянуто статистику пожеж у хмарочосах та причини їх виникнення. Визначено основні чинники, що сприяли розвитку пожеж, та чинники, що ускладнюють процес гасіння. У [6] проведено аналіз пожеж у висотних будівлях, надані рекомендації щодо підвищення ефективності системи ліквідації пожеж оперативно-рятувальними підрозділами. Дослідниками [7] визначено основні протипожежні вимоги до висотних будівель, проведено аналіз існуючих норм проектування протипожежного захисту будівель з різними функціональними групами приміщень. Надані рекомендації по забезпеченню пожежної безпеки висотних будівель та споруджень. У дослідженні [8] виявлено, що ризики загибелі від пожеж на верхніх поверхах будівель залежать від наявності у будинках систем пожежної автоматики, а також від наявності спеціальної пожежно-рятувальної техніки та своєчасної можливості її доставки до місця пожежі. Встановлено, що середній час слідування підрозділів до місця виклику становить 6 хвилин, а максимальний 29 хвилин, що є неприпустимим. Авторами [9] проведено аналіз пожеж у багатоповерхових будівлях та виділено основні причини виникнення цих пожеж. Показана можливість забезпечення пожежної безпеки конструктивними методами, а саме

поділом будівлі по вертикалі на протипожежні відсіки за функціональними ознаками приміщень, що дозволяє локалізувати пожежу та запобігти її розповсюдженню по усій будівлі. Проведено розрахунки температури в умовах вільного розвитку пожежі в приміщенні гаражу, центра, офісної частини будівлі та жилих приміщень. У [10] авторами проаналізовано розрахунок пожежного ризику у висотних будівлях різних класів функціональної пожежної небезпеки. Наведено, що комбіновано евакуації є єдиним способом забезпечення своєчасної та безпечної евакуації. Авторами [11] виявлено основні проблеми нормативної бази у галузі архітектурно-будівельного проектування висотних будівель у частині пожежної безпеки. Проаналізовані рішення та технічні можливості, які сприяють скороченню часу евакуації людей та проведенню аварійно-рятувальних робіт під час пожежі у багатоповерхових будівлях.

Отже, в результаті огляду літературних джерел [2–11] були виявлені питання, ще не досліджені іншими авторами, а саме взаємозв'язок між такими параметрами, як площа пожежі, поверх де вона виникла, та час локалізації такої пожежі. Це дозволяє сформулювати наступний напрямок досліджень, результат яких дозволить визначити кількість вогнегасної речовини, в залежності від поверху пожежі, при використанні способу дискретної доставки.

Міста можуть значно відрізнятися по чисельності населення та площі території, що впливає на кількість викликів підрозділів та час виконання окремих оперативних робіт. Враховуючи це, необхідно провести поділ міських населених пунктів на відповідні групи за чисельністю населення та площею території. Вказане дослідження проводилося на прикладі міських населених пунктів України. Загалом були зібрані статистичні дані про чисельність населення міських населених пунктів та площу їх територій. Вказані статистичні дані були отримані з офіційних сайтів Головних управлінь статистики в областях та офіційних сайтів міських рад. Загалом для дослідження були відібрані дані про 176 міських населених пунктів України. Поділ населених пунктів на групи проводився із використанням методів кластерного аналізу. Через те, що статистичні дані для проведення аналізу мали різні розмірності, на першому етапі було проведено нормування даних. Наступний етап досліджень передбачав проведення ієрархічного кластерного аналізу з побудовою вертикальної дендрограми. У якості міри відстані для ознак кластеризації було обрано евклідову метрику, а з метою побудови ієрархічної структури був використаний метод Варда. За принципом наочності кластиризації за дендрограмою було визначено кількість кластерів. Їх кількість склала чотири. На третьому етапі досліджень було проведено перевірку точності отриманих за результатами ієрархічного кластерного аналізу результатів шляхом виконання повторного аналізу з використанням ітеративного методу групування  $k$ -середніх. Мірою відстані для ознак кластеризації під час використання вказаного методу групування була також евклідова метрика. В результаті проведення цього аналізу було виконано групування міських населених пунктів України на чотири групи за чисельністю населення та площею території. Різниця між визначеними кластерами за критерієм евклідової відстані наведена в табл. 1. Чисельність населених пунктів по визначеним групам та середні значення і середнє квадратичне відхилення показників за якими проводилося групування наведені в табл. 2.

**Таблиця 1 – Евклідова відстань між кластерами**

Номер кластеру	1	2	3	4
1	0	42,54474	74,99847	68,18812
2	6,522633	0	4,88304	3,63132
3	8,660166	2,20976	0	0,23931
4	8,257609	1,90560	0,48919	0

**Таблиця 2 – Результати проведення кластерного аналізу ітераційним методом  $k$ -середніх**

Номер кластеру	Кількість населених пунктів, які входять у групу	Середня чисельність населення міст, чоловік	Середнє квадратичне відхилення показника чисельності населення міст, чоловік	Середня площа міст, км <sup>2</sup>	Середнє квадратичне відхилення показника площі міст, км <sup>2</sup>
1	1	2965255	–	836	–
2	12	682725	366233	366,3	118,1
3	15	80207	30122	92,9	22,2
4	16	280365	60002	95,2	35,6

### ЛІТЕРАТУРА

1. Куценко Л.М., Калиновський А.Я., Ковальов О.О., Поліванов О.Г. Новий спосіб дискретної доставки вогнегасних речовин. Проблеми пожежної безпеки, 48. 2020.С 94-103.
2. Корольченко А.Я., Ляпин А.В. Пожарная защита высотных зданий. Пожаровзрывобезопасность 2012, 21 (3) С. 57-61.
3. Иванов В.Н., Солнцев Н.Д. Пожарная нагрузка в квартирах в вы-сотных зданиях. Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидации. 2019. С 41-49.
4. Корольченко Д.А., Громовой В.Ю., Ворогушин О.О. Применение тонкораспыленной воды для тушения пожаров в высотных зданиях. Пожаровзрывобезопасность 2011, 20 (3)
5. Таранцев А.А. Новоселов Р.Н. Родичев А.Ю. Высотные здания и их пожарная опасность. Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России» 2010. С. 1-7.
6. Кирюханцев Е.Е., Иванов В.Н. О повышении эффективности тушения пожаров в высотных зданиях. Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности" (<http://ipb.mos.ru/ttb>) Выпуск № 5 (51), 2013 г. С. 1-5.
7. Казакова В.А., Терещенко А.Г., Недвига Е.С. Пожарная безопас-ность висотних багатофункціональних зданий. Строительство уникальных зданий и сооружений, 2014. №3 (18). С. 38-56.
8. С.О. Ємельяненко, , А.І. Харчук, О.В. Міллер, О.М. Мартин. Аналіз пожежних ризиків для висотних та багатоповерхових житлових будинків міста Львів. Пожежна безпека №27, 2015. С. 57-63.
9. А.Я. Корольченко. О.О. Ворогушин. Динамика развития пожаров в высотных зданиях. Пожаровзрывобезопасность. 2012, 21(12). С. 60-66.
10. Холщевников В.В. Кудрин И.С. Анализ русловий обеспечения требуемого уровня индивидуального пожарного риска в высотных зданиях. Жилищное строительство 2010. С. 11-14.
11. Карпов В.Л., Медяник М.В. О необходимости реализации процесса превентивного спасения людей при пожаре в уникальных высотных зданиях. Пожаровзрывобезопасность, 2018, 26(8). С. 25-30.

A.J. Kalynovskyi, PhD, associate professor, S.M. Shakhov, PhD, O.G. Polivanov,  
National University of Civil Defense of Ukraine

### RESEARCH OF FIRE DEVELOPMENT IN MULTI-STORY BUILDINGS IN CITIES OF UKRAINE

Summary: The division of urban settlements into appropriate groups by population and area using the methods of cluster analysis. Statistical data characterizing the process of extinguishing fires by emergency rescue formations of cities have been processed.

*А.Я Калиновський, к.т.н., доцент, НУЦЗУ, С.М. Шахов, к.т.н., НУЦЗУ*  
**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ГЕНЕРУВАННЯ ТА  
ПОДАВАННЯ КОМПРЕСІЙНОЇ ПІНИ**

Для пін, які застосовують у пожежогасінні, до основних їх властивостей відносять кратність, стійкість, дисперсність і однорідність [1, 2].

Відомо [1], що у разі отримання піни повітряно-механічним способом за збільшення кратності зростає і середній діаметр бульбашок. При цьому за збільшення кратності піни товщина плівок між бульбашками зменшується. Отже, зі збільшенням кратності повітряно-механічна піна стає низько дисперсною й її стійкість зменшується, наслідком чого є зниження її вогнегасної здатності. Авторами в роботі [3] доведено, що для компресійної піни взаємозв'язок кратності та дисперсності є прямо пропорційним – чим вище кратність, тим вище її дисперсність і стійкість. Таким чином, для компресійної піни саме кратність є ключовою характеристикою, що визначає галузь застосування компресійної піни та її фізичні параметри. Оскільки компресійна піна створюється в системах із використанням стисненого повітря, взаємозв'язок технічних параметрів цієї системи визначає кратність компресійної піни.

За результатом огляду наукових праць можна зробити висновок, що їх переважна кількість спрямована на вивчення вогнегасної ефективності компресійної піни під час гасіння різних речовин, в залежності від типів та концентрації піноутворювачів та кратності піни, що використовується за допомогою систем генерування та подавання компресійної піни. При цьому в експериментальних дослідженнях застосовуються системи генерування та подавання компресійної піни з різними параметрами. Але поза увагою залишилося важлива та невирішена частина проблеми проектування цих систем, яка полягає у дослідження впливу її технічних параметрів на властивості компресійної піни, а саме на її кратність, від якої залежить властивості та вогнегасна ефективність.

Метою дослідження є встановлення впливу параметрів системи генерування та подавання компресійної піни на кратність піни, від якої залежить інші властивості піни та вогнегасна ефективність в цілому.

Основні вхідні параметри математичної моделі процесу генерування компресійної піни наведено у [4, 5].

Аналізуючи термодинамічні процеси, вхідні та вихідні параметри та основні принципи побудови систем генерування та подавання піни [6] можна зробити висновок, що визначальними параметрами, що впливають на властивості піни є:

- тиск на виході компресора;
- діаметр рідинного сопла;
- діаметр газового сопла.

На рис. 1. наведено графік впливу тиску на виході з компресора та розміру діаметру рідинного сопла на кратність компресійної піни під час її генерування.

Аналізуючи поверхню відгуку (рис 1.), яка відображає залежність впливу тиску на виході з компресора  $P$  та зміну діаметру рідинного сопла  $D_{liq}$ , встановлено, що збільшення тиску від 4 до 6 бар, а також підвищення діаметру рідинного сопла від 4 до 8 мм супроводжується зменшенням кратності на 136%.

При подальшому підвищенні тиску до 8 бар та збільшенні діаметру до 12 мм спостерігається зниження кратності на 85%. Відносно підвищення значення рівнів чинників від нижнього рівня до верхнього спостерігається зменшення кратності піни майже у 4,2 рази

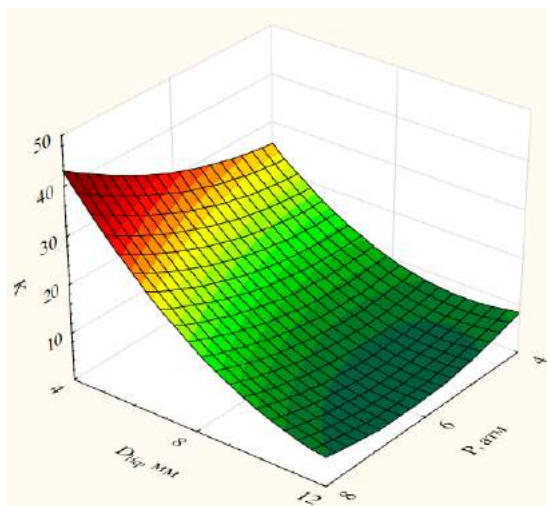


Рис. 1. Залежність кратності компресійної піни  $K$  від тиску компресора на виході та розміру рідинного  $D_{liq}$  сопла

. Встановлена залежність зменшення кратності отриманої піни обумовлена підвищенням пропускної здатності рідинного отвору, за рахунок збільшення його діаметру, а також підвищення швидкості повітря, яке потрапляє у камеру змішування, під час процесу генерування компресійної піни. Поліноміальна модель, яка описує отриману залежність подана формулою:

$$K = 53,9763 - 2,8248 \cdot P - 6,9025 \cdot D_{liq} + 0,819 \cdot P^2 - 0,6375 \cdot D_{liq}^2 + 0,461 \cdot D_{liq}^3, \quad (1)$$

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Ларін О.М., Баркалов В.Г., Виноградов С.А. Калиновський А.Я., Семків О.М. Пожежні машини: навч. посіб. Х.:НУЦЗУ, К.: МПБП "Гордон", 2016. 279 с.
2. Иванов Ю. И., Сараев С. П., Михайлов Ю. П., Ракитянская С. В. Пожарная безопасность. Кемерово: КТИП, 2004. 190 с.
3. Шахов С.М., Виноградов С.А., Кодрик А.І., Тітенко О.М. Вплив кратності компресійної піни на дисперсність і стійкість. Проблеми пожежної безпеки. 2019. Вип. 45. С. 27–33.
4. Шахов С.М., Кодрик А.І., Тітенко О.М., Виноградов С.А. Математичне забезпечення для проектування систем генерування компресійної піни. Науковий вісник НЛТУ України. 2020, т. 30, № 3. С. 111–115.
5. Shakhov S.M., Vinogradov S.A., Kodrik A.I., Titenko O.M., Parkhomchuk O.V. Mathematical modeling of gas-liquid flow in compressed air foam generation systems. Technology audit and production reserves. 2020. № 4/3(54). P. 29–35.

*A.J. Kalynovskyi, PhD, associate professor, S.M. Shakhov, PhD, National University of Civil Defense of Ukraine*

#### STUDY OF THE INFLUENCE OF THE PARAMETERS OF THE COMPRESSED AIR FOAM SYSTEM

Summary: It was established that the main parameters of systems for generating and supplying compression foam are: pressure at the compressor outlet, diameter of the liquid nozzle, diameter of the gas nozzle, ambient temperature, diameter of the foam-generating insert, length of the foam-generating insert, porosity of the porous body, thickness of the foam-generating elements, width of the foam-generating elements. A numerical experiment was conducted on the influence of the parameters of the compression foam supply system on its multiplicity.

*Р. І. Коваленко, к.т.н., Національний університет цивільного захисту України*  
**ОБґРУНТУВАННЯ ПОРЯДКУ ВИБОРУ ТИПІВ ПОЖЕЖНИХ АВТОЦИСТЕРН  
ДЛЯ РІЗНИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ**

Ефективність оперативної діяльності аварійно-рятувальних формувань залежить від багатьох різних чинників, зокрема, рівня забезпечення підрозділів технічними засобами. Серед різних видів аварійно-рятувальних формувань найбільшу кількість складають державні пожежно-рятувальні частини, а поміж видів оперативних транспортних засобів найбільшу чисельність мають пожежні автоцистерни, які відносяться до групи основних пожежних автомобілів. Кількість основних пожежних автомобілів для різних населених пунктів обирається відповідно до вимог [1], а основними критеріями при цьому є чисельність населення та розміри району виїзду пожежно-рятувальної частини, який визначається довжиною шляху слідування підрозділу до місця виклику. Рекомендацій щодо вибору того чи іншого типу пожежних автоцистерн для населених пунктів залежно від їх оперативно-тактичних характеристик у вказаних раніше документах немає. Натомість в багатьох розвинутих країнах в яких пожежно-рятувальні частини перебувають на утриманні муніципалітетів вибір типу пожежних автоцистерн для їх оснащення відбувається виходячи саме із основних потреб підрозділів, а також оперативно-тактичної характеристики району виїзду. Вказаний підхід є ризик-орієнтовним і дозволяє також врахувати економічну складову, що в нашій країні досі не реалізовано.

В роботі проведено статистичне дослідження процесу реагування на пожежі підрозділів пожежно-рятувальних частин. Для цього були опрацьовані статистичні дані про 176 міських населених пунктів України. Далі було здійснено поділ населених пунктів на групи із використанням методів кластерного аналізу. У якості критеріїв для поділу використані дані про чисельність населення міських населених пунктів та площу їх територій. Наступним кроком стало вивчення частоти виникнення пожеж на різних об'єктах з урахуванням виділених груп міст. Крім цього, аналізувалися частота використання різних джерел водопостачання під час гасіння пожеж, сумарні витрати вогнегасних речовин, тривалість часу ліквідації пожеж, частота виникнення пожеж на поверххах будинків та споруд різного призначення. Зібрані дані дозволили розрахунково-аналітичним шляхом визначити основні характеристики пожежних насосів та об'єми ємностей для зберігання вогнегасних речовин, які необхідні для забезпечення успішного гасіння пожеж. Названі дані дозволяють встановити необхідний тип пожежних автоцистерн для оснащення пожежно-рятувальних частин того чи іншого населеного пункту залежно від оперативно-тактичної характеристики, яка склалася на його території в чому власне і полягає суть запропонованого в цій роботі підходу.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Пожежно-рятувальні частини. Вимоги до дислокації та району виїзду, комплектування пожежними автомобілями та проектування: ДСТУ 8767:2018 від 01.10.2019 р. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=76676](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=76676) (дата звернення: 30.08.2022).

*R. I. Kovalenko, PhD, National University of Civil Defence of Ukraine*  
**JUSTIFICATION OF THE SELECTION OF TYPES OF FIRE TANKERS FOR  
DIFFERENT POPULATION POINTS**

The procedure for determining the types of fire truck tankers for fire and rescue units of different sizes of settlements is under consideration. It is recommended to take into account such criteria as the height of the building and the condition of the external fire water supply. The main characteristics of the selected fire trucks will depend on the specified factors.

О.О. Ковальов, к.т.н., доцент, НУЦЗУ

## МЕТОД ОТРИМАННЯ ДАНИХ ДЛЯ ЗАВДАНЬ МОНІТОРИНГУ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Багатофакторність параметрів, що впливають на стан атмосфери, не дозволяє в повній мірі, з використанням існуючих на сьогодні методів і способів математичного моделювання, вирішити задачу прогнозування поширення викидів забруднюючих речовин в атмосфері. Виходячи з цих позицій, розробка сучасних методів оперативного (в умовах НС) контролю стану атмосфери є актуальною проблемою у сфері цивільного захисту.

Елементом технічної структури системи моніторингу атмосферного повітря є безпілотні літальні апарати (БПЛА), відповідно до цього, був розроблений наступний алгоритм тропосферного моніторингу:

1. Отримання даних від елементів системи:

А) Автоматичних постів моніторингу забруднення атмосферного повітря на базі мереж базових станцій 3G / 4G операторів мобільного зв'язку

Б) Метеостанції – метеорологічні параметри (або при прогнозі несприятливі метеоумови - за 6 годин до можливої зміни метеоумов)

В) Оперативно - координаційного центру оперативно-рятувальних служб (пожежі, аварій, вибухи та інші види НС)

2. Визначення зон можливого небезпечного забруднення в приземному шарі атмосферного повітря за допомогою *методу організації моніторингу атмосферного повітря* [1-3].

3. Якщо на основі проведених розрахунків розсіювання забруднюючих речовин не будуть виявлені зони, в яких значення приземних концентрацій забруднюючих речовин перевищують значення 0,7 ГДК, то система переходить в режим очікування наступного пакета даних.

4. У разі можливого перевищення 0,7 ГДК повинен бути розрахований маршрут слідування БПЛА для вимірювань в локальній зоні потенційно небезпечного забруднення. Штаб приймає рішення про необхідність вильоту БПЛА (враховуються метеоумови і характер розсіювання забруднюючих речовин протягом найближчих годин).

5. Час, що відводиться БПЛА для вимірювань, залежить від інтервалу, протягом якого метеорологічні параметри мало відхиляються від значень, при яких було прийнято рішення про виліт для проведення вимірювань. Для визначення мінімального інтервалу часу роботи БПЛА, була проведена обробка метеорологічних даних про напрямку і швидкості вітру. За результатами обробки отримана нижня оцінка часу спаду, при якому кореляція поточних і вихідних значень метеорологічних параметрів значима (не менше 2 годин). Витрати часу льоту БПЛА до точки контролю та проведення вимірювань зазвичай складають не більше 30 хв. Координати точок всередині зони можливого забруднення, в яких необхідно провести вимірювання, формуються до вильоту БПЛА, а в процесі проведення вимірювань можуть бути передані додатково з робочого місця оператора.

6. Результати вимірювань одразу передаються в штаб моніторингу для обробки.

Для реалізації кроків 3-5 описаної схеми необхідно вирішити такі завдання:

1) визначити точки, в яких повинні бути проведені вимірювання приземних концентрацій забруднюючих речовин в зоні можливого небезпечного забруднення;

2) розрахувати маршрут слідування БПЛА до місця локального забруднення;

3) синхронізувати результати вимірювань з урахуванням різного часу проведення вимірювань, через витрати часу на маршрут слідування БПЛА між точками;

4) якщо в результаті вимірів буде виявлено перевищення гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин – визначити джерела забруднювачі, викиди яких призвели до порушення встановлених норм (в список джерел будуть відібрані тільки ті, які можуть впливати на значення концентрацій при поточному напрямку і швидкості вітру). Рішення даного завдання описано в [4].

Оснащення БПЛА повинно включати системи наведення, бортовий радіолокаційний комплекс, датчики та відеокамери. У процесі виконання польоту, як правило, керування БПЛА здійснюється автоматично або полуавтоматично за допомогою бортового комплексу навігації та керування, до складу якого входять: приймач супутникової навігації; система інерційних датчиків; система повітряних сигналів, яка забезпечує вимірювання висоти і повітряної швидкості; різні види антен, призначені для виконання завдань [5].

Бортова система навігації і керування забезпечує: політ за заданим маршрутом (завдання маршруту виробляється із зазначенням координат і висоти поворотних пунктів маршруту); зміну маршрутного завдання або повернення в точку старту по команді з наземного пункту керування; обліт зазначеної точки; стабілізацію кутів орієнтації БПЛА; підтримку заданих висот і швидкості польоту (шляхової або повітряної); збір і передачу телеметричної інформації та параметрів польоту і роботу цільового обладнання; програмне керування пристроями цільового обладнання.

Бортова система зв'язку: функціонує в дозволеному діапазоні радіочастот; забезпечує передачу даних з борту на землю та із землі на борт. Дані, що передаються на борт, містять: команди керування БПЛА; команди керування цільовою апаратурою. Дані, що передаються з борту на землю: параметри телеметрії; потокове відео- та фотозображення, дані дозиметричного та газового аналізу [6].

На сьогодні контроль стану атмосферного повітря з БПЛА виконується за допомогою датчиків на оксидах металів (MOS), що мають наступні якісні переваги: Низька вартість порівняно з хроматографами (від \$1 до \$150 залежно від точності та виробника); Багаторазовість на відміну від індикаторних трубок; Мала маса (нижче ніж у хроматографа та компресора); Аналіз в режимі реального часу.

MOS датчики на відміну від великих хроматографів і індикаторних трубок, не мають такої ж точності, проте їх точність можна підвищити шляхом їх калібрування за допомогою стандартних газових сумішей. Установка кількох датчиків також дозволить підвищити точності та надійності вимірювального пристрою [7].

Для проведення газового аналізу може бути використаний спеціальний газоаналізатор виробництва ООО «Альбатрос» (рис 1) який у базовій конфігурації визначає температуру, вологість, дрібнодисперсні тверді частинки (PM1.0, PM2.5, PM10) а також визначає від 10 до 80 видів газів (в залежності від моделі). Передає всі дані і термограму розподілу газу на наземну станцію управління в режимі реального часу.

Для проведення радіаційного контролю може бути використаний спеціальний дозиметр з відеокамерами Z-16 GAMMA-VR, виробництва ZALA AERO (рис 2). Даний дозиметр проводить детектування рентгенівського і гамма-випромінювання та автоматично відображує дані накладенням на відеопотік в режимі реального часу [7].



Рис. 1. Модульний газоаналізатор виробництва ООО «Альбатрос»



Рис. 2. Дозиметр з відеокамерами Z-16 GAMMA-VR

Для створення БПЛА, найбільш придатні безпілотні авіаційні комплекси «ГранТ», «Альбатрос», «ZALA 421-04M»; «Pointer», «Raven»; «Skylark-1», «Orbiter.



На сьогодні, при провадженні локального контролю стану атмосфери за допомогою БПЛА, завданням оператора є проведення максимальної кількості вимірів за обмежений час автономного польоту, причому визначення необхідної кількості та координат точок проведення вимірів здійснюється оператором або іншою уповноваженою особою на основі власного досвіду та аналізу умов моніторингу.

Да даний час в Україні на промисловому рівні не розробляються вітчизняні безпілотні технології, проте багато компаній пропонують дооснащення та модернізацію БПЛА, виступають в якості дистриб'юторів та інтеграторів професійного обладнання та програмних продуктів для БПЛА провідних світових компаній: XAG, ZALA AERO, EcoFlow, Pix4D, Kandaо, Альбатрос, Chasing, Flyability, MicaSense, DroneDeploy, Parrot, AgroCares, DronePort, Sniffer4D, Dobot і багатьох інших виробників. Наприклад дистриб'ютором DroneUA представлено технологію AirSense – комплексну систему для динамічного визначення концентрації газів інтегровану з бортовими контролерами дронів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Ковалёв А.А. (2020). Обоснование метода оперативного контроля состояния атмосферы в условиях чрезвычайных ситуаций / А.А. Ковалёв // Проблемы надзвичайних ситуацій: зб. наук. пр. НУЦЗУ. - Вип. 31. – Харків: НУЦЗУ, 2020. – С. 48-67
2. Ковальов О.О. (2020). Метод організації моніторингу атмосферного повітря / О.О. Ковальов, В. О. Собина, Д. Л. Соколов, С. В. Гарбуз, С. В. Васильєв, В. Б. Коханенко // «Техногенно-екологічна безпека» Науково-технічний журнал НУЦЗ України. - Випуск 9 (1/2021) – Харків: НУЦЗУ, 2020. – С. 94-103 9/2
3. Директива 2008/50/ЄС Європейського парламенту та ради від 21 травня 2008 року «Про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи»
4. Using A Drone in Environmental Monitoring : Particulate Matter Measurement Gnawali, Netra (2018) Режим доступу: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2018122022616>
5. Atkins N. Air Pollution Dispersion: Ventilation Factor. Режим доступу: [http://apollo.lsc.vsc.edu/classes/met130/notes/chapter18/dispersion\\_intro.html](http://apollo.lsc.vsc.edu/classes/met130/notes/chapter18/dispersion_intro.html).
6. Yukihiisa Sanada, Yoshimi Urabe, Miyuki Sasaki, Kotaro Ochi, Tatsuo Torii (2018). Evaluation of ecological half-life of dose rate based on airborne radiation monitoring following the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident // Journal of Environmental Radioactivity, Volume 192, December 2018, Pages 417-425
7. Грядунов Д.А., Митрофанов Е.В., Бубненко Д.И. (2012). О применении комплексов беспилотных летательных аппаратов в системе многоуровневого экологического мониторинга // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2012. – № 4. – С. 95–99.

*A.A. Kovalev Ph.D., Associate Professor, NUCDU*

#### **DATA ACQUISITION METHOD FOR MONITORING PURPOSES BY UNMANNED AERIAL VEHICLES**

Modern types and characteristics of measuring equipment that can be installed on board unmanned aerial vehicles and used for atmospheric monitoring are considered.

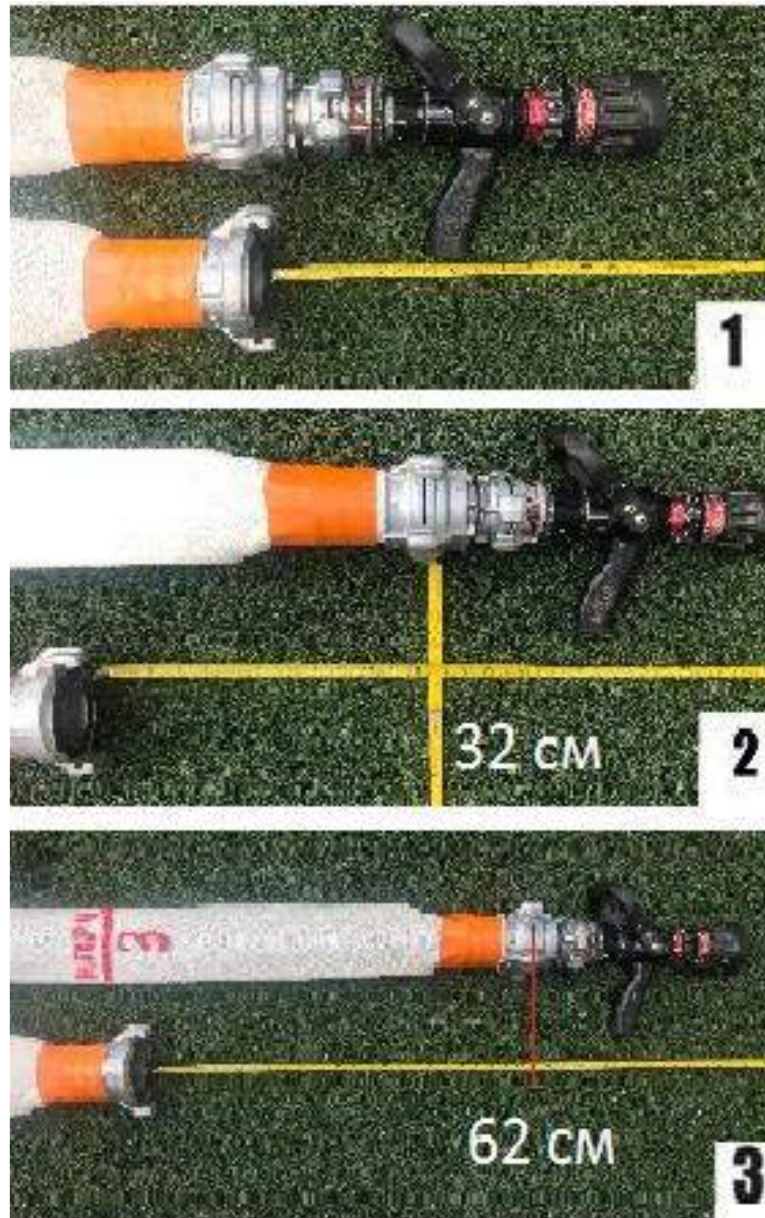
A tropospheric monitoring algorithm based on the use of unmanned aerial vehicles has been developed.

*Д. В. Колесніков, к.т.н., доцент, Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв  
Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України*

*С. В. Стась, к.т.н., доцент, Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв  
Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України*

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОЖЕЖНИХ РУКАВІВ**

Проведені експерименти дали можливість стверджувати про незначні зміни діаметрів досліджуваних пожежних рукавів, що не чинять суттєвого впливу на процес транспортування вогнегасних рідин до пожежних стволів чи насадок. Окрім того, встановлені значення змін діаметрів не перевищували значень похибки вимірів.



**Рис. Вимірювання геометричних параметрів рукавів напірних латексних пожежних діаметром 77 мм типу Т (зміни довжини) при застосуванні пожежного ствола PROTEK 366, 1 – фіксація початкового стану; 2 – порівняльне збільшення довжини рукава при витраті 475 л/хв і тиску 1,0 МПа; 3 – порівняльне збільшення довжини рукава при витраті 115 л/хв і тиску 0,4 МПа.**

Встановлені факти подовження досліджуваних пожежних рукавів. Максимальна зміна довжини спостерігалася при використанні заглушки на кінці рукавної лінії та потроху зменшувалася при зростанні витрати пожежного ствола за умови постійного значення тиску. Таким чином, можна стверджувати, що у зв'язку зі зміною витрати відбувається повздовжня деформація пожежного рукава, пов'язана із фізико-механічними властивостями матеріалу, з якого він виготовлений, передусім його пружністю. Іншою причиною подовження пожежного рукава є прояв гідродинамічного тиску, як величини, що характеризується середньоарифметичним значенням суми нормальних напружень у рідині.

Максимальне подовження було зафіксоване при генеруванні потоку вогнегасної рідини з використанням рукава діаметром 77 мм довжиною 1960 см при тиску на його вході 1,0 МПа та витраті

1,9 л/с, що відповідає вимогам чинних нормативних документів із експлуатації пожежних рукавів (відносно подовження склало 0,032).

Величина подовження пожежних рукавів при транспортування ними вогнегасних рідин (у проведених дослідженнях – води) залежить від фізико-механічних властивостей матеріалів, з яких вони виготовлені, тиску рідини на їх вході й витрати. Залежність зміни геометричних параметрів пожежних рукавів при застосуванні пожежного ствола Protek 366 від температури не досліджувалася.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Стась С. В. Експериментальне дослідження зміни геометричних параметрів пожежних рукавів під час подачі вогнегасних речовин / С. В. Стась, А. О. Биченко, Д. В. Колесніков, О. І. Мигаленко, М. О. Пустовіт. // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: "Гідравлічні машини та гідроагрегати". – 2021. – №2. – С. 39–42. <https://doi.org/10.20998/2411-3441.2021.2.06>.
2. Stas S., Maglyovana T., Nyzhnyk T., Kolesnikov D., Strikalenko T. Improving the efficiency of water fire extinguishing systems operation by using guanidine polymers. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020, vol. 1, no. 10 (103), pp. 20–25. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.196881>.
3. Яхно О. М., Семинская Н. В., Колесников Д. В., Стась С. В. Дестабилизация потока в канале с изменяющимся по длине расходом Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2014. Т. 3, № 7 (69). С. 45–49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.24658>.
4. Стась С. В. Особенности распределения скорости и давления водяной струи на выходе из пожарного ствола или насадки / С.В. Стась, О.М. Яхно, Е.В. Лаврухин. // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: "Гідравлічні машини та гідроагрегати". – 2020. – №1. – С. 31–35. <https://doi.org/10.20998/2411-3441.2020.1.05>.

*S. Stas, PhD, Associate Professor, Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Defense of Ukraine*

*D. Kolesnikov, PhD, Associate Professor, Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Defense of Ukraine*

#### RESEARCH OF GEOMETRIC PARAMETERS CHANGE OF THE OF FIRE HOSES

Three types of hoses were used for the research: latex fire hoses with diameters of 51 mm 77 mm type T and fire hoses with double-sided polymer coating with diameters of 51 mm type T. Максимальное удлинение (62 см при длине рукава 1960 см, относительное удлинение составляло 0,032) было зафиксировано при транспортировке воды пожарным рукавом диаметром 77 мм при давлении на входе 1,0 МПа и расходе 1,9 л/с, вопрос изменения потерь напора по длине не рассматривались.

*В.Б. Коханенко, к.т.н., доцент, НУЦЗУ*

## ОСОБЛИВОСТІ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ШИН АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНОГО АВТОМОБІЛЯ

Збільшення швидкісних та навантажувальних характеристик сучасних аварійно-рятувальних автомобілів визначили необхідність перегляду конструкції їх шин. Так, в сучасних шинах стали застосовувати металокорд в брекері для збільшення жорсткості і екрануємий шар для його додаткового захисту. Ці конструктивні рішення дозволили зменшити вагу шини, збільшити навантаження на неї і швидкість її кочення. Однак, з'явилися і недоліки. Так, наприклад, збільшилася кількість виходів шин з експлуатації через руйнування плечової зони і розшарувань в брекері. Однією з причин дефекту є підвищення термонапруженого стану шини в зазначеній зоні. В дійсний час по таким дефектам виходять з експлуатації 50-70% шин [1], що не дозволяє реалізувати ресурс шини по зношенню протектора та робить їх непридатними для наступного відновлювального ремонту. Крім того, стандартні шини, якими комплектуються аварійно-рятувальні автомобілі, розраховані під певне навантаження, відповідні швидкості руху, на обмежений період експлуатації. Умови експлуатації аварійно-рятувальних автомобілів значним чином відрізняються від умов експлуатації транспортних автомобілів, а саме: на шини постійно діє статичне навантаження від вогнегасних речовин, від аварійно-рятувального обладнання й інструменту, від ПТО; це навантаження в 1.5 й більше разів перевищує навантаження транспортних автомобілів; швидкості руху аварійно-рятувальних автомобілів весь час максимально можливі за різноманітних погодних умов; під час експлуатації присутні різкі рушіння з місця і різке гальмування, маневри на поворотах на високих швидкостях руху; рух не лише по дорогам з твердим покриттям; перебування шин в розлитих нафтопродуктах; перебування шин під впливом теплових випромінювань від пожежі; часті удари о бордюри, о каміння та інші перешкоди; рух по склу та по гострим речам і таке інше... Тому, актуальною науково-технічною проблемою є недопущення та попередження передчасного виходу шин аварійно-рятувального автомобіля з експлуатації. З проведених досліджень, представлених на рис. 1, в результаті вимірювання внутрішніх полів температур встановлено, що з початку кочення шини по барабану стенду через 9 хв. температура у зоні дефекту шини перевищувала температуру інших (бездефектних) зонах на 4-10 °С. При визначенні впливу дефектів шини на поверхневий температурний режим користувалися переносним приладом часткового випромінювання «Пірометром 4П-01 "Смотрич"». Випробуванням підлягала серійна шина 205/70 R14. Було встановлено, що перевищення поверхневої температури в зоні дефекту по відношенню до максимальної температури в подібних бездефектних зонах становило 3 ... 5 °С [3, 4].

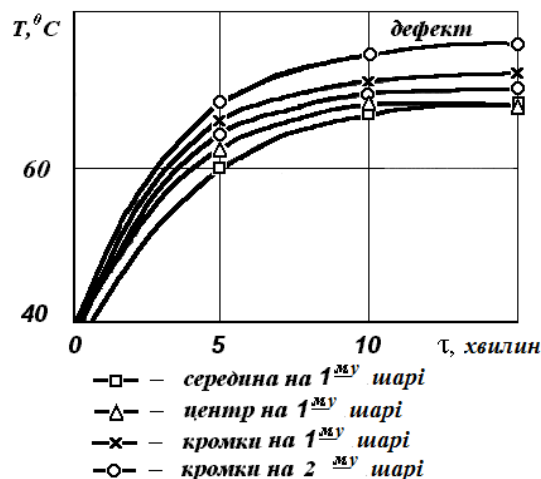


Рис. 1 Розподіл температур по шарам шини 205/70R14 ІД-220

Для визначення впливу внутрішніх дефектів, що утворюються в результаті злиття мікротріщин, поганої адгезії гуми з кордом, або через виробничий дефект на температурні поля шини проводився наступний експеримент [1, 2]. Підготовка шин 205/70 R 14 та їх випробування проводились на обладнанні ВО «Білоцерковщина». Навантажувальні параметри при випробуваннях відповідали експлуатаційним, а саме: внутрішній тиск – 0.21 МПа, навантаження на шину – 5.0 кН, а швидкість кочення по біговому барабану – 10...20 м/с. Досліджувана шина мала пробіг 26.9 тис. км. на шинообкатному стенді в прискореному режимі випробувань. Температуру на поверхні шини вимірювали у місцях можливої появи дефектів переносним пірометром часткового випромінювання 4П-01 «Смотрич». Результати випробувань представлені як діаграми на рис. 2.

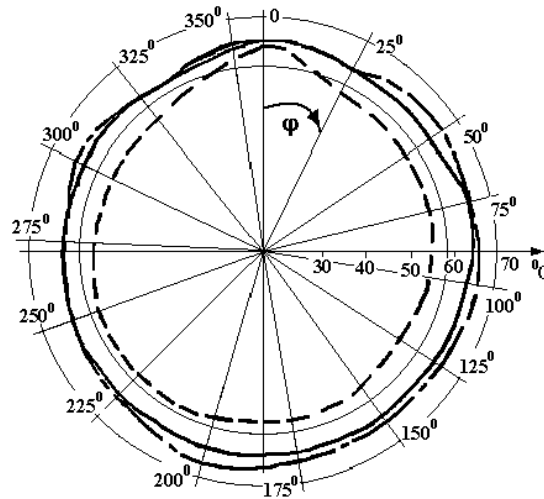


Рис. 2. Розподіл температури на поверхні шини 205/70 R 14: \_\_\_\_\_ 80 хв. котіння;  
 \_\_\_\_\_ 140 хв. котіння; \_\_\_\_\_ 320 хв. котіння

На безпеку руху аварійно-рятувальних автомобілів безпосередньо впливають такі регульовані фактори, як тривалість експлуатації шин та їхні конструктивні особливості. Тривалість експлуатації шин встановлюється заводом-виробником, зазначена в паспорті на шину і визначається в кілометрах пробігу шин транспортних автомобілів через зношення протектора. В аварійно-рятувальних автомобілів шини не виходять з експлуатації через зношення протектора, а значить, знаходяться в експлуатації в плинні часу довше, ніж визначено заводом-виробником. За цей час у шин накопичується багато внутрішніх пошкоджень (мікротріщини, локальних дефектів, відшарування чи розшарування шарів корда), що призводить до раптового виходу шини з експлуатації.

Оскільки аварійно-рятувальні автомобілі експлуатуються в державних пожежно-рятувальних частинах, то бажано, щоб ці підрозділи сліdkували за станом шин.

В результаті проведених досліджень можливо визначити наступні висновки.

1. Експериментальними дослідженнями визначено, що внутрішні дефекти котрі утворюються в результаті злиття мікротріщин, поганої адгезії гуми з кордом, або через виробничий дефект впливають на температурні поля шини так, що у місцях передбачуваного дефекту перевищення становить: через 80 хв. кочення – 9%; через 140 хв. кочення 16%. чим підвищує їх термонапружений стан. Ці дослідження дозволяють приймати рішення по необхідності контролю за температурним станом шини.

2. Експериментальними дослідженнями визначено, що зовнішні дефекти, котрі утворюються через порушення правил експлуатації шин, впливають на температурні поля шини так, що у інтервалі часу 10...20 хв. з початку кочення шини зі швидкістю руху понад 30 м/с за її поверхневими температурними полями можна судити про наявність та величину дефектів. Перевищення температури зони дефекту становило трохи більше 5 %.

3. Експериментальними дослідженнями підтверджено температурного стану шини в зоні дефекту (як зовнішнього, так і внутрішнього) по відношенню до інших зон 3 - 5 °С, що дає можливість визначення за допомогою нескладних переносних перетворювачів, які працюють на основі інфрачервоного методу, загального стану і придатності шини.

4. Для зниження небезпеки передчасного виходу радіальних шин з експлуатації в результаті перевищення її теплового стану і руйнування її конструкції пропонується комплектувати аварійно-рятувальні автомобілі шинами з наступними конструктивними особливостями: - по-перше, не радіальної, а діагональної конструкції; оскільки радіуси виїзду аварійно-рятувальних автомобілів не перевищують 20 км, то їхні шини не встигатимуть розігрітися до критичних температур; - по-друге, зі зменшеною висотою протектора в порівнянні з шинами транспортних автомобілів; що призведе до: підвищення зчеплення шини з поверхнею дороги, особливо на віражах чи поворотах, а також під час гальмування; дозволить шинам виходити з експлуатації через зношення протектора; - по-третє, слідкувати за тепловим станом шин, а саме періодично перевіряти значення їхніх температурних полів в умовах державних пожежно-рятувальних частин за допомогою переносних перетворювачів, які працюють на основі інфрачервоного методу.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Integrated dynamics and efficiency optimizati on for EVs Vehicle dynamics international – 2019. P. 38–39. DOI:10.1002/asjc.1686.
2. Larin O., Vinogradov S., Kokhanenko V., Pat. 82321 Ukraine, IPC (2013.01) B60C 23/00. Adjustment for temperature adjustment in pneumatic tires / applicant and patent holder of the National University of Civil Society of Ukraine. –No. u201302439, application no. 02/26/2013; publ. 07.25.2013, Bul. No. 14.
3. Larin, O. (2015). Probabilistic of fatigue damage accumulation in rubberlike materials. *Strength of Materials*, 47, 6, 849–858. DOI:10.1007/s11223–015–9722–3.
4. Kokhanenko VB, Kachur TV, Ragimov S.Yu. Influence of tire design on traffic safety of emergency rescue vehicle // *Bulletin of the National University of Civil Defense of Ukraine / "Problems of Emergencies"*. - Kharkiv NUTSZU. - 2021. № 33.

*V. Kokhanenko, PhD, Associate Professor, Senior Lecturer of the Department*

#### **FEATURES OF SAFE OPERATION OF TIRES EMERGENCY RESCUE VEHICLE**

Modern rescue vehicles are equipped with radial tires with a metal cord in the breaker. Such tires have become more difficult to manufacture, and in operation they are characterized by defects that are characteristic of composites. Defects of composites are tedious destruction of their components. Such tires are characterized by premature and unpredictable decommissioning. In order to realize the resource of the tread to complete wear and increase the reliability of operation of tires of rescue vehicles, it is necessary to determine the causes of premature failure of tires. The solution of this issue led to the study of the temperature distribution in the elements of the pneumatic tire, as well as to determine the impact of tire defects on the performance and reliability of the rescue vehicle. In the study of the causes of decommissioning of tires, it was found that the presence of defects impairs the heat dissipation from the frame and from all layers of the tire, which increases their thermal stress. hese phenomena lead to unforeseen sudden decommissioning of rescue vehicles. Therefore, the urgent scientific and technical problem is the prevention of premature decommissioning of tires, and thus the prevention of accidents with cars in general during their call. Substantiated proposals for the design of emergency rescue tires. The obtained data will increase the reliability and safety of rescue vehicles when traveling to the place of call.

Є.М.Криворучко, НУЦЗ України

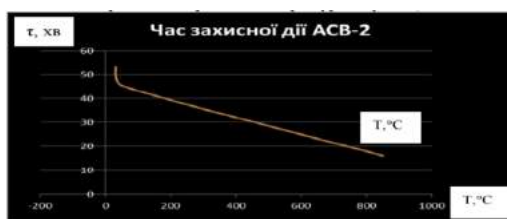
**ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТРЕНУВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА ТРЕНАЖЕРІВ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ПОЖЕЖНИХ ТА РЯТУВАЛЬНИКІВ**

Гасіння пожеж та ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій передбачає ведення оперативних дій в умовах складної обстановки, вдень і вночі, при високих і низьких температурах, в задимленому і загазованому середовищі, на висотах і в підвалах, в умовах вибухів, обвалів, землетрусів тощо. В тому числі у задимленому та загазованому середовищі.

У кожному гарнізоні обласного рівня, в містах Київ та Севастополь повинні бути побудовані і оснащені необхідним обладнанням стаціонарні теплодимокамери та навчально-тренувальні комплекси. Створення їх у гарнізонах, нижчих за рівнем, визначається начальником гарнізону ОРСЦЗ. [1].

В Україні функціонує 25 гарнізонів ОРСЦЗ, в яких нараховується 970 пожежно-рятувальних підрозділів з виїзною пожежною технікою та понад 23 тисячі чоловік особового складу газодимозахисників. Для їх підготовки створені тренувальні комплекси, які нараховують 89 теплодимокамер, 215 димокамер та 29 теплокамер [2].

Що стосується умов, які створюються у ТДК для тренування, то приблизна температура в димокамерах сягає не більше 30°, а в теплокамерах до 58°+2°C, та "Правила безпеки праці в органах і підрозділах" вимагають не перевищувати 50°C [3], в той час, коли температура пожежі в приміщенні сягає значно вищих показників, що безпосередньо впливає на час захисної дії засобів захисту органів дихання (рис. 1). [4]



**Рисунок 1 – Час захисної дії АСВ-2 в залежності від температури.**

Важливим також є те, що в якості димоутворюючих засобів використовуються імітатори (театральний дим), що не викликають отруєння і опіків у разі знаходження газодимозахисників в задимлених приміщеннях без ЗДА, та й практично не подразнюють органи чуття значною мірою, що дає змогу нехтувати такими пунктами як підгонка масок, їх цілісність та герметичність апарата, проникнення диму та газів у підмасковий простір тощо.

Умови підготовки, які створюються на існуючих навчально-тренувальних комплексах не відтворюють умов пожежі, а застарілі сценарії тренувань дають змогу призвичаїтись газодимозахисникам до них, проте не до пожеж, що ставить під сумнів ефективність такої підготовки у фізичному, психологічному та психофізіологічному планах.

При цьому закордонні аварійно-рятувальні формування та навчальні заклади активно використовують під час підготовки рятувальників та підтриманні високої бойової готовності діючих формувань різноманітні сучасні тренувальні комплекси та тренажери як стаціонарні так і мобільні. Такі комплекси та тренажери є комп'ютеризованими системами навчання, які дозволяють у безпечних, контрольованих умовах підготувати працівників оперативно-рятувальних служб, підвищити їх готовність до дій за призначенням в різних умовах.

Такі виробники пожежно-рятувального обладнання як «DRAGER» (Німеччина), «KFT Fire Trainer GmbH» (Німеччина), «KIRILA Fire» (США), «LION» (США), «EGERIA Group» (Польща) та ін., пропонують тренувальні комплекти для підготовки рятувальників за різними напрямками та у різних варіаціях виконання [6-8].

Стационарні тренувальні комплекси дозволяють проводити підготовку та підвищення (підтримання) готовності рятувальників в умовах максимально наближених до реальних. Такі комплекси можуть бути скомпоновані відповідно до конкретних потреб чи задач, містити у своєму складі окремі тренажери та за необхідності бути трансформовані або розширені на місці використання (рис. 2).



**Рисунок 2 – Стационарні тренувальні комплекси.**

Мобільні тренувальні комплекси дозволяють вирішувати меншу кількість задач та використовуються для підготовки рятувальників конкретного напрямку, проте мають свою головну перевагу – можливість використання в будь-якому місці (рис. 3).



**Рисунок 3 – Мобільні тренувальні комплекси.**

Макетні тренажери дозволяють проводити навчання та підготовку рятувальників як окремо, так і у складі підрозділу. При цьому їх перевагою є можливість більш детального розбору особливостей проведення оперативних дій в конкретних ситуаціях (рис. 4).



**Рисунок 4 – Макетні тренажери.**

Важливим моментом в роботі рятувальника є розуміння процесів, що протікають, та явищ, що можуть виникати під час виникнення та розвитку надзвичайної ситуації, події, пожежі. У випадку пожежі, саме від здатності рятувальника «читати» ознаки поведінки розвитку пожежі залежить успіх оперативних дій.

Так для демонстрації явищ пожежі може бути використаний макет будинку, що представлено на рис. 5. Макет будинку виготовлений з металу та дозволяє моделювати та вивчати процеси та явища, що протікають під час пожежі в приміщеннях. [5].





Рисунок 5 - Макет будинку для дослідження розвитку пожежі

Таким чином впровадження сучасних тренувальних комплексів та тренажерів в систему підготовки рятувальників є необхідною запорукою готовності підрозділів та формувань ОРС ЦЗ до дій за призначенням в сучасних умовах.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Наказ МНС України від 16.12.2011 №1342 „ Настанова з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України”.

2. В.І.Луц, Р.С.Яковчук, Д.П.Войтович. Методика проведення практичних занять у багатофункціональному тренажері контейнерного типу / Пожежна безпека № 36., 2020 – С 84-94.

3. Наказ МНС України від 07.05.2007 № 312 „ Правила безпеки праці в органах і підрозділах МНС України”.

4. В.І.Луц, Р.В.Пархоменко, А.С.Лин. Дослідження умов проведення тренувань газодимозахисників України у стаціонарних тренувальних комплексах / Пожежна безпека №26., 2015 – С. 110-115.

5. Дубінін Д.П., Майдан В.С. Дослідження засобів навчання для підвищення рівня професійної майстерності особового складу пожежно-рятувальних підрозділів під час гасіння пожеж / МАТЕРІАЛИ круглого столу (вебінару) «Запобігання надзвичайним ситуаціям та їх ліквідація», НУЦЗУ – Харків., 2022 – С. 175-177.

6. KFT Fire Trainer. URL: <https://kft.firetrainer.com/en/index.html>

7. Kirila Fire Training Facilities, Inc. URL: <https://www.kirilafire.com/fire-ems.html>

8. Copyright © 2018 LION Group URL: <https://www.lionprotects.com/live-fire-firefighter-training-props#>

*Ye.Kryvoruchko, National University of Civil Defence of Ukraine*

#### **RESEARCH OF MODERN TRAINING COMPLEXES AND TRAINING TRAINERS FOR FIREFIGHTERS AND RESCUERS**

Extinguishing fires and eliminating the consequences of emergency situations involves conducting operational actions in difficult conditions, day and night, at high and low temperatures, in smoky and gassed environments, at heights and in basements, in conditions of explosions, collapses, earthquakes, etc. The conditions of training created at the existing educational and training complexes do not reproduce the conditions of a fire, and outdated training scenarios allow gas and smoke protection officers to get used to them, but not to fires, which calls into question the effectiveness of such training in physical, psychological and psychophysiological terms.

*Б.І. Кривошеї, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет цивільного захисту України*

## **ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ФОРМУВАННЯМИ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНОЇ СЛУЖБИ**

Незважаючи на високі показники в роботі підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) актуальним залишається необхідність у технічному їх переоснащенні, насамперед формувань Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту сучасною технікою, рятувальним обладнанням та спецзасобами. Це пов'язано з тим, що на оснащенні підрозділів 75% автомобільної та пожежно - рятувальної техніки знаходиться в експлуатації від 15 до 45 років, близько 85% якої потребує капітального ремонту або списання. Темпи фізичного та морального старіння випереджують темпи поставок нових зразків у 10 – 15 разів, що через 3 – 5 років призведе до зниження здатності підрозділів ДСНС виконувати завдання за призначенням. Існує гостра потреба у сучасних видах техніки та засобах оперативного реагування, спеціальних видів пожежної техніки та обладнання, в тому числі сучасних засобах проведення хімічної, радіологічної розвідки та проведення розвідки пожеж на відкритих територіях. Така ситуація відображає актуальність необхідності постановки на оснащення підрозділів ДСНС безпілотних літальних апаратів (БПЛА).

Можна стверджувати, що саме БПЛА можуть стати однією з ефективних складових авіаційних засобів для виконання завдань із запобігання, виявлення та ліквідації надзвичайних ситуацій природного й техногенного характеру.

З метою упорядкування застосування безпілотних літальних апаратів у територіальних підрозділах Державної служби України з надзвичайних ситуацій та організації їх державної реєстрації відповідно до пункту 3.2 розділу III Правил реєстрації державних повітряних суден України [1] у ДСНС був виданий розпорядчий документ про допуск до експлуатації безпілотних літальних апаратів [2].

Функції та завдання що вирішуються підрозділами ДСНС з застосуванням БПЛА наступні:

розвідка (спостереження) - збір інформації в інтересах попередження, прогнозування і виявлення НС; спостереження за станом об'єктів; розвідка стану об'єктів та інформаційна підтримка під час ліквідації НС; контроль за результатами ліквідації НС;

цілевказання - цілеспрямоване передавання з борта БПЛА даних у масштабі реального часу про об'єкти, на яких необхідно ліквідувати НС (на яких ліквідується НС); пошук і рятування - виявлення місця розташування осіб, які підлягають рятуванню в умовах НС, і передача інформації про них на встановлені пункти її приймання; оперативна доставка засобів рятування до осіб, які підлягають рятуванню;

гасіння пожеж - виявлення людей у приміщеннях будівлі під час ліквідації пожеж; застосування для гасіння локальної пожежі у важко доступних місцях; гасіння пожеж в умовах висотних будівель; доставка необхідних засобів (канати, пожежні рукави, захисні речі тощо) для рятування людей під час пожеж;

транспортування вантажів (засобів рятування) - доставка медичних препаратів у важкодоступні місця і під час НС для надання оперативної медичної допомоги; доставка продуктів харчування у важкодоступні місця під час НС; доставка рятувального обладнання;

радіаційна, хімічна та біологічна розвідки - моніторинг потенційно небезпечних зон; оцінка рівня радіації; виявлення загрози; ідентифікація отруйних речовин; ідентифікація біологічних засобів; попередження та визначення місця розташування загрози;

виявлення мін (вибухонебезпечних об'єктів) - виявлення й установлення місця розташування мінних полів і окремих мін з повітря; виявлення й установлення місця розташування вибухонебезпечних об'єктів.

Основна перевага БпЛА - відсутність екіпажу, систем життєзабезпечення та іншого додаткового обладнання, яке гарантує безпеку людини на борту. БпЛА здатний діяти в зонах біологічного, радіаційного та хімічного зараження. У кризовій ситуації, пов'язаній з ризиком втрати, апаратом можна пожертвувати. Тому може запропонувати велику дальність і витривалість, що робить їх більш ефективними, ніж аналогічні пілотовані системи. Крім цього, важливим моментом для безпілотної є відсутність впливу людського фактору при управлінні апаратом в екстремальних умовах, що перевищують або межують із фізіологічними можливостями організму. Головною особливістю БпЛА є те, що майже всі апарати виконують свої завдання в автоматичному режимі. Візуальна інформація з БпЛА може бути отримана в режимі реального часу або після доставки та обробки у день здійснення польоту (спостереження).

Безпілотною здійснює політ в умовах впливу на нього низки факторів : надзвичайна ситуація; поставлене завдання щодо повітряного спостереження (моніторингу); особливості місцевості, де розташовані об'єкти спостереження (моніторингу); управління БпЛА з боку пілота (пілота оператора); метеоумови; пориви вітру; пора року; час доби.

Зміст завдання щодо повітряного спостереження (моніторингу) обумовлюється визначенням відповідних ділянок місцевості, а також вимогами до виявлення і розпізнавання об'єктів спостереження (моніторингу). Місцевість характеризується своїм рельєфом (рівнинна, горбиста, гориста тощо), рослинним покривом, ґрунтом, маскувальними можливостями тощо . Безпосереднє управління польотом БпЛА здійснює пілот або пілот-оператор. Якість управління залежить від наявності спеціальної авіаційної підготовки пілота (пілота-оператора), його фізіологічного стану, рівня практичної навченості управляти БпЛА в різноманітних умовах.

Висновки. На підставі проведеного аналізу тенденцій використання БпЛА та напрямів їх подальшого розвитку можемо стверджувати, що використання безпілотної літальних апаратів є дуже перспективним. Їх впровадження стрімко розвивається і їм належить гідне місце у процесах, пов'язаних з завданнями що вирішуються підрозділами ДСНС.

Управляти БпЛА можна навчити практично будь-кого — це не надто складно. Проте, необхідні фахівці, здатні професійно експлуатувати авіаційну техніку і повною мірою використовувати її функціональний потенціал в поєднанні з грамотним вибором і застосуванням раціональних тактичних прийомів виконання різних завдань в реальних умовах.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження Правил реєстрації державних повітряних суден України та Правил сертифікації екземпляра державного повітряного судна України : наказ Міністерства оборони України від 07.02.2012 № 63 (із змінами) // «Законодавство України» / ВР України.

2. Про допуск до експлуатації безпілотної літальних апаратів : наказ ДСНС від 20.11.2018 № 675.

*B.I. Kryvoshey, candidate of technical sciences, associate professor, National University of Civil Defense of Ukraine*

#### **USE OF UNMANNED AIRCRAFT BY FORMATIONS OF THE OPERATIONAL AND RESCUE SERVICE**

The peculiarities of the use of unmanned aerial vehicles for the prevention, detection and elimination of emergency situations of a natural and man-made nature are considered. Their advantages and disadvantages in solving the tasks assigned to the units of the State Emergency Service with the use of UAVs were analyzed. Recommendations are provided for the training of specialists capable of professionally operating this aviation equipment.

*Куліца Олег Сергійович, к.т.н., доцент*

*Кришталь Василь Миколайович, к.т.н.*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України*

## **ГАСІННЯ ЛАНДШАФТНИХ ПОЖЕЖ НА ТЕРИТОРІЯХ ЗАБРУДНЕНИХ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИМИ ПРЕДМЕТАМИ**

Пожежа – неконтрольований процес горіння, який викликає загибель людей та нищення матеріальних цінностей [1].

Основними видами пожеж як стихійних лих, які охоплюють великі території (сотні, тисячі гектарів), є ландшафтні пожежі – лісові, торф'яні і степові.

Лісові пожежі поділяють на низові, верхові, підземні. За інтенсивністю горіння лісові пожежі поділяються на слабкі, середні, сильні.

Лісові низові пожежі характеризуються горінням сухого трав'яного покриву, лісової підстилки і підліску без захоплення крон дерев. Швидкість руху фронту низової пожежі становить від 0,3-1 м/хв. (слабка пожежа) до 16 м/хв. (сильна пожежа), висота полум'я 1-2 м, максимальна температура на кромці пожежі досягає 900 °С.

Лісові верхові пожежі розвиваються, як правило, з низових і характеризуються горінням крон дерев. При швидкій верховій пожежі полум'я розповсюджується з крони на крону з великою швидкістю, яка досягає 8-25 км/год., залишаючи деколи цілі ділянки незайманого вогнем лісу. При стійкій верховій пожежі вогнем охоплені не тільки крони, а й стовбури дерев. Полум'я розповсюджується зі швидкістю 5-8 км/год., охоплює весь ліс від ґрунтового шару до верхівок дерев.

Підземні або торф'яні пожежі виникають як продовження низових або верхових лісових пожеж і розповсюджуються по шару торфу, який знаходиться на глибині 50 см. Горіння йде повільно, майже без доступу повітря, зі швидкістю 0,1-0,5 м/хв., виділяється велика кількість диму і утворюються прогари (пустоти, які вигоріли). Тому підходити до осередку підземної пожежі треба обережно. Горіння може тривати довго, навіть взимку під шаром ґрунту.

Степові (польові) пожежі виникають на відкритій місцевості, де є суха трава або збіжжя, яке дозріло. Вони мають сезонний характер і частіше бувають влітку, рідше навесні й практично відсутні взимку. Швидкість їх розповсюдження може досягати 25—30 км/год.

За попередніми даними більше ніж на 300 тис. км<sup>2</sup> території України, зокрема в природних екосистемах, є вибухонебезпечні предмети. Тільки від початку широкомасштабної війни проти України найбільшого забруднення вибухонебезпечними предметами зазнали Київська, Харківська, Чернігівська, Сумська, Запорізька, Херсонська та Миколаївська області.

За видом і класифікацією ВВП бувають (рис. 1):

**Міна** — боєприпаси, призначені для встановлення під землю, на землі чи іншій поверхні для вибуху, спричиненого присутністю, близькістю чи контактом людини (транспортним засобом). Мають запобіжний механізм, який не дозволяє їх знімати та знешкоджувати. Можуть мати самоліквідатор для вибуху міни через певний проміжок часу.

Снаряд – основний елемент артилерійського пострілу – служить для придушення і знищення живої сили і вогневих засобів противника, поразки танків і інших броньованих цілей, руйнування оборонних споруд, придушення артилерійських і мінометних батареї і для виконання інших вогневих задач, вирішуваних артилерією.

Граната—вибуховий боєприпас, призначений для поразки живої сили і техніки супротивника за допомогою ручного метання. Розрізняють такі типи гранат, як РГД-5, Ф-1, РГО-88 та інші.

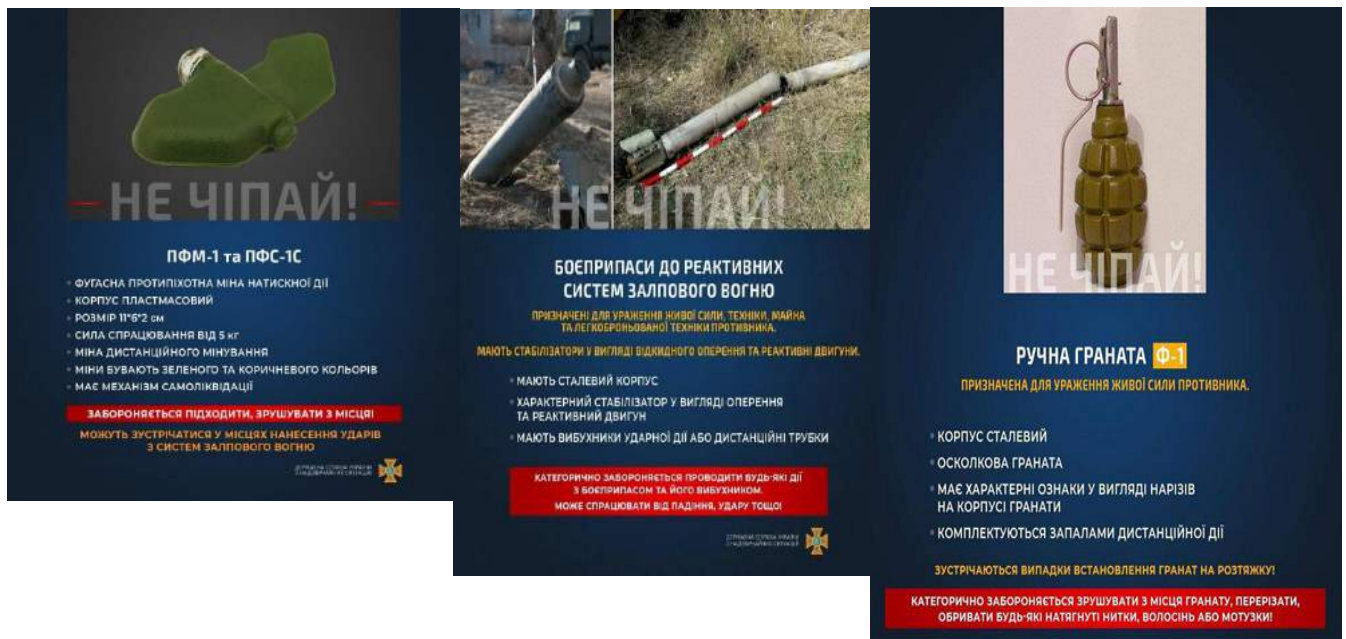


Рисунок 1. Зразок міни, снаряду, гранати.

Для організації гасіння пожеж у природних екосистемах забруднених ВВП рятувальники повинні дотримуватись таких вимог:

1. З метою забезпечення безпеки особового складу оперативні дії повинні організовуватися з урахуванням того, що маршрути висування і територія на місці події може бути потенційно забруднена вибухонебезпечними предметами.

Слід враховувати, що на узбіччях доріг з твердим покриттям, ґрунтових дорогах, територіях поблизу блокпостів і військових позицій (покинутих позицій) можуть бути встановлені протитанкові і протипіхотні міни (міни на розтяжках), саморобні вибухові пристрої та інші вибухонебезпечні предмети.

2. Для забезпечення реагування на пожежі в природних екосистемах, за можливості як правило, повинні застосовуватися капотні пожежні автомобілі, як найбільш безпечні для особового складу оперативних розрахунків у разі підриву на мінах.

3. У разі направлення пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС для гасіння пожеж в природних екосистемах керівники цих підрозділів повинні організувати взаємодію із штабами територіальної оборони, військовими адміністраціями, штабами нацгвардії та ЗСУ для визначення (погодження) безпечних маршрутів руху оперативних розрахунків до місць виконання завдань за призначенням та у зворотному напрямку.

4. Для забезпечення безпечного пересування техніки підрозділів ДСНС слід використовувати дороги з твердим покриттям, не допускаючи з'їзду техніки на узбіччя доріг.

Пересування техніки ґрунтовими та лісовими дорогами здійснювати лише у супроводі представників військових формувань чи піротехнічних підрозділів ДСНС з урахуванням оперативної обстановки та небезпеки пов'язаної з мінами та іншими вибухонебезпечними предметами.

Під час висування пожежно-рятувальних підрозділів до місця виклику необхідно мінімізувати кількість зупинок техніки та переміщення особового складу.

5. З прибуттям пожежно-рятувальних підрозділів до місця виклику старша посадова особа повинна з урахуванням обстановки виконати розвідку, оцінити обстановку на пожежі, визначити вірогідність поширення пожежі на населені пункти та інші об'єкти, найбільш небезпечний напрямок розповсюдження пожежі, необхідну кількість сил і засобів, способи і прийоми гасіння, поставити завдання підрозділам, організувати їх взаємодію, безперервно слідкувати за змінами обставин і приймати відповідні рішення.

6. Основні зусилля підрозділів під час гасіння пожеж в природних екосистемах повинні зосереджуватися на рятуванні людей і захисті населених пунктів та об'єктів.

7. Для припинення поширення пожежі в природних екосистемах слід використовувати природні перешкоди, визначити можливі рубежі введення сил для локалізації пожежі, за можливості у співпраці з військовим командуванням застосувати військову важку інженерну техніку для створення мінералізованих смуг.

8. Для зупинення поширення пожежі в природних екосистемах, враховуючи ситуацію на місці події, доцільно застосовувати випалювання рослинності та пуск зустрічного вогню по фронту пожежі. Особовий склад після пуску вогню необхідно негайно вивести в безпечне місце.

Гасіння пожежі у природних екосистемах у темний час доби може здійснюватися лише у разі крайньої необхідності з обов'язковим дотриманням посиленних заходів безпеки. При цьому подавання водяних стволів на гасіння пожежі слід здійснювати від автоцистерн, які встановлювати виключно на твердому покритті, перевіреній ділянці місцевості або на мінералізованій смузі, що була зроблена безпосередньо перед гасінням пожежі.

9. У разі виявлення вибухонебезпечних предметів негайно повідомляти встановленим порядком піротехнічні підрозділи ДСНС, вибухотехнічні підрозділи Національної поліції України, або органам військового управління чи тероборони [2, 3].

Висновок: Опрацювавши дану тематику пропонуємо дані рекомендації взяти до уваги, враховуючи ситуацію яка склалась на території України.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI;
2. Наказ МВС від 26.04.2018 № 340 «Статуту дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж».
3. Окреме доручення Голови Державної служби України з надзвичайних ситуацій “Про забезпечення безпеки” від 22.03.2022 № 022-01-ОДППУ.

*O.S. Kulitsa, Ph.D., associate professor*

*V. M. Krystal, Ph.D.*

*Cherkasy Institute of Fire Safety named after Heroes of Chernobyl  
National University of Civil Defense of Ukraine*

## **EXTINGUISHING LANDSCAPE FIRES IN TERRITORIES CONTAMINATED BY EXPLOSIVE DANGEROUS OBJECTS**

Fire is an uncontrolled burning process that causes the death of people and the destruction of material values.

According to preliminary data, there are explosive objects on more than 300 thousand km<sup>2</sup> of the territory of Ukraine, in particular in natural ecosystems. Only since the beginning of the large-scale war against Ukraine, Kyiv, Kharkiv, Chernihiv, Sumy, Zaporizhzhya, Kherson, and Mykolaiv regions have experienced the greatest contamination by explosive objects.

For the organization of extinguishing fires in natural ecosystems contaminated with explosive objects, rescuers must comply with the requirements of methodological recommendations for the organization of extinguishing fires in natural ecosystems in the areas of hostilities.

*Д. В. Лагно,*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного  
університету цивільного захисту України*

*М. М. Пелипенко,*

*кандидат педагогічних наук, Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв  
Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України*

*І. О. Ножко,*

*кандидат педагогічних наук, Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв  
Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України*

## **АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ СТВОРЕННЯ ВОДЯНИХ ЗАВІС**

Значення лісів для екосистеми та економіки будь-якої держави важко переоцінити, тому варто звертати особливу увагу на усі фактори, що підвищують небезпеку їх існування і розширення. До останніх у повній мірі (можливо, як одні з найважливіших) можна віднести лісові пожежі, які завдають значних збитків державі і суспільству, як економічних, так і екологічних.

Особливо тривожно, коли мова йде про ліси у зоні відчуження, біля Чорнобильської АЕС. Варто зазначити, що ліси дуже охоче накопичують радіонукліди утримують їх дуже довго [3]. У таких випадках небезпека збільшується в рази, особливо для рятувальників, котрі виконують свої обов'язки у самому осередку жаху.

Одним з ефективних рішень для ліквідації подібних надзвичайних ситуацій є використання водяних завіс, які здатні зменшити теплове навантаження на рятувальників і допомагають створювати протипожежні розриви.

Необхідність використання водяних завіс виникає під час ліквідації пожеж, для гасіння та захисту від надмірного теплового випромінювання, а також під час локалізації аварій пов'язаних з викидом отруйних та радіоактивних речовин з метою осадження токсичних чи радіоактивних хмар [2].

Відомий патент пожежний рукав для створення водяної завіси [1]. Корисна модель відноситься до пожежної техніки, зокрема до допоміжних пристроїв, що підвищує рівень безпеки і технологічність пересування пожежників під час гасіння вогню. Пожежний рукав для створення водяної завіси, що представляє собою гнучку трубчасту конструкцію з сполучними гайками на роз'ємах рукава, згідно з рішенням по довжині рукава виконані перфорації, а один кінець рукава забезпечений заглушкою, а перфорації сформовані за допомогою преса, нанесених на зовнішню поверхню рукава і розташованих на поверхні останнього уздовж поздовжньої осі в шаховому порядку.

Також відомий патент мобільний пристрій постановки водяної завіси [1] пристрій постановки водяної завіси містить гнучкий трубопровід на основі напірного пожежного рукава, заглушений з одного боку і підключається до стаціонарних (зовнішнім або внутрішнім пожежних кранів будівель і споруд) або мобільним (пожежним машинам, мобільним насосних установок) джерел водопостачання, включає поперемінно рознесені на відносно невелику відстань від центральної площини створюваної водяної завіси запресовані в по всій довжині напірного пожежного рукава випускні патрубки.

Пристрої для створення водяної завіси виконані форми пожежного рукава мають ряд невирішених задач, а саме: регулювання витрати води, перекручування рукавної лінії, продовження рукавної лінії та використання пожежного ствола, яке неможливе у зв'язку з втратами напору, незмінні характеристики площі зрошення.

Найбільш близьким аналогом на думку авторів є насадка для водяної завіси [1]. Насадка для водяної завіси містить, як правило, плоску направляючу пластину, короткий трубчастий елемент, жорстко прикріплений до пластини, і різьбовий з'єднувальний елемент, що з різьбленням зачіплює короткий трубчастий елемент. Трубчастий елемент має виріз або зазор, що прилягає до направляючої пластини, що визначає кутову протяжність

розпилювальної завіси, тоді як з'єднувальний елемент має скошений край, який відповідно до різьбового з'єднання з трубчастим елементом який контролює товщину струменю, що видає розпилювач через щілину. З'єднувальний елемент має, переважно, достатню довжину, щоб утримувати направляючу пластину у вертикальному положенні під час використання.

Дана насадка виконує розпилення під кутом 180 градусів, що не вирішує задачу, поставлену авторами, незмінні характеристики розпилення, складна конструкція.

Спираючись на проведений аналіз, ми погоджуємось з авторами перелічених пристроїв щодо високої ефективності використання завіс при запобіганні розповсюдження лісових пожеж та створенні сприятливих умов для рятувальників при їх гасінні. Проте підкреслюємо, що існуючі пристрої створення водяних завіс мають ряд недоліків, а тому потребують удосконалення.

З цієї причини автори поставили перед собою завдання створити пристрій створення водяної завіси з можливістю використання при ліквідації, попередженні, осадженні радіоактивного пилу, хмари та захисту від теплового навантаження рятувальників під час гасіння пожеж.

### ЛІТЕРАТУРА

1. База даних патентів [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://patents.google.com/>

2. Лагно Д. В., Кузик А. Д., Биченко А. О., Ножко І. О. Методи осадження радіоактивного пилу та хмари, під час гасіння низових пожеж в Чорнобильській зоні / Д. В. Лагно, А. Д. Кузик, А. О. Биченко, І. О. Ножко // Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація. – Черкаси, 2020. – № 4 (2). – С. 35-41.

3. Лагно Д. В., Пелипенко М. М., Ножко І. О. Пристрій створення водяної завіси // Надзвичайні ситуації: безпека та захист: Матеріали XI Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю 28-29 жовтня 2021 року. – Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2021. – 200 с. – С. 114-116.

*Denys Lahno,*

*Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Defense of Ukraine.*

*Mykola Pelypenko,*

*Candidate of Pedagogical Sciences, Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Defense of Ukraine*

*Ihor Nozhko,*

*Candidate of Pedagogical Sciences, Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Defense of Ukraine*

### ANALYSIS OF EXISTING DEVICES FOR CREATING WATER CURTAINS

According to the results of the analysis of existing methods and devices for deposition of radioactive dust, clouds and surface irrigation during a ground fire in the exclusion zone, it is established that all fire extinguishing devices available in fire and rescue units and methods of their application are effective only when used locally. during the work of a firefighter-rescuer with a trunk.

An urgent task is to develop equipment for aerosol deposition, dust and surface irrigation and methods of its application. which will increase the area of irrigation and intensify the process of deposition of radioactive dust and clouds.



*А.А. Лісняк, канд. техн. наук, доцент, НУЦЗ України*

*Д.П. Дубінін, канд. техн. наук, доцент, НУЦЗ України*

## **РОЗВІДКА ПОЖЕЖІ В БУДИНКУ СПОСОБОМ VEIS**

Різного виду явища, які супроводжують внутрішні пожежі, є причиною того, що сьогоднішнє середовище такої пожежі є дуже небезпечним місцем. У ньому виникає багато явищ, які пожежні повинні добре розуміти, якщо хочуть виконувати оперативні дії безпечно та ефективно. У результаті широкомасштабного впровадження у вжиток штучних матеріалів відбулося майже повне зникнення матеріалів природного походження із наших будинків, місць роботи чи промислових закладів. Пластмаси, піни, ламінати та інші синтетичні вироби, що використовуються в оздобленні приміщень, збільшують небезпеку пожеж [1, 2].

Енергоефективність також є чинником, що впливає на сучасну структуру. Будівлі та споруди закриті щільніше і зберігають тепло та дим краще, ніж у минулому. Вікна з подвійним та потрійним склінням збільшують труднощі, з якими ми стикаємося під час входу до приміщення для проведення розвідки. Підвищений ризик виникає внаслідок більшої щільності пожежної навантаги (більша теплота згорання штучних матеріалів порівняно із природними матеріалами), збільшення димоутворювальної здатності і динаміки розвитку пожеж та посилення впливу усіх заходів пожежних на пожежу [3].

Вибір тактики проведення розвідки та гасіння з мінімізацією зусиль визначається безпекою пожежних, умовами на пожежі і здоровим глуздом. Питання газообміну, контролю потоків і пожежної вентиляції є складовими пожежної тактики уже дуже давно. Зусилля багатьох менторів, винахідників і візіонерів по всьому світу сьогодні дали нам величезний багаж знань і багато способів для урахування цього ключового питання у нашому тактичному підході. Існуючих умов, приладів, засобів, тактик і способів є дуже багато і вони так розсіяні, що часом важко у всьому цьому розібратися [4].

Першочерговим завданням при пожежі є виявлення та рятування людей у разі загрози їх життю. Дослідження показують, що пожежі розвиваються майже в 10 разів швидше, ніж пожежі всього 20-30 років тому. Це означає, що багато пожеж, ймовірно, будуть перебувати на стадії повного розвитку до моменту прибуття пожежних підрозділів [5]. Коли пожежі знаходяться на пізній стадії та охоплюють будівлю, виникає потреба у пошуку альтернативних шляхів проникнення для пошуково-рятувальних робіт [6].

Враховуючи, що більшість пожеж сьогодні пов'язані із вентиляцією, одним зі способів проведення розвідки є розвідка через вікно, або «вентиляція-вхід-ізоляція-пошук» (англ. «Vent-Enter-Isolate-Search» - VEIS), що існує вже не одне десятиліття та широко використовується в США. Даний метод дозволяє швидко потрапляти в окремі кімнати (відсіки) в будинках невеликої поверховості, при цьому мінімізуючи навігаційні ризики для ланки. Особливо актуальним даний метод є при обстеженні спальних кімнат у будинках приватної забудови в нічний час, коли передбачувані постраждалі найімовірніше спали до пожежі і стали жертвами отруєння чадним газом, а шляхи доступу всередині будівлі можуть бути задимлені [7].

Суть методу полягає в наступному:

**Вентиляція (Vent):** ланка забезпечує доступ до вікна, за допомогою драбини, якщо цього вимагає поверховість. Здійснюється видалення скла і, відповідно, вентиляція кімнати (відсіку), що негайно дає передбачуваним постраждалим додаткові шанси на виживання, а ланці - поліпшення видимості всередині наступного заходу.

**Вхід (Enter):** ланка заздалегідь обговорює спосіб та напрямок обходу. Драбина переміщується під вікно, і ланка, включившись в апарати на стисненому повітрі ще на землі, здійснює підйом сходами, доочищення віконного отвору від залишків скла, перевірку цілісності підлоги інструментом і захід всередину кімнати (відсіку) через створений вхід.

**Ізоляція (Isolate):** при знаходженні будь-яких дверей, що ведуть з (до) обстежуваної кімнати (відсіку), швидко обшукується простір, що знаходиться за дверима, не далі

довжини тіла і негайно закриваються двері з боку обстежуваної кімнати, тим самим ізолюючи кімнату від подальшого надходження в неї небезпечних чинників пожежі. Гарним способом гарантувати, що пожежний не залишить кімнату у процесі короткочасного обстеження простору за знайденими дверима є метод, у якому пожежний, перебуваючи у кімнаті біля дверного отвору, зі становища навколішки, переходить у положення лежачи на животі, витягуючись при цьому вперед. У цьому випадку ноги завжди знаходяться у кімнаті і, отже, він знає шлях для відступу.

Пошук (Search): ланка завершує пошук можливих постраждалих шляхом обходу кімнати (відсіку) за раніше обговореною схемою і виходить через вікно. Знайдені постраждалі також рятуються з кімнати через вікно. Вихід із кімнати повинен здійснюватися ланкою цілком, тобто якщо використовується алгоритм «Дробися», то ланка спочатку возз'єднується біля вікна і потім залишає кімнату.

VEIS є одним із небагатьох методів розвідки, в якому корисним інструментом для розвідника є багор. Зазвичай цей довгий інструмент не береться в розвідку, оскільки його перенесення вкрай незручне при переміщенні навколішки в обмежених за розміром приміщеннях. Однак у разі методу VEIS багор можна розміщати між підвіконням та підлогою кімнати, гаком чіпляючись за матеріал підвіконня, тим самим створюючи орієнтир, що веде до виходу. Не натрапити на такий орієнтир, що сильно вдається по глибині у кімнату, практично неможливо. Багор також можна використовувати замість мотузки як з'єднувач при здійсненні кругової розвідки.

Важливо пам'ятати, що VEIS це тактика високого ризику з перевіреним досвідом успіху, але вона вимагає значної кількості роздумів і планування не тільки на місці пожежі, але й до того, як намагатися застосувати цю тактику.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Dubinin D. et al. Research and justification of the time for conducting operational actions by fire and rescue units to rescue people in a fire //Sigmnost. – 2022. – Т. 64. – №. 1. – С. 35-46.
2. Dubinin D. et al. Experimental Investigations of the Thermal Decomposition of Wood at the Time of the Fire in the Premises of Domestic Buildings //Materials Science Forum. – Trans Tech Publications Ltd, 2022. – Т. 1066. – С. 191-198.
3. Посібник «Гасіння внутрішніх пожеж / Шимон Кокот; переклад з польської Володимира Дубасюка. – Львів, 2022 – 319 с.
4. Посібник «Вентилятори і вентиляція у пожежній охороні / Шимон Кокот-Ґура; переклад з пол. Володимира Дубасюка. – Львів: «SUPRON1», 2020 – 72 с.
5. Лісняк А. А., Дубінін Д. П. Обґрунтування часу слідування оперативно-рятувальних підрозділів до місця пожежі в сільських населених пунктах: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми пожежної безпеки» («Fire Safety Issues»): тези допов.–Харків, 2016.– С. 246–248, 2016.
6. Дубінін Д. П. та ін. Експериментальне дослідження розвитку пожежі в будівлі. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2021. № 34. С. 110–121.
7. <https://www.firefighternation.com/fire/rescue/vent-enter-isolate-search-a-new-approach/#gref>.

*A. Lisniak, PhD, Associate Professor, National University of Civil Protection of Ukraine*

*D. Dubinin, PhD, Associate Professor, National University of Civil Protection of Ukraine*

#### **INVESTIGATION OF FIRE IN THE HOUSE USING VEIS**

Considered one of the methods of investigating a fire in a house with a high probability of victims. The sequence and some features of the implementation are disclosed.

*Вікторія МАКАРЕНКО, ад'юнкт, Національний університет цивільного захисту України,  
Олександр КІРЄСВ., д.т.н., професор, Національний університет цивільного захисту  
України*

## **ВПЛИВ РІЗНИХ СИПУЧИХ МАТЕРІАЛІВ НА ПІДВИЩЕННЯ ІЗОЛЮЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЖЕЖ КЛАССУ «В»**

Раніш для одержання вогнегасної системи на основі легких сипучих матеріалів було запропоновано використовувати в якості матеріалу, що забезпечує його плавучість, подрібнене піноскло [1]. Інші матеріали для утворення такого шару не розглядалися. Основною вимогою до матеріалу такого шару є його висока плавучість в ЛЗР. Ця характеристика в більшості випадків не відома і для її визначення потрібне проведення експериментальних досліджень. Але для оцінки плавучості можна використати величину щільності матеріалу і доли відкритих пор у разі використання пористих матеріалів.

Метою роботи є обрати сипучі матеріали, що здатні забезпечити високі ізолюючі властивості вогнегасного шару.

Серед матеріалів з малою щільністю розглянемо великотоннажні продукти, що випускаються в державах пострадянського простору: подрібнене піноскло, спучений перліт, спучений вермикуліт, пустотілі скляні мікросфери.

Піноскло (спінене скло, пористе скло) являє собою застиглу спінену скломасу. Особливістю подрібненого піноскла є наявність відкритих пор в зовнішньому шарі і закритих пор у внутрішніх шарах. Це забезпечує його плавучість і суттєве вологоутримання за рахунок проникнення рідини в зовнішні пори. Насипна щільність піноскла залежить від фракційного складу та потребує експериментального визначення. Щільність піноскла 100 - 600 кг/м<sup>3</sup>, насипна щільність 60 – 400 кг/м<sup>3</sup>, теплопровідність 0,04 - 0,08 Вт/(м·К), водопоглинання 0 5%, температура розм'якшення вище 450°C.

Спучений перліт - легкий, сипучий, пористий, вогнестійкий матеріал (до 900°C). Має високі теплоізоляційні властивості, велику вбираючу здатність. Спучений перліт біологічно стійкий, екологічно безпечний матеріал. Використовується як компонент при виготовленні теплоізоляційних виробів, теплих штукатурок, легких будівельних розчинів, фарб і сухих будівельних сумішей. Насипна щільність складає 140 – 190 кг/м<sup>3</sup>.

Спучений (терморозширений) вермикуліт - представляє найтонші лусочки, які вільно плавають на поверхні води. Насипна щільність складає 65-290 кг/м<sup>3</sup>, температура плавлення 1350°C, він біологічно стійкий і хімічно інертний. Спучений вермикуліт використовується в рослинництві для мульчування ґрунту, нормалізації вологості ґрунту (коефіцієнт водопоглинення 400-530%), поліпшення структури ґрунтів. Має перевагу перед перлітом як компонент теплоізоляційних матеріалів.

Пустотілі скляні мікросфери [2] являють собою легкосипкий порошок білого кольору, що складається з пустотілих скляних частинок сферичної форми. Діаметр сфер варіює від 10 до 500 мкм, товщина стінок 2 – 10 мкм. Насипна щільність може змінюватися в інтервалі 80 – 700 кг/м<sup>3</sup>. При тепловій дії не виділяють токсичних газів.

Будівельний пісок в сухому вигляді легкосипучий, інертний, термостійкий матеріал. Розмір піщинок варіюється від 0,1 - 0,25 мм (дрібнозернистий) до 1 – 2 мм (грубозернистий). Насипна щільність будівельного піску складає 1300 – 1500 кг/м<sup>3</sup>, пористість 37 - 47%. Будівельний пісок легкодоступний дешевий матеріал.

Мелений тальк (мікротальк, тальковий порошок) - білий сипучий порошок, частинки тальку мають дуже низьку твердість, середню хімічну і термічну стійкість, щільність становить 2,750 кг/м<sup>3</sup>. Виявляє високі адсорбційні властивості до полярних речовин.

Гранульовані цеоліти – природні або синтетичні матеріали підкласу каркасних силікатів здатні оборотно адсорбувати різні речовини. Ці властивості цеолітів дозволяють використовувати їх для цілей адсорбції багаторазово. У роботі було використано гранульовані цеоліти з розміром гранул (3 – 6) мм.

Серед легкоплавких матеріалів доцільно обрати такі, що мають невеликі

температури плавлення (до 100°C). Для забезпечення надійної кристалізації розплаву на поверхнях нижнього шару треба щоб температури кристалізації були не нижче 40°C. Крім того, такі речовини повинні бути не горючими та мати прийнятні екологічні і економічні параметри. Серед твердих речовин таким вимогам відповідають ряд кристалогідратів. Аналіз літератури [3] дозволив обрати такі легкоплавкі кристалогідрати  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ,  $NaCH_3COO \cdot 3H_2O$ ,  $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$ ,  $KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$ ,  $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ .

Висновки. У якості сипучих матеріалів здатних підвищити ізолюючі властивості бінарного вогнегасного шару піноскло + інший гранульований матеріал обрано ряд легкоплавких кристалогідратів, дрібний пісок, мелений тальк, пустотілі скляні мікросфери та гранульований цеоліт. До сипучих матеріалів було встановлено такі вимоги: хімічна інертність, термічна стійкість, мала насипна щільність, велике вологостійке утримання, здатність заповнювати порожнини нижнього шару сипучого матеріалу, прийнятні економічні та екологічні характеристики. Частина цих матеріалів заповнюють порожнини нижнього шару шляхом просипання. Легкоплавкі кристалогідрати під час термічного впливу плавляться і в рідкому стані стікають в порожнини нижнього шару, де відбувається твердіння розплаву в порожнинах. Співставлення поверхневих витрат дрібнодисперсних на гасіння лабораторного модельного вогнища пожежі класу В дозволяє констатувати, що високоплавкі дрібнодисперсні матеріали (пісок, мелений тальк, пустотілі скляні мікросфери) суттєво поступаються по вогнегасним властивостям легкоплавким кристалогідратам.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Дослідження вогнегасних властивостей бінарних шарів легких пористих матеріалів / Макаренко В. С., Кіреєв О.О., Трегубов Д. Г., Чиркіна М. А. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2021. Вип. 3(33). С. 235 – 245.
2. Chen Z., Huang Z. X., Jiang B. Y. Syntactic Foam Prepared with Glass Hollow Spheres of Designed Size and Wall Thickness Ratio. *Advanced Materials Research*. 2014. Vol. 1061–1062. P. 129–132.
3. Szczepaniak R., Woroniak G., Rudzki R. Analysis of Energy Storage Capabilities in Hydrated Sodium Acetate Using the Phase Transitions of the First Kind. *Springer Proceedings in Energy*. Cham, 2019. P. 1043–1055.

*V. Makarenko, Adjunct, National University of Civil Defence of Ukraine,  
A. Kireev, DSc, Professor of the DepartmentReferences, National University of Civil Defence of  
Ukraine*

#### THE INFLUENCE OF VARIOUS BULK MATERIALS ON INCREASING THE INSULATING PROPERTIES OF CLASS "B" FIRES

The influence of dispersed powders on quenching of flammable liquids by means of use of binary layers of light porous materials is investigated. Exfoliated perlite and vermiculite were chosen for the upper layer, which exhibits increased insulating properties. It is proposed to apply powders on the upper layer of the binary fire extinguishing system: sand, ground talc, hollow glass microspheres. The use of the following low-melting powders of crystal hydrates of medium degree of dispersion was also investigated: aluminum sulfate, sodium acetate, sodium hydrogen phosphate, sodium potassium acid, zinc sulfate and sodium thiosulfate. This reduces the volume of the cavities of this layer, which will increase the insulating properties of the fire extinguishing system. For the selected materials of the fire extinguishing system are defined: bulk density, buoyancy, moisture retention and ability to fill the cavities of the layer of material below. The highest buoyancy and the lowest bulk density of the binary fire extinguishing system is provided by the use of crushed foam glass as the bottom layer.

*С. Ю. Назаренко, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України*

*В. А. Титарев*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН РУЙНУВАННЯ РУКАВІВ ВИСОКОГО ТИСКУ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

З розвитком країни та розширенням функцій Державної служби надзвичайних ситуацій України при проектуванні протипожежної техніки для подачі води та розчинів піноутворювачів все частіше встановлюються насосом високого тиску або комбіновані насоси з використанням до них рукавів високого тиску.

Рукав високого тиску (РВТ) – призначені для транспортування робочої рідини під тиском до силових гідравлічних систем обладнання та машин. Стандартизований термін «рукав високого тиску» притаманний великому застосуванню для гідравлічного обладнання (будівельні та дорожні машини, вантажні та спеціальні автомобілі, залізничне обладнання, то що). За конструкцією рукав являє собою дві або більше гумові трубки, поміщені одна в одну, армовані металевими обплетеннями або навивками, обладнані сполучними фітингами. РВТ характеризується досить високою гнучкістю у поєднанні зі здатністю витримувати значний тиск.

У випадках передчасного руйнування РВТ під час циклічних чи імпульсних випробувань необхідно визначити причину цієї невідповідності. Згідно з літературними даними [1], існує ряд факторів, які істотно впливають на кількість циклів до руйнування при випробуваннях рукавів та їх довговічність при експлуатації.

Так, наприклад, підвищення робочого тиску на 25% знижує довговічність рукавів на 50%, різна товщина стінок гумових шарів призводить до нерівномірного розподілу тиску рідини.

Зниженню експлуатаційних характеристик рукавів високого тиску сприяють наявність на внутрішній поверхні гумового шару проривів, розривів рукавів; монтажні неточності, такі, як збільшення радіусу вигину рукава та зміна геометрії внутрішнього перерізу рукава з круглою на еліпсоподібну; відсутність або недотримання нормованої прямолінійної ділянки у місці виходу рукава з муфт наконечників шланга; недотримання мінімального радіусу вигину рукава; скручування рукава навколо осі.

З практики та аналізу літературних джерел встановлено, що основними причинами виходу з ладу під час робочих циклів рукавів високого тиску є:

1. Ерозія внутрішнього покриття, що виникає під час роботи з робочою рідиною в якій можуть з'являтися механічні частинки. При постійному впливі їх на внутрішні стінки рукава високого тиску з'являються пошкодження, які в подальшому призводять до розриву РВТ.
2. Знаходження в системі часток повітря, що призводить до появи мікро тріщин внутрішнього покриття, і як наслідок його руйнування.
3. Стирання зовнішнього шару рукава, що призведе до розриву РВТ при експлуатації.
4. Внаслідок згину рукава (зменшення радіусу вигину), що призводить до розривання внутрішньої трубки та покриття.

Для того, щоб не допустити поривів або розривів рукавів високого тиску при експлуатації, слід прогнозувати їх стан на найближчий період.

Основними елементами рукавів високого тиску, для яких необхідно виявлення несправностей і причин відмов в експлуатаційних умовах є: внутрішнього та зовнішнього гумового шару, також наявністю одного або декількох шарів текстильного каркаса. Схема рукава із зазначенням напрямку навивок наведено на рис. 1. РВТ можуть мати одне, два, або три металевих обплетення. Металеve обплетення виконане з дроту, який навитий під кутом на гумову оболонку, причому навивання суміжних шарів здійснюється під кутом 90°. просочений спеціальним складом брезент або синтетичні тканини, гумове або полімерне

покриття всередині і металеве армування (обплетення) або полімерне покриття зовні (Рис. 2).

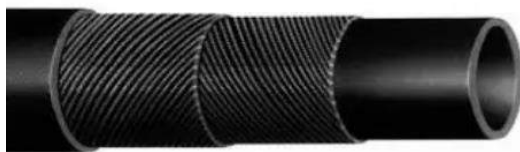


Рис. 1. Типові рукави високого тиску



Рис. 2. Рукави високого тиску з металевим обплетенням

Визначити несправності можна двома способами:

- за допомогою візуальних органів почуттів;
- за допомогою приладів та інструментів.

Мета діагностування - підвищити надійність рукавів високого тиску. Відмови РВТ тягнуть за собою важкі наслідки.

Методи технічної діагностики дозволяють без розбирання виявити дефекти і механічні пошкодження, вивчити динаміку їх розвитку, своєчасно підготувати і реалізувати технічні рішення, що попереджають відмови.

При розробці систем діагностування РВТ вирішуються такі основні завдання:

- розробка алгоритмів діагностування РВТ;
- прогнозування зміни їх технічного стану при експлуатації;
- вибір методів діагностування;
- розробка засобів діагностування.

На етапі експлуатації технічна діагностика сприяє вирішенню таких завдань:

- встановлення наявності або відсутності в об'єкті діагностування дефектних елементів та виявленню допущених при складанні помилок;
- оцінці стану перед пуском їх в роботу після ремонту.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. 8 причин виходу з ладу РВТ. URL: [https://nak.ua/8-prichin-vihodu-z-ladu-rvt/http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=76676](https://nak.ua/8-prichin-vihodu-z-ladu-rvt/http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=76676) (дата звернення: 30.08.2022).

*S. Yu. Nazarenko, PhD, Associate Professor, National University of Civil Defence of Ukraine  
V. A. Titarev*

#### INVESTIGATION OF THE CAUSES OF HIGH PRESSURE HOSES DESTRUCTION DURING OPERATION

The work examines the cause of the destruction of high-pressure sleeves during operation. Construction of the most common high-pressure hoses.

## **ПРОБЛЕМНІ АСПЕКТИ ПОБУДОВИ ПОНЯТІЙНОГО АПАРАТУ У СФЕРІ ОПЕРАТИВНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ ФОРМУВАНЬ**

Для обґрунтування перспективи розвитку теорії і практики ведення оперативних дій неодмінно повинні бути створені теоретична і методологічна база, передусім понятійний апарат, який відповідає сучасним реаліям.

Понятійний апарат (дослідження) (від лат. apparatus – сукупність) – субординована система (ієрархія), що включає в себе всі терміни з проблеми конкретного дослідження. [1] Тобто понятійний апарат – це логічно вибудована система спеціальних термінів, що дозволяє однозначно тлумачити і розуміти взаємозв'язки і процеси, що утворюються в науці. Разом з тим, якщо розглянути термінологію у сфері цивільного захисту, то з побудовою системи спеціальних термінів не все так однозначно, на що вказують окремі публікації [2,3]. Головним завданням публікації є зацікавити вчених (практичних фахівців) до відкритої наукової дискусії щодо понятійного апарату, насамперед змісту найважливіших понять і термінів у сфері реагування на НС та ліквідації наслідків аварій, що призводять їх виникнення.

Актуальність постановки і важливість вирішення відповідної міждисциплінарної проблеми ґрунтується на аналізі тих нормативних і керівних документів, які складають основу діяльності сил цивільного захисту під час ліквідації наслідків НС. Так, аналіз змісту визначень «ліквідація наслідків надзвичайної ситуації» та «аварійно-рятувальні та інші невідкладні роботи», які наведені у Кодексі цивільного захисту (ЦЗ) [4], показує, що вони тотожні. Разом тим, друге поняття є складовою частиною першого. А якщо розглянути зміст терміну «реагування на надзвичайні ситуації та ліквідація їх наслідків» [4], то остаточно «розминається» логічне сприйняття відповідного процесу ліквідації НС як системного.

Насамперед виникає питання як правильно трактувати процес ліквідації, тобто що ми ліквідуємо – надзвичайну ситуацію чи її наслідки. Відповідь доцільно шукати з огляду на визначення терміну «надзвичайна ситуація». Природньо НС асоціюється з аварією, катастрофою чи стихійним лихом, наслідки яких, відповідно, необхідно ліквідувати. Але відповідно [4–6] надзвичайна ситуація трактується як обстановка на окремій території чи суб'єкті господарювання на ній або водному об'єкті, яка характеризується порушенням нормальних умов життєдіяльності населення, спричинена катастрофою, аварією, пожежею, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, епіфітотією, застосуванням засобів ураження або іншою небезпечною подією, що призвела (може призвести) до виникнення загрози життю або здоров'ю населення, великої кількості загиблих і постраждалих, завдання значних матеріальних збитків, а також до неможливості проживання населення на такій території чи об'єкті, провадження на ній господарської діяльності. Відповідно словника [7] під обставиною розуміють сукупність умов, у яких що-небудь відбувається.

З огляду на це, якщо виникла відповідна обстановка, то комплекс заходів сил ЦЗ має бути направлений на ліквідацію такої обстановки, тобто доречно вживати терміни «ліквідація НС» або «ліквідація наслідків аварії (стихійного лиха)». Такий підхід закладено у визначення термінів відповідними ДСТУ [5, 6]. Однак у стандартах наведено два терміни «ліквідування НС» і «ліквідація НС», які мають різний зміст. Так перший – характеризує весь процес ліквідування НС, а другий – «остаточне припинення дії уражального чинника НС». Разом з тим, згідно словника [7] в українській мові слова «ліквідувати» і «ліквідація» мають однакове значення і є тільки різними частинами мови. Крім того, не зрозуміло чим по суті відрізняються терміни «ліквідування НС» та «аварійно-рятувальні та інші невідкладні роботи». Не однозначно тлумачиться термін «реагування на НС». Так суть терміну згідно ДСТУ 7098:2009 [5] зводиться до опису дій органів управління та сил цивільного захисту від моменту виникнення НС до проведення першочергових заходів, а

відповідно ДСТУ 3891:2013 [6] – до дій органів управління та сил цивільного захисту, які охоплюють весь процес ліквідації від моменту виникнення НС до остаточного завершення робіт.

Викликає занепокоєння незрозуміле оперування такими поняттями як «оперативні дії», «тактичні можливості», «основне оперативне завдання», «вирішальний напрямок оперативних дій». Так систему організації і зміст дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту (ОРС ЦЗ) під час ліквідації НС та гасіння пожеж визначено відповідними Статутами [8, 9]. Разом з тим, поняття «оперативні дії» визначено тільки для пожежно-рятувальних підрозділів під час гасіння пожеж [8], але порядок дій підрозділів ОРС ЦЗ (до складу якої входять пожежно-рятувальні підрозділи) визначається у тому числі і під час ліквідації наслідків НС (р. III. [9]). Дія – складова будь-якого виду діяльності. Дія є одиницею діяльності, відмінною особливістю якої є наявність конкретної мети. Структурними ж одиницями дії є операції (пошуково-рятувальні), що співвіднесені з об'єктно-предметними умовами досягнення мети. Одна і та сама мета, яку співвідносять з дією, може бути досягнута у різних умовах; та чи інша дія може бути реалізована різними операціями. Разом з тим, поняття «операція» вживається тільки в системі авіаційного пошуку і рятування та в системі пошуку і рятування на морі.

Крім того, не може один і той же вид оперативних дій трактуватись по різному під час організації гасіння пожежі і під час ліквідації НС. Так рятування людей на пожежі є видом оперативних дій і, в свою чергу, розглядається як вид спеціальних робіт. Розвідка на пожежі є видом оперативних дій, а під час ліквідації НС – видом забезпечення дій. Такий дисбаланс у поняттях дискредитує саму систему організації і зміст дій органів управління та підрозділів ЦЗ, що визначені Статутами [8, 9], з точки зору поняття «система».

Поняття «основне оперативне завдання» має базуватись на понятті про тактичні можливості підрозділу – це загальноприйнятий висновок, оснований на дослідженнях теорії і практики гасіння пожеж. Трактуювання його в редакції «основним оперативним завданням осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту та працівників (далі - особовий склад) пожежно-рятувальних підрозділів ОРС ЦЗ під час гасіння пожеж і рятування людей у разі виникнення загрози їх життю та гасіння пожеж» [8] нівелює поняття про тактичні можливості, а значить унеможливує оцінювання повноти виконання завдання. Адже любе завдання, яке ставиться підрозділу ЦЗ, слід розглядати з позиції його тактичних можливостей – інакше не можливо зрозуміти виконане воно чи ні.

Неоднозначним є трактування щодо визначення напрямку основних зусиль, на якому введення сил і засобів на певний момент часу може забезпечити успіх гасіння пожежі або аварійно-рятувальних робіт. Так на пожежі є поняття «вирішальний напрямок оперативних дій», яке чітко прописано включаючи принципи, за якими цей напрямок має визначатись. При чому, необхідно зауважити, що на пожежі він один. Під час ліквідації наслідків НС вживаються поняття «об'єкти зосередження основних зусиль», «головні напрями ліквідації наслідків НС» без розкриття суті і порядку їх визначення [9, 10]. При чому їх формулювання дає підстави вважати, що таких об'єктів або напрямів може бути декілька.

Таким чином, відсутність системного підходу щодо формування понятійного апарату створює певну проблему у розумінні і розробленні наукових підходів під час дослідження питань оперативної діяльності аварійно-рятувальних формувань.

Актуальність і важливість вирішення поставленої проблеми вимагає від фахівців об'єднання та чіткої координації зусиль. З цією метою, на наш погляд, необхідно:

по-перше, активізувати відкриту наукову дискусію серед вчених і практичних працівників, які мають великий досвід роботи, щодо понятійного апарату у сфері оперативної діяльності аварійно-рятувальних формувань. Ареною цієї дискусії можуть стати наукові видання та форуми Національного університету цивільного захисту України.

по-друге, виходячи з того, що назріла нагальна потреба у виробленні фундаментальних положень основ підготовки і ведення оперативних дій аварійно-



рятувальними формуваннями, створити авторський колектив з провідних науковців, практичних фахівців (із обов'язковим залученням філософів, юристів, мовознавців), завданням якої стане підготовка та видання, наприклад, словника основних термінів, або створення відповідного стандарту.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Романчиков В.І. Основи наукових досліджень. Навчальний посібник. К.: Центр учбової літератури, 2007. 254 с.
2. Потеряйко С.П. Дослідження стану категорійно-понятійного апарату механізмів державного управління у сфері цивільного захисту. *Актуальні проблеми державного управління*. 2017. № 2. С.59-65. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/apdy\\_2017\\_2\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/apdy_2017_2_10)
3. Неклонський І.М. Сучасна термінологія у сфері оперативної діяльності аварійно-рятувальних формувань: проблемні питання. *Матеріали круглого столу «Суб'єкти забезпечення цивільного захисту (регіонального та місцевого рівня) в реалізації завдань із запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій»*. Харків: НУЦЗ України, 2021. С. 85-86. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/13219>
4. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 р. № 5403-VI. *Офіційний вісник України*. 2012 р. 30 лист. (№ 89). С. 9.
5. Ліквідування надзвичайних ситуацій та їх наслідків. Загальні положення: ДСТУ 7098:2009. [Чинний від 2011-07-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2009. 26 с.
6. Безпека у надзвичайних ситуаціях. Терміни та визначення основних понять: ДСТУ 3891:2013. [Чинний від 2014-01-01]. К.: Мінекономрозвитку України, 2014. 24 с.
7. Академічний тлумачний словник української мови. URL: [sum.in.ua/s/](http://sum.in.ua/s/)
8. Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту : наказ МВС України від 26.04.2018 № 340. *Офіційний вісник України*. 2018. 27 лип. (№ 57). С. 33.
9. Статут дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж : наказ МВС України від 26.04.2018 № 340. *Офіційний вісник України*. 2018. 27 лип. (№ 57). С. 33.
10. Положення про штаб з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації та Види оперативно-технічної і звітної документації штабу з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації : наказ МВС України від 26.12.2014 № 1406. *Офіційний вісник України*. 2015. 06 лют. (№ 8). С. 57.

*I.Neklonskyi, Candidate of Military Sciences (PhD),  
National University of Civil Defence of Ukraine*

### **PROBLEM ASPECTS OF THE CONSTRUCTION OF THE CONCEPTUAL APPARATUS IN THE SPHERE OF OPERATIONAL ACTIVITIES OF EMERGENCY AND RESCUE FORMS**

The publication emphasizes the relevance of an open scientific discussion regarding the conceptual apparatus, primarily the content of the most important concepts and terms in the field of responding to emergency situations and eliminating the consequences of accidents that lead to their occurrence.

*К.М. Остапов, к.т.н., доцент, НУЦЗ України*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ УСТАНОВКИ ПОЖЕЖОГАСІННЯ ГЕЛЕУТВОРЮЮЧИМИ СКЛАДАМИ З ПОДОВЖЕНИМ СТВОЛОМ**

Для реалізації подачі дрібнорозпиленого струменя ГУС з безпечної для рятувальника відстані, розроблено нову конструкцію установки гасіння гелеутворюючими складами з подовженим стволом колінчастого типу, рис. 1. В основу її конструювання поставлено завдання зменшення витрат ГУС з одночасним забезпеченням безпечної дистанції від пожежного-рятувальника до осередку пожежі (для переносних засобів пожежогасіння мінімум 3 м). Поставлене завдання вирішується шляхом використання в новій установці подовженого ствола, який містить трубки для магістрального паралельного подання рідинних компонент ГУС і встановленого на їх вихідних кінцях об'єднувального насадка-змішувача з розпилювачем. При цьому для подовження ствола його виготовлено у вигляді 2–3-х колінчастої конструкції. Вихідні кінці якої об'єднані насадком-змішувачем з розпилювачем, де потоки рідинних компонент ГУС з'єднуються та подрібнені розпилювачем їх краплі подаються на осередок пожежі [1].

Визначення оптимального значення дисперсності та інтенсивності розпилення ГУС проводилось при порівняльних випробуваннях з гасіння модельних вогнищ 1А, що визначалася вогнегасною здатністю [2].

В ході попередніх дослідів розмір крапель оцінювався візуально, шляхом розгляду під мікроскопом зразка гідрофобного матеріалу (тефлону) з напиленням на його поверхню вогнегасної речовини. Для полегшення проведення спостережень розчини підфарбовувалися барвником.

Підготовка установки до роботи полягає у заповненні ємкостей водними розчинами компонентів ГУС через верхні заливні горловини та закачування повітря у балон високого тиску до створення тиску у 20 МПа.

Випробування проводилось на модельних вогнищах 1А, які являють собою штабель з 72 дерев'яних брусків, укладених в 12 шарів по 6 у кожному, з перерізом у вигляді квадрату зі стороною 40 мм. Для виготовлення модельних вогнищ використовувалися заготовки з деревини сосни звичайної з вологістю у межах (10 ÷ 14) %. Штабель розміщувався на металевій стійці з сталевих кутів розміром 500×40×4 мм, на відстані від поверхні підлоги 400 мм. Для підпалювання під штабель встановлювалось металеве деко для пального розміром 400×400×100 мм. Деко встановлювалось горизонтально, покривалося шаром води товщиною 20 мм та після чого до нього заливалось 1 л бензину А-80. Випробування проводились при швидкості вітру навколо модельного вогнища (1 ÷ 2) м/с, при температурі повітря 19 °С, температурі води, пального та водних розчинів компонентів гелеутворюючого складу 18 °С.

Для проведення випробувань у двох окремих мірних ємностях готувалися водні розчини компонентів гелеутворюючого складу, що за масовим вмістом сухих речовин відповідають оптимізованому складу.

Приготовлені розчини заливалися в установку гасіння гелеутворюючими складами. Після чого підпалювалось модельне вогнище. Через 480±5 °С вільного горіння з навітряного боку розпочиналася подача гелеутворюючого складу. Для забезпечення безпеки пожежного-рятувальника гасіння модельного вогнища здійснювалось з відстані 3–5 м безперервним струменем (рис. 1). Інтенсивність розпилення гелеутворюючих складів регулювався зміною тиску установці.

Фіксувалася тривалість гасіння, що дорівнює проміжку часу від початку подавання розчину до припинення горіння. Результат вважався позитивним, якщо гасіння тривало до 40 с, та протягом 600 с після закінчення гасіння не спостерігалася поява полум'я. Маса вогнегасної речовини, витраченої на гасіння, визначалася шляхом зважування установки до початку гасіння і після нього.



**Рис. 1. Гасіння модельного вогнища 1А установкою гасіння гелеутворюючими складами з подовженим стволом колінчастого типу**

Результати по гасінню модельного вогнища класу А представлені в табл. 1.

**Табл. 1. Результати випробувань гасіння модельного вогнища 1А установкою гасіння гелеутворюючими складами з подовженим стволом колінчастого типу**

№ дослідю	Діаметр крапель ГУС d, мм	Інтенсивність подачі ГУС I, кг/с	Маса ГУС витраченої на гасіння модельного вогнища m, кг	Час гасіння модельного вогнища t, с
1	1	0,3	3	25
2	2	0,3	3,5	30
3	3	0,3	3,5	35
4	4	0,3	4	40
5	1	0,4	3	20
6	2	0,4	3,5	25
7	3	0,4	3,5	30
8	4	0,4	4	35
9	1	0,5	2,8	15
10	2	0,5	3,3	20
11	3	0,5	3,1	25
12	4	0,5	3,8	33
13	1	0,6	2,5	20
14	2	0,6	3,1	23
15	3	0,6	3,3	24
16	4	0,6	3	30

Математичні моделі витрат маси ГУС на гасіння модельного вогнища та часу гасіння модельного вогнища представлено у вигляді полінома другого ступеня, невідомі коефіцієнти якого визначено з використанням методу найменших квадратів. Отримано наступні функціональні залежності:

– маса ГУС, [кг]

$$y = 1.485 + 0.66575 \cdot x_1 + 5.3875 \cdot x_2 - 0.04375 \cdot x_1^2 - 0.41 \cdot x_1 \cdot x_2 - 6.875 \cdot x_2^2 \quad (1)$$

– час гасіння, [с]

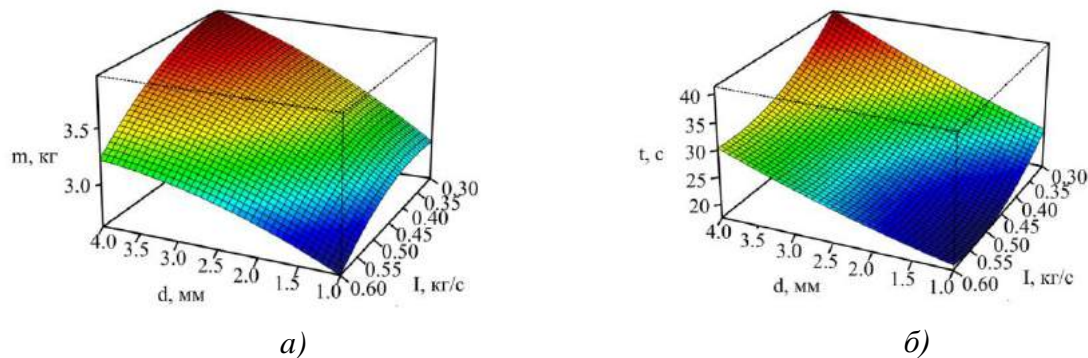
$$y = 53.025 + 5.035 \cdot x_1 - 152 \cdot x_2 + 0.375 \cdot x_1^2 - 4.8 \cdot x_1 \cdot x_2 + 150 \cdot x_2^2 \quad (2)$$

В наведених залежностях, які графічно зображено на рис. 2, параметр  $x_1$  – діаметр

крапель ГУС, мм;  $x_2$  – інтенсивність подачі ГУС, кг/с.

Використання проведених розрахунків в системі  $R$  дозволило оцінити значимість всіх коефіцієнтів регресії за критерієм Стюдента при рівні значимості  $\alpha=0.01$  і числі степенів свободи  $N_0=10$ . Довірчий інтервал склав  $\pm 0.125$  кг для відхилення маси ГУС та  $\pm 0.93$  с для часу гасіння модельного вогнища.

Отримані моделі перевірено на адекватність за критерієм Фішера ( $F$ -критерій) при рівні значимості  $\alpha=0.01$ . Розрахункове значення  $F$ -критерію склало 16.55 та 77.86 для двох моделей відповідно, що суттєво більше табличного значення  $F=5.67$  для рівня значимості  $\alpha=0.01$  та ступенів свободи  $\kappa_1=4$ ,  $\kappa_2=11$ . Отже, всі побудовані моделі є адекватними з гарантією 99.0 %.



**Рис. 2. Графіки функціональних залежностей: а) витрати маси ГУС на гасіння модельного вогнища; б) витрата часу на гасіння модельного вогнища**

Використання як наведених моделей, так й табличних даних випробувань гасіння модельного вогнища 1А, дозволяє визначити раціональні значення розміру крапель 1 мм та інтенсивності розпилення ГУС 0,6 кг/с.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Ostapov K. M., Senchihin Yu. N., Syrovoy V. V. Development of the installation for the binary feed fogelling for mutations to extinguishing facilities // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences. 2017. Vol. 132. P. 75–77. URL: <http://reposit.sc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/3891>.
2. Ostapov K., Kirichenko I., Senchykhyn Y. Improvement of the installation with an extended barrel of cranked type used for fire extinguishing by gel-forming compositions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. Vol. 4(10 (100)). P. 30–36. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.174592

*K. Ostapov, PhD, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department, National University of Civil Defence of Ukraine*

#### **FOLLOW-UP PARAMETERS OF THE FIRE-EXTINGUISHING PLANT WITH GEL-FILLING WAREHOUSES WITH A LOWER SHAFT**

Experimental studies have shown that its use due to compactness in the folded state and ease of deployment in the working position, provides ease of transportation and efficiency of operation in rapidly changing fire conditions, especially in high-rise buildings. With the supply of gel-forming compositions in finely divided form, a reduction in their cost for extinguishing the hearth is achieved, compared to previously proposed technical solutions, 1.5 times. To determine the effective value of the dispersion and intensity of spraying of gel-forming compositions in mathematical models of the cost of extinguishing the model hearth and the time of its extinguishing, polynomials of the second degree are used. Unknown coefficients are determined by the standard least squares method.

*К.М. Остапов, к.т.н., доцент, НУЦЗ України*

## РОЗРОБКА ФІЗИЧНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ УСТАНОВКИ ПОЖЕЖОГАСІННЯ ГЕЛЕУТВОРЮЮЧИМИ СПОЛУКАМИ

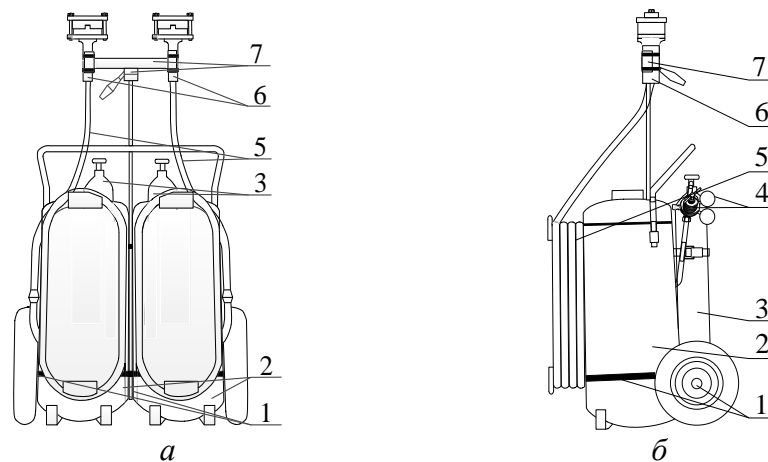
Встановлено, що організація гасіння пожеж із застосуванням гелеутворюючих сполук (ГУС) є перспективним напрямом підвищення ефективності гасіння, особливо в багатоповерхових будівлях і спорудах різного функціонального призначення.

При застосуванні ГУС на поверхні об'єкту пожежогасіння створюється вогнезахисний шар гелю, що досить міцно самозакріплюється на похилих і вертикальних поверхнях, що, в порівнянні з використанням тільки однієї води, значно зменшує втрати ВГР [1]. Іншою перевагою ГУС є висока вогнезахисна дія, обумовлена охолоджуючим впливом води, що міститься у гелі. Причому, після випаровування всієї води з гелевого шару утворюється пористий шар висушеного ксерогелю, який перешкоджає повторному займанню.

Актуальність роботи викликана потребою подальшого розвитку технічних засобів з доставки гелеутворюючих сполук в осередок пожежі для підвищення ефективності їх застосування при гасінні пожеж в будівлях та спорудах.

Основний недолік існуючих технічних засобів є неможливість здійснювати пожежогасіння з безпечної для пожежного рятувника відстані. Ці засоби пожежогасіння гелеутворюючими сполуками та прийоми їх подачі фактично дозволяли проводити гасіння з відстані не більше 1-го метра. В цих випадках, з точки зору безпеки особового складу та вимог ДСТУ за довжиною струменя ВГР, не можливо ефективно і широко використовувати ГУС на практиці.

Для реалізації дистанційної бінарної подачі гелеутворюючих складів (ГУС) на безпечну та відповідну вимогам відстань, розроблена автономна установка гасіння гелеутворюючими сполуками АУГГУС – М, конструкція якої зображена на рис. 1 [2]. Дана установка містить несучий каркас (раму) 1, де встановлено дві ємкості 2 з підвищеною ємкістю компонент розчину ГУС і два балона зі стисненим повітрям 3, які мають індикатори візуального контролю тиску в ємностях 4 і об'єднані редуктором прямої дії. При чому, компоненти ГУС, що містяться в ємностях під тиском стислого повітря, завдяки системі сполучних гнучких шлангів 5 знаходяться і в стволах-розпилювачах 6, які мають по одному крану для їх закриття і відкриття, що пов'язано з окремою або спільною подачею компонент ГУС на об'єкт пожежогасіння. Запропонована конструкція відрізняється тим, що у ній додатково реалізовано систему наведення стволів-розпилювачів 7 на об'єкт пожежогасіння з верифікацією за кутами нахилу до горизонту, кутами відхилення, висоті й базовій ширині симетричного розміщення і фіксації стволів-розпилювачів, що встановлено на несучому каркасі (на рамі) [3].



**Рис. 1. Установка АУГГУС – М: а – фронтальна проекція; б – профільна проекція;**

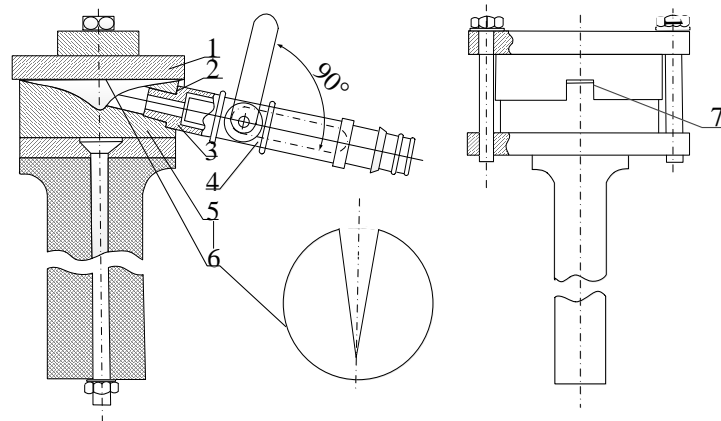
Комплектуючі частини до установки АУГГУС – М: 1 – рама візка установки;

2 – ємності з водними розчинами складових ГУС; 3 – балони зі стисненим повітрям; 4 – редуктор з показчиками тиску (манометрами); 5 – система сполучних гнучких шлангів; 6 – два стволи-розпилювачі; 7 – пристосування для наведення стволів

Від відомих установок нова установка відрізняється збільшеним запасом компонент ВГР, та за рахунок нових запропонованих стволів-розпилювачів СР – 10 [4], можливістю дистанційно (до 10 м) і прицільно подавати на гасіння ГУС протягом 1÷2 хвилин. Причому подача ВГР/ГУС може відбуватися як по одинці, так і обома стволами разом так, що компоненти ГУС вже на підступах до осередку пожежі починають утворювати гель.

На рис. 2 представлені збірна схема і фото ствола-розпилювача СР–10 з відкритою кришкою, який може використовуватися при подаванні на відстань до 10 м компонентів ГУС компактними і плоско-радіальними струменями. Показані також його конструктивні особливості виготовлення та основний принцип роботи з ним.

Ствол пістолетного типу СР–10 містить порожнистий корпус 5 з деякою внутрішньою вибіркою матеріалу, яка з одного боку має вхідний циліндричний отвір 2. До вхідного отвору через перехідник 3 різьбовим з'єднанням приєднаний кульовий кран 4, що регулює подачу через нього водного розчину ВГР/ГУС. З протилежного боку є вихідний профільно-регульований перетин, що утворюється завдяки змінним кришкам 1 зі “П”-подібним вирізом в них 7, реалізуючи таким чином подачу водних розчинів плоско-радіальними струменями в атмосферу. Розмір вихідного отвору за шириною регулюється зміною кришок 1 з “П”-подібним вирізом з різною шириною перетину, а за висотою – товщиною жорстких пластин 6, що розміщуються між корпусом 5 і кришкою 1.



*a*



*б*

**Рис. 2. Ствол-розпилювач СР – 10: а – збірна схема; б – ствол з відкритою кришкою.**

Що стосується подачі двох компонент ГУС, то вони через вихідні отвори обох стволів СР – 10, виприскуються з прямокутних перетинів між корпусом і кришкою, а в подальшому змішуються і утворюють гель.

Загальний вид АУГГУС – М та її робота показано на рис. 3.



**Рис. 3. Автономна установка гасіння гелеутворюючими сполуками АУГГУС – М: а – загальний вид установки; б – установка в роботі**

Застосування автономної установки гасіння гелеутворюючими сполуками АУГГУС – М дозволяє підвищити ефективність гасіння пожеж гелеутворюючими сполуками. [4].

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Saveliev D, Khrystych O, Kirieiev O. Binary fire-extinguishing systems with separate application as the most relevant systems of forest fire suppression // European Journal of Technical and Natural Science. 2018. Vol.1. P. 31-36..
2. Dadashov I., Loboichenko V., Kireev A. Analysis of the ecological characteristics of environment friendly fire fighting chemicals used in extinguishing oil products. Pollution Research. 2018. Vol. 37, No. 1. P. 63–77 URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/6849>.
3. Ostapov K., Kirichenko I., Senchykhyn Y. Improvement of the installation with an extended barrel of cranked type used for fire extinguishing by gel-forming compositions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. Vol. 4(10 (100)). P. 30–36. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.174592
4. Ostapov K. M., Senchihin Yu. N., Syrovoy V. V. Development of the installation for the binary feed gelling for multistage extinguishing facilities // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences. 2017. Vol. 132. P. 75–77. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/3891>.

*K. Ostapov, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department, National University of Civil Defence of Ukraine*

#### **DEVELOPMENT OF THE PHYSICAL CONFIGURATION OF THE FIRE EXTINGUISHING INSTALLATION WITH GEL-FORMING COMPOUNDS**

It is established that the organization of fire extinguishing with the use of gel-forming compounds is a promising direction to increase the efficiency of extinguishing, especially in multi-storey buildings and structures of various functional purposes. sprays. An autonomous installation of extinguishing with gelling compounds for remote fire extinguishing by plane-radial jets of components of gelling compounds has been developed. It is proposed to fix the spray barrels with a special device to guide them to the fire object with verification of the angles to the horizon, the angles of deviation relative to the plane of aiming, the height and width of the symmetrical placement. Thus, it allows more efficient feeding at a distance of up to 10 meters of the two components of the gelling compounds and prevents premature or delayed mixing. Full-scale samples of spray barrels for the supply of jets of gel-forming compounds at a distance of up to 10 m were made.

*Р.В. Пономаренко, д.т.н., професор,  
Національний університет цивільного захисту України  
О.В. Черкашин, канд. пед. наук,  
Національний університет цивільного захисту України*

## **РОЗРАХУНОК ІМОВІРНОЇ КІЛЬКОСТІ ПОЖЕЖ В 2023 РОЦІ, ЯКІ БУДУТЬ ЛІКВІДОВУВАТИСЬ ЛАНКАМИ ГАЗОДИМОЗАХИСНОЇ СЛУЖБИ**

Відповідно до статистичних даних кількості пожеж та надзвичайних ситуацій в Україні, можна побудувати математичну модель динаміки числа пожеж та інших НС на прикладі міста, визначити прогноз очікуваного числа їх виникнення, а, отже, й оцінити обсяг роботи гарнізону на найближчий рік, визначити достатність сил і засобів. Найбільш ефективним способом виявлення основної тенденції розвитку числа НС є аналітичне вирівнювання за допомогою математичного виразу, що найбільш точно описує характер емпіричного розподілу їх кількості за аналізований період і за допомогою якого можна виконувати прогнозування. Для цього необхідно підібрати необхідний математичний закон розподілу [1,2,3].

Для визначення швидкості та інтенсивності розвитку кількості пожеж та інших НС за певний час розраховуються наступні показники: абсолютний приріст, темп зростання, темп приросту. Розрахунок цих показників ґрунтується на порівнянні між собою рівнів ряду динаміки. Під рівнем ряду динаміки розуміється кожне окреме чисельне значення показника, який характеризує величину явища, його розмір і розташування в хронологічній послідовності.

Якщо кожний рівень ряду порівнюється з попереднім, то визначені показники називають ланцюговими; якщо усі рівні порівнюються з рівнем, який виступає як постійна база порівняння – базисними.

Абсолютний приріст (зменшення) – це різниця рівнів динамічного ряду:

- ланцюгові

$$П_i = Y_i - Y_{i-1}, \quad (1.1)$$

- базисні

$$П_i = Y_i - Y_0, \quad (1.2)$$

де:  $П_i$  – абсолютний приріст;  $Y_i$  – порівнюваний рівень;  $Y_0, Y_{i-1}$  – базисний рівень.

Абсолютний приріст за одиницю часу вимірює абсолютну швидкість зростання. Однак більш повну характеристику процесу росту можна отримати тільки тоді, коли абсолютні величини доповнюються величинами відносними, якими є темпи зростання і темпи приросту. Вони характеризують відносну швидкість зміни рівня, тобто інтенсивність процесу зростання.

Темп зростання розраховується як відношення рівнів ряду, визначається коефіцієнтом або відсотком:

- ланцюгові

$$k_i = \frac{Y_i}{Y_{i-1}}, \quad (1.3)$$

- базисні

$$k_i = \frac{Y_i}{Y_0}. \quad (1.4)$$

Темп приросту характеризує відносну величину приросту і показує, на скільки відсотків рівень  $Y_i$  більший (менший) за базисний рівень:



$$T_i = \frac{\Pi_i}{Y_{i-1}} 100\% = (k_i - 1)100\% \quad (1.5)$$

Як і абсолютний приріст, темп приросту може бути позитивним та негативним, що свідчить про збільшення або зменшення рівня.

Якщо рівень явища на етапі його розвитку, що вивчається, постійно зростає або постійно знижується, то основна тенденція є явною і чіткою.

Для кількісної характеристики загальних результатів дії чітко вираженої основної тенденції, можна використовувати абсолютний приріст, темп зростання і приросту за увесь етап розвитку явища.

Найбільш ефективним засобом виявлення основної тенденції розвитку є аналітичне вирівнювання. При цьому рівні ряду динаміки виявляються у вигляді функції часу  $y = f(t)$ . Вибір функції здійснюється на основі аналізу характеру закономірностей динаміки кількості надзвичайних ситуацій та пожеж.

Якщо характер динаміки підтверджує припущення про те, що рівень явища зростає з більш чи менш постійною швидкістю, тобто з відносно постійними абсолютними одиницями приросту, то математичним виразом такої тенденції буде пряма лінія. Аналітичне рівняння прямої має вигляд:

$$\hat{Y}_t = a_0 + a_1 t, \quad (1.6)$$

де:  $\hat{Y}_t$  – визначені рівні;

$t$  – час, тобто порядковий номер інтервалу чи моменту часу;

$a_0, a_1$  – параметри прямої.

Розрахунок параметрів створюється за допомогою методу найменших квадратів, при цьому нелінійні функції приводяться до лінійного вигляду, а в нашому випадку значення параметрів прямої розраховуються за формулами:

$$a_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}, \quad (1.7)$$

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i t_i}{\sum_{i=1}^n t_i^2} \quad (1.8)$$

Прогноз розвитку явища здійснюється шляхом підстановки в отримане математичне рівняння тенденції відповідних порядкових номерів найближчих років  $t$ .

де  $Y$  - емпіричні рівні ряду динаміки;

$n$  - число рівнів;

$t$  - час, тобто порядковий номер інтервалу або моменту часу.

Найбільш ефективним засобом виявлення основної тенденції розвитку є аналітичне вирівнювання. Для цього використовуємо формули 1.7 – 1.8.

$$a_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} = \frac{9961 + 10803 + 10803 + 11523 + 10751}{5} = \frac{53841}{5} = 10768,2 \text{ (вик)},$$

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i t_i}{\sum_{i=1}^n t_i^2} = \frac{9961 \times (-2) + 10803 \times (-1) + 10803 \times 0 + 11523 \times 1 + 10751 \times 2}{(-2)^2 + (-1)^2 + 0^2 + 1^2 + 2^2} = 230 \text{ (вик)}.$$

Використовуючи формулу 1.6 та отримані дані, рівняння вихідної прямої буде мати вигляд:

$$\hat{Y}_t = a_0 + a_1 t = 10768,2 + 230t .$$

Шляхом підстановки в це рівняння відповідних значень знайдемо вирівняні рівні  $\hat{Y}_t$

$$\hat{Y}_{2018} = 10768,2 + 230 \times (-2) = 10308,2 \text{ (вик);}$$

$$\hat{Y}_{2019} = 10768,2 + 230 \times (-1) = 10538,2 \text{ (вик);}$$

$$\hat{Y}_{2020} = 10768,2 + 230 \times 0 = 10768,2 \text{ (вик);}$$

$$\hat{Y}_{2021} = 10768,2 + 230 \times 1 = 10998,2 \text{ (вик);}$$

$$\hat{Y}_{2022} = 10768,2 + 230 \times 2 = 11228,2 \text{ (вик);}$$

Враховуючи, що крок інтервалу дорівнює 1, порядковий номер інтервалу, що прогнозується (2023 рік), буде дорівнювати 3. Тобто кількість викликів в наступному році буде дорівнювати:

$$\hat{Y}_{2023} = 10768,2 + 230 \times 3 = 11458,2 \text{ (вик).}$$

Відповідно до наших розрахунків і даних діаграми в 2023 році слід очікувати 11458 пожеж в Україні які будуть ліквідовуватись ланками ГДЗС.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь про стан пожежної та техногенної безпеки в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу до джерела: <http://www.dsns.gov.ua/>.
2. Кодекс цивільного захисту України від 02 жовтня 2012 року № 5403-VI [Електронний ресурс]. – Режим доступу до джерела: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/5403-17/>.
3. Наказ МНС України від 16.12.2011 № 1342 «Про затвердження Настанови з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України».

*R.V. Ponomarenko, doctor of technical sciences, professor, National University of Civil Defence of Ukraine*

*O.V. Cherkashyn, PhD in Pedagogical Sciences, National University of Civil Defence of Ukraine*

#### **CALCULATION OF THE PROBABLE NUMBER OF FIRES IN 2023 THAT WILL BE ELIMINATED BY UNITS OF THE GAS AND SMOKE PROTECTION SERVICE**

The scientific search investigated the improvement of the professional training of gas and smoke protection workers. Statistical data on the occurrence of fires are given and the work of gas and smoke detectors in the center of the fire for 5 years is analyzed.

The calculation of the probable number of fires in Ukraine in 2023, which will be eliminated by units of the State Fire Service, was carried out. The method of conducting classes for the formation of professional readiness of gas and smoke protection workers has been improved. Thus, to increase the level of professional training of gas and smoke protection officers, provided there is sufficient funding.

*Д.І.Савельєв, кандидат технічних наук, НУЦЗУ*

## **ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЇ У СФЕРІ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ В УКРАЇНІ НА ТЛІ РОСІЙСЬКОЇ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ**

Збройна агресія РФ супроводжується численними гібридними атаками, серед яких інформаційно-цифровий вектор ураження, що може бути впроваджений активізацією шкідливих дій «пасивних агентів» – цифрових засобів, що є офіційним програмним забезпеченням російських розробників, що придбано та задіяно у різних державних і приватних галузях господарської діяльності ще до початку ворожих дій. Зазначені програмно цифрові засоби несуть потенційну небезпеку, оскільки крім безпосередньо шкідливих дій, можуть здійснювати збір та передачу на відповідні цифрові сховища РФ конфіденційних даних, що стосуються як приватної чи економічної діяльності, такі дані, що мають ознаки державної таємниці та/або державних інтересів. Відтак, доцільним та логічним є напрямок дослідження кіберцифрового простору України на предмет дифузії російських програмно-цифрових засобів, що несуть потенційну загрозу вищезазначених «пасивних агентів». За даними досліджень [1 – 3], українськи користувачі, незважаючи на вже відкриту (щез 2014 року) агресію Російської Федерації, досі активно використовують у своїй діяльності програмно-цифрові засоби розробки ворожої країни, що також фіксується як потенційна загроза державній безпеці навіть зарубіжними дослідниками [3–9]. За даними Опендатабот [3], наразі найбільш використовувані 44 російських програмних доробків, серед яких найчастіше зустрічаються Бітрікс,1С, AmoCRM, iiko, Jivosite та інш. Таке засилля ПЗ РФ до кіберцифрового простору України формує передумови до потенційного виникнення наступних загроз і критичних ситуацій: – прямий шкідливий вплив «пасивних агентів» ворожої країни на кіберфізичні системи різного (в т.ч. загальнодержавного) рівня диференціації; – використання відомих лише розробникам РФ(в силу комерційної таємниці) особливостей поширюваного програмного забезпечення, що не дозволяє без несанкціонованого втручання визначити ступінь безпеки кодового тіла програмно-цифрових засобів, а також

За результатами дослідження та визначення потенційного вектору розвитку програмно цифрових засобів варто використати наступні тези: – програмні продукти, розробниками яких є представники Російської Федерації досі мають значну дифузю в український кіберцифровий простір, відтак несуть потенційну загрозу для кіберцифрової інфраструктури України: від викрадення стратегічних конфіденційних даних до прямого шкідливого впливу на кіберфізичні системи різних рівнів диференціації; – зважаючи на виявлені потенційні загрози найперша таргет-цілью збільшенні кібербезпеки України – заміна російського ПЗ здебільшого менеджментно-органайзерного напрямку; – вектор цифрового інженерінгу є досить розвиненим в Україні не потребує форсувань та стимуляції в протидію програмних засобів менеджменту та організації;

Дослідження поточного функціонування кіберцифрового простору України в умовах широкомасштабної збройно агресії Російської Федерації виявило ключові аспекти: – Україна все ще залежить від програмного забезпечення РФ; – Україна – розвинена цифрова держава, що має великий потенціал в ІТ-сфері. Відтак, пряме королювання виявлених аспектів дозволяє сформулювати основну думку дослідження – в Україні достатньо технічних можливостей та профільних фахівців, що можуть забезпечити її кіберцифрову інфраструктуру і протидію в потенційно небезпечного впливу Росії. За результатами детального аналізу вектору комп'ютерної інженерії встановлено, що профільні українські програмні продукти є навіть безальтернативними для ворожої держави, що в чергове підкреслює високий технічний розвиток нашої держави та вказує на необхідність державного сприяння подальшій природній еволюції засобів цифрового інженерінгу. Відповідно до задач дослідження у якості рекомендацій щодо розвитку українського кіберцифрового простору слід зазначити наступні: – вжиття невідкладних заходів щодо виокремлення та усунення російського програмного забезпечення та сервісів; – вжиття

перспективних заходів щодо розвитку, стимуляції та залучення інновацій в ІТ-сектор України; – розвиток програм державної підтримки та сприяння розвитку сфери комп'ютерної інженерії.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Давидюк, А. В. Використання спеціального програмного забезпечення для аналізу інформаційної агресії Російської Федерації проти України [Електронний ресурс] / А. В. Давидюк, В. М. Петрик // *Information Technology and Security*. – 2017. – Vol. 5, Iss. 1 (8). – pp. 21 – 28. // URL : [doi.org/10.20535/2411-0312017.5.1.120552](https://doi.org/10.20535/2411-0312017.5.1.120552), 2022.
2. Мозговий, С. Російське програмне забезпечення: бути чи не бути? [Електронний ресурс] / С. Мозговий, В. Шатохін, І. Клименко // Бухгалтерський інтернет-портал. – 2022. // URL : [ibuhgalter.net/ru/articles/886](https://ibuhgalter.net/ru/articles/886), 2022.
3. Бабак, А. В Україні досі використовують 44 російські програми. Оpendatabot перелічив ІТ-продукти, якими можна їх замінити [Електронний ресурс] / А. Бабак // *Спільнота програмістів*. – 2022. – URL : [dou.ua/lenta/news/ukraine-still-uses-44-russian-programs](https://dou.ua/lenta/news/ukraine-still-uses-44-russian-programs), 2022.
4. Перелік програмного забезпечення російського походження [Електронний ресурс] / Оpendatabot. – URL : [opendatabot.ua/analytics/russian-software](https://opendatabot.ua/analytics/russian-software), 2022.
5. Qureshi, A. Russia–Ukraine war and systemic risk: Who is taking the heat? [Web resource] / A. Qureshi [etal.]. // *Finance Research Letters*. – 2022. – Vol. 48. // URL : [doi.org/10.1016/j.frl.2022.103036](https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103036), 2022.
6. Serpanos, D. The Cyberwarfare in Ukraine [Web resource] / D. Serpanos, T. Komninos // *Computer*. – 2022. – Vol. 55. – Iss. 7. – pp. 88 – 91. // URL : [doi.org/10.1109/MC.2022.3170644](https://doi.org/10.1109/MC.2022.3170644), 2022.
7. Jakub, P. Russia's war on Ukraine: Timeline of cyberattacks [Web resource] / P. Jakub // EPRS: European Parliamentary Research Service. – 2022. // URL : [policycommons.net/artifacts/2476881/russias-war-onukraine/3498934](https://policycommons.net/artifacts/2476881/russias-war-onukraine/3498934), 2022.
8. Mohee, A. Cyber war: The hidden side of the RussianUkrainian crisis [Web resource] / A. Mohee // *SocArXiv*. – 2022. // URL : [doi.org/10.31235/osf.io/2agd3](https://doi.org/10.31235/osf.io/2agd3), 2022.
9. O'Connor, P. Ukraine: The Cyber Battlefield [Web resource] / P. O'Connor // *ITNOW*. – 2022. – Vol. 64. – Iss. 2. – pp. 42 – 43. // URL : [doi.org/10.1093/itnow/bwac053](https://doi.org/10.1093/itnow/bwac053), 2022.

*D. I. Saveliev, PhD, NUCU*

#### **TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF INNOVATION IN THE SPHERE OF COMPUTER ENGINEERING IN UKRAINE AGAINST THE BACKGROUND OF RUSSIAN ARMED AGGRESSION**

The armed aggression of the Russian Federation is accompanied by numerous hybrid attacks, including an information and digital damage vector that can be introduced by activating the malicious actions of "passive agents" - digital tools that are official software of Russian developers, purchased and used in various public and private sectors of the economy. activities even before the start of hostilities. The mentioned software digital tools carry a potential danger because, in addition to directly harmful actions, they can collect and transfer to the relevant digital repositories of the Russian Federation confidential data related to both private and economic activities, such data that have signs of state secrets and/or state interests. Therefore, it is expedient and logical to investigate the cyber-digital space of Ukraine for the diffusion of Russian software and digital tools that carry the potential threat of the above-mentioned "passive agents".

*О.В. Савченко, канд. техн. наук, ст. наук. співр., НУЦЗУ*

*Д.О. Медведева, Красноградський РУГУ ДСНС України у Харківській області*

## **СТВОРЕННЯ ПРОТИПОЖЕЖНОГО БАР'ЄРУ З ПОЛІМЕРНОГО ГІДРОГЕЛЮ НА ОСНОВІ МОРСЬКОЇ ВОДИ**

У 2019 році лісовими пожежами було охоплено понад 1 тис. 320 га українських земель. Кожний третій випадок гасіння пожеж здійснюється із залученням сил і засобів ДСНС [1]. Ефективну локалізацію лісової пожежі забезпечує формування штучних бар'єрів, до яких належать протипожежна канава, протипожежний бар'єр та мінералізована смуга.

При локалізації низових лісових пожеж раніше було запропоновано використання технології створення протипожежного бар'єру, яка полягає у відокремленні охопленої вогнем ділянки від лісових насаджень за допомогою полімерного гідрогелю. При додаванні у воду кульок полімеру вони збільшуються в розмірі, який більш ніж в 100 разів перевищує їх обсяг. Молекули води заповнюють проміжки між молекулами полімеру, готові кулі на 85-99% складаються з води [2-4]. Вони нетоксичні, безпечні для людей і тварин та в розмоченому вигляді здатні зберігати свої властивості під дією високих і мінусових температур. Важливою перевагою даного з'єднання є можливість повного біологічного руйнування, без шкоди екології.

Нами було перевірено гіпотезу можливості отримання гідрогелю за допомогою морської води. Це може бути особливо актуальним у випадку виникнення пожежі в лісових масивах біля морського узбережжя (наприклад АР Крим). Слід відмітити, що інформацію про подібні експерименти в літературі знайти не вдалось. Це можна пояснити тим, що історично такі технології застосовувалися виключно в сільськогосподарській і меліоративній ніші для підтримки вологості в ґрунтах та уникнення посухи. Звичайно у такому випадку використовувати морську воду яка є розчином солей не доцільно.

Для проведення експерименту було використано проби морської води Чорного і Середземного морів у не розбавленому вигляді.

Експеримент здійснювався шляхом заливання кульок морською водою, зміни у геометричних характеристиках кульок визначались візуально. Результати наведено у таблиці 1.

**Таблиця 1 Результати досліджень використання морської води для утворення гідрогелевих кульок**

Вода яку використано для дослідження	Час збільшення кульок у розмірах (год.)	Середні геометричні характеристики отриманих кульок (мм)	Особливості спостережень
Вода Чорного моря	6-6,5	10-12	Відмінності у порівнянні з водою технічною відсутні
Вода Середземного моря	6-6,5	10-12	Відмінності у порівнянні з водою технічною відсутні
Вода технічна (прісна)	5,5-6	10-12	Відмінності відсутні

В результаті експерименту встановлено, що збільшення у розмірах кульок із використанням морської води відбувається аналогічно як із прісною водою. Різниця у часі формування кульок складає приблизно 10% (рис.1).



**Рис.1 Зовнішній вигляд утворених кульок**

Вперше розглянуто використання морської води для отримання гідрогелю під час локалізації пожеж в лісовому фонді. Підтверджено що, застосування даної технології задля утворення гідрогелю та прокладання загороджувальної полоси можливе. Отримані дані свідчать, що для формування гідрогелю можна використовувати будь-яку воду, а це значно розширює тактичні можливості даної технології.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Звіт про основні результати діяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій у 2019 році. *Сайт ДСНС*. URL: <https://www.dsns.gov.ua/ua/zvitni-materiali-Derzhavnoyi-sluzhbi-Ukrayini-z-nadzvichaynih-situaciy.html>.
2. Савченко А.В. Перспективні технології влаштування протипожежного бар'єру при локалізації лісових пожеж / А.В. Савченко, Д.О. Медвєєва, Несторенко О. // *Problems of Emergency Situations: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*. – Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2021. – С.93-94. Режим доступа к журн.: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/12976>.
3. Савченко О.В. Аналіз перспектив застосування протипожежного бар'єру при локалізації лісових пожеж / Д.О.Медвєєва, О.В. Савченко // *Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій: Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції* – Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2021. С. 54-56. Режим доступа к журн.: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/12754>.
4. Савченко О.В. Специфика применения противопожарного барьера при локализации лесного пожара / Д.О.Медвєєва, О.В. Савченко // *Суб'єкти забезпечення цивільного захисту (регіонального та місцевого рівня) в реалізації завдань із запобігання та ліквідації наслідків НС: матеріали круглого столу*. – Харків: НУЦЗУ/ 2021. С. 83-84. Режим доступа к журн.: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/12710>.

*O. Savchenko, PhD, Senior Researcher, National University of Civil Defense of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

*D. Medvedieva, emergency prevention department of the Krasnograd district administration of the State Emergency Service of Ukraine in the Kharkiv region*

#### **CREATION OF FIRE BARRIER FROM POLYMER HYDROGEL ON THE BASE OF SEA WATER**

For the first time, the use of sea water to obtain a hydrogel during localization of fires in the forest fund was considered. It has been confirmed that the application of this technology for the formation of hydrogel and the laying of a barrier strip is possible. The obtained data indicate that any water can be used to form a hydrogel, which significantly expands the tactical capabilities of this technology.

## **РАЦІОНАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНИХ ПОЖЕЖНИХ АВТОМОБІЛІВ У МИРНИЙ ТА ВОЄННИЙ ЧАС**

Після 24 лютого на території України все змінилося, ворожа авіація наносила удари не тільки по важливих стратегічних об'єктах, таких як аеродроми, військово-морські вузли, залізничні вокзали, а й по жилих кварталах мирних міст та селищ. Одну з важливих ролей під час війни грає Державна служба України з надзвичайних ситуацій, яка негайно реагує на надзвичайні ситуації (НС), небезпечні події, вступає в боротьбу з пожежами, викликаними ворожими обстрілами. Викликів та навантаження стало більше. Тепер, в гарнізонах де ведуться бойові дії, на чергування заступає в 2 рази більша кількість особового складу, до оперативного розрахунку введена резервна техніка. Первинними тактичними одиницями у пожежно-рятувальних підрозділах є відділення на автоцистерні (АЦ) або пожежному автомобілі насосно-рукавному (АНР). Ці пожежні автомобілі є технічною основою на озброєнні пожежних частин.

Для ліквідації надзвичайних ситуацій використовують різні пожежно-рятувальні автомобілі (ПРА), які залежно від призначення, поділяються на основні, спеціальні та допоміжні.

Основні ПРА призначені для доставки до місця пожежі особового складу (далі – о/с), пожежно-технічного оснащення і подачі вогнегасних речовин у зону горіння. Основні ПРА поділяються на автомобілі загального призначення (автоцистерни, автонасоси, автомобілі першої допомоги) та автомобілі цільового призначення (порошкового гасіння, пінного гасіння, пожежні автонасосні станції та інші).

Спеціальні ПРА призначені для доставки о/с і виконання спеціальних робіт на пожежі (пожежні автопідйомники, пожежні автодрабини, пожежнорятувальні автомобілі газодимозахисту, пожежно-рятувальні автомобілі димовидалення, зв'язку та освітлення, технічної служби, штабний, рукавний тощо).

Допоміжні ПРА призначені для технічного обслуговування основної і спеціальної пожежної техніки, доставки о/с, технічних засобів, паливно-мастильних речовин до місця пожежі, проведення інших допоміжних робіт (техніка, що введена в оперативний розрахунок оперативно-рятувальних підрозділів та спеціально пристосована для виконання поставлених завдань: пересувні авторемонтні майстерні, автозаправки, вантажні автомобілі, трактори, автобуси, легкові та інші автомобілі) [1].

Цілком очевидно, що пожежні автомобілі повинні бути максимально адаптованими для участі в таких операціях, зокрема, забезпечувати необхідну надійність та інтенсивність подачі вогнегасних речовин. В провідних країнах світу для ліквідації НС використовують комбіновані пожежні автомобілі, що дозволяє значно підвищити ефективність процесу реагування та ліквідації (концепція багатофункціональності). Дана техніка дозволяє ефективно гасити пожежі в багатоповерхових будинках, на великих промислових підприємствах, а також використовується для порятунку людей із верхніх поверхів будівель. Такі пожежні автомобілі суттєво відрізняються від моделей, що знаходяться в оперативному розрахунку підрозділів оперативно-рятувальної служби ДСНС.

Закордонні пожежні автомобілі створені на сучасних спеціальних шасі, що мають високу питому потужність та інші технічні параметри, ці автомобілі відрізняються високою функціональністю, сучасним дизайном. Наприклад, автоцистерна може бути поєднана з драбиною чи колінчастим підіймачем.

Австрійська фірма Rosenbauer випускає комбіновані пожежні автомобілі, які поєднують в собі автоцистерну з драбиною (наприклад LADDER TRUCKS 100' VIPER має резервуар для води 1100-1890 літрів, продуктивність насоса – 1500 л/хв), з'ємні контейнери (для хімічного захисту, для захисту від радіації, для надання першої допомоги при ДТП, для

боротьби з забрудненою нафтою тощо). Також випускаються контейнери протипожежного призначення, наявність подібних контейнерів дозволяє використовувати, наприклад, аварійно-рятувальний автомобіль в звичайних умовах для цілей пожежогасіння [2]. Німецька компанія Magirus має в своєму модельному ряді автоцистерну з підйомачем Magirus MultiStar (це унікальна в усьому світі комбінація телескопічної підйомної стріли з рятувальною кліткою та насосом-цистерною/рятувальним транспортним засобом. Продуктивність насоса: 3000 л/хв при 10 бар / 400 л/хв при 40 бар. Об'єм бака, вода: 1900 л або 2400 л -зовнішній бак) [3].

Отже, такі комбіновані автомобілі значно би полегшили роботу рятувальників під час ліквідації НС у мирний та воєнний час. Адже, використання таких автомобілів має низку переваг, а саме: під час виконання органами управління та підрозділами ОРС ЦЗ завдань за призначенням у населених пунктах і на територіях, що потрапляють у зону постійних обстрілів під час збройного конфлікту на виклик може виїхати один такий автомобіль, замість цистерни та автодрабини (автопідйомача), що забезпечить колону автомобілів під час слідування до ліквідації місця НС в результаті зменшення кількості пожежно-рятувальної техніки; значно заощадить кількість коштів витрачених на виїзд декількох автомобілів (виїзд 1 пожежного автомобіля у 2022 році обходиться приблизно в 73000 грн); затрати на обслуговування, ремонт та паливо-мастильні матеріали скоротяться; буде задіяна менша кількість особового складу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. [Електронний ресурс]. – Доступний за посиланням: <https://dsns.gov.ua/upload/9/5/7/7/2018-10-2-112-dovidnik-pozeznogo-ryatuvalnika-2018.pdf>;
2. Rosenbauer HookLift Fire Engine  
URL:<https://www.rosenbauer.com/en/int/rosenbauer-world/products/fire-fighting-systems/truck-mounted-pumps/nh25-nh35-nh45-nh55>;
3. Magirus URL:<https://www.magirusgroup.com/de/en/home/>.
4. Державні стандарти України (збірник). Пожежна безпека. Продукція протипожежного призначення. Київ - 2000.

*V. Semkiv, Adjunct National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

## THE RATIONALITY OF USING COMBINED FIRE TRUCKS IN PEACETIME AND WARTIME

Fire trucks must be as adapted as possible to participate in the elimination of emergency situations, in particular, ensure the necessary reliability and intensity of supply of fire extinguishing substances. In the leading countries of the world, combined fire trucks are used to eliminate emergencies, which allows to significantly increase the efficiency of the response and elimination process. Foreign fire trucks are built on modern special chassis with high specific power and other technical parameters, these cars are characterized by high functionality and modern design. For example, a tank truck can be combined with a ladder or a crank lift. Therefore, such combined cars would greatly facilitate the work of rescuers during the elimination of emergencies in peacetime and wartime.



## РОЛЬ ПЕРШОГО КЕРІВНИКА ГАСІННЯ ПОЖЕЖІ ПІД ЧАС КЕРУВАННЯ ОПЕРАТИВНИМИ ДІЯМИ

Оперативні дії пожежно-рятувальних підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту (ОРС ЦЗ) на пожежах організує і здійснює ними керування – керівник гасіння пожежі (КГП) [1]. Вірно організувати оперативні дії зможе лише той КГП, який глибоко знає закономірності та особливості, притаманні веденню оперативних дій підрозділів і вміє здійснювати ними керівництво у різній обстановці і умовах на пожежах, тобто володіє необхідним рівнем знань, умінь та практичних навичок [2].

На всьому протязі оперативних дій підрозділів з гасіння пожеж можна виділити наступні періоди діяльності КГП (рис. 1).

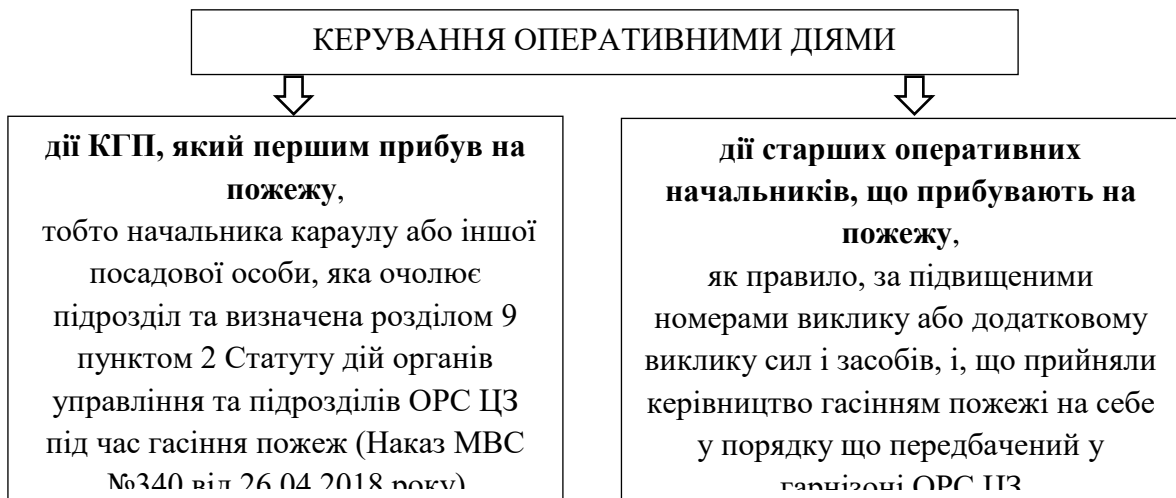


Рис. 1. Періоди діяльності КГП

Керування силами і засобами на пожежі, по можливості, повинно здійснюватися однією особою від початку до кінця гасіння пожежі. Часта зміна КГП призводить до затягування гасіння пожежі, зайвої зміни рішень тощо. Разом з тим, згідно [1] старший оперативний начальник зобов'язаний прийняти керування гасінням пожежі, якщо КГП не забезпечує керування силами і засобами або під час гасіння великих і складних пожеж.

Особлива роль належить діям першого КГП у початковій стадії організації гасіння пожежі при відсутності повних відомостей про пожежу, недостовірності даних про обстановку, недостатньої кількості сил і засобів та інших обставин [3]. Організувати гасіння пожеж у початковий період - це означає у дуже короткий час оцінити обстановку, хоча б у загальних рисах, визначити можливі шляхи розповсюдження вогню та вирішальний напрямок оперативних дій, намітити план гасіння та забезпечити керування підрозділами, що прибули на пожежу. Лише знання та досвід допомагають першому КГП з визначеної суми інформації у початковий період на пожежі відібрати головні елементи обстановки для прийняття правильного рішення. Досвід КГП дозволяє об'єктивно розібратися в обстановці для прийняття правильного рішення за зовнішніми ознаками пожежі (наявність полум'я, вихід та колір диму, стан віконних, балконних та інших прорізів тощо) [4].

Початкова оцінка обстановки першим КГП необхідна для попередніх рішень і віддання перших розпоряджень на оперативні дії підрозділів. Прогноз розвитку пожежі у

початковий період організації гасіння є також підставою для визначення необхідної кількості сил і засобів та виклику їх на пожежу [5].

Тактичне мислення і дії першого КГП носять особливий характер, який полягає у виключній оперативності, зібраності, вимогливості, умінні виявляти рішучість, відвагу та високі вольові якості. Він повинен уміти діяти в екстремальних умовах, впливати на особовий склад підрозділів впевненістю своїх дій.

Таким чином, перший КГП у короткий термін вирішує складну задачу і від того, наскільки правильно і швидко він її вирішить, залежить хід та швидкість виконання основного оперативного завдання на пожежі. Тому діям першого КГП та його підрозділам приділяється особливе значення, так як виправлення його помилок призводить до затягування процесу гасіння та збільшенню матеріальних збитків.

Якість керування гасінням пожежі впливає на кількість великих пожеж, тобто коли пожежа набуває значних розмірів внаслідок помилок КГП, які він допускає у своїх діях та рішеннях. Усі помилки, що допускають під час керівництва оперативними діями на пожежах, можна класифікувати за наступними ознаками управлінської діяльності, відповідно до типів проблем, які вирішують КГП а саме, інформаційними, організаційними та технологічними (рис. 2) [6].



Рис. 2. Класифікація помилок КГП

Практично всі вище типи помилок є наслідком недостатнього досвіду КГП. Аналіз статистики великих пожеж показав, що не завжди перший КГП мав необхідний обсяг знань і досвід для об'єктивної оцінки обстановки і визначення першочергових оперативно-тактичних рішень.

Також практика гасіння пожеж та аналіз оперативних дій пожежно-рятувальних підрозділів показує, що більшість помилок допускають саме перші КГП у ролі яких виступають командири відділень (КВ), начальники караулів (НК) та заступники начальників частин (ЗНЧ). Найбільш розповсюджені типові помилки, яких припускаються перші КГП відповідних посадових осіб під час керування оперативними діями на пожежах та їх кількість у процентному відношенні представлено у табл.1.

Табл.1. Кількість типових помилок, що допускають перші КПП

Найменування помилок	Перший КПП (кількість помилок у %)		
	КВ	НК	ЗНК
запізнений виклик додаткових сил	20	15	10
неякісне проведення розвідки пожежі	30	30	22
невірний вибір вирішального напрямку	30	26	27
неефективне використання техніки	12	9	4
незадовільне використання водопостачання	10	13	7
невикористання ГДЗС	12	10	8
отримали незадовільну оцінку, як КПП	40	33	16

Враховуючи це, у гарнізонах ОРС ЦЗ здійснюються заходи щодо підвищення рівня оперативної майстерності КПП у рамках тактичної підготовки із визначенням класної кваліфікації (присвоєнням класності) [7].

### ЛІТЕРАТУРА

1. НАПБ Б.04.003-2018 Статут дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж.
2. Основи тактики гасіння пожеж: навч. посіб. / В.В Сировой, Ю.М. Сенчихін, А.А. Лісняк, І.Г. Дерев'яно. Х.: НУЦЗУ, 2015. 216 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/377>
3. Росоха С.В., Сенчихін Ю.М. Шляхи рішення тактичних задач керівниками пожежно-рятувальних підрозділів в умовах невизначеності. Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій: Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2021. С. 49-51. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/12985>
4. Пожежна тактика: Підручник / [П.П. Ключ, В.Г. Палюх, А.С. Пустовой та ін.]. Х.: Основа, 1998. 592 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1192>
5. Довідник керівника гасіння пожежі. Київ: ТОВ "Література-Друк", 2016, 320 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/9477>
6. Сенчихін Ю.М., Чабань С.Г. Класифікація помилок в управлінській діяльності керівника гасіння пожежі та аналіз причин їх виникнення. Пожежна безпека–2011: Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції. Харків: НУЦЗУ України, 2011. С. 198-199. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/4495>
7. Сенчихін Ю.М., Остапов К. М. Удосконалення змісту управлінської діяльності керівника гасіння пожежі. Суб'єкти забезпечення цивільного захисту (регіонального та місцевого рівня) в реалізації завдань із запобігання та ліквідації наслідків НС: матеріали круглого столу. Харків: НУЦЗУ, 2021. С. 93-94. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/12983>

*Iu.N. Senchykhin, Ph.D., professor, V.G. Avetisyan, Ph.D, associate professor, Yu.I. Gaponenko, National University of Civil Protection of Ukraine*

### THE ROLE OF THE FIRST FIRE EXTINGUISHING MANAGER DURING THE MANAGEMENT OF OPERATIONAL ACTIONS

The actions of the first head of fire fighting and his units are given special importance. The success of extinguishing the fire depends on his decisions. Correcting his mistakes leads to a delay in the process of extinguishing a fire and an increase in material losses. Only the head of fire fighting, who has the necessary level of knowledge, skills and practical skills, can correctly organize operational actions in a fire.

*Ю.М. Сенчихін, канд. техн. наук, професор, НУЦЗУ*  
*Ю.Ю. Дендаренко, канд. техн. наук, доцент, ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ*

## **ПРОБЛЕМИ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ У ВИСОТНИХ БУДИНКАХ**

Сучасні міста, що будуються, спрямовуються вгору, що обумовлено економічними міркуваннями і архітектурними вишукуваннями. У цій ситуації пожежна наука повинна впровадити до практики гасіння дієвий інструмент для вирішення завдань пожежогасіння та рятування людей на висотах. При цьому необхідно враховувати не тільки технічні особливості подачі вогнегасних речовин на надвисоти, але і тактичні методи застосування сучасної техніки в залежності від умов, що динамічно змінюються на пожежі. Гасіння пожеж на висоті 100 м і більше значно ускладнюється багатьма факторами, а час подавання першого ствола і загальний час гасіння збільшуються [1].

Україна на 51 місці (із 174 країн) за загальною кількістю висотних будівель та на 49 місці з переліку 59 країн, де є будівлі понад 150 метрів. У 2017 році в світі було побудовано 144 хмарочоси, понад 200 метрів заввишки. Це найбільша за всю історію кількість надвисоких будівель, які були введені в експлуатацію за рік. Середня висота таких об'єктів виросла на 6 метрів і досягла 244 метрів. В Україні середня висота «хмарочосів» досягає 132,6 метрів. Єдиний проект, який має шанс перевищити цю позначку, – це будівля багатофункціонального комплексу Sky Towers у Києві. З урахуванням шпильки найвища точка комплексу може опинитися на висоті 220 метрів, коли він буде добудований. Станом на 2020 рік Київ знаходиться на 8-му місці у світі за кількістю хмарочосів із 1222 будівлями вище 35 метрів (12 поверхів), і за кількістю таких будинків обігнав Лондон (1109) та Лос-Анджелес (643). Також у топ-30 знаходиться Харків, Одеса і Дніпро. І сьогодні нові будівлі вводяться в експлуатацію регулярно.

Статистика пожеж в Україні свідчить, що більше 65000 пожеж (80 % від загальної кількості) та більше 2500 випадків загибелі людей (95 % від загальної кількості загиблих унаслідок пожеж) щороку припадає на житловий сектор, у тому числі житлові висотні та будинки підвищеної поверховості.

Аналіз пожеж і вивчення оперативних дій на пожежах, що виникли у висотних будівлях свідчить про те, що проблема гасіння пожеж на висотах будівель і споруд складається з суми факторів, котрі в той чи іншій мірі значно, не кращим образом, впливають на професійну діяльність пожежно-рятувальних підрозділів, в тому числі і гарнізонів ДСНС України [1, 2].

Основними критичними факторами при гасінні пожеж у висотних будинках та будинках підвищеної поверховості є:

- швидкий розвиток пожежі та задимлення на всю висоту будівлі;
- складність забезпечення дій з гасіння пожежі, аварійно-рятувальних заходів та доставки засобів пожежогасіння;
- блокування шляхів евакуації.

В усіх випадках здійснення оперативних дій з гасіння пожеж та рятування людей повинно забезпечуватися достатньою кількістю спеціальної висотної техніки. За даними 2020 року, гарнізони ДСНС України мають некомплект пожежних автодрабин та підіймачів, який становить близько 50% (250 автомобілів), а з наявних – 80 % вичерпали свій моторесурс. Крім того існуючі в наявності автодрабини та підіймачі (у оперативному розрахунку ДСНС - один підіймач з висотою стріли 80 метрів та дев'ять 50 метрових) можуть забезпечити виконання пожежно-рятувальних робіт у будівлях до 16 поверху [3].

І особю рисою висвітлюється проблема вибору способу подавання вогнегасних засобів на висоти, особисто коли тактичні можливості спеціальної техніки не забезпечують якість і швидкість оперативних дій, а неможливість використовувати системи протипожежного захисту (за різними причинами, непрацездатність, зношеність та ін.) обумовлюють обстановку, коли пожежні мають розраховувати на власні сили. У таких

умовах обстановки значно збільшується час вільного розвитку пожежі, і в цілому її локалізація і ліквідація та час оперативних дій. Це можна уявити з порівняльної табл. 1 на прикладі гасіння пожежі на 24 поверсі будівлі, при умовах підйому сходовою клітиною екіпірованому пожежному, який має 35 кг особистого навантаження, одночасно із паралельним прокладанням рукавних ліній (способи прокладання рукавних ліній можуть значно впливати на час оперативного розгортання) [3].

Табл. 1. Співвідношення від часу початку пожежі та швидкістю її розвитку

Робота пожежного підрозділу		Вільний розвиток пожежі	
Дії	Час (хв)	Стадії	Час (хв)
Виявлення пожежі та виклик підрозділу	5	Початкова	10
Прибуття підрозділу на місце виклику	15	Охоплення полум'ям усієї квартири	15-20
Розгортання пожежного підрозділу	30		
Усього	50	Усього	45

І як висновок цього, можна констатувати той факт, що після 30-хвилинного (теоретичного) стримування пожежа розповсюдиться у загальний коридор поверху, а ще за 15 хвилин почнуть горіти суміжні квартири.

Також, дуже значні проблеми викликають будинки, що побудовані за окремими нормами (до 1997 року) і експлуатуються значний час. Такі будинки у відмінності від сучасних, що побудовані за новими ДБН, не мають відповідного протипожежного забезпечення, тобто системи інженерного обладнання не відповідають нормам, зношені чи поламані, а деякі і зовсім відсутні. Такі будинки вимагають технологічного ремонту та переобладнання системами протипожежного захисту відповідно до норм та правил пожежної безпеки, що і повинні вимагати наглядові органи ДСНС [4]. У завдання оперативних підрозділів ДСНС входять вирішення питань, щодо корегування оперативних планів пожежогасіння на такі будинки.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Пожежна тактика: Підручник / [П.П. Ключ, В.Г. Палюх, А.С. Пустовой та ін.]. Х.: Основа, 1998. 592 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1192>
2. Довідник керівника гасіння пожежі. Київ: ТОВ "Література-Друк", 2016, 320 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/9477>
3. Борис О., Климась Р., Крутов О. А чи готові ми долати пожежі у висотних будівлях? Охорона праці і пожежна безпека. 2017. №8. С. 17-20.
4. Аналіз причин пожежної небезпеки висотних будинків та будинків підвищеної поверховості міста Львів / О.І. Башинський, М.З. Пелешко, Ю.Т. Судніцин // Пожежна безпека, №34, 2019. С. 10-15.

*Iu.N. Senchykhin, Ph.D., professor, National University of Civil Protection of Ukraine, Yu.Y. Dendarenko, Ph.D, associate professor, Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of the National University of Civil Protection of Ukraine*

#### PROBLEMS OF FIRE EXTINGUISHING IN HIGH-RISE BUILDINGS

The analysis of fires and the study of operational and tactical actions in case of fires that occurred in high-rise buildings show that the problem of extinguishing fires at the heights of buildings and structures consists of a sum of factors that have a negative impact on the professional activities of the garrisons of the State Emergency Service of Ukraine.

## ВИЗНАЧЕННЯ КОРИГУЮЧИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ПАРАМЕТРІВ АКУСТИЧНОГО ПРИБОРУ СИСТЕМИ ОРІЄНТУВАННЯ ПРИ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБОТАХ

У 2021 році в Україні зареєстровано 124 надзвичайні ситуації (НС) [1]. Внаслідок цих надзвичайних ситуацій загинуло 148 осіб (з них 16 дітей) та постраждало 545 осіб (з них 323 дитини). В багатьох випадках обставини, що призвели до загибелі та травмування людей невідомі. Також нерідко ушкоджень зазнають самі рятувальники. Можна зробити припущення, що отримані травми, під час проведення аварійно-рятувальних робіт (АРР), також пов'язані з неможливістю оперативно отримувати інформацію про навколишні обставини в приміщеннях з незадовільним візуальним контролем (далі НВК).

Створення і впровадження нових ефективних методів, або пристроїв для орієнтування в просторі з НВК є запорукою збереження життя рятувальників та оперативного порятунку постраждалих. Запропоновано застосування акустичних пристроїв, як додатковий засіб орієнтування. В додаток з уже існуючими системами орієнтування в просторі з НВК вони підвищують ефективність проведення аварійно-рятувальних робіт.

Небезпечні фактори НС (задимлення, заповиленість, висока температура) впливають на фізичні властивості акустичних хвиль. У зв'язку з цим, при розробці акустичного приладу, призначеного для ефективного використання в означених умовах, тобто для підвищення чутливості та точності його роботи, необхідно визначити поправочні коефіцієнти, що враховують кут падіння, об'єм зважених частинок, температуру, хвильовий опір середовища та експериментально встановити границі значень їх впливу.

Ознайомившись з дослідженнями [1-3] запропоновано враховувати кут падіння, концентрацію зважених частинок, температуру середовища, хвильовий опір середовища при визначенні параметрів перешкоди та відстані до неї з метою підвищення точності вимірів. Для визначення поправочних коефіцієнтів необхідно враховувати поширення та згасання акустичних хвиль у середовищі з виваженими твердими частинками продуктів горіння або краплинами рідини. У випадку падіння плоскої акустичної хвилі на межу поділу двох середовищ хвиля частково відіб'ється, а частково пройде. Амплітуда кожної хвилі (що відбилась і що пройшла) визначатиметься коефіцієнтом відображення (1):

$$R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \quad (1)$$

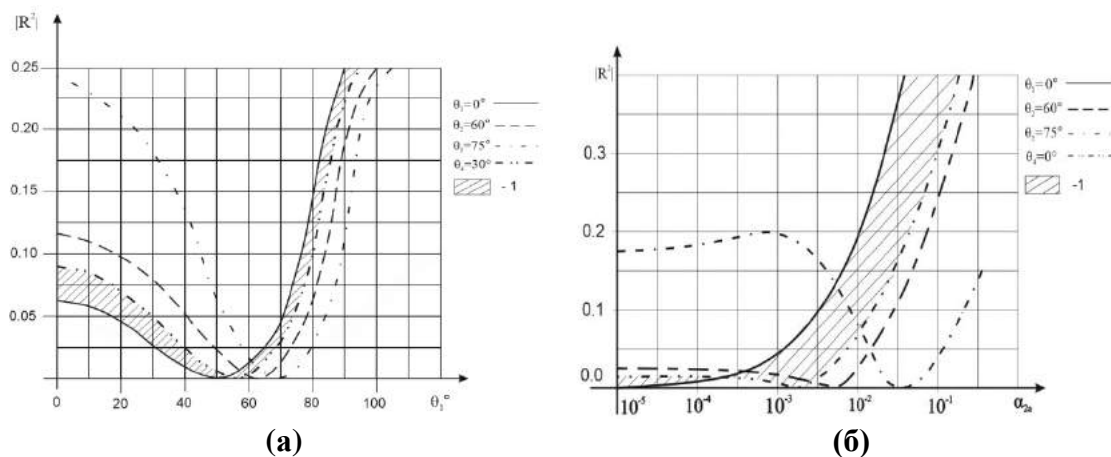
де

$$Z_i = \frac{\rho_i C_i}{\cos \theta_i} \quad (2)$$

$$\theta_2 = \arcsin\left(\frac{C_2}{C_1} \sin \theta_1\right) \quad (3)$$

де  $Z_i$  – хвильовий опір середовища,  $R$  – коефіцієнт відображення,  $\rho_i$  – щільність,  $C_i$  – швидкість звуку,  $\theta_1$  – кут, під яким падає хвиля,  $i = 1, 2$  – індекс і означає номер середовища.

На рис. 1(а) представлений графік залежностей коефіцієнта відображення від кута падіння хвилі  $\theta_1$  при різному об'ємному вмісту крапель першої фракції.



**Рисунок 1 – Криві залежності коефіцієнта відображення акустичних хвиль від кута падіння при об'ємному вмісті включень (а) та при різних кутах падіння (б)**

На рис. 1(б) наведено результати порівняння коефіцієнта відображення в залежності від об'ємного вмісту часток (крапель) першої фракції, або виважених частинок при різних кутах падіння  $\theta_1$ . Тут початкова концентрація пари  $k_{v0} = 0.01$ , об'ємний вміст частинок другої фракції  $\alpha_b = 0.005$ .

При нормальному падінні ( $\theta_1 = 0^\circ$ ) акустичної хвилі крива є монотонною, а при збільшенні кута падіння хвилі до  $60^\circ$  і до  $75^\circ$  монотонність пропадає. Так, при падінні хвилі під кутом  $\theta_1 = 60^\circ$  величина практично не змінюється при об'ємних вмістах крапель  $\alpha_{2a} < 10^{-3}$  і набуває деякого постійного значення. Тобто, за об'ємного вмісту крапель першої фракції, або виважених частинок від  $10^{-5}$  до  $10^{-3}$  коефіцієнт відображення практично не змінюється. Тільки після збільшення об'ємного вмісту до  $10^{-2}$  простежується зміна коефіцієнту відображення акустичних хвиль.

У зв'язку з тим, що додатковий пристрій розміщено на шоломі рятувальника, то кут падіння акустичної хвилі, практично в усіх випадках при виконанні рятувальних робіт, знаходиться у діапазоні  $0^\circ$ - $30^\circ$ . Тому параметри, що враховують вплив на акустичні хвилі в умовах НС внаслідок пожежі (коригуючі коефіцієнти) знаходяться у заштрихованій області 1 (див. рис. 1(а) та 1(б)). Ці параметри будуть задані у вигляді поліному, для подальшого використання у програмних засобах блоку управління додатковим пристроєм акустичної дії.

У просторі безперервно змінюються швидкість, сила, напрям потоку (вплив температурного градієнту), а також температура, тому поширення звукових хвиль відбувається постійно в нових умовах, згасання звуку зростає внаслідок відбиття, розсіювання та подовження шляху, що проходить звуком (при температурі  $-20^\circ\text{C}$  звук проходить 318 м/с, а за температури  $+20^\circ\text{C}$  – 344 м/с).

Згідно Закону Бойля-Маріотта вираз для швидкості акустичних хвиль у повітрі виглядає наступним чином (4):

$$c = \sqrt{\frac{\chi R}{\mu} T} \quad (4)$$

де  $\chi = c_p / c_v$  – відношення теплоємностей при постійному тиску та постійному об'ємі,  $\mu$  – молекулярна вага газу;  $R$  – універсальна газова стала;  $T$  – температура,  $^\circ\text{K}$ .

Поняття хвильового опору (імпедансу) в акустиці, відповідно, використовують для характеристики середовища, в якому поширюються хвильові збурення, та для опису властивостей випромінювачів звуку. Величина хвильового опору визначається

відношенням амплітуди тиску до амплітуди швидкості руху частинок середовища в напрямку, перпендикулярному фронту хвилі. Із виразів для вказаних характеристик плоскої хвилі одержуємо вираз (5):

$$|Z| = \rho c \quad (5)$$

де відповідно:  $Z_i$  – хвильовий опір середовища,  $\rho$  – густина середовища,  $c$  швидкість звуку в ньому. Плоска хвиля не "розрізняє" середовища, які мають однакові хвильові опори. Для визначення відстані до перешкоди та її форми отримаємо вираз (6):

$$r = \frac{\sqrt{\frac{\chi R}{\mu}} T_{kt}}{2} = \frac{|Z|}{2\rho} k t \quad (6)$$

де  $Z_i$  – хвильовий опір середовища,  $R$  – коефіцієнт відображення,  $\rho_i$  – щільність,  $C_i$  – швидкість звуку,  $i = 1, 2$  - індекс  $i$  означає номер середовища.

Таким чином, при застосуванні акустичного пристрою як додаткового засобу для орієнтування в просторі з незадовільним візуальним контролем, необхідно враховувати коефіцієнт відображення  $k$ , хвильовий імпеданс  $Z$ , температуру середовища  $T(^{\circ}\text{K})$ .

## ЛІТЕРАТУРА

1. Звіт Голови ДСНС від 22 лютого 2022 року «Про основні результати діяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій у 2021 році» // Єдиний веб-портал органів виконавчої влади України URL: <https://www.kmu.gov.ua/>.
2. Gubaidullin D. A., Zaripov R. R. Reflection of an acoustic wave from the boundary of amultifractional polydisperse gas-particle suspension // Journal of Physics, 2018. Conf. Series 1328 (2019).
3. Tarau C., Otygen M.V. Propagation of acoustic waves through regions of non-uniform temperature // International Journal of Aeroacoustics, 2002. Vol. 1, Issue 2.
4. Р. М. Галаган. Проходження хвиль через плоскі межі середовищ при нормальному та похилому падінні // Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю, 2019. С. 56-63.

*Y. Statyva, National University of Civil Protection of Ukraine*

## DETERMINATION OF THE CORRECTING COEFFICIENTS OF THE PARAMETERS OF THE ACOUSTIC DEVICE OF THE ORIENTATION SYSTEM IN EMERGENCY AND RESCUE OPERATIONS

The most influential characteristics of the emergency situation due to fire on acoustic waves have been determined. It is proposed to use correction coefficients that take into account the influence of emergency characteristics on acoustic waves. It is proposed to take into account the angle of incidence, the concentration of suspended particles, the temperature, the wave resistance of the medium when determining the parameters of the obstacle and the distance to it in order to increase the accuracy of the measurements. It is proposed to use: reflection coefficient, wave impedance, temperature of the environment. A dependence is proposed that takes into account the effect on the propagation of acoustic waves when determining the shape of the obstacle and its shape.



*Д. В. Тарадуда, к.т.н., доцент, заступник начальника кафедри Національний університет цивільного захисту України*

## **ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ БАЛОНІВ ДЛЯ ДИХАЛЬНИХ АПАРАТІВ НА СТИСНЕНОМУ ПОВІТРІ**

Проведено дослідження щодо підвищення надійності, довговічності, а також зниження маси балонів для дихальних апаратів на стисненому повітрі підрозділів рятувальних служб. Розроблено конструкцію композитних балонів із повітрям під високим тиском з покращеними характеристиками, такими як міцність, проникність та забезпечення гігієнічних норм, а з метою подальшої верифікації запропонованої конструкції проведено розрахунки, на підставі яких була підтверджена можливість і доцільність виготовлення балонів високого тиску з мінерального волокна в комбінації зі зв'язуючим, що відрізняється відносно низькою вартістю і технологічністю при виробництві традиційними методами. Дослідження були проведені з метою: розробки конструкції балона високої масової досконалості і вартості менше, ніж аналогічний металопластиковий балон; забезпечення необхідної несучої здатності балонів; визначення проникності повітря через стінку лейнера; визначення виду та кількості виділення органічних сполук з матеріалу лейнерів в процесі зберігання балона, заправленого повітрям. В результаті проведення дослідження встановлено, що: балон з лейнером товщиною стінки 2,2 мм втратить герметичність через 45 діб витримки при робочому тиску 30 МПа через неякісно виготовлену прес-форму, стоншення лейнера у цьому місці до 1,3 мм; балон з лейнером товщиною стінки 4 мм при робочому тиску 30 МПа при спостереженні протягом 135 діб втратить у вазі лише 30 г. Дослідження гігієнічних характеристик балонів показало, що після витримки протягом 30 діб при температурі 20 °С при робочому тиску 30 МПа, в повітряному середовищі балонів були виявлені органічні речовини, що відносяться до класу аліфатичних спиртів. Дослідження доводять високу ефективність застосування композитно-полімерних балонів з метою покращення характеристик дихальних апаратів на стисненому повітрі, що підтверджує їх корисність і важливість.

### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Єлізаров О. В. Тенденції удосконалення ізолюючих дихальних апаратів на стисненому повітрі. *X Міжнародна науково-практична конференція «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій»*. 2019. Черкаси, Україна 11–12 квітня 2019. [http://edu-mns.org.ua/img/news/120/zbirnik\\_11-12.04.2019.pdf#page=27](http://edu-mns.org.ua/img/news/120/zbirnik_11-12.04.2019.pdf#page=27)

2. Mair G. W., Scherer F., Scholz I., Schönfelder T. The Residual Strength of Breathing Air Composite Cylinders Towards the End of Their Service Life: A First Assessment of a Real-Life Sample. *ASME 2014 Pressure Vessels and Piping Conference*. 2014. Anaheim, California, USA 20–24 July 2014. <https://doi.org/10.1115/PVP2014-28168>

*D. Taraduda, PhD, associate professor, Deputy Head of the Department, National University of Civil Defence of Ukraine*

## **ABOUT IMPROVEMENT CONSTRUCTIONS CYLINDERS OF BREATHING APPARATUSES ON COMPRESSED AIR**

A study was conducted to increase the reliability, durability, and weight reduction of cylinders for compressed air breathing apparatus of rescue service units. The design of composite cylinders with high-pressure air with improved characteristics, such as strength, permeability and ensuring hygienic standards, was developed.

О.І. Федоряка,  
 М.В. Кустов, д.т.н., доцент  
 Національний університет цивільного захисту України

## ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ РІВНЯ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ЛОКАЛЬНОЇ ТЕРИТОРІЇ З УРАХУВАННЯМ НЕРІВНОМІРНОСТІ ФАКТОРІВ

Питання оптимізації витрат на забезпечення пожежної безпеки як окремого регіону, так і держави в цілому, знаходиться між двома факторами – матеріальні витрати, які прагнуть до мінімізації, та рівень пожежної безпеки, який прагне до максимуму, але не повинен бути нижчим за встановлені в державі норми. Відтак, оптимальним шляхом забезпечення належного рівня пожежної безпеки стає відповідність усіх протипожежних заходів в межах локальної території рівню пожежної небезпеки цієї території.

Однак до сьогодні проблемним питанням залишається низька точність оцінки рівня пожежної небезпеки території з урахуванням нерівномірності факторів пожежної небезпеки. Вирішити ці недоліки дозволяє використання нейромережових технологій.

Оцінка рівня пожежної небезпеки з використанням нейромережових технологій може проводитись шляхом створення штучних нейронних мереж, перевагою яких є можливість апроксимації за експериментальними даними будь-яких скільки завгодно складних нелінійних залежностей довільного та невідомого виду [1, 2].

Інша суттєва особливість нейронних мереж полягає у тому, що залежність між вхідними та вихідними даними знаходиться у процесі навчання мережі. Штучна нейронна мережа складається з певної кількості «штучних нейронів». Нейрон має декілька каналів вводу інформації, так звані дендрити, та каналів виводу інформації – аксони. Аксон нейрона поєднується з дендритами інших нейронів за допомогою синапсів.

На рис. 1 наведено графічну модель нейрона, що демонструє отримання  $x(i)$ -го сигналу  $j$ -им нейроном через декілька вхідних каналів від інших нейронів. Кожен отриманий сигнал множиться на  $w(j, i)$  – вагу синаптичного зв'язку між виходом  $i$ -го нейрона та входом  $j$ -го нейрона, позитивне значення якого відповідає збуджувальним синапсам, а негативне – гальмуючим синапсам. Значення  $w(j, i) = 0$  свідчить про відсутність зв'язку між  $i$ -м та  $j$ -м нейронами. Подальшою є операція підсумовування у блоці «Суматор» перетворених вхідних сигналів і додається поріг збудження  $b(i)$ .

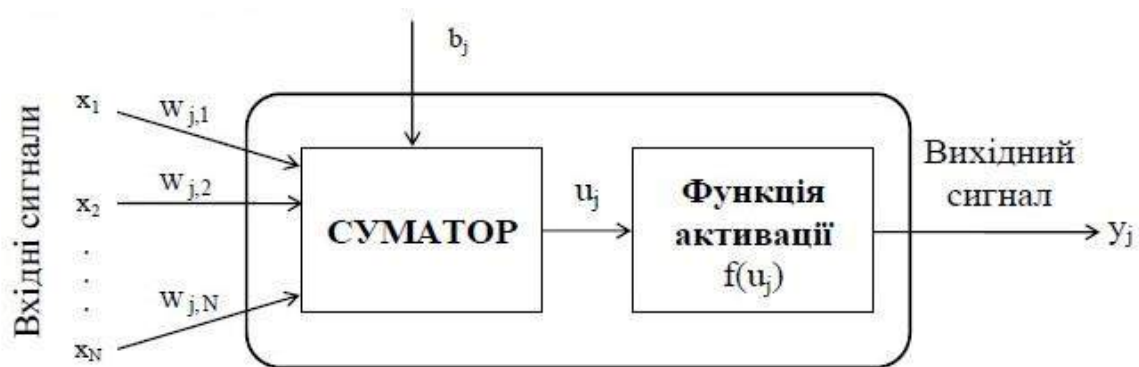


Рис. 1. Схема штучного нейрона

Функціонування нейрона описується наступним виразом:

$$u_j = \sum_{i=1}^N w(j, i)x(i) + b(j), \quad (1)$$

де  $x(i)$  – вхідні сигнали,  $i=1, \dots, N$ .

Отриманий нейронний сигнал перетворюється за допомогою нелінійної функції активації у вихідний сигнал  $u_j = f(u_j)$ .

Найбільш часто в якості функції активації використовується так званий сигмоїд, що має наступний вигляд:

$$f(u_j) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha u_j}}, \quad (2)$$

Основна перевага цієї функції в тому, що вона диференційована на всій осі абсцис і має дуже просту похідну:

$$f'(u_j) = \alpha f(u_j)(1 - f(u_j)), \quad (3)$$

Потужним інструментом пошуку закономірностей, прогнозування та якісного аналізу є нейронні мережі зворотного поширення. Таку назву – мережі зворотного поширення (back propagation) – вони отримали через алгоритм навчання, що застосовується і в якому помилка поширюється від вихідного шару до вхідного, тобто в напрямку, протилежному напрямку поширення сигналу при нормальному функціонуванні мережі.

Нейронна мережа зворотного поширення складається з декількох шарів нейронів, причому кожен нейрон шару  $i$  пов'язаний з кожним нейроном шару  $i + 1$ , тобто мається на увазі цілком пов'язана нейронна мережа.

Задача навчання нейронної мережі зводиться до знаходження функціональної залежності  $Y = f(U)$ , де  $U$  – вхідний, а  $Y$  – вихідний вектори. У загальному випадку така задача, при обмеженому наборі вхідних даних, має безліч рішень. Для обмеження простору пошуку при навчанні ставиться завдання мінімізації цільової функції помилки нейронної мережі, яка знаходиться за методом найменших квадратів:

$$E(w) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^p (y_j - d_j)^2, \quad (4)$$

де  $y_j$  – значення  $j$ -го виходу нейромережі,  $d_j$  – цільове значення  $j$ -го виходу,  $p$  – число нейронів у вихідному шарі.

Навчання нейромережі виробляється методом градієнтного спуску, тобто на кожній ітерації зміна ваги здійснюється за формулою:

$$\Delta w_{j,i} = -h \frac{dE(w)}{dw_{j,i}}, \quad (5)$$

де  $h$  – параметр, що визначає швидкість навчання.

При цьому,

$$\frac{dE(w)}{dw_{j,i}} = \frac{dE(w)}{dy_j} \cdot \frac{dy_j}{dS_j} \cdot \frac{dS_j}{dw_{j,i}}, \quad (6)$$

де  $S_j = \sum_{i=1}^N w_{j,i} X_i$  – зважена сума вхідних сигналів.

Будову моделі штучної нейронної мережі та аналіз даних проведено з використанням статистичного пакету STATISTICA 6.1.

Для навчання нейромережі усі спостереження було розділено на три вибірки. За замовчанням здійснювалося випадкове розділення спостережень між вибірками, щоб уникнути перенавчання мережі та для гарантування якісного узагальнення (прогнозування). Перша вибірка (Повчальна – 50% спостережень) використовувалася для навчання мережі; друга (Контрольна – 25% спостережень) – для кросвалідації алгоритму навчання під час його роботи; третя (Тестова – 25% спостережень) – для остаточного незалежного тестування навченої нейромережі. Навчання проводилось із швидкістю  $\eta = 0,01$ .

Результати навчання багатошарової перцептронної нейромережі дозволили отримати прогностичну модель впливу основних параметрів пожежної небезпеки об'єкту на його рівень пожежної небезпеки у вигляді нейромережі MLP 12-4-1.

Однак оцінка рівня пожежної небезпеки на базі статистичних даних носить вірогіднісний характер. Тобто існує вірогідність виникнення пожеж більшого рангу, тому за допомогою нейромережі MLP 12-4-1 також прогнозується найбільший можливий рівень пожежної небезпеки на об'єкті  $R_{LT}^{\max}$ .

Перевірки адекватності розробленої математичної нейромережевої моделі оцінки ступеня пожежної небезпеки об'єкту проводилась шляхом співставлення статистичного рівня пожежної небезпеки на об'єктах, данні яких не приймали участі у навчанні нейромережі ( $R_{LT}^*$ ) та результатів оцінки рівня небезпеки для цих же об'єктів ( $R_{LTi}$ ). Коефіцієнт кореляції між цими показниками за результатами навчання мережі дорівнює  $r_{R_{LT}^* R_{LTi}}^2 \approx 0,767$ .

Точність оцінки може бути суттєво підвищена шляхом збільшення кількості статистично опрацьованих пожеж на об'єктах різного функціонального призначення. Оскільки нейромережа MLP 12-4-1 володіє здібністю до самонавчання, додавання нових статистичних даних буде корегувати прогностичну модель у бік уточнення оцінки.

Отже, використання запропонованого підходу та збільшення масиву статистичних даних дозволить проводити оцінку рівня пожежної небезпеки локальної території довільного масштабу у межах міста, району, області, держави.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Хайкин С. Нейронные сети. М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. 1104 с.
2. Барский А.Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений. М.: Финансы и статистика, 2004. 176 с.

*O. Fedoriaka, M. Kustov, Doctor of Technical Sciences, Associate professor*

## FEATURES OF ASSESSING THE LEVEL OF FIRE DANGER IN THE LOCAL TERRITORY TAKING INTO ACCOUNT THE UNEVENNESS OF FACTORS

The question of the accuracy of the assessment of the level of fire danger of the territory, taking into account the unevenness of the factors of fire danger, has been updated. It is emphasized that the use of statistical data has a probabilistic nature, therefore the use of neural network technologies with the possibility of approximating experimental data of any complex nonlinear dependencies of an arbitrary and unknown type is effective. Since the dependence between the input and output data is in the process of learning the network, the results of the training of the multilayer perceptron neural network made it possible to obtain a predictive model of the effect of the main fire hazard parameters of the object on its level of fire hazard in the form of the MLP 12-4-1 neural network.

*А.Б. Феценко, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,*

*О.В. Загора, к.т.н., доцент, НУЦЗУ.*

## ОЦІНКА ІМОВІРНІСТІ БЕЗВІДМОВНОЇ РОБОТИ ЕЛЕМЕНТА ВІДОМЧОЇ ЦИФРОВОЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ

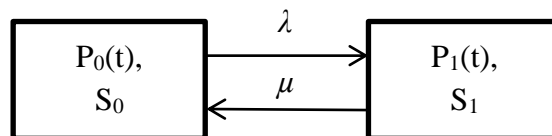
Підвищення оперативності та якості прийняття рішень при організації ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, аварій, катастроф, стихійного лиха, гасіння пожеж, рятування людей у підрозділах ДСНС України обумовлює використання новітніх комп'ютерних технологій, відомчої цифрової телекомунікаційної мережі (ВЦТМ), програмно-апаратного комплексу (ПАК) для забезпечення роботи системи оперативно-диспетчерського управління (СОДУ) силами та засобами ДСНС України.

Надійність роботи радіоелектронної апаратури (РЕА) ВЦТМ визначається імовірністю безвідмовної роботи та коефіцієнтом готовності, які залежить від інтенсивності відмов та відновлення її елементів.

В режимі пікового навантаження під впливом електричних перевантажень зростає інтенсивність відмов, що може приводити до тривалих затримок в роботі ВЦТМ. Тому актуальною науково-технічною проблемою є попередження аварійних станів ВЦТМ під час експлуатації в умовах надзвичайної ситуації (НС).

Для знаходження імовірності безвідмовної роботи елемента ВЦТМ  $p_i$  випадковий процес передбачається простішим марковським за законом розподілу Пуассону. Якщо процес, що протікає в системі з дискретними станами й безперервним часом,  $\epsilon$ , то для ймовірностей  $P_i(t)$  можливих станів ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ) цієї системи можна скласти систему лінійних диференціальних рівнянь Колмогорова [1].

Розглянемо розмічений граф станів відновлюваного елемента ВЦТМ без резервування. Структура цього графа показана на рис. 1.



**Рис. 1. Граф станів відновлюваного елемента ВЦТМ без резервування**

На рис. 1. прийняті наступні умовні позначки:

$S_0$  - елемент ВЦТМ перебуває в працездатному стані (у початковий момент до відмови або ж відразу після завершення відновлення);

$S_1$  - елемент ВЦТМ втратило працездатність і починається його відновлення;

$P_0(t)$  і  $P_1(t)$  - імовірності знаходження елемента ВЦТМ у станах відповідно  $S_0$  і  $S_1$ .

$\lambda = \frac{1}{T_o}$  - інтенсивність потоку відмов ТС, що переводять його зі стану  $S_0$  у стан  $S_1$ .

$T_o$  - середній час безвідмовної роботи (наробітку на відмову) елемента ВЦТМ;

$\mu = \frac{1}{T_e}$  - інтенсивність відновлення елемента ВЦТМ, що переводить його зі стану

$S_1$  у стан  $S_0$ ;

де  $T_e$  - середній час відновлення елемента ВЦТМ.

З обліком викладеного й графа станів, представленого на рис. 1, система лінійних диференціальних рівнянь Колмогорова має вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dP_0(t)}{dt} &= -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t) \\ \frac{dP_1(t)}{dt} &= \lambda P_0(t) - \mu P_1(t) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Скористуємось вирішенням системи лінійних диференціальних рівнянь, представлених в (1), при початкових умовах  $P_0(0) = 1$  і  $P_1(0) = 0$ :

$$P_0(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \exp[-(\lambda + \mu)t] \quad (2)$$

$\beta = \lambda t = T_{\text{п}}/T_0$  - співвідношення типового періоду експлуатації  $T_{\text{п}}$  (періоду профілактичних робіт, часу вимушеного простою РЕА ВЦТМ до часу наробітку на відмову  $T_0$ .

Перетворимо вираження (2) шляхом заміни змінних  $\lambda$  і  $\mu$  на відносну величину  $\gamma = \lambda/\mu$ , до наступного виду

$$P_0(\gamma, \beta) = \frac{1}{\gamma + 1} + \frac{\gamma}{\gamma + 1} \exp\left[-\frac{(\gamma + 1)}{\gamma} \lambda t\right] = \frac{\left\{1 + \gamma \cdot \exp\left[-\frac{(\gamma + 1)}{\gamma} \beta\right]\right\}}{\gamma + 1} \quad (3)$$

де  $\gamma = \lambda/\mu = T_{\text{в}}/T_0$  - співвідношення середнього часу відновлення  $T_{\text{в}}$  елемента ВЦТМ СОДУ, що відмовив, до години наробітку на відмову  $T_0$ ;

$\beta = \lambda t = T_{\text{п}}/T_0$  - співвідношення типового періоду експлуатації  $T_{\text{п}}$  (періоду профілактичних робіт, часу вимушеного простою РЕА ВЦТМ через відсутність необхідних елементів заміни в одиночному комплекті запасних технічних засобів (ОК ЗТЗ) або періоду поповнення ОК ЗТЗ до часу наробітку на відмову  $T_0$ .

Розрахунки функції  $P_0(\gamma, \beta)$  поміщені на рис. 2.

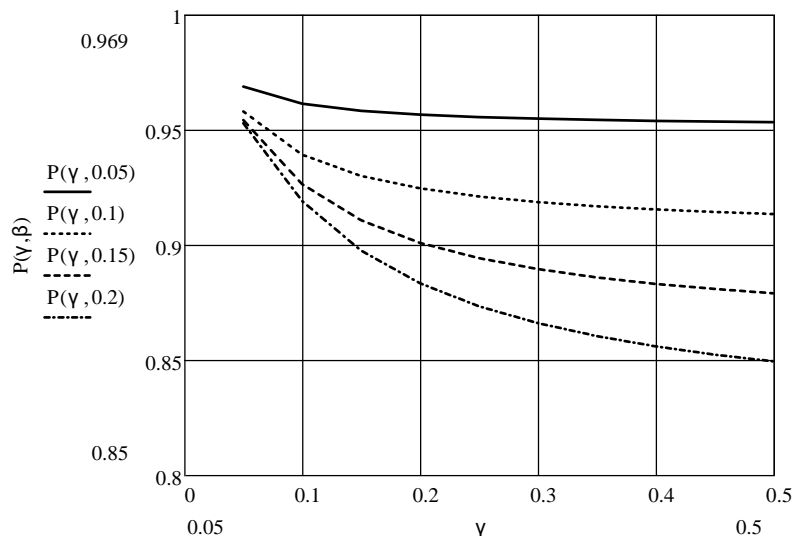


Рис. 2. Графік залежності імовірності безвідмовної роботи елемента ВЦТМ

В роботі отримана імовірнісна модель елемента ВЦТМ на основі графу переходів з двох станів (рис. 1), яка описується функцією двох відносних змінних для розрахунку та дослідження імовірності безвідмовної роботи елемента ВЦТМ.

Проведені оціночні розрахунки для виявлення впливу показників безвідмовності та ремонтпридатності РЕА елементів ВЦТМ на показники надійності елемента фрагменту відомчої ВЦТМ при піковому навантаженні в умовах ліквідації наслідків НС (рис. 2).

Аналіз результатів оцінювання рівня надійності елементарного фрагменту ВЦТМ за виразом (3) з урахуванням можливих варіацій розрахунків надійності елементів ВЦТМ (Рис. 2), при типових вимогах до коефіцієнту готовності ВЦТМ і СОДУ не нижче 0,995 ймовірність безвідмовної роботи елементарного фрагменту ВЦТМ, оскільки знаходяться в межах  $0,614 \div 0,9085$  і не досягає відповідного рівня надійності. Тому для підвищення надійності потрібне застосування структурного резервування елементарних фрагментів ВЦТМ на етапі проектування ВЦТМ.

Рекомендована імовірність справного стану елемента ВЦТМ складатиме не нижче 0,96. На основі аналізу оціночних розрахунків за формулою (3) слідує, що для забезпечення потрібного коефіцієнту готовності (імовірності безвідмовної роботи) ВЦТМ потрібне введення двократного роздільного резервування елементарного фрагменту ВЦТМ, тобто організація роботи з дублюванням в реальному часі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Фещенко А.Б. Розробка імовірнісної моделі елементарного фрагмента відомчої інформаційно-телекомунікаційної мережі. / А.В. Закора, Л.В. Борисова // Проблеми надзвичайних ситуацій. Збірник наукових праць. НУЦЗ України. Вип. 31. – Х.: НУЦЗУ, 2020.- С.34-43 Режим доступу: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/11291>

*A. Feshchenko, PhD, Associate Professor, Senior Lecturer of the Department*

*O. Zakora, PhD, Associate Professor, Lecturer of the Department*

*National University of Civil Defense of Ukraine, Kharkov, Ukraine*

#### **ASSESSMENT OF THE PROBABILITY OF FAILURE-FREE OPERATION OF AN ELEMENT OF THE DEPARTMENTAL DIGITAL TELECOMMUNICATION NETWORK**

The analysis of working conditions of constituent elements, hierarchy of structure of departmental digital telecommunication network allows to consider it as set of standard fragments which are executed without reservation, and with repeated reservation of the central, regional, regional knots connected by communication channels for which block diagrams are developed. Reliability and probabilistic models taking into account the standardized operating parameters of these elements. It is shown that the required reliability of the telecommunication network is achieved by increasing the reliability of its elements and multiplicity of redundancy, with uncertain influence on the maintenance of equipment, so studies of the dependence of the probability of good condition of the redundancy of the corresponding network nodes and communication channels and are given in the form of analytical and graphic materials of statistical mathematical modeling. As a result of research it is established that in order to reduce the requirements for the reliability of the elements of a typical fragment of the departmental digital telecommunications network it is enough to use structural separate double redundancy of nodes of different hierarchies in the presence of triple redundancy.

## СЕКЦІЯ 4. ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ

О. А. Антошкін, к. т. н., доцент, НУЦЗУ

## ПРОЕКТУВАННЯ ДРЕНЧЕРНИХ ЗАВІС ЯК ЗАДАЧА ПОКРИТТЯ

Дренчерні завіси – розповсюджений елемент системи автоматичного протипожежного захисту, який призначений для запобігання розповсюдженню пожежі через дверні, технологічні прорізи, екранування теплових потоків та токсичних продуктів, охолодження технологічного обладнання та будівельних конструкцій. Основні вимоги до них сформульовані в [1].

Загалом при проектуванні дренчерних завіс розміщення зрошувачів здійснюють таким чином, щоб вся ширина прорізу потрапляла до зон зрошення хоча б одного зрошувача. Окрім того, в [1] наведено вимоги до забезпечення необхідних витрат.

Питання розрахунку дренчерних завіс розглядалися різними фахівцями [2, 3]. Але оптимізації складу завіси за умови виконання чинних норм по розміщенню зрошувачів, забезпеченню вимог до витрат через зрошувачі не приділялось достатньої уваги.

Крім того, як відмічається в роботі [4], у більшості випадків розрахунок параметрів дренчерних завіс виконується виходячи із забезпечення ними мінімальної нормативної питомої витрати води як для засобу стримування розповсюдження пожежі і не враховує вимог, які пред'являються до дренчерних завіс, що перешкоджають поширенню продуктів горіння. І тому, додатково до оптимізації складу завіс існує проблема визначення їх гідравлічних параметрів, що використовуються з метою запобігання поширенню продуктів згорання суміжні приміщення.

Один із шляхів розв'язання задачі проектування дренчерних завіс із спробою оптимізації кількості зрошувачів, є використання математичного апарату задач геометричного проектування. А саме задач покриття [5].

Зона зрошення традиційним зрошувачем загального призначення являє собою круг радіусом  $R$  із середньою інтенсивністю зрошення по площі  $I$ . Тоді задача проектування дренчерної завіси в термінах геометричного проектування може бути сформульована як задача покриття області довільної форми кругами рівного радіусу з набором додаткових обмежень.

Які додаткові обмеження необхідно враховувати при проектуванні дренчерних завіс? По-перше, слід розуміти, що зрошувач це фізичний об'єкт, який має габаритні розміри. Тому центри кругів  $T_i$  радіусом  $R$ , якими покривають задану область  $P$ , повинні знаходитись на відстані не менш ніж  $r$  меж прорізу, який захищається, що відповідає половині діаметра корпусу зрошувача (згідно паспорту на конкретну модель).

По-друге, витрати води  $Q$  в кожній точці завіси повинні бути не менші за мінімально припустимі  $q_{min}$ .

Отже, спрощена математична модель задачі проектування дренчерних завіс має наступний вигляд

$$\begin{cases} P \in \bigcup_{i=1}^n T_i \\ Q \geq q_{min} \end{cases}$$

де  $n$  – кількість кругів, які повністю покривають область  $P$ .

Ще одне обмеження, яке необхідно додати до сформульованої вище моделі – обов'язкова регулярність покриття. На відміну від систем пожежної сигналізації, де лінії зв'язку між пожежними сповіщувачами це дроти, які можна прокладати по будь-якій траєкторії, зрошувачі в дренчерних завісах поєднуються у єдину мережу металевими трубопроводами, фізичні характеристики яких не дозволяють у широких межах варіювати топологією мережі.



Причому орієнтація мережі трубопроводів повинна бути виключно «вздовж прорізу, який захищається».

Для практичної реалізації запропонованої математичної моделі у вигляді корисного інженерам-проектувальникам програмного продукту на цей час створений великий парк програмного забезпечення для розв'язання оптимізаційних задач за допомогою високорівневих засобів оптимізаційного моделювання на основі трансляторів алгебраїчних мов оптимізаційного моделювання, основними з яких є GAMS (аббревіатура від англ. «General Algebraic Modeling System» – «загальна система алгебраїчного моделювання») і AMPL (аббревіатура від англ. «A Modeling Language for Mathematical Programming» – «мова моделювання для математичного програмування»).

GAMS – високорівнева система моделювання для математичної оптимізації. GAMS розроблена для моделювання й розв'язання лінійних, нелінійних і змішано-цілочислових оптимізаційних задач. GAMS був першою мовою алгебраїчного моделювання й формально схожий на мови програмування четвертого покоління, які часто використовуються.

AMPL – мова програмування високого рівня, спочатку розроблена в Bell Laboratories для того, щоб описувати й розв'язувати складні задачі оптимізації й теорії розкладів. Як і GAMS, AMPL використовує декларативно-алгебраїчний стиль подання моделей математичного програмування, що є близьким до традиційної математичної термінології. Разом з тим AMPL дає можливість описати й складні моделі оптимізації з різними логічними умовами, з використанням складних систем індексації змінних і обмежень.

Таким чином, використання запропонованого підходу до задачі проектування дренчерних систем дозволить суттєво зменшити витрати часу на процедуру і оптимізувати склад системи автоматичного протипожежного захисту.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Стационарные системы пожарной защиты. Дренчерные системы. Проектирование, монтаж та технічне обслуговування (CEN/TS 14816:2008, IDT) : ДСТУ Б CEN/TS 14816:2013. [Чинний від 2014-01-04]. К. : Мінрегіон України, 2013. 53 с.
2. Антошкин А. А. Об обеспечении требуемого расхода дренчерными оросителями водяных завес// Проблемы пожарной безопасности. 2009. Вып. 25. С. 6–9. – Режим доступа: <https://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol25/antoshkin.pdf> (дата звернення: 02.09.2022).
3. Литвяк А. Н., Дуреев В. А. Определение параметров распределительной сети для создания водяной завесы общего назначения// Проблемы пожарной безопасности. 2012. Вып. 31. С. 120–122. Режим доступа: <https://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol31/14.pdf> (дата звернення: 02.09.2022).
4. Литвяк А. Н., Дуреев В. А. Параметры водяных завес для предотвращения распространения продуктов горения// Проблемы пожарной безопасности. 2011. Вып. 30. С. 164–166. Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/2831> (дата звернення: 02.09.2022).
5. Стоян Ю. Г., Яковлев С. В. Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования Киев. : Наук. думка, 1986. 267 с.

*O. A. Antoshkin, PhD, National University of Civil Defence of Ukraine*  
**DESIGN OF DRENCH CURTAIN AS A COVERAGE PROBLEM**

The paper considers the possibility of using a mathematical apparatus for solving coating problems when designing deluge curtains. At the same time, additional restrictions are introduced into the composition of the mathematical model.

## МОДЕЛЬ НАГРІВУ СТІНКИ РЕЗЕРВУАРА ПІД ТЕПЛОВИМ ВПЛИВОМ ПОЖЕЖІ В СУСІДНЬОМУ РЕЗЕРВУАРІ

Розглянемо довільну точку на зовнішній поверхні стінки резервуара і відповідну до неї точку на внутрішній поверхні. На точку на зовнішній поверхні припадає тепловий потік щільністю

$$q_{\text{out}} = q_1 - q_2 - q_3,$$

де  $q_1$  – щільність теплового потоку випромінюванням від пожежі;  $q_2$  – щільність теплового потоку випромінювання від нагрітої стінки до навколишнього середовища;  $q_3$  – щільність теплового потоку внаслідок конвекційного теплообміну з повітрям (рис. 1). Внаслідок нагріву внутрішня поверхня стінки віддає тепло в газовий простір резервуара з щільністю

$$q_{\text{in}} = q_4 + q_5,$$

де  $q_4$  – щільність теплового потоку випромінюванням від точки на внутрішній поверхні стінки;  $q_5$  – щільність теплового потоку внаслідок конвекційного теплообміну стінки з пароповітряною сумішшю в газовому просторі резервуара.

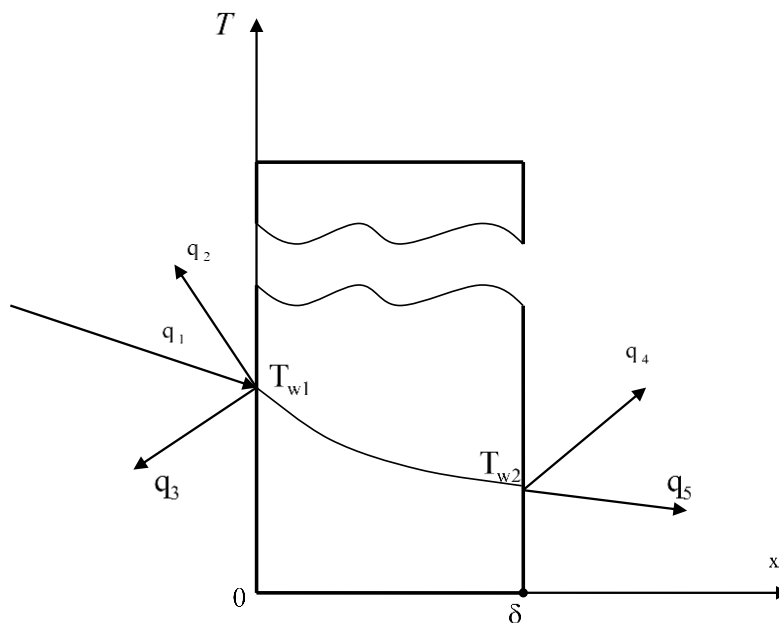


Рис. 1. Нагрів сухої стінки резервуара під тепловим впливом пожежі

Розповсюдження тепла вглибину стінки описується одномірним рівнянням теплопровідності

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}, \quad 0 < x < \delta, \quad t > 0, \quad (1)$$

де  $T(x, t)$  – температура у точці  $x$  в момент часу  $t$ ;  $a$  – коефіцієнт теплопровідності;  $\lambda, c, \rho$  – коефіцієнт теплопровідності, питома теплоємність і густина сталі відповідно;  $x = 0$  – точка на зовнішній поверхні стінки;  $x = \delta$  – точка на внутрішній поверхні стінки;  $\delta$  – товщина стінки резервуара.

В початковий момент часу (до початку пожежі) температура всередині стінки дорівнює температурі навколишнього середовища  $T_0$ :

$$T(x, 0) = T_0, \quad 0 \leq x \leq \delta, \quad (2)$$

Наявність теплових потоків обумовлює крайові умови другого роду на зовнішній і внутрішній стінках:

$$\left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=0} = -\frac{1}{\lambda} (q_1 - q_2 - q_3). \quad (3)$$

$$\left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=\delta} = -\frac{1}{\lambda} (q_4 + q_5). \quad (4)$$

Визначимо складові теплових потоків, що припадають на зовнішню і внутрішню поверхні стінки резервуара. Щільність теплового потоку від факела пожежі визначається законом Стефана-Больцмана:

$$q_1 = c_0 \varepsilon_f \varepsilon_w \left[ \left( \frac{T_f}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{out}}{100} \right)^4 \right] \Phi, \quad (5)$$

де  $c_0 = 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$  – стала;  $\varepsilon_f, \varepsilon_w$  – ступіні чорноти випромінюючої поверхні факела і стінки резервуара відповідно;  $T_f$  – температура поверхні факела;  $T_{out}$  – температура зовнішньої поверхні стінки резервуара;  $\Phi$  – коефіцієнт взаємного опромінення між факелом і точкою на поверхні резервуара.

Нагріваючись, стінка віддає тепло в навколишнє середовище випромінюванням. Щільність цього теплового потоку, відповідно до закону Стефана-Больцмана, складає

$$q_2 = c_0 \varepsilon_w \left[ \left( \frac{T_{out}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 \right] (1 - \Phi), \quad (6)$$

Також стінка приймає участь в конвекційному теплообміні з навколишнім повітрям. Щільність утвореного цим теплового потоку складає

$$q_3 = \alpha_{out} (T_{out} - T_0), \quad (7)$$

де  $\alpha_{out}$  – коефіцієнт конвекційного теплообміну з навколишнім повітрям. Підставляючи (5), (6), (7) в (3), отримаємо вираз для крайової умови на зовнішній поверхні стінки резервуара

$$\frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0} = -\frac{c_0 \varepsilon_f \varepsilon_w}{\lambda} \left[ \left( \frac{T_f}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{out}}{100} \right)^4 \right] \varphi + \frac{c_0 \varepsilon_w}{\lambda} \left[ \left( \frac{T_{out}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 \right] (1 - \varphi) + \frac{\alpha_{out}}{\lambda} (T_{out} - T_0). \quad (8)$$

Щільність теплового потоку випромінюванням від внутрішньої поверхні стінки:

$$q_4 = c_0 \varepsilon_w \left[ \left( \frac{T_{in}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 \right], \quad (9)$$

де  $T_{in}$  – температура внутрішньої поверхні стінки резервуара. Щільність теплового потоку внаслідок конвекційного теплообміну з пароповітряною сумішшю в газовому просторі резервуара:

$$q_5 = \alpha_{in} (T_{in} - T_0), \quad (10)$$

де  $\alpha_{in}$  – коефіцієнт конвекційного теплообміну з пароповітряною сумішшю. Підставляючи (9) і (10) в (4), отримаємо крайову умову на внутрішній поверхні стінки

$$\frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=\delta} = -\frac{c_0 \varepsilon_w}{\lambda} \left[ \left( \frac{T_{in}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 \right] - \frac{\alpha_{in}}{\lambda} (T_{in} - T_0). \quad (11)$$

Таким чином, диференціальне рівняння параболічного типу (1) разом з крайовими умовами (8) і (11), а також початковою умовою (2) описують динаміку зміни температури в стінці вертикального сталевого резервуара [1].

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Басманов О.Є., Максименко М.В., Олійник В.В. Моделювання теплового впливу пожежі в резервуарі з нафтопродуктом на сусідній резервуар. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2021. 2 (34). С. 4-20.

*O. Basmanov, Doctor of technical science, Professor, National University of Civil Defence of Ukraine, M. Maksymenko, National University of Civil Defence of Ukraine*  
**MODEL OF HEATING OF THE TANK SHELL UNDER THE THERMAL INFLUENCE OF A FIRE IN AN ADJACENT TANK**

The forecasting of the consequences of emergencies caused by the fire of a vertical steel tank with oil product in the tank group is considered. Due to the thermal impact of the fire on the next tanks, there is a threat of cascading fire.. Assumptions based on the model of heating the tank shell under the thermal influence of a fire in the adjacent tank are substantiated. This model is a differential equation that describes the process of heat transfer inside the tank shell, with boundary conditions on the outer and inner surfaces of the shell. These boundary conditions describe the heat exchange of the shell surfaces with the torch, the environment and the vapor-air mixture in the gas space of the tank. The model takes into account heat exchange by radiation and convection.

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОСОЧЕННЯ РІДИНИ В СИПУЧИЙ МАТЕРІАЛ

Математичний опис процесу просочення рідини в сухий сипучий матеріал спирається на модель Грін-Амт [1]. Особливістю моделі є розгляд процесу просочування як руху вниз межі між вже змоченим і ще сухим ґрунтом. Із використанням закону Дарсі побудовано систему звичайних диференціальних рівнянь першого порядку. Розв'язок системи диференціальних рівнянь отримано у вигляді залежності часу від глибини просочення [2]:

$$t(z) = \frac{z}{K(1-\phi)} - \frac{c_0 + h_f}{K(1-\phi)^2} \ln \left( 1 + \frac{1-\phi}{c_0 + h_f} z \right), \quad c_0 - \phi z > 0. \quad (1)$$

де  $t$ ,  $z$  – час і глибина просочення відповідно;  $K$  – гідравлічна провідність змоченого ґрунту;  $\phi$  – коефіцієнт пористості ґрунту;  $c_0$  – початкова товщина шару рідини на ґрунті;  $h_f$  – показник капілярності

Залежність (1) містить такі параметри, як коефіцієнт гідравлічної провідності, коефіцієнт пористості ґрунту і показник капілярності. Ці параметри залежать від рідини, що просочується, а також від типу сипучого матеріалу і його стану (вологості, спресованості). Якщо всі ці параметри відомі, то їх підстановка в (1) дозволяє визначити час просочення на задану глибину, як це зроблено в [1]. Але з практичної точки зору ці параметри не є відомими априорі.

Безпосередня оцінка параметрів, що входять до співвідношення (1), наприклад методом найменших квадратів, ускладнена внаслідок нелінійного характеру залежності від зазначених параметрів.

Відзначимо, що для малих значень глибини просочення ( $z < c_0 + h_f$ ) розвинення функції  $\ln(1+x)$  в ряд Тейлора перетворює (1) на

$$t(z) = \frac{1}{2K(c_0 + h_f)} z^2 - \frac{1-\phi}{3K(c_0 + h_f)^2} z^3 + \frac{(1-\phi)^2}{4K(c_0 + h_f)^3} z^4 - \dots \quad (2)$$

Обмежуючись першими двома членами ряду, отримуємо залежність часу просочення від глибини у вигляді

$$t(z) \cong az^2 + bz^3. \quad (3)$$

Невідомі коефіцієнти  $a$ ,  $b$  будемо шукати як значення, що забезпечують мінімум суми квадратів відхилень, розрахованих за формулою значень часу  $t(z_n)$  від експериментальних значень  $t_n$ :

$$L = \sum_{i=1}^n (t(z_i) - t_i)_{a,b}^2 \rightarrow \min. \quad (4)$$

Підстановка (3) в (4) дає задачу мінімізації:

$$L = \sum_{i=1}^n (az_i^2 + bz_i^3 - t_i)_{a,b}^2 \rightarrow \min. \quad (5)$$

Задача (5) має єдиний розв'язок, який визначається необхідними умовами екстремуму:

$$\frac{\partial L}{\partial a} = 2 \sum_{i=1}^n (az_i^2 + bz_i^3 - t_i) z_i^2 = 0; \quad (6)$$

$$\frac{\partial L}{\partial b} = 2 \sum_{i=1}^n (az_i^2 + bz_i^3 - t_i) z_i^3 = 0. \quad (7)$$

Розв'язуючи систему лінійних рівнянь (6), (7) відносно a, b, отримаємо

$$a = \frac{c_{13}c_{22} - c_{23}c_{12}}{c_{11}c_{22} - c_{21}c_{12}}; \quad b = \frac{c_{11}c_{23} - c_{13}c_{21}}{c_{12}c_{21} - c_{11}c_{22}}, \quad (8)$$

де

$$c_{11} = \sum_{i=1}^n z_i^4; \quad c_{12} = \sum_{i=1}^n z_i^5; \quad c_{13} = \sum_{i=1}^n t_i z_i^2; \quad (9)$$

$$c_{21} = \sum_{i=1}^n z_i^5; \quad c_{22} = \sum_{i=1}^n z_i^6; \quad c_{23} = \sum_{i=1}^n t_i z_i^3. \quad (10)$$

Таким чином, формули (8)–(10) визначають коефіцієнти апроксимуючого полінома (3). Експериментальне дослідження проведено на прикладі просочення сирової нафти в пісок. Для цього в вертикальній мірній скляний циліндр насипався пісок. Після цього наливалася рідина і проводилася відеофіксація процесу просочення. Шляхом обробки відеозапису визначалася глибина просочення і відповідний час. Результати дослідження показують, що залежність між товщиною шару рідини на поверхні піску і глибиною просочення має лінійний характер. На рис. 1 наведено експериментальну залежність часу від глибини просочення та її апроксимацію у вигляді (3).

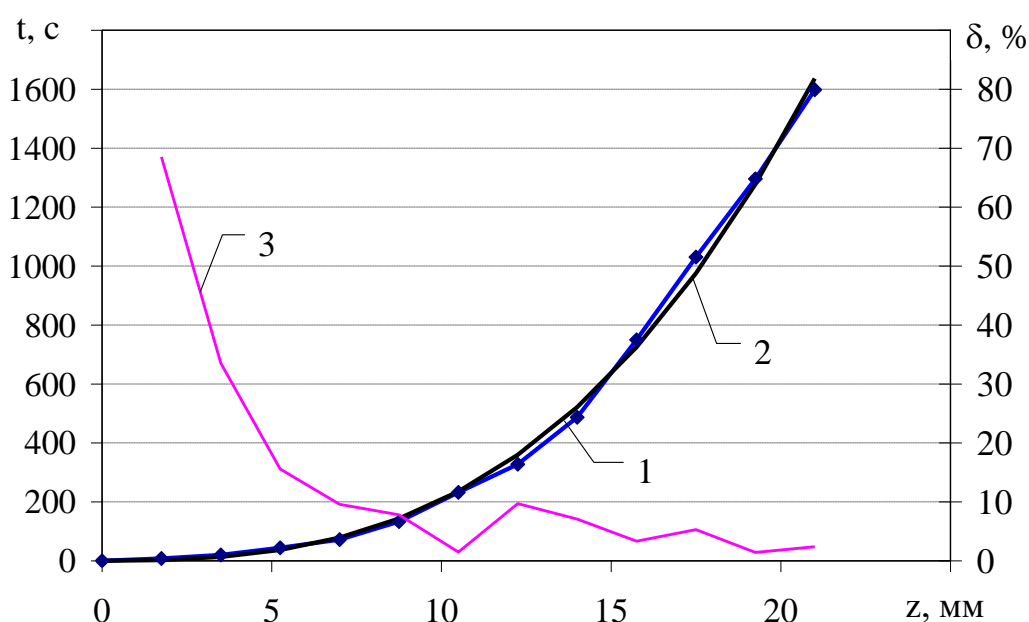


Рис. 1. Залежність часу від глибини просочення: 1 – експеримент; 2 – апроксимація у вигляді (3); 3 – відносна похибка апроксимації (по правій вісі)

Аналіз залежностей на рис. 1 свідчить про те, що після першої хвилини після розливу рідини залежність часу від глибини просочення задовільно апроксимується поліномом (3). Похибка такої апроксимації не перевищує 10% і має тенденцію до спадання із часом.

Таким чином, запропонований метод експериментального визначення параметрів просочення рідини в сипучий матеріал полягає в:

- заміні точного розв'язку (1) задачі просочення рідини наближеним розв'язком у вигляді полінома (3);
- розрахунку коефіцієнтів апроксимуючого полінома за (9), (10), отриманими шляхом використання метода найменших квадратів;
- розрахунку коефіцієнта пористості.

З практичної точки зору, поліном (3) з коефіцієнтами, що визначаються формулами (8)–(10) дозволяє визначити кількість рідини, яка встигне просочитися вглиб підстилаючої поверхні до того, як розлив буде ліквідовано. Це, в свою чергу, дає можливість оцінити товщину забрудненого шару ґрунту.

До недоліків запропонованого метода слід віднести неможливість визначення таких параметрів, як коефіцієнт гідравлічної провідності і показника капілярності. Отже перспективи подальших досліджень пов'язані з їх визначенням шляхом застосування метода найменших квадратів безпосередньо до залежності (1). Також слід відзначити, що для певного сипучого матеріалу і певної рідини, коефіцієнт гідравлічної провідності і показник капілярності пов'язані з коефіцієнтом пористості.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Raja S., Abbasi T., Tauseef S. M., Abbasi S. A. Equilibrium models for predicting areas covered by accidentally spilled liquid fuels and an assessment of their efficacy. *Process Safety and Environmental Protection*. 2019. Vol. 130. P. 153–162. doi: 10.1016/j.psep.2019.08.009.
2. Abramov Y., Basmanov O., Oliinik V., Khmyrov I. Justifying the experimental method for determining the parameters of liquid infiltration in bulk material. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. 4/10 (118). P. 24-29

*O. Basmanov, Doctor of technical science, Professor, National University of Civil Defence of Ukraine,*

*V. Oliinik, Candidate of technical science, Associated Professor, National University of Civil Defence of Ukraine*

#### EXPERIMENTAL DETERMINING THE PARAMETERS OF LIQUID INFILTRATION IN BULK MATERIAL

An experimental study was conducted on the example of impregnation of crude oil in the sand. To this end, sand was poured into a vertical measuring glass cylinder. After that, the liquid was poured and a video recording of the impregnation process was carried out. By processing the video recording, the depth of impregnation and the corresponding time were determined. The results of the study show that the relationship between the thickness of the liquid layer on the surface of the sand and the depth of impregnation is linear in nature. By expanding the logarithmic function contained in the solution to the system of differential equations into the Taylor series, a polynomial dependence of time on the depth of impregnation was established. To determine the coefficients of the polynomial based on the experimental data, the least squares method was used. In this case, the approximation error after the first minute after spilling does not exceed 10 %.

*БАШУК І.О. (Студентка Черкаського інституту пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України (м. Черкаси), факультету: “Цивільна безпека” ОПП (“Охорона праці”)).*

*ЧАСТОКОЛЕНКО І.П. (Кандидат фізико-математичних наук, доцент, Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України (м. Черкаси)).*

## **СИСТЕМА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ КЛЮЧОВИХ КЛІМАТИЧНО-ПОЖЕЖНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИМІЩЕННЯ У РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ**

Моніторинг приміщень у режимі реального часу, є одним з новітніх трендів. Чим швидше ми зможемо виявити некоректні показники, тим швидше ми зможемо запобігти або врятувати об’єкт від значних втрат. Автоматизація підтримання необхідного мікроклімату та керування пожежними параметрами в приміщеннях є перспективним напрямком інженерних та наукових розробок, особливо в нашій державі. Достовірний контроль параметрів мікроклімату і управління технологічним обладнанням при сучасних масштабах виробництва і зберігання продукції без відповідних апаратно-програмних засобів автоматизації практично не представляється можливим та може призвести до різного роду пожежних проблем. Створення оптимального температурно-вологісного режиму є одним з основних способів підвищення ефективності зберігання. Рациональне управління мікрокліматом дозволяє уникнути проблем збереження пожежно-небезпечних товарів, підвищити їх якість, знизити витрати на енергоресурси, зменшити витрати на обслуговування і експлуатацію обладнання. Створення автоматизованих комплексів керування пожежно-кліматичними параметрами в приміщеннях дозволить зробити економічно вигіднішим, менш трудомістким та масштабованим зберігання товарів до подальшого їх експорту, або доставки кінцевому споживачу на вітчизняному ринку.

У статті була досягнута основна мета досліджень, яка полягала в обґрунтуванні структурно-алгоритмічної організації комп’ютеризованого апаратно-програмного комплексу моніторингу кліматичних та пожежних параметрів приміщень. Основними науково-практичними результатами статті є: обґрунтування компонентної бази досліджуваної системи комп’ютеризованого моніторингу з обліком польових умов експлуатації; розробка програмної компоненти досліджуваної системи комп’ютеризованого моніторингу пожежно-кліматичних параметрів; обґрунтування структурно-алгоритмічної організації системи комп’ютеризованого моніторингу; обґрунтування рекомендацій щодо впровадження до реальних умов експлуатації. Перспективними напрямками досліджень розробленого програмно-апаратного вимірювального комплексу є: адаптація апаратно-програмної реалізації вимірювача до різкої динаміки кліматичних умов експлуатації; оцінка динамічної складової похибки вимірювання кліматичних параметрів; підвищення надійності функціоналу бездротового обміну інформацією; забезпечення автономного живлення системи з використанням енергозберігаючих технологій; прогнозування інвестиційної привабливості впровадження розробленої системи в умови підприємств малого й середнього бізнесу.

### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Ang K.H., Chong G., Li Y. PID control system analysis, design, and technology // IEEE Transactions on Control Systems Technology. 2005. Vol. 13. No. 4. P. 559-576.
2. Ziegler J.G., Nichols N.B. Optimum settings for automatic controllers // Trans. ASME. 1942. Vol. 64. P. 759-768.
3. O’Dwyer A. PID compensation of time delayed processes 1998-2002: a survey // Proceedings of the American Control Conference, Denver, Colorado, 4-6 June 2003. P. 1494-1499.
4. Quevedo J., Escobet T. Digital control: past, present and future of PID control // Proceedings of the IFAC Workshop, Eds., Terrassa, Spain, 5-7 Apr. 2000.
5. Astrom K.J., Hagglund T. Advanced PID control. – ISA (The Instrumentation, System,



- and Automation Society) , 2006. – 460 p.
6. Li Y., Ang K.H, Chong G.C.Y. Patents, software, and hardware for PID control. An overview and analysis of the current art // IEEE Control Systems Magazine. Feb. 2006. P. 41-54.
  7. Leva A., Cox C., Ruano A. Hands-on PID autotuning: a guide to better utilisation. – IFAC Professional Brief. – <http://www.ifac-control.org>. – 84 p.
  8. Рюмик, С. М. 1000 и одна микроконтроллерная схема Вып. 1//С. М. Рюмик. – Додэка-21, 2010.-356 с.
  9. Брэдфорд Эд, Може Лу Кроссплатформенные приложения для LINUX и Windows.- СПб.: , 2003.- 672с.

*BASHUK I.O. (Student of the Cherkasy Institute of Fire Safety named after the Heroes of Chernobyl of the NUCS of Ukraine (Cherkasy), faculty: "Civil Safety" OPP ("Labor Protection")).*

*CHASTOKOLENKO I.P. (Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Cherkasy Institute of Fire Safety named after the Heroes of Chernobyl of the Ukrainian National Center for Fire Safety (Cherkasy)).*

### **SYSTEM OF SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX FOR MONITORING KEY CLIMATE AND FIRE PARAMETERS OF THE ROOM IN REAL TIME MODE**

#### **ANNOTATION**

**Relevance of the work:** real-time monitoring of premises is one of the latest trends. The faster we can detect incorrect indicators, the faster we can prevent or save the object from significant losses. Reliable control of microclimate parameters and management of technological equipment at modern scales of production and storage of products without appropriate hardware and software automation tools is practically not possible and can lead to various fire problems. Creating an optimal temperature and humidity regime is one of the main ways to improve storage efficiency. Rational management of the microclimate allows you to avoid the problems of storing fire-hazardous goods, improve their quality, reduce energy costs, and reduce equipment maintenance and operation costs. The creation of automated complexes for controlling fire and climate parameters in premises will make it more economically profitable, less time-consuming and scalable to store goods before their further export or delivery to the end consumer in the domestic market. The urgency of solving the problem of developing microclimate control systems and fire parameters of special premises lies in the limited number of scientifically based developments of microclimate and fire parameters monitoring and control systems (2 in 1), and the lack of recommendations and uniform standards regarding the use of such systems.

**The goal:** to design a software and hardware complex that will measure fire and climate parameters and send them in real time to the cloud.

**Task:** review and provide theoretical information; create a database to include specialized data; to develop a structural diagram of the general software-apartment complex; develop a schematic diagram that will contain all the hardware units that make up the complex; write a program code for the ATmega 2560 control microcontroller that will ensure reading data from sensors, work with the network controller and send data to a remote server; design a database structure for effective data storage and processing; develop a client program that will process and visualize data.

**Research methods:** the work uses a software-hardware research method using the PHP programming language, C++, a cloud solution, and a microcontroller. In addition, there is a choice between using procedural or object-oriented programming, or their combination.

**Keywords:** operating system, "MySQL", "C++", "PHP".

*Ю.С. Безугла, к.т.н., доцент  
Національний університет цивільного захисту України*

## **ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ НА ХІМІЧНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ**

Розвиток хімії та будівельної індустрії пов'язане з появою нових речовин та синтетичних матеріалів, багато з яких характеризуються підвищеною пожежною небезпекою, легко спалахують та інтенсивно горять, утворюючи при цьому токсичні продукти згоряння. Ці особливості речовин та матеріалів зумовлюють пожежну небезпеку підприємств хімічної промисловості.

На роботах з підвищеною пожежною небезпекою підприємств хімічної промисловості для робітників і службовців їх повинні проводитися заняття зі спеціального пожежно-технічного мінімуму.

Пожежна небезпека хімічних виробництв зростає в результаті використання складних виробничих установок, що є компактними спорудами великої висоти, в яких знаходяться значні кількості горючих рідин, зріджених горючих газів і пожежонебезпечних матеріалів. Висока пожежна небезпека притаманна також технологічним процесам, що протікають за високих температур і під великим тиском. Все це говорить про те, що найнезначніші порушення технологічного режиму роботи або необережне поводження з вогнем часто є причинами виникнення пожеж на підприємствах хімічної промисловості.

Профілактика пожеж на хімічних підприємствах є системою організаційних та технічних елементів, спрямованих на дотримання безпеки людей, усунення ризиків виникнення пожеж, обмеження їхнього подальшого поширення та створення умов для ефективного гасіння пожежі.

Для складання плану профілактичних заходів слід враховувати протипожежний рівень об'єкта. Це означає, що слід мати на увазі статистичні дані про кількість пожеж та наслідків від них, кількість загорянь, випадки травматизму, отруєння та загибель людей, рівень дотримання стандартів пожежної безпеки.

Протипожежна безпека характеризує стан об'єкта, ймовірність настання пожежі, обсяг впливу небезпечних факторів пожежі на людей та ступінь захисту матеріальних цінностей. Одним із ключових факторів забезпечення безпеки на виробництві є протипожежна профілактика.

Розробка нових технологічних процесів, глибокі якісні зміни в технології ряду виробництв нерідко супроводжуються підвищенням їх пожежовибухонебезпеки. Реконструкція промислових підприємств і оновлення виробничих фондів, пов'язані із зупинкою експлуатованого і монтажем нового устаткування, електрогазозварювальними роботами і т. д., також можуть підвищувати пожежовибухонебезпеку виробництв. Механізація, автоматизація, електрифікація технологічних процесів пов'язані з розвитком електрокабельного господарства, яке нерідко є місцем, де можуть виникати великі пожежі. Серйозну небезпеку представляє використання легкозаймистих і горючих рідин для очищення і знежирення деталей, інтенсивний розвиток механізованого і автоматизованого складського господарства. Нові проблеми пожежної безпеки виникають також у зв'язку з прискореним розвитком теплових і атомних електростанцій.

Основна робота в техногенній сфері щодо запобігання надзвичайним ситуаціям ведеться на конкретних об'єктах і виробництвах. Для цього використовуються загальні наукові, інженерно-конструкторські, технологічні заходи, які є методичною базою для запобігання аваріям. Як такі заходи можуть бути названі: вдосконалення технологічних процесів, підвищення надійності технологічного обладнання та експлуатаційної надійності систем, своєчасне оновлення основних фондів, застосування якісної конструкторської та технологічної документації, високоякісної сировини, матеріалів, використання кваліфікованого персоналу, створення та використання ефективних систем технологічного

контролю та технічної діагностики, безаварійної зупинки виробництва, локалізації та ліквідації аварійних ситуацій та багато іншого. Роботу щодо запобігання аваріям ведуть відповідні технологічні служби підприємств, їх підрозділи з техніки безпеки. На об'єктовому рівні основними заходами щодо запобігання надзвичайним ситуаціям та зменшенню їх масштабів у разі виникнення є:

- прогнозування можливих надзвичайних ситуацій, їх масштабу та характеру, визначення ступеня ризику виникнення надзвичайних ситуацій;
- забезпечення захисту робітників і службовців від можливих вражаючих факторів, у тому числі вторинних; підвищення міцності та стійкості найважливіших елементів об'єктів, удосконалення технологічного процесу;
- підвищення стійкості матеріально-технічного постачання;
- підвищення стійкості управління, зв'язку та оповіщення;
- розробка та здійснення заходів щодо зменшення ризику виникнення аварій та катастроф, а також вторинних факторів ураження;
- створення страхового фонду конструкторської, технологічної та експлуатаційної документації, забезпечення її безпеки;
- підготовка до проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт, відновлення пошкодженого виробництва та систем життєзабезпечення.

Перераховані вище заходи призведуть до істотного зниження ризику виникнення надзвичайних ситуацій на потенційно небезпечних об'єктах хімічної промисловості.

#### ЛІТЕРАТУРА

5. Кодекс цивільного захисту України від 02 жовтня 2012 року № 5403-VI
6. Наказ МВС України від 5.11.2018р. №879 «Про затвердження Правил техногенної безпеки» (Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 27 листопада 2018 р. за № 1346/32798).
7. Наказ МВС України від 30.12.2014 № 1417 «Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні» зареєстрований в Міністерстві юстиції України 05 березня 2015 р. за № 252/26697;
8. Наказ МВС України від 02.11.2015 № 1337 «Деякі питання проведення перевірок щодо додержання суб'єктом господарювання вимог законодавства у сфері цивільного захисту, техногенної та пожежної безпеки»

*Bezugla Yu., candidate of technical sciences, associate professor  
National University of Civil Defence of Ukraine*

#### **PREVENTION OF EMERGENCY SITUATIONS AT CHEMICALLY DANGEROUS FACILITIES**

Fire prevention at the enterprise is a system of organizational and technical elements aimed at ensuring the safety of people, eliminating the risks of fires, limiting their further spread and creating conditions for effective fire extinguishing. Fire safety characterizes the condition of the object, the probability of a fire, the extent of the influence of dangerous fire factors on people and the degree of protection of material values. One of the key factors in ensuring safety at work is fire prevention. Such measures can be called: improvement of technological processes, improvement of reliability of technological equipment and operational reliability of systems, timely updating of fixed assets, application of high-quality design and technological documentation, high-quality raw materials, use of qualified personnel, creation and use of effective systems of technological control and technical diagnostics, emergency shutdown of production, localization and liquidation of emergency situations and much more.

## ЗМІСТ

**СЕКЦІЯ 1. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ**

<i>Artem Bychenko, Vitalii Nuianzin, Maksym Udovenko, Mykhailo Pustovit</i> Information technologies in the state emergency service of Ukraine	4
<i>Афанасенко К.А., Гасанов Халід</i> Захист резервуарних парків та складів нафти та нафтопродуктів від осколкової дії боєприпасів	6
<i>Васильченко О.В., Максимов Д.В.</i> Оцінка можливості зберігання вогнестійкості металевого каркаса при вибухуфтопродуктів від осколкової дії боєприпасів	8
<i>Гарбуз С.В.</i> Протипожежна безпека на підприємствах в Україні	11
<i>Дендаренко В.Ю., Гончар С.В., Куртєв Е.К.</i> Методи перевірки резервуарів для зберігання рідин і газів на збитковий тиск	13
<i>Зімін С.І., Афанасенко К.А.</i> Вимірювання теплового випромінювання факельних пристроїв для спалювання газових сумішей різного складу	15
<i>Зобенко О.О., Землянський О.М.</i> Математична модель протипожежного захисту електричних мереж і місцях комутації під час локального перегріву	18
<i>Катунін А.М., Роянов О.М.</i> Аналіз особливостей теплового старіння ізоляції кабельних виробів	20
<i>Кириченко Є.П., Ковалишин В.В.</i> Запобігання вибухонебезпечних руйнувань піротехнічних виробів на основі сумішей з металевих палив при зовнішніх термічних впливах	22
<i>Ковбаса В.О., Кириченко О.В.</i> Закономірності впливу широкого класу добавок речовин на швидкість горіння піротехнічних сумішей	25
<i>Коломійцев О.В., Любченко О.В., Рибальченко А.О., Рудаков І.С.</i> Аналіз можливостей апаратно-програмного спряження апаратури передачі даних спеціального призначення з персональною електронно-обчислювальною машиною	27
<i>Кулешов М.М.</i> Науково-практичні аспекти функціонування системи забезпечення пожежної безпеки	29

<i>Кулаков О.В.</i> Проблеми класифікації вибухонебезпечних зон для улаштування електроустановок	32
<i>Липовий В.О.</i> Оцінка кількості нафтозалишків у резервуарах зі світлими нафтопродуктами	35
<i>Мітюк Л.О., Тупотіна Є.Д.</i> Особливості пожеж локомотивів з легкозаймистими речовинами на залізничному транспорті	38
<i>Нешпор О., Єременко С., Христин В.В.</i> До питання підвищення ефективності протипожежного захисту розподільних пристроїв електричних мереж	40
<i>Роянов О.М., Катунін А.М.</i> Проблеми урахування впливу вологості повітря на вибухопожежонебезпеку виробництв з горючим пилом	42
<i>Рудаков С.В.</i> Методичний підхід до управління пожежної безпекою складних соціально-економічних систем на основі оцінки пожежних ризиків	44
<i>Томенко В.І., Томенко М.Г.</i> Моделювання системи пожежної сигналізації на основі бездротових мереж на об'єктах критичної інфраструктури	47
<i>Хаткова Л.В., Хоменко М.І.</i> До питання пожежної безпеки об'єктів критичної інфраструктури в умовах воєнного часу	50
<b>СЕКЦІЯ 2. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ, БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД</b>	
<i>Fabricio Bolina, João Paulo C. Rodrigues</i> Procedures for defining the isotherms on composite steel decking concrete slabs subjected to fire	53
<i>Katarína Košťutová, Linda Makovická Osvaldová</i> Change in the reaction to fire of fireboards due to aging	56
<i>Deives J. de Paula, João Paulo C. Rodrigues, Aline L. Camargo, Rúben F. R. Lopes</i> Analysis of large-scale façade fire test methods conditions	59
<i>Бережанський Т.Г., Веселівський Р.Б., Вовк С.Я., Пазен О.Ю., Придатко В.В., Ференц Н.О.</i> Температурно-вогнестійкі захисні покриття для дерев'яних конструкційних елементів на основі оксидів металів	62
<i>Березовський А.І., Копил Б.Я.</i> Дослідження вогнезахисної здатності вогнезахисного покриття металевих будівельних конструкцій	65