

**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

Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми пожежної безпеки 2022» («Fire Safety Issues 2022»). – Х.: НУЦЗ України, 2022. – 410 с.

**Організаційний комітет:**

**Голова оргкомітету**

**Садковий Володимир** – ректор НУЦЗ України, доктор наук з державного управління, професор, Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

**Заступник голови комітету**

**Андронов Володимир** – проректор НУЦЗ України з наукової роботи - начальник науково-дослідного центру, доктор технічних наук, професор, Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

**Члени комітету**

**Ключка Юрій** – проректор НУЦЗ України з навчальної та методичної роботи, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

**Ромін Андрій** – начальник факультету пожежної безпеки НУЦЗ України, доктор наук з державного управління, професор, Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

**Удянський Микола** – начальник факультету цивільного захисту, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

**Пономаренко Роман** – начальник факультету оперативно-рятувальних сил, доктор технічних наук, професор, Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

**Метельов Олександр** – начальник факультету техногенно-екологічної безпеки, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

**Tünde Anna Kovács** – доцент, Факультет інженерії механіки та техніки безпеки, PhD, Університет Обуда (м. Будапешт).

**Zoltán Nyíkes** – доцент, PhD, Університет Мілтона Фрідмана (м. Будапешт).

**Гасанов Халід Шариф огли** – начальник кафедри безпеки життєдіяльності, кандидат технічних наук, доцент, Академія МНС Азербайджанської Республіки (м. Баку).

**Linda Makovičká Osvaldová** – доцент, кафедра протипожежної інженерії, PhD, Жилінський університет, (м. Жиліна).

**Саєнко Наталія** – доцент кафедри будівельних композиційних матеріалів і технологій, кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний університет будівництва та архітектури (м. Харків).

**Пруський Андрій** – начальник кафедри профілактики пожеж та безпеки життєдіяльності, доктор технічних наук, доцент, Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту (м. Київ).

**Кіріченко Оксана** – завідувач кафедри пожежно-профілактичної роботи, доктор технічних наук, професор, Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України (м. Черкаси).

**Олійник Володимир** – начальник кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

**Відповідальний секретар**

**Афанасенко Костянтин** – заступник начальника кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

**Укладачі не несуть відповідальності за зміст опублікованих матеріалів**

Розглянуто на засіданні Вченої ради факультету пожежної безпеки (Протокол №1 від 19.09.2022 р.)

**СЕКЦІЯ 1. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ**

*Artem Bychenko, PhD in technical sciences, docent, Vitalii Nuianzin, PhD in technical sciences, docent, Maksym Udovenko, Mykhailo Pustovit, Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of the National University of Civil Defence of Ukraine, Chekrasy (Ukraine)*

**INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE STATE EMERGENCY SERVICE OF UKRAINE**

The issue of civil security has always been one of the main issues for Ukraine, and in the conditions of aggression on the part of the Russian Federation it has played a key role. The destruction of the bombings affected a large number of places for storage of hazardous chemicals (hereinafter - HC), highways along which they move, temporary tanks and more. The work of the units of the SES of Ukraine on liquidation of emergencies, which are related to the circulation of the HC begins with a detailed reconnaissance of the scene. Reconnaissance is primarily about identifying HC, and this is a difficult task in the context of hostilities, as there is not always information on what substance leak needs to be eliminated, despite the fact that the situation at the scene may pose a threat to rescuers. Therefore, the identification of HC should be carried out at a safe distance, analyzing the special signs that inform about the dangerous substance that is in the tank.

For remote identification of the HC, it is advisable to use unmanned aerial vehicles (hereinafter - UAVs), which are in the service of SES of Ukraine.

UAVs have a number of advantages that make them indispensable for such tasks, namely, have a relatively low cost, availability and the ability to quickly master the skills of piloting UAVs by operators. Ways to use UAVs in emergency response areas require careful planning, starting from traffic routes, locations of operators, obstacles on traffic trajectories, formation of control decisions, etc.

This can be achieved by creating an intelligent decision support system (hereinafter - DSS) [1-2]. Implementation of information technology for UAV flight route planning within the framework of DSS will allow to form the architecture of a promising intelligent decision support system for UAV action planning.

The process of work of the developed software for remote visual information system for the identification of hazardous substances using unmanned aerial vehicles is shown in Fig. 1. As can be seen from the figure, the purpose of the work is achieved.

The technology of recognition of information signs of dangerous goods with the help of UAVs allows you to quickly determine the type of HC, which will optimize management decisions to eliminate the consequences of emergencies. The software and hardware complex implements the ability to automatically recognize the signs of dangerous goods with the help of UAVs during reconnaissance of emergencies with leakage (emission) of HC. Problematic issues of using UAVs for pattern recognition are adverse weather conditions, the presence of aerosol or vapors of HC at the observation site, the angle of shooting, the presence of UAV vibrations. The influence of the shooting angle, external conditions mentioned above, on the quality of image recognition is studied.

The next step in software development will be to adapt it to situations where the image is not clear. To work with such images, two methods of information processing will be used:

- automatic - when fuzzy image analysis methods are used, such as those described in [3];
- manual - when the operator will be able to query the database by entering the HC code from the image.

At this stage, the database of hazardous chemicals must be adapted for use with the image analysis module.

Prospects for further research are to add the ability to recognize graphic danger signs, text

symbols on containers with HCs and reduce the impact of UAV vibrations on the quality of the resulting image.



Fig. 1. General view of the research site with the use of the UAV

The hardware-software complex for remote identification of dangerous substances by machine visual recognition of information signs of dangerous goods with the help of UAVs, consisting of unmanned aerial platform with photo-video recording means, data transmission system to ground control station, PC for processing results and corresponding software were substantiated and developed.

The ideas and methods proposed in this article will allow to create cheap and simple tools for rescue units of Ukraine, which deal with the consequences of emergencies related to the leakage of HCs.

## REFERENCES

1. Koroliuk N.A. Ieremenko S.N. (2015) Intelligent Decision Support System for Controlling Unmanned Aerial Vehicles at the Ground Control Station. *Systemy obrobky informatsyi*. № 8 (133). 31–36 [in Russian].
2. Bychenko A.O., Nuianzin V.M., Berezovskyi A.I., Pustovit M.O. (2013) The problem of identifying hazardous substances in emergencies // *Pozhezhna bezpeka*. - - № 14. 38-43 [in Ukrainian].
3. Oleksandr Nuianzin, Oleh Kulitsa, Mykhailo Pustovit, Maksym Udovenko. Method of Increasing the Availability of Video Information of Aerial Monitoring in the Airspace of a City. Volume 59: Modern Technologies Enabling Safe and Secure UAV Operation in Urban Airspace. DOI 10.3233/NICSP210009.

*A. O. Биченко, к.т.н., доцент, М. Ю. Удовенко, В. М. Нуянзін, к.т.н., доцент,  
М.О. Пустовіт*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національний  
університет цивільного захисту України*

## ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ДСНС УКРАЇНИ

Проаналізовано розвиток безпілотних літальних апаратів (БПЛА) в Україні і світі. Проаналізовано основні Українські та світові способи маркування НХР при транспортуванні та зберіганні. Метою роботи визначено розробку комплексу програмно-апаратних засобів призначених для дистанційної ідентифікації небезпечних речовин шляхом машинного візуального розпізнавання інформаційних знаків небезпечних вантажів з виведенням відповідної інформації на засоби візуального відображення (інтерфейс). Проаналізовано та надано рекомендації, що забезпечення БПЛА необхідним технічними засобами для проведення моніторингу зони надзвичайної ситуації (НС). Розроблено базу даних, яка містить інформацію про більше ніж 3000 НХР з детальними рекомендаціями стосовно ліквідації наслідків НС. Було проведено випробування можливостей БПЛА, розробленого в інституті, по розпізнаванню табличок безпеки з номерами ООН при різному освітленні.

*Костянтин Афанасенко, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України,  
Халід Гасанов, к.т.н., Академія МНС Азербайджанської Республіки*

## **ЗАХИСТ РЕЗЕРВУАРНИ ПАРКІВ ТА СКЛАДІВ НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ ВІД ОСКОЛКОВОЇ ДІЇ БОЄПРИПАСІВ**

В умовах військової агресії Росії проти нашої держави під обстрілами, окрім військових та цивільних об'єктів опинилися також об'єкти критичної інфраструктури, в тому числі нафтопереробні заводи та склади зберігання нафти та нафтопродуктів (СНН).

За різними даними, з початку збройної агресії частково або повністю зруйновано від 40 до 50 малих та великих СНН, що призвело до величезних фінансових втрат та наприкінці весни викликало серйозну кризу із забезпеченням автомобільним паливом як цивільної, так і військової інфраструктури [1]. При цьому, первинне виникнення пожеж під час обстрілів неодноразово виникало не на одному резервуарі внаслідок осколково-фугасної дії боєприпасів.

Таким чином, забезпечення захисту резервуарних парків та СНН є актуальною задачею.

При цьому, за умов мирного час, нормативними документами [2] обумовлено розташування наземних резервуарів СНН у достатній скупченості (групами) та обмеженими обвалуванням, яке призначено для обмеження розливу нафтопродуктів у разі руйнування найбільшого резервуару (рис.1).



Рисунок 1. Приклади пожеж на СНН після ураження боєприпасами

Аналіз літератури показує, що всі боєприпаси при оцінці ефективності вражаючої дії можна розділити на боєприпаси ударної або контактної дії, здатні вразити ціль тільки при прямому попаданні в неї (кумулятивні, бронебійні, бетонобійні), і боєприпаси дистанційної дії, здатні вразити ціль при вибуху від неї на деякій відстані (осколкові, фугасні).

Ураження цілі дистанційними боєприпасами здійснюється або за рахунок впливу на ціль продуктів вибуху та ударної хвилі (фугасні боєприпаси), або за рахунок ураження осколками окремих вразливих агрегатів мети (уламкові боєприпаси) чи при поєднанні обох факторів.

Вид кутової зони для нерухомого снаряда (у статиці) показано на рис. 2, 3 де  $V_0$  – початкова швидкість осколків;  $\varphi_1$  – передній кут поля у статиці;  $\varphi_2$  – задній кут поля у статиці;  $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ . На практиці як кут  $\Delta\varphi$  зазвичай приймають кут розльоту 80% або 90% осколків.

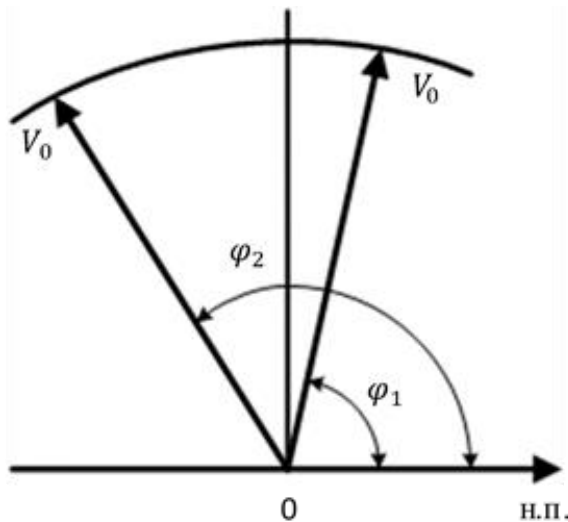


Рисунок 2. Кутова зона розльоту осколків для нерухомого снаряда

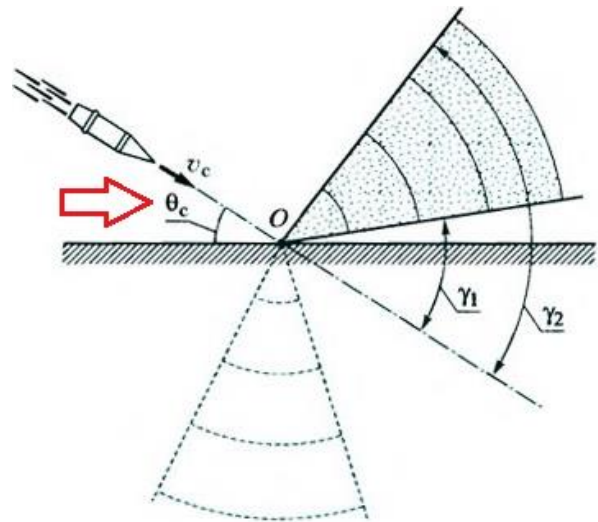


Рисунок 3. Сектори зони ураження на місцевості при наземному підриві ОФС

Якщо уламок у статистиці рухався під кутом  $j$  напрямку руху снаряда, то результати обліку своєї швидкості снаряда  $V_c$ , тобто. векторного складання швидкостей  $V_0$ ,  $V_c$ , отримуємо:

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{V_0 \cdot \sin \varphi}{V_c + V_0 \cdot \cos \varphi} \quad (1)$$

де  $\gamma$  – кут руху осколку в динаміці.

В роботі пропонується перегляд висоти обвалування (її збільшення) наземних резервуарів для мінімізації наслідків осколкової дії боєприпасів з урахуванням секторів зони ураження на місцевості при наземному підриві ОФС. Її збільшення приведе до локалізації зони ураження боєприпасами одним резервуаром у разі його влучання в об'єм обвалування без негативного осколкового впливу на сусідні об'єкти.

#### ЛІТЕРАТУРА

- [1]. Сборник руководств ОБСЕ по лучшей практике в области обычных боеприпасов, 2008, 194 с.  
 [2]. ВБН В.2.2-58.1-94 «Проектування складів нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа», Держкомнафтогаз, 1994, 151 с.

*Kostiantyn Afanasenko, Ph.D., associate professor, National University of Civil Defense of Ukraine,*  
*Khalid Hasanov, Ph.D., Academy of Emergency Situations of the Republic of Azerbaijan*

#### PROTECTION OF RESERVOIR PARKS AND OIL AND PETROLEUM PRODUCTS STORAGE FROM FRAGMENTATION OF AMMUNITION

In the conditions of Russia's military aggression against our country, in addition to military and civilian facilities, critical infrastructure facilities, including oil refineries and storage facilities for oil and petroleum products, came under fire.

The paper proposes a review of the height of the fire dyke (its increase) of ground tanks in order to minimize the consequences of the fragmentation effect of ammunition, taking into account the sectors of the affected zone on the terrain during the ground detonation of fragmentation shells.

*О.В. Васильченко, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України,  
Д.В. Максимов, здобувач вищої освіти, Національний університет цивільного захисту  
України*

## **ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ЗБЕРІГАННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ МЕТАЛЕВОГО КАРКАСА ПРИ ВИБУХУ**

Під час проектування каркасних будівель потенційно небезпечних об'єктів та об'єктів підвищеної небезпеки враховуються протипожежні вимоги до конструкцій. Це особливо важливо для конструкцій металевого каркаса, як найменш вогнестійких. Існуючі методи розрахунку дозволяють оцінити вогнестійкість конструкцій металевого каркаса з вогнезахисним покриттям [1, 2].

Однак при аварійному вибуху конструкції можуть деформуватися, не втрачаючи суттєво несучої здатності, але це призводить до зміни жорсткості та вогнестійкості всієї системи.

Цю обставину слід враховувати під час проектування об'єктів підвищеної небезпеки, в яких обертаються чи зберігаються вибухові чи легкозаймисті речовини. Конструкції слід розраховувати таким чином, щоб при аварійному вибуху вони не тільки зберегли несучу здатність, але й витримували вплив пожежі, яка може виникнути після вибуху. Щоб надійно прогнозувати поведінку конструкцій в цьому випадку потрібно зіставити їх характеристики міцності з небезпечною кількістю речовини, що вибухає.

Тому виникає проблема вибору критеріїв для розрахунку кількості речовини, що вибухає, яка не призводить до швидкої втрати вогнестійкості конструкцій або вимог до конструкцій, що підвищують їх механічну і пожежну стійкість в умовах технологічного процесу з небезпекою аварійного вибуху.

При експлуатації деталі каркаса зазнають механічних впливів у вигляді постійного навантаження від інших деталей та конструкцій будівлі, а також тимчасових статичних та динамічних впливів від вантажів, механізмів, вітру, технологічних операцій.

Проектування промислових будівель здійснюється так, щоб напруги від цих прогнозованих впливів не викликали незворотних деформацій, що виходять за допустимі межі.

Дослідження механізмів формування напружено-деформованого стану елементів каркаса для забезпечення стійкості будівель потенційно небезпечних об'єктів та об'єктів підвищеної небезпеки проводять методом унеможливлення прогресивного обвалення несучих конструкцій [3]. Важливим доповненням цього методу є дослідження впливу пожежі на будівельні конструкції після ударних впливів [4, 5].

Завданням роботи є вироблення методики оцінки безпечної кількості вибухової речовини або легкозаймистої речовини, що не призводить при аварійному вибуху та подальшій пожежі на потенційно небезпечних об'єктах або об'єктах підвищеної небезпеки до критичного зниження вогнестійкості деформованих конструкцій металевого каркаса.

У каркасних будівлях потенційно небезпечних об'єктів та об'єктів підвищеної небезпеки каркас є системою рам, що складається з колон, кроквяних конструкцій покриття та зв'язків.

При аналізі стійкості каркаса будівлі в нормальних умовах та при пожежі використовуються відомі методики [5, 6], що полягають у наступній послідовності дій:

1. Визначення для конструкцій каркаса за нормальних умов механічних та геометричних параметрів, що забезпечують несучу здатність (граничних навантажень, критичних ексцентриситетів та прогинів, що відповідають граничним навантаженням, жорсткості, частоти власних коливань).

2. Визначення критичних температур конструкцій каркаса та розрахунок меж їх вогнестійкості.



3. Оцінка механічної стійкості та вогнестійкості конструкцій каркаса на основі зіставлення розрахункових значень з нормативними.

Аварійний вибух може призвести до деформацій конструкцій каркаса різної тяжкості залежно від їхньої віддаленості від місця вибуху. Це різною мірою тягне за собою зміну геометричних параметрів конструкцій каркаса, а значить – жорсткості, частоти власних коливань та критичних температур, що робить частину конструкцій більш уразливими у разі виникнення пожежі, знижуючи їхню вогнестійкість.

При аварійному вибуху конденсованої вибухової речовини або газоповітряної суміші конструкції рам можуть зазнавати деформацій, обумовлених впливом повітряної та сейсмічної ударної хвилі.

Для того щоб оцінити кількість конденсованої вибухової речовини або газоповітряної суміші, що не призводять при вибуху та подальшій пожежі до втрати несучої здатності та критичного зниження вогнестійкості деформованої конструкції, пропонується наступна методика у вигляді послідовності дій.

1. Визначення критичних температур конструкцій каркаса, виходячи з вимог вогнестійкості.

2. Визначення коефіцієнтів зниження несучої здатності при підвищенні температури, відповідних критичним температурам конструкцій.

3. Визначення коефіцієнтів поздовжнього вигину для вертикальних елементів і прогинів для згинальних елементів.

4. Визначення параметрів ударної хвилі (надлишковий тиск, швидкісний напір, імпульс), що створюють розраховані деформації.

5. Визначення умов виникнення параметрів ударної хвилі (кількість конденсованої вибухової речовини або газоповітряної суміші), безпечних для геометрії каркаса будівлі.

Запропонована методика реалізується при відомих значеннях геометричних та механічних характеристик металевих конструкцій, таких як їх розміри, форми перерізів, навантаження, граничні опори та модулі пружності матеріалів тощо.

Критичну температуру незахищеної металевої конструкції для необхідної межі вогнестійкості, знаючи параметри її перерізу (тобто наведену товщину) можна знайти з графіка залежності температури незахищених металевих деталей від часу прогріву та їх наведеної товщини. Якщо металева конструкція має вогнезахист, її критичну температуру можна знайти за методом [1, 2].

Коефіцієнт зниження несучої здатності при підвищенні температури знаходиться таблично за розрахованою критичною температурою.

Припустивши, що при вибуху металева колона деформується і є стиснуто-вигнутим стрижнем з ексцентриситетом, можна оцінити коефіцієнти зниження напруження при позацентровому поздовжньому вигині. Також можна знайти відносний прогин згинальних елементів.

Логічно прийняти, що стійкість каркаса буде достатньою, якщо деформація найближчих до місця вибуху елементів не перевищуватиме допустиму (або, в крайньому випадку, трохи перевищуватиме).

Також якщо як критерій оцінки прийняти, що ці значення при вибуху повинні відповідати нижній межі зони сильних руйнувань, то по таблиці пошкоджень будівельних об'єктів можна оцінити величину надлишкового тиску на фронті ударної хвилі у місцях розташування найближчих до епіцентру вибуху елементів каркаса.

З цього припущення можна оцінити масу конденсованої вибухової речовини, а також масу речовини, що зберігалася в ємності при її розгерметизації та вибуху газоповітряної суміші.

На підставі запропонованого методу для забезпечення необхідної вогнестійкості можна, враховуючи особливості технологічного процесу, розрахувати параметри вертикальних і кроквяних конструкцій металевого каркаса промислової будівлі, що відноситься до потенційно небезпечних об'єктів або об'єктів підвищеної небезпеки.

З іншого боку, можна сформулювати вимоги до технологічного процесу, в якому обертаються вибухові речовини та легкозаймисті речовини, якщо технологічний процес планується розміщувати в існуючій будівлі з металевим каркасом.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Otrosh Y., Kovalov A., Semkiv O., Rudeshko I., Diven V. Methodology remaining lifetime determination of the building structures // MATEC Web of Conferences, 2018, 230, 02023. URL : <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823002023>.
2. Vasilchenko A., Otrosh Y., Adamenko N., Doronin E., Kovalov A. Feature of fire resistance calculation of steel structures with intumescent coating // MATEC Web of Conferences, 2018, 230, 02036. URL : <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823002036>.
3. Brian I. Song, Halil Sezen. Experimental and analytical progressive collapse assessment of a steel frame building // *Engineering Structures*. 2013. Vol. 56. P. 664–672.
4. Roytman V.V., Pasman H.J., Lukashovich I.E. The Concept of Evaluation of Building Resistance against combined hazardous Effects «Impact-Explosion-Fire» after Aircraft Crash // *Fire and Explosion Hazards: Proceedings of the Fourth International Seminar*. 2003. Londonderry, NI, UK. P. 283–293.
5. Vasilchenko A., Doronin E., Ivanov B., Konoval V. Effect of residual deformation of a steel column on its fire resistance under combined exposure "explosion-fire" // *Materials Science Forum*. 2019. Vol. 968. P.288–293.
6. Shnal T., Pozdieiev S., Nuianzin O., Sidnei S. Improvement of the Assessment Method for Fire Resistance of Steel Structures in the Temperature Regime of Fire under Realistic Conditions // *Materials Science Forum*. 2020. Vol. 1006. P. 107–116.

O.V. Vasilchenko, Ph.D, associate professor, National University of Civil Defence of Ukraine,  
D.V. Maksimov, cadet, National University of Civil Defence of Ukraine

#### **ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF PRESERVING THE FIRE RESISTANCE OF A METAL FRAME IN AN EXPLOSION**

A method for assessing the safe amount of an explosive or a flammable substance that does not lead to a critical decrease in the fire resistance of deformed metal frame structures in an emergency explosion and subsequent fire is proposed. A feature of the method is assessment of the resistance of structures of the metal frame closest to the epicenter of the explosion by parameters of the shock wave corresponding to the lower boundary of the zone of severe destructions, and the adoption for them of the values of the stress reduction coefficient for eccentric lateral deflection (for vertical structures) and relative deflections (for bending structures) close to the limit. This allows: to estimate the safe amount of an explosive or flammable substance in the technological process; check the compliance of parameters of the structures of metal frame of an industrial building with the requirements for maintaining fire resistance in an emergency explosion; justify the required reinforcement of the frame structures if the amount of explosive or flammable substance in the technological process exceeds the calculated one.

## **ПРОТИПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА НА ПІДПРИЄМСТВАХ В УКРАЇНІ**

За статистикою в Україні щоденно гине 5, діставали травми 4 людей, знищувалось або пошкоджувалось 70 будівель і споруд та 13 одиниць транспортних засобів. Щоденні матеріальні витрати від пожеж становили 22,7 млн грн.

За умов економічної кризи та браку коштів дуже повільно і несвоєчасно здійснюється оновлення або заміна застарілих основних виробничих фондів, рівень зношення яких наближається до критичного. Виробнича діяльність багатьох підприємств супроводжується великою кількістю робіт з використанням відкритого вогню, хімічних процесів, що відбуваються за високих температур, обігу великої кількості пожежо- та вибухонебезпечних речовин.

Перш за все, протипожежний режим підприємства слід розуміти як комплекс заходів, які повинні бути реалізовані підприємством для забезпечення нормального протипожежного стану підприємства. Нормативну базу цього питання становлять Кодексу цивільного захисту України та Правила пожежної безпеки України, затверджені наказом МВС від 31.12.2014 №1417. Згідно з цими правилами, керівник будь-якого підприємства України зобов'язаний встановити протипожежний режим. [1,2]

Протипожежний режим - це комплекс установлених норм поведінки людей, правил виконання робіт та експлуатування об'єкта, спрямованих на забезпечення пожежної безпеки. Нормативний перелік визначає низку обставин та особливостей, врегулювання яких забезпечує протипожежну безпеку на підприємстві. Це і визначення порядку утримання шляхів евакуації, спеціальних місць для куріння, правил проїзду та стоянки авто, особливостей застосування відкритого вогню, порядку огляду й зачинення приміщень після закінчення роботи, організації експлуатації та обслуговування засобів протипожежного захисту, проведення планово-попереджувальних ремонтів і оглядів електроустановок, визначення порядку дій у разі виникнення пожежі тощо. Тобто іншими словами, керівник підприємства зобов'язаний видати спеціальні накази, затвердити положення, порядки та інші документи, у яких потрібно врегулювати всі питання, які входять до обсягу заходів, які становлять протипожежний режим підприємства.

Як зазначалось вище, оскільки забезпечення пожежної безпеки є складовою виробничої та іншої діяльності посадових осіб і працівників підприємств та об'єктів, то уся відповідальність за забезпечення пожежної безпеки на підприємстві покладається на його власника та керівника. Водночас Правила пожежної безпеки в Україні визначають, що керівник підприємства повинен призначити відповідальних за пожежну безпеку окремих будівель, споруд, приміщень, дільниць, технологічного та інженерного устаткування, а також за утримання й експлуатацію засобів протипожежного захисту.

На кожному підприємстві також повинні бути розроблені та затверджені інструкції з пожежної безпеки, які закріплюють основні положення протипожежного режиму в кожному приміщенні чи на об'єкті підприємства. Право затверджувати дані акти має керівник підприємства або будь-яка інша делегована ним посадова особа. Правила з пожежної безпеки закріплюють низку вимог до згаданих інструкцій та визначають їх структуру і основні розділи. Так, зокрема, інструкції повинні містити інформацію про категорію (А, Б, В, Г, Д) приміщення з вибухопожежної та пожежної небезпеки (для виробничих, складських приміщень та лабораторій), вимоги щодо утримання евакуаційних шляхів та виходів, визначати спеціальні місця для куріння та вимоги до них, порядок утримання та прибирання приміщень, робочих місць, спецодягу, порядок проведення зварювальних та інших вогневих робіт, обов'язки та дії працівників у разі виникнення пожежі тощо. Інструкції вивчають під час протипожежних інструктажів, навчання за програмою пожежно-технічного мінімуму, виробничого навчання і вивішують на видимих

місцях. Усі працівники при прийнятті на роботу на робочому місці повинні проходити інструктажі з питань пожежної безпеки. Факт проведення інструктажів фіксується у спеціальному журналі, який має бути прошнурований, пронумерований та скріплений печаткою підприємства та підписом керівника.

Для успішного проведення дієвих упереджувальних заходів важливо знати основні причини виникнення пожеж. [3]. Із наведених в інфографіці причин найчастіше призводить до пожежі необережне поводження з вогнем. У виробничій сфері через це часто-густо виникають пожежі при курінні в недозволених місцях та при виконанні вогневих робіт. Вогневими роботами вважають виробничі операції, пов'язані з використанням відкритого вогню, іскроутворенням та нагрівом деталей, устаткування, конструкцій до температур, що здатні викликати займання горючих речовин і матеріалів, парів легкозаймистих рідин. До вогневих робіт належать: газо- та електрозварювання, бензино- та газорізання, паяльні роботи, варки бітуму та смоли, механічне оброблення металу з утворенням іскор тощо.

Протипожежна безпека на підприємстві в Україні – невіддільна частина організації робочого простору і процесів згідно з нормами чинного законодавства.

Зокрема, цю сферу регламентують Правила пожежної безпеки в Україні, затверджені наказом Міністерства внутрішніх справ України, зі змінами, які періодично вносяться відповідними наказами. [4].

Зафіксовані на законодавчому рівні вимоги пожежної безпеки зобов'язані виконувати – незалежно від приналежності та розміру статутного капіталу, обороту, кількості співробітників, форми власності, кодів ЗЕД, сфери роботи та інших аспектів – будь-які суб'єкти, що ведуть свою господарську діяльність на українській території.

Тому необхідно бути в курсі цих змін і коригувати організаційну роботу в даному секторі на виробництвах і в компаніях.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України від 02 жовтня 2012 року № 5403-VI
2. 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;
3. Звіт про основні результати діяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій *Сайт ДСНС*. URL: <https://www.dsns.gov.ua/ua/Zvitni-materiali-Derzhavnoyi-sluzhbi-Ukrayini-z-nadzvichaynih-situaciy.html>.
4. Пожежна безпека в будівництві: Інструкція для клієнтів, проектувальників і тих, хто керує та виконує будівельні роботи, пов'язані зі значним пожежним ризиком. HSG168 (Друге видання). Книги ВШЕ, 2010. 95 с. URL-адреса: <http://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg168.pdf>

*Garbuz S., candidate of technical sciences,  
National University of Civil Defence of Ukraine*

#### FIRE SAFETY IN ENTERPRISES IN UKRAINE

Protection of industrial enterprises and residential buildings, other structures directly related to the study of explosion and fire hazards used building materials, constructions and technological production processes. Without identifying the causes of occurrence and spread fire or explosion, it is impossible to carry out a qualitative examination of the design materials, fire-technical inspection of the object, investigate the fires themselves and explosions, develop documents on explosion and fire protection of individual buildings and structures and industrial enterprises as a whole.

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

*С. В. Гончар, Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України*

*Е. К. Куртєв, Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України*

## **МЕТОДИ ПЕРЕВІРКИ РЕЗЕРВУАРІВ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ РІДИН І ГАЗІВ НА ЗБИТКОВИЙ ТИСК**

Резервуари, розраховані на зберігання рідин і газів під природним і низьким тиском повинні пройти перевірку на герметичність. Ця перевірка виконується після закінчення перевірки якості зварних швів. Залежно від проектного вмісту, об'єму, форми та інших особливостей вибирається спосіб перевірки. Посудини, призначені для роботи під високим тиском – десятки і сотні атмосфер проходять такі випробування в особливому порядку.

Для перевірки резервуарів на герметичність виділяють три способи.

Перший спосіб. Перевірка на герметичність резервуарів проводиться шляхом забору проб (рідинних або газових), що здійснюються в найбільш низькій частині простору між ємностями і оболонками двостінних резервуарів.

Другим способом перевірити ємність на герметичність - є спостереження за рівнем рідини і регулярним вимірюванням її рівня за допомогою високоточних електронних рівнемірів.

Третім способом, як перевіряється резервуар на водонепроникність – є проведення періодичних пневматичних випробувань, спорожнених від рідин або газів ємностей, шляхом нагнітання в них надлишкового тиску, за допомогою закачування інертних газів.

Контрольні вимірювання проводять з використанням радіографічних приладів. Чутливість знімків повинна відповідати певному Держстандарту.

Після проведених досліджень проводиться очищення, продування кожного зливного отвору і обв'язки з повторною заміною прокладок.

Контроль великих резервуарів здійснюється так само, як і невеликих ємностей - тиском або проникненням пенетрантів.

Контроль герметичності ємностей і резервуарів повинен виконуватися ретельно, в іншому випадку виявлене на початку експлуатації витікання рідини вимагає значно більших витрат робочого часу та інших ресурсів на усунення.

Основний і найнадійніший принцип перевірки посудин і резервуарів на герметичність складається в заповненні їх рідиною або газом і створенні в них підвищеного тиску, іноді – вакууму. Величина такого надлишкового тиску і робоча речовина заповнення нормуються.

Найпростіший і століттями перевірений спосіб перевірки металів і деяких інших матеріалів на тріщини і нещільності – капілярний, причому в його традиційному виконанні. Це спосіб не вимагає заповнення резервуара чим-небудь і створення позитивного або негативного надлишкового тиску.

Із зовнішнього боку всі зварні шви та інші важливі місця і вузли покривають крейдовою суспензією, а після її висихання з внутрішньої сторони на всі обстежувані місця наносять гас. Через якийсь час гас обов'язково просочиться через найменші тріщини, якщо такі є, і залишить добре видимі сліди на крейді.

Настільки ж і простий пневматичний метод контролю герметичності. Створивши надлишковий тиск в резервуарі, зовнішня поверхня всіх місць, які потребують контролю, покривається звичайним мильним розчином, який починає пузиритися там, де повітря виходить назовні.

У цього способу є більш наочний різновид, коли шви та інші місця перевірки покривають стрічкою паперу або тканини, змоченою фенолфталеїном, а в резервуар

закачують суміш повітря з одним відсотком аміаку. Якщо аміак проникає крізь нещільності, він реагує з фенолфталеїном і утворює дуже видні здалеку червоні характерні сліди.

Такий метод хороший дуже високою надійністю і простотою застосування на великих резервуарах, коли сліди реакції добре помітні.

Застосовуються і гідравлічні методи, при яких ємність заповнюється водою або маслом і залишається на деякий час, або ж в ній створюється надлишковий тиск. Протікання виявляють візуально, для чого рідина може бути підфарбована. Цей природний процес інтенсифікують, простукуючи зону швів молотком з округлим бойком.

Перевірок герметичності піддають ємності стандартного типу. Іноді виникає необхідність перевірки такої судини, в якій неможливо створити надлишковий тиск або ж потрібно перевірити на герметичність зварні шви на якомусь окремому вузлі, що не утворює замкнутого простору. У цьому випадку застосовують спосіб створення місцевого надлишкового тиску. Для цього на обстежувану ділянку направляють сильний струмінь стисненого повітря. У місці зіткнення такого струменя з поверхнею обстежуваного об'єкта виникає зона підвищеного тиску і вона викликає ефект просочування повітря крізь нещільності, якщо такі є. Проникнення повітря фіксують на зворотному боці звичайним способом, застосовуючи мильний розчин. Цей прийом особливо ефективний в кутових швах, де простіше утворюється зона підвищеного тиску. Після ліквідації протікання перевірку повторюють.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України (постанова Верховної Ради України від 02.10.2012 року (№5403-VI) і набрав чинності з 1 липня 2013 року)
2. Закон України від 18.01.2001 № 2245-III Про об'єкти підвищеної небезпеки: затв. і введ. в дію Постановою Верховна Рада України,;
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 09.01.2014 № 11 «Про затвердження Положення про єдину державну систему цивільного захисту».
4. Постанова Кабінету Міністрів України від 29.08.2002 № 1288 «Про затвердження Положення про Державний реєстр потенційно небезпечних об'єктів».

*V. Y. Dendarenko, PhD, docent, Cherkasy Institute of Fire Safety named after Heroes of Chernobyl of the National University of Civil Defense of Ukraine*

*S. V. Gonchar, Cherkasy Institute of Fire Safety named after Heroes of Chernobyl of the National University of Civil Defense of Ukraine*

*E. K. Kurtiev Cherkasy Institute of Fire Safety named after Heroes of Chernobyl of the National University of Civil Defense of Ukraine*

## **METHODS OF CHECKING TANKS FOR THE STORAGE OF LIQUIDS AND GASES UNDER LOSS PRESSURE**

Tanks designed to store liquids and gases under natural and low pressure must be tested for tightness. This inspection is performed after the inspection of the quality of the welds. Depending on the design content, volume, form and other features, the verification method is selected. Vessels designed to work under high pressure - tens and hundreds of atmospheres undergo such tests in a special order. There are three methods for checking tanks for tightness.

## ВИМІРЮВАННЯ ТЕПЛООВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ФАКЕЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ СПАЛЮВАННЯ ГАЗОВИХ СУМІШЕЙ РІЗНОГО СКЛАДУ

Промислові підприємства хімічного, нафто-хімічного, енергетичного комплексів, в технологічному процесі яких обертаються горючі гази, легкозаймисті та горючі рідини в своєму складі мають факельні системи, які призначені для бездимного спалювання горючих та токсичних газів або парів в результаті їх періодичного, аварійного або постійного скидання [1].

Основним завданням установки факельних систем на підприємствах – це запобігання потрапляння газу в атмосферу за рахунок його спалювання. Гази і пари, які потрапляють в факельну систему, можуть надходити в неї з технологічних установок від запобіжних клапанів в аварійних ситуаціях. Також на виробництві можливо постійне утворення газів і парів, які за технологією відводяться в факел для спалювання.

Факельні системи є складним інженерним комплексом і розрізняються за своїми елементами. До складу факельної установки обов'язково входить факельна труба (ствол) з пальником, трубопроводи скидних газів, система запалювання і лабіринтовий ущільнювач.

В роботі проведено аналіз технологічного процесу біогазових комплексів [2]. Встановлено, що вихід біогазу та його склад залежить від сировини, що використовується для його отримання.

Також проведеним аналізом встановлений відсотковий склад біогазу (рис. 1).

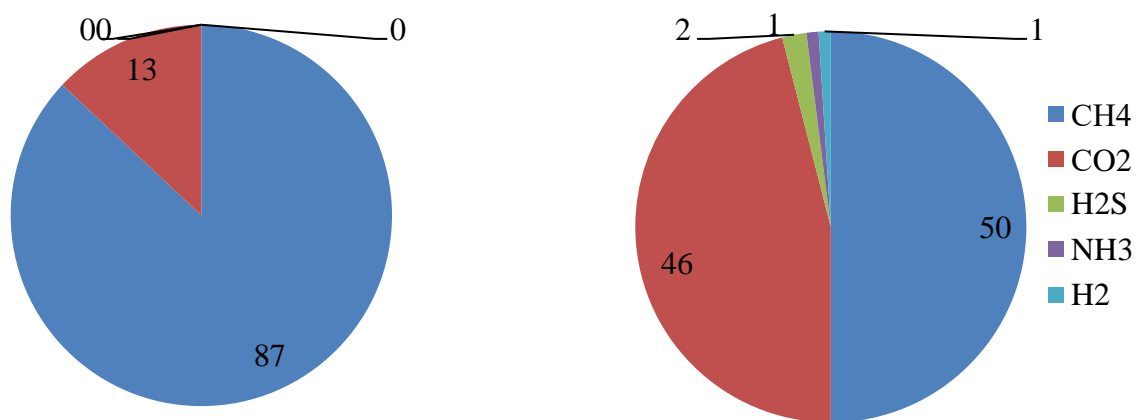


Рисунок 1. Склад біогазу: а – максимальний вміст метану; б – мінімальний вміст метану (з домішками інших газів)

Аналіз даних, наведених на рисунку, дозволяє зробити висновок, що основними елементами біогазу є метан та вуглекислий газ. При цьому вміст метану може змінюватися в межах від 50 до 87% у вихідному складі, що має вплив на теплоту згоряння газової суміші [3].

У зв'язку з цим в авторами розроблено та побудовано експериментальну установку для оцінки параметрів теплового випромінювання факельних пристроїв. Схема установки наведена на рисунку 2.

Визначення температур в точках контролю здійснюється за допомогою пірометра моделі GM900 і тепловізору WT3320 HQ.

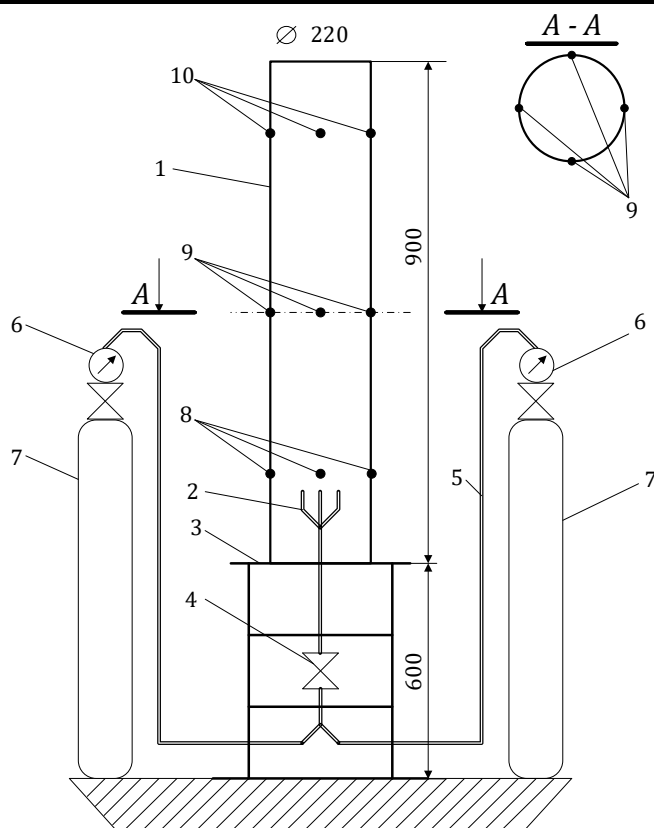


Рисунок 2. Схема експериментальної установки: 1. Кожух факельного стовбуру; 2. Пальник; 3. Станина; 4. Кран; 5. Шлаги з'єднувальні; 6. Манометри-витратоміри. 7. Балони (вуглекислий газ та метан). 8. Точки контролю температури (нижній пояс). 9. Точки контролю температури (середній пояс). 10. Точки контролю температури (верхній пояс).

Зовнішній вигляд установки представлений на рисунку 3.



Рисунок 3. Зовнішній вигляд експериментальної установки

При перевірці працездатності установки знято термограми горіння метану в зимовий час. Термограми наведені на рис. 4.



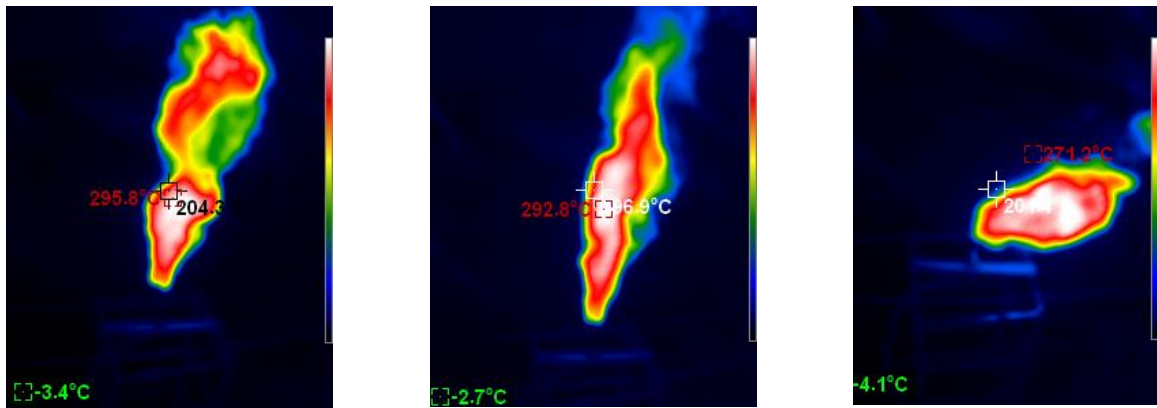


Рисунок 4. Термограми горіння метану

Дослідження проводились для горіння метану без домішок діоксиду вуглецю. Експериментальні дані температури контрольних точок при витраті газу 11 л/хв. наведені на рисунку 5.

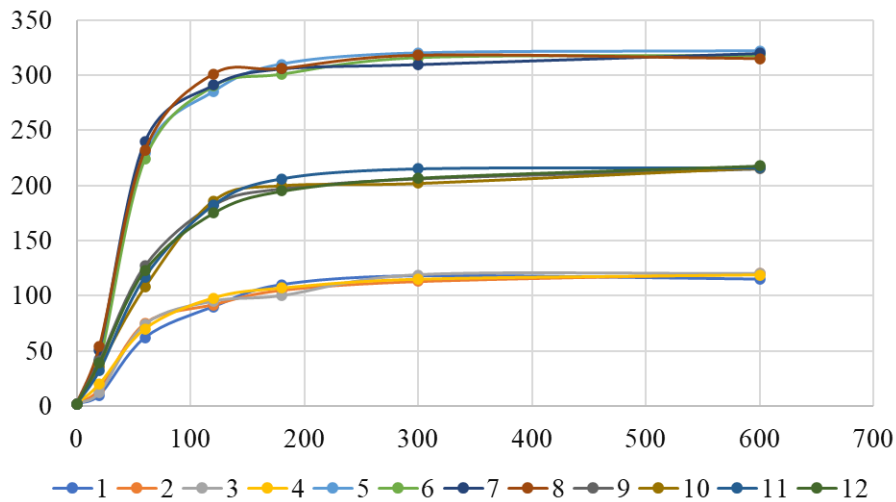


Рисунок 5. Температура контрольних точок. 1..12 – точки контролю температури

Аналіз даних, наведених на рисунку показує, що установка виходить на стаціонарний режим роботи в проміжку 250-300 с. роботи. При цьому явно виражено підвищення температури кожуху по висоті.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Назаров А.А., Поникаров С.И. Факельные установки. Казань: КГТУ, 2010. 118 с.
2. Стребков Д.С., Ковалев А.А. Биогазовые установки для обработки отходов животноводства. // Техника и оборудование для села - 2006. - №11. - С. 28-30.
3. Благутина В.В. Биоресурсы // Химия и жизнь - 2007. - №1, С. 36-39.

*Serhii Zimin, adjunct, National University of Civil Defense of Ukraine;  
Kostiantyn Afanasenko, Ph.D., associate professor, National University of Civil Defense of Ukraine,*

#### MEASUREMENT OF HEAT RADIATION OF TORCH DEVICES FOR COMBUSTION OF GAS MIXTURES OF DIFFERENT COMPOSITION

In the paper, the temperature was measured at control points during natural gas combustion. It has been established that the installation enters the stationary mode of operation in the interval of 250-300 s of operation. At the same time, the increase in the temperature of the casing in height is clearly expressed.

Олександр Зобенко, Олег Землянський, д.т.н., доцент,  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного  
університету цивільного захисту України

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ В МІСЦЯХ КОМУТАЦІЇ ПІД ЧАС ЛОКАЛЬНОГО ПЕРЕГРІВУ

Щороку в Україні виникає близько 80 тис. пожеж [1]. Понад 14% із них виникає в результаті порушень роботи електричних мереж. До основних порушень роботи електричних мереж належать коротке замикання, перевантаження та високі перехідні опори. Відповідно підвищити протипожежний захист об'єктів та мінімізувати кількість пожеж в Україні можна за рахунок розробки додаткових систем захисту електричних мереж.

Для захисту обладнання від коротких замикань та перевантажень електричні мережі обладнуються апаратами захисту: запобіжники, автоматичні вимикачі, теплові реле тощо. В той же час особливої уваги потребують місця комутації такі як електричні розетки, адже у їх конструкції налічується більше 6-ти з'єднань порушення яких впливає на підвищення величини перехідних опорів[2].

Метою дослідження є розробка математичної моделі протипожежного захисту електричних мереж в місцях комутації під час надмірного локального нагрівання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідити поля формування математичної моделі протипожежного захисту електричних мереж;
- визначити основні параметри перехідних процесів під час короткого замикання;
- розробити математичну модель протипожежного захисту електричних мереж у місцях комутації.

Основні параметри, які у повній мірі дозволяють визначити характеристики елементів системи захисту електричних мереж в місцях комутації можна розділити на змінні, до яких слід віднести силу струму ( $I$ ) та значення перехідного опору ( $R$ ) електричного з'єднання; та сталі, а саме температуру нагрівання місця комутації ( $T_k$ ) та найменше стійкого, з огляду пожежної безпеки, матеріалу елемента системи протипожежного захисту ( $T_F$ ) та доповнити останні показником часу спрацювання елемента протипожежного захисту ( $t_E$ ).

Розглянемо формування системи рівнянь зв'язку  $\{f_1...f_n\}$ , які поєднують змінні та сталі параметри. Тож маємо наступне відображення процесу забезпечення протипожежного захисту  $\Psi_{ПЗ}$

$$\Psi_{ПЗ}(T_k, T_F, t_E)=f_n(I, R, t); \quad (1)$$

З метою визначення оптимальних характеристик елемента системи протипожежного захисту необхідно визначити допустимі температури для самого елемента та матеріалів з яких виготовлені його елементи корпусу та оздоблення.

Процес протипожежного захисту електричних мереж в місцях комутації описується залежністю:

$$\Psi_{ПЗ}(T_k, T_F, t_E)=f_n(I, R, t). \quad (2)$$

Подальша формалізація параметрів призводить до послідовного вирішення трьох окремих задач з визначення основних характеристик елемента протипожежного захисту, а саме:

$$Q_I(R, I, t)=f_{In}(Q'_I(U, t), Q''_I(U, t), Q'''_I(U, t)); \quad (3)$$

$$Q_{III}(R, I, t) = f_{3n}(Q'_3(U, t), Q''_3(U, t), Q'''_3(U, t), Q''''_3(U, t)). \quad (4)$$

Рішення окремої задачі математичної моделі протипожежного захисту електричних мереж в місцях комутації з визначення перехідних процесів під час короткого замикання передбачає послідовне визначення основних характеристик моделі як в умовах настання короткого замикання у віддалених точках системи електропостачання, та і в умовах комплексного навантаження з підживленням місця короткого замикання.

Рішення окремої задачі математичної моделі протипожежного захисту електричних мереж в місцях комутації під час локального теплового нагріву з визначення температури та часу спрацювання плавкого запобіжника дозволяє отримати основні характеристики елемента системи протипожежного захисту електричної мережі.

Іншими словами, умову отримання рішення задачі  $\Omega_{n3}(T_k, T_F, t_E)$  можливо записати у вигляді:

$$\Omega_{n3}(T_k, T_F, t_E) = f\Omega_{n3}(Q_I(R, I, t), Q_{II}(R, I, t), Q_{III}(R, I, t)). \quad (5)$$

З урахуванням вище викладеного шукана математична модель буде системою залежностей:

$$\Psi_{n3}(T_k, T_F, t_E) = f_n(I, R, t); \quad (6)$$

$$\Omega_{n3}(T_k, T_F, t_E) = f\Omega_{n3}(Q_I(R, I, t), Q_{II}(R, I, t), Q_{III}(R, I, t)). \quad (7)$$

Таким чином, математична модель протипожежного захисту електричних мереж в місцях комутації під час надмірного локального нагрівання є системою з двох аналітичних залежностей. Перша залежність описує параметри елементів системи протипожежного захисту в місцях комутації під час надмірного теплового нагрівання. Друга залежність визначає ефективні параметри елементів системи протипожежного захисту в залежності від варіантів рішення окремих задач: з визначення перехідних процесів під час короткого замикання.

Перспектива подальших досліджень полягає в створенні фізичної моделі елемента протипожежного захисту електричних мереж в місцях комутації під час надмірного локального нагрівання.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. <https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/5/3/8/5/7/5/2021-ctatuctuka-analitychna-dovidka-pro-pojeji-122021.pdf>
2. Курило І. А. Електричні кола з розподіленими параметрами. / І. А. Курило, І. Н. Намацалюк, В. І. Шеховцов // Навчальний посібник – К.: НМК ВО, 1993. – 96 с.

*Zobenko Oleksandr Oleksandrovich teacher, Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes National University of Civil Defense of Ukraine  
Zemlianskiy Oleh Mykolayovych Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), associate professor, Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes National University of Civil Defense of Ukraine*

#### **MATHEMATICAL MODEL OF FIRE PROTECTION OF ELECTRICAL NETWORKS IN SWITCHING PLACES DURING LOCAL OVERHEATING**

The field of the mathematical model of the fire protection of electrical networks in the places of switching of excessive consumer capacities is within the limits determined by the operating temperature of the element of the fire protection system, which, in turn, is between the maximum and limit values.

Катунін А.М., к.т.н., с.н.с., доцент кафедри,  
Роянов О.М., к.т.н., доцент, старший викладач кафедри,  
Національний університет цивільного захисту України

## АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕПЛООВОГО СТАРІННЯ ІЗОЛЯЦІЇ КАБЕЛЬНИХ ВИРОБІВ

Значна кількість пожеж за причиною «порушення правил пожежної безпеки при влаштуванні та експлуатації електроустановок» виникають в кабельних виробках, що характеризуються терміном експлуатації [1], при цьому гарантований заводом-виробником термін експлуатації різних видів кабельної продукції дорівнює 25-35 років. Своєчасна діагностика стану електричної ізоляції дозволяє здійснювати ефективне прогнозування пожежобезпечного терміну експлуатації кабельних виробів [2]. Протягом часу внаслідок погіршення електрозахисних властивостей ізоляції кабельних виробів виникає ймовірність появи короткого замикання, й, як наслідок, появи джерела запалювання електричного походження. Таким чином, аналіз особливостей теплового старіння ізоляції кабельних виробів в є *актуальною задачею* забезпечення пожежної безпеки.

Для відповідного аналізу можливо застосування різних моделей теплового старіння ізоляції, використання яких дозволяє здійснити оцінювання ступеня погіршення властивостей ізоляції кабельних виробів. Результати оцінювання пожежобезпечного терміну експлуатації кабельних виробів за різними моделями збігаються, тому в якості основної будемо використовувати модель старіння ізоляції від температури, яка запропонована Арреніусом [2]:

$$\tau_{cl} = \tau_0 \cdot \exp(-BcT) \left( \frac{E}{E_0} \right)^{-(n_0 - bcT)},$$

де  $E$  – напруженість електричного поля;  $cT = 1/T_0 - 1/T$  – умовна температурна напруга ( $T$  – абсолютна температура,  $T_0$  – приблизна контрольна температура (кімнатна температура));  $n_0$  – коефіцієнт витривалості за напругою;  $E_0$  – значення напруженості електричного поля, нижче якого впливом електричного поля можна знехтувати;  $\tau_0$  – термін експлуатації при  $T = T_0$ ,  $E = E_0$ ,  $B = W/k$  ( $\Delta W$  – енергія активації реакції термічної деградації,  $k$  – постійна Больцмана);  $b$  – параметр, що показує синергізм теплової та електромагнітної взаємодій.

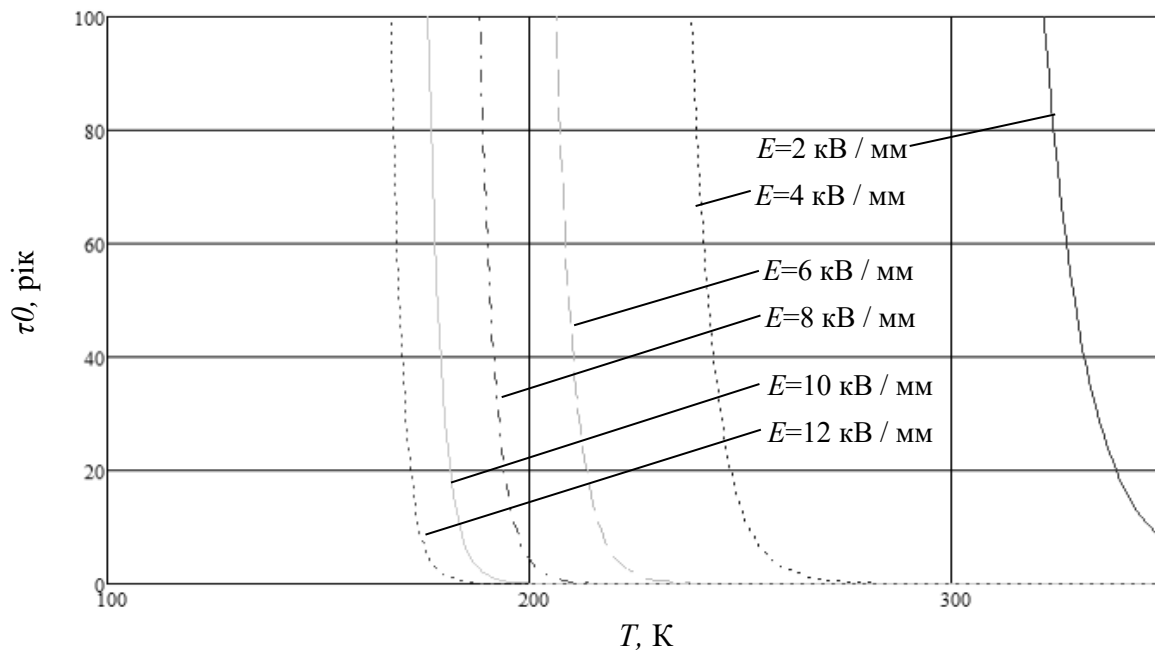
На основі даної моделі пропонується зробити сумісний аналіз впливу на значення пожежобезпечного терміну як температури, так і напруженості електричного поля. В роботі розраховані та побудовані відповідні графіки залежностей згідно комбінованої моделі Арреніуса, які представлено на рис. 1.

Аналіз отриманих залежностей дозволяє сформулювати наступні висновки стосовно моделі, що використовується:

- суттєво на значення пожежобезпечного терміну експлуатації ізоляції впливають як зовнішні умови використання кабельних виробів (температура), так параметри електричної мережі (напруженість електричного поля);

- зі зростанням напруженості електричного поля підвищуються вимоги до зниження температурного режиму, в якому будуть експлуатуватися кабельні вироби, в свою чергу зростання температури вимагає зниження напруженості електричного поля;

- діапазон температур, в яких можлива експлуатація кабельних виробів в межах терміну експлуатації 20 років складає від  $-101^0$  С до  $66^0$  С для діапазону напруженості електричного поля від 2 до 10 кВ / мм.



**Рис. 1. Залежність пожежобезпечного терміну експлуатації ізоляції  $\tau_0$  від температури  $T$  при значеннях напруженості електричного поля  $E = 2; 4; 6; 8; 10, 12$  кВ/мм**

Таким чином, в роботі визначено особливості теплового старіння ізоляції в рамках моделі, що дозволяє сформулювати практичні рекомендації при прогнозуванні пожежобезпечного терміну експлуатації кабельних виробів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Кирилук А.С., Кулаков О.В., Катунин А.Н. (2014). Модели показателей долговечности кабельных линий при определенных законах распределения наработки // Проблемы пожарной безопасности. Вып. 36. С. 103–108. <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/857>.
2. Пугач В. Н., Поляков Д. А., Никитин К. И. & др. (2019). Исследование влияния термической деструкции на срок службы изоляции кабелей // Омский научный вестник. № 6 (168). С. 70–74. DOI: 10.25206/1813-8225-2019-168-70-74.

*A.M. Katunin, Ph.D (Technical sciences), Senior Research Scientist, Associate Professor,  
O.M. Roianov, Ph.D (Technical sciences), Associate Professor, Senior teacher,  
National University of Civil Defence of Ukraine,*

#### ANALYSIS OF THERMALS AGINGS PECULIARITIES FOR CABLES PRODUCTS INSULATION

The paper defines thermals agings peculiarities for cables products insulation within the framework of the model. The obtained results make it possible to formulate practical recommendations for predicting the fire-safe service life of cable products.

*Кириченко С.П.<sup>1</sup>; Ковалишин В.В.<sup>2</sup>, д.т.н., професор,  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного  
університету цивільного захисту України,  
<sup>2</sup>Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

## **ЗАПОБІГАННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ РУЙНУВАНЬ ПІРОТЕХНІЧНИХ ВИРОБІВ НА ОСНОВІ СУМІШЕЙ З МЕТАЛЕВИХ ПАЛЬНИХ ПРИ ЗОВНІШНІХ ТЕРМІЧНИХ ВПЛИВАХ**

Піротехнічні вироби на основі сумішей з металевих палих набувають широкого застосування при отриманні освітлювальних, сигнальних ефектів (освітлювальні вироби, фотоосвітлювальні вироби, сигнальні снаряди, піротехнічні інфрачервоні снаряди, інфрачервоні мішені-паски тощо) [1, 2].

При застосуванні піротехнічних виробів з металевих палих та під час зберігання або транспортування виникають непередбачувані випадки передчасного спрацювання виробів через дію зовнішніх термічних впливів. Це виникає за рахунок інтенсивності локального нагріву корпусів піротехнічних виробів, через що відбувається передчасне спрацювання зарядів виробів і відповідно, вибухонебезпечне руйнування піротехнічних виробів. Передчасне вибухонебезпечне руйнування піротехнічних виробів призводить, в свою чергу, до займання та до можливого руйнування оточуючих об'єктів, людських жертв та до значних матеріальних збитків.

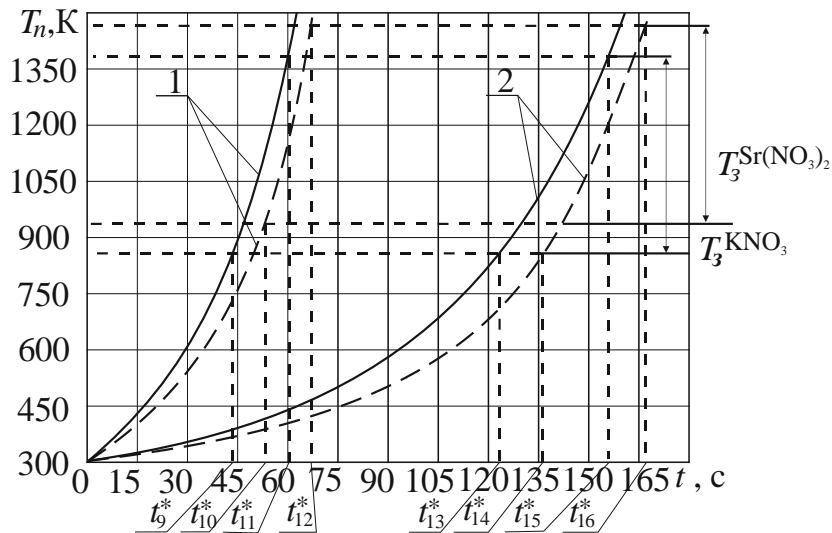
Враховуючи вищезазначене актуальним є розробка відповідних методів щодо запобігання вибухонебезпечних руйнувань піротехнічних виробів на основі сумішей з металевих палих при зовнішніх термічних впливах, яким піддаються зазначені вироби при умовах застосування.

Методи щодо запобігання вибухонебезпечних руйнувань піротехнічних виробів ґрунтуються на результатах проведених досліджень щодо процесів зовнішнього теплового впливу, займання та розвитку процесу горіння ущільнених піротехнічних сумішей на основі металевих палих, які є основою піротехнічних виробів [2, 3].

Результати проведених досліджень дозволяють розробити математичні та експериментально-статистичні моделі, за допомогою яких можна визначити критичні діапазони зміни параметрів зовнішніх термічних впливів та параметрів швидкостей розвитку горіння піротехнічних сумішей на основі металевих палих, при перевищенні яких відбувається передчасне займання та горіння сумішей, що призводить до вибухонебезпечного руйнування піротехнічних виробів. Зазначені критичні діапазони складають основу методів щодо запобігання вибухонебезпечних руйнувань піротехнічних виробів і можуть бути використані на стадії виготовлення піротехнічних виробів, що дозволить в подальшому запобігти передчасному спрацюванню та подальшому вибухонебезпечному руйнуванню виробів при зовнішніх термічних впливах [3, 4].

Результати досліджень визначають критичні значення теплових потоків і як вони впливають на температуру поверхні зарядів піротехнічних виробів. При дослідженні встановлено, що збільшення теплового впливу в межах 30...45 с призводить до зростання температури поверхні заряду піротехнічного виробу у 3...4 рази, а при збільшенні теплового впливу в межах 50...70 с температура поверхні заряду піротехнічного виробу збільшується більше ніж у 10 разів (рис.1) [4].

Встановлено, що при відповідних значеннях критичних діапазонів зміни параметрів зовнішніх термічних впливів (значення теплових потоків та часів їх впливу) величини температури поверхні зарядів піротехнічних виробів перевищують температуру займання піротехнічних сумішей, що призводить до прискореного вибухонебезпечного розвитку процесу горіння піротехнічних виробів.



**Рисунок 1 – Графічне зображення значень температури поверхні зразку піротехнічного виробу від зовнішніх термічних впливів (значень теплового потоку  $q_n$ ) та відповідних часів його впливу  $t$ : 1 –  $q_n = 2,9 \cdot 10^6$  Вт/м<sup>2</sup>; 2 –  $q_n = 1,7 \cdot 10^5$  Вт/м<sup>2</sup>; — — — піротехнічний виріб на основі алюмінієво-магнієвої суміші і окислювача  $KNO_3$ ; — — — — піротехнічний виріб на основі алюмінієво-магнієвої суміші і окислювача +  $Sr(NO_3)_2$ ;**

В подальшому при застосуванні розроблених математичних та експериментально-статистичних моделей, що лежать в основі створених методів щодо запобігання вибухонебезпечних руйнувань піротехнічних виробів і передбачають визначення критичних параметрів зміни значень зовнішніх термічних впливів на заряди піротехнічних виробів, можна застосовувати для створення бази даних для відповідних піротехнічних виробів на основі сумішей металевих паливних. Також для запобігання вибухонебезпечного руйнування піротехнічних виробів на основі створених методів в подальшому планується розробити відповідні методи контролю та технологічні рекомендації щодо підвищення пожежної безпеки піротехнічних виробів на основі сумішей металевих паливних, що виготовляються.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Кириченко О.В. Закономірності впливу технологічних параметрів та зовнішніх чинників на температуру та склад продуктів згоряння піротехнічних нітратно-металевих сумішей /Кириченко О.В., Мотрічук Р.Б., Ващенко В.А., Бутенко Т.І., Кириченко Є.П., Цибулін В.В. //Вісник Черкаського державного технологічного університету – № 4.– Черкаси, 2020. – С. 131–142.
2. Ващенко В.А. Процеси горіння металізованих конденсованих систем /Ващенко В.А., Кириченко О.В., Лега Ю.Г., Заика П.І., Яценко І.В., Цибулін В.В. – Київ: Наукова думка, 2008 – С. 745.
3. Кириченко О.В. Визначення критичних режимів розвитку процесів горіння піротехнічних нітратно-металевих сумішей в умовах зовнішніх термічних дій / Кириченко О.В., Діброва О.С., Мотрічук Р.Б., Ващенко В.А., Колінько С.О., Цибулін В.В. // Вісник Черкаського державного технологічного університету – № 2.– Черкаси, 2020. – С. 123–133.
4. Кириченко Є.П. Закономірності впливу технологічних параметрів та зовнішніх чинників на температуру займання та час згоряння частинок магнію та алюмінію в продуктах розкладання оксидів металів /Кириченко Є.П., Гвоздь В.М., Ващенко В.А., Кириченко О.В., Дядюшенко О.О., Мельник В.П.// Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека, 2021. – № 2 (12), – С. 112–122.

*Kyrychenko Y.<sup>1</sup>; Kovalychin V.<sup>2</sup>, PhD, Professor*

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

*<sup>2</sup> Lviv State University of Life Safety*

**PREVENTION OF EXPLOSIVE DESTRUCTIONS PYROTECHNIC PRODUCTS  
BASED ON METALLIC FUELS MIXTURES UNDER EXTERNAL THERMAL  
INFLUENCES**

When using pyrotechnic products made of metal fuel and during storage or transportation, unforeseen cases of premature activation of the products occur due to the effect of external thermal influences. This occurs due to the intensity of local heating of the cases of pyrotechnic products, due to which the charges of products are prematurely triggered and, accordingly, the explosive destruction of pyrotechnic products. Taking into account the above, the development of appropriate methods to prevent explosive destruction of pyrotechnic products based on mixtures of metal fuels under external thermal influences to which these products are subjected under the conditions of use is urgent. The methods for preventing explosive destruction of pyrotechnic products are based on the results of research on the processes of external thermal influence, ignition, and the burning process of compacted pyrotechnic mixtures based on metal fuels, which are the basis of pyrotechnic products.



Ковбаса В.О.; Кириченко О.В., д.т.н., професор  
 Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного  
 університету цивільного захисту України

## ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ ШИРОКОГО КЛАСУ ДОБАВОК РЕЧОВИН НА ШВИДКІСТЬ ГОРІННЯ ПІРОТЕХНІЧНИХ СУМІШЕЙ

Промислові піротехнічні вироби, що споряджаються піротехнічними сумішами на сьогодні мають широкий спектр застосування в усьому світі. Під час застосування піротехнічних виробів (транспортування, зберігання, використання) можливим є передчасне спрацювання виробів при різних умовах, що призводить до подальшого неконтрольованого розвитку горіння сумішей, руйнування виробів і, як наслідок, несе загрозу виникнення пожежі на поряд розташованих об'єктах [1-3].

Значний вплив на розвиток процесу горіння піротехнічних сумішей, якими споряджаються піротехнічні вироби має наявність різноманітних добавок речовин.

На сьогодні достатньо широко досліджено вплив різних технологічних параметрів (співвідношення компонентів та їх дисперсності, коефіцієнта ущільнення) та зовнішніх умов (температур нагріву, зовнішніх тисків тощо) на процеси розвитку горіння піротехнічних сумішей [1-4]. Але разом з цим не досліджено як впливає наявність різноманітних добавок на процеси горіння піротехнічних сумішей.

Досліджено, що наявність таких органічних добавок, як парафін, стеарин, нафталін, антрацен, що входять до складу піротехнічних сумішей впливає на змінення швидкості процесу горіння сумішей.

При проведенні досліджень встановлено, що в піротехнічних сумішах на основі магнію та нітрату натрію при введенні добавок органічних речовин (парафіну, стеарину, нафталіну, антрацену) спостерігається значне зменшення швидкості горіння сумішей.

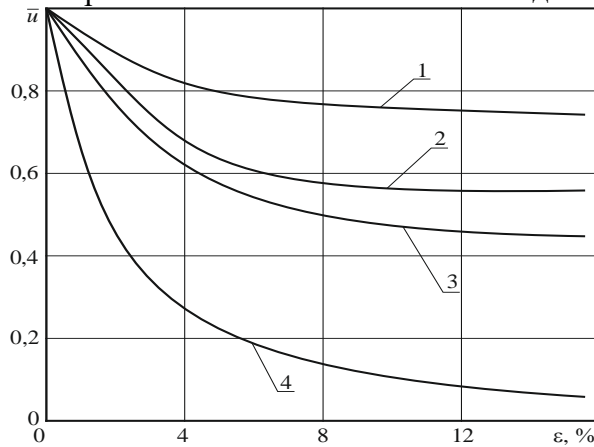
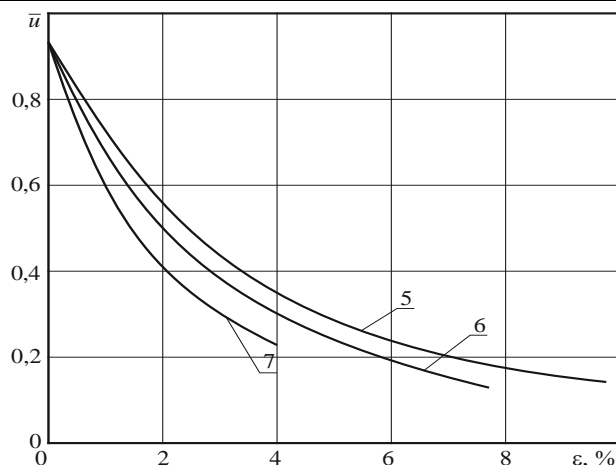


Рисунок 1 – Графічне зображення відносної швидкості горіння  $\bar{i}$  піротехнічної суміші на основі магнію та нітрату натрію від масової частки органічної добавки: 1 - нафталіну, 2 - парафіну, 3 - антрацену, 4 – стеарину.

Встановлено, що при зменшенні коефіцієнту надлишку окиснювача у суміші залежність швидкості горіння від величини добавки підсилюється незалежно від її дисперсності (рис. 2).

Також при застосуванні різноманітних добавок органічних речовин змінюється характер залежності швидкості горіння піротехнічних сумішей в залежності від параметрів сумішей, зокрема коефіцієнту ущільнення, дисперсності металевого пального.

При проведенні досліджень встановлено, що при введенні у склад піротехнічних сумішей на основі металевих палих та окиснювачів добавок органічних речовин, які використовуються у піротехнічному виробництві, зокрема нафталіну, парафіну, антрацену, уротропіну, метальдегіду, гексогену, сечовини спостерігається зменшення швидкості горіння сумішей та стабільного розвитку горіння.



**Рисунок 2 – Графічне зображення відносної швидкості горіння  $\bar{u}$  піротехнічної суміші на основі магнію та нітрату натрію від масової частки органічної добавки нафталіну при різних значеннях коефіцієнту надлишку окиснювача  $\alpha$ : 5 -  $\alpha = 0,7$ ; 6 -  $\alpha = 0,37$ ; 7 -  $\alpha = 0,21$**

Застосування різноманітних добавок в складі піротехнічних сумішей дозволить підвищити пожежну безпеку піротехнічних виробів на основі зазначених сумішей шляхом регулювання швидкості горіння сумішей, що впливає на час дії піротехнічних виробів при різних умовах використання.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Кириченко О.В. Дослідження спалахування та горіння частинок алюмінієво-магнієвих сплавів у продуктах розкладання твердих піротехнічних палив /Кириченко О.В., Мотрічук Р.Б., Ващенко В.А., Бутенко Т.І., Цибулін В.В. //Вісник Черкаського державного технологічного університету – № 3.– Черкаси, 2019. – С. 56–67.
2. Кириченко О.В. Дослідження впливу міцності зарядів піротехнічних нітратно металевих сумішей на пожежну безпеку виробів на їх основі /Кириченко О.В., Мотрічук Р.Б., Ващенко В.А., Діброва О.С., Колінько С.О. //Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. – № 2 (8). Київ, 2019. – С. 81–85.
3. Ващенко В.А. Процеси горіння металізованих конденсованих систем /Ващенко В.А., Кириченко О.В., Лега Ю.Г., Заика П.І., Яценко І.В., Цибулін В.В. – Київ: Наукова думка, 2008 – С. 745.
4. Кириченко О.В. Визначення критичних режимів розвитку процесів горіння піротехнічних нітратно-металевих сумішей в умовах зовнішніх термічних дій / Кириченко О.В., Діброва О.С., Мотрічук Р.Б., Ващенко В.А., Колінько С.О., Цибулін В.В. // Вісник Черкаського державного технологічного університету – № 2.– Черкаси, 2020. – С. 123–133.

*Kovbasa V.; Kyrychenko O.<sup>2</sup>, PhD, Professor*

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

#### **REGULATIONS OF THE INFLUENCE OF A WIDE CLASS OF SUBSTANCE ADDITIVES ON THE BURNING RATE OF PYROTECHNIC MIXTURES**

The presence of various additives of organic and inorganic substances has a significant influence on the development of the combustion process of pyrotechnic mixtures, which are equipped with pyrotechnic products. It has been studied that the presence of such organic additives as paraffin, stearin, naphthalene, anthracene, which are part of pyrotechnic mixtures, affects the change in the speed of the combustion process of the mixtures, in particular, leads to a decrease in the combustion process and to its further stabilization.

*Коломійцев О.В., Заслужен. винахід. України, д.т.н., проф., професор кафедри;  
Любченко О.В., асп.; Рибальченко А.О., асп.; Рудаков І.С., студ.  
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

## **АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО СПРЯЖЕННЯ АПАРАТУРИ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З ПЕРСОНАЛЬНОЮ ЕЛЕКТРОННО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЮ МАШИНОЮ**

Поєднання різнотипних зразків радіотехнічних систем (РТС) і комплексів, що використовують у каналах телекодowego зв'язку стандартну апаратуру передачі даних (АПД) спеціального призначення (СП) АІ-011, у єдину систему збору й обробки отриманої інформації (створення єдиного інформаційного простору) є *актуальною науковою задачею*.

Одним із шляхів вирішення цієї задачі може бути розробка універсального пристрою спряження (УПС) /або адаптеру/ АПД СП з персональною електронно-обчислювальною системою (ПЕОМ). Такий УПС дозволить здійснювати одночасний прийом та передачу службової інформації з різною формою й способами її кодування і уявлення при використанні штатних комплектів АПД СП. Тим самим забезпечить обмін телекодowego інформацією (даними) між існуючими зразками РТС і комплексів та автоматизованими командними пунктами (АКП) з використанням сучасних інформаційних технологій.

На даний час у напрямку поєднання різнотипних зразків РТС і комплексів проводяться відповідні дослідження та вже є ряд практичних технічних пропозицій.

Так, наприклад, у [1] представлено науковий матеріал щодо розробки пристрою каналного та програмного обміну цифрової інформації між ПЕОМ та абонентами комплексу засобів автоматизації при використанні її у складі АКП зенітних ракетних систем та зенітних ракетних комплексів. Однак, приведено лише структурну схему вузла спряження ПЕОМ та інтерфейсу ПОУ СВЦ 9С18М1 (пристрою узгодження каналного та програмного обміну).

У [2] – розроблено технічні пропозиції щодо інформаційного спряження апаратури передачі даних АІ-011 з іншими типами систем телекодowego зв'язку АКП зенітних ракетних військ. Однак, приведено лише узагальнену схему тракту спряження різнотипних АПД та структурну схему пристрою спряження АПД.

У [3] – проведено аналіз технічної можливості та розробка пристрою спряження між собою АПД СП у складі зенітного ракетного озброєння, яка виконана за різними телекомунікаційними стандартами та технологіями. Однак, приведено лише узагальнену схему каналу (тракту) спряження різнотипних систем обміну даними (АПД, СТЗ, ШЛЗ) та структурну схему універсального пристрою логічного і інформаційного спряження обміну даними.

У [4-6] розкрито спосіб спряження АПД С23-1 та АІ-011 з ПЕОМ, а також принцип побудови пристрою спряження АПД АІ-011 з ПЕОМ. Приведено схемо-технічні рішення пристрою спряження. При цьому, наведено принципову електричну схему пристрою спряження АПД АІ-011 з ПЕОМ. Однак, даний пристрій виконано на морально і фізично застарілій елементній базі.

За результатами проведеного аналізу розроблено пропозиції щодо побудови УПС АПД АІ-011 з ПЕОМ та створенню спеціального програмного забезпечення (СПЗ) для мікропроцесору (мікропрограми), яке зможе реалізувати алгоритм перетворення кодограм з формату обміну інформаційними електричними сигналами у АПД АІ-011 до формату інтерфейсу послідовного порту RS-232 ПЕОМ та зворотно. Для безпосереднього управління роботою УПС та контролю його роботою за допомогою ПЕОМ, розроблено пропозиції щодо створення СПЗ для ПЕОМ. Обґрунтовано принцип дії УПС та вимоги до СПЗ як до мікропроцесору, так і ПЕОМ.

При цьому, у УПС розглядається можливість вибору підключення до ПЕОМ як за СОМ-портом, так і USB-портом.

Таким чином, проведено аналіз можливостей апаратно-програмного спряження АПД СП АІ-011 з ПЕОМ, що дозволило сформулювати практичні рекомендації щодо створення УПС та СПЗ для зможе реалізувати алгоритм перетворення кодограм з формату обміну інформаційними електричними сигналами у АПД АІ-011 до формату інтерфейсу послідовного порту RS-232 ПЕОМ та зворотно, а також – контролем роботи самого УПС.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Бортновський С. А., Хаджибудінов С. Р., Колпак П. В., Бондаренко С. В., Гаврентюк О. В. (2013). Розробка пристрою каналного та програмного обміну цифрової інформації між ПЕОМ та абонентами комплексу засобів автоматизації при використанні її у складі АКП ЗРС та ЗРК. //Системи обробки інформації. – Вип. 1(108). – С. 17-20.
2. Бортновський С. А., Колпак П. В., Хаджибудінов С. Р., Гаврентюк О. В., Бондаренко С. В. (2012). Розробка технічних пропозицій щодо інформаційного спряження апаратури передачі даних АІ-011 з іншими типами систем телекодового зв'язку автоматизованих командних пунктів зенітних ракетних військ. //Системи озброєння і військова техніка. – Вип. 4(32). – С. 73-76.
3. Бортновський С. А., Гаврентюк О. В., Кравчик Р. С., Чорний А. А. (2017). Аналіз технічної можливості та розробка пристрою спряження між собою апаратури передачі даних спеціального призначення у складі зенітного ракетного озброєння, яка виконана за різними телекомунікаційними стандартами та технологіями //Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – Вип. 5(54). – С. 89-92.
4. Коломійцев О. В., Обрядін В. В., Салюков Ш. Г. Спосіб спряження апаратури передачі даних С23-1 та АІ-011 з персональною електронно-обчислювальною машиною. (2004). //Моделювання та інформаційні технології. – Вип. 26. – С. 139-142.
5. Коломійцев О. В., Коваленко С. П., Хударковський К. І. Пристрій спряження апаратури передачі даних АІ-011 з персональною електронно-обчислювальною машиною. (2004). //Системи обробки інформації. – Вип. 9(37). – С. 54-59.
6. Деклараційний патент України на корисну модель, №4191, Н03 М 1/12. Пристрій спряження апаратури передачі даних АІ-011 з персональною електронно-обчислювальною машиною. / О. В. Коломійцев, В. В. Хавченко, В. А. Очереднік та ін. – № 2004021444; заяв. 27.02.2004; опубл. 17.01.2005. Бюл. № 1. – 8 с.

*O.V. Kolomiitsev, Honored Inventor of Ukraine, Doctor of Engineering Sciences,  
Professor, Associate Professor,  
Liubchenko O.V., gr.stud.; Rybalchenko A.O., gr.stud.; Rudakov I.S., stud.  
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"*

#### **ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF HARDWARE AND SOFTWARE CONJUGATION OF SPECIAL PURPOSE DATA TRANSMISSION EQUIPMENT WITH A PERSONAL ELECTRONIC COMPUTING MACHINE**

An analysis of the possibilities of hardware and software conjugation of the special purpose data transmission equipment AI-011 with a personal electronic computer system was carried out, which made it possible to formulate practical recommendations for the creation of an all-purpose conjugation device for their conjugation and special software that can implement the codegram conversion algorithm from the information exchange format electrical signals in the AI-011 to the interface format of the serial port RS-232 by the personal electronic computer system and vice versa, as well as control of the operation of the device itself.

*М.М. Кулешов, к.т.н., доцент, НУЦЗ України. м. Харків*

## **НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ**

Пожежі є одним із руйнівних явищ, які постійно супроводжують розвиток людської цивілізації. Вони завдають значної шкоди живій природі і суспільству, його надбанням, матеріальним і духовним цінностям. Щорічно в Україні виникає біля 100 тисяч пожеж, якими наносяться мільярдні збитки. Вогнем знищується тисячі будівель та споруд. Внаслідок пожеж в останні роки щорічно гине понад дві тисячі людей. Стан пожежної безпеки на території держави є таким, що викликає занепокоєння.

Ускладнення пожежної обстановки в сучасних умовах пов'язано з розвитком науково-технічного прогресу, появою нових технологій, техніки і обладнання, широким використанням легкозаймистих та горючих речовин, порушенням та недотриманням вимог правил пожежної безпеки, складністю політичних і економічних проблем, зростанням злочинності, соціальними конфліктами, а остатнім часом з воєнними діями. Загострення ситуації також пов'язане з недосконалістю системи забезпечення пожежної безпеки (СЗПБ), у тому числі з причин недосконалість законодавства, зі зниженням рівня наукового і технічного супроводу зазначеної діяльності. Існуюча в Україні система протидії загрозам виникнення пожеж та їх наслідкам – СЗПБ представлена у вигляді сукупності органів управління сил і засобів, а також заходів правового, організаційного, економічного, соціального і науково-технічного характеру, спрямованих на профілактику пожеж, їх гасіння та проведення аварійно-рятувальних робіт.

З позиції системного та інституціонального підходів СЗПБ являє собою в деякому вигляді інтегровану, соціотехнічну підсистему держави, метою функціонування якої є досягнення і підтримка стану максимальної захищеності населення і об'єктів економіки від пожеж. Саме в рамках функціонування СЗПБ, шляхом об'єднання дій центральних і місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування а також підприємств організацій та установ, підпорядкованих їм сил і засобів, реалізуються заходи пожежної безпеки.

Саму систему забезпечення пожежної безпеки, з наукової точки зору, слід розглядати як таку, що складається з декількох підсистем, а саме:

- підсистеми запобігання пожежам, та контролю за дотриманням вимог з пожежної безпеки, яка є складовою частиною наглядово-профілактичного органу управління у сфері пожежної і техногенної безпеки;

- підсистеми реагування на пожежі та інші небезпечні події і ситуації, яка представлена оперативно-рятувальною службою ДСНС України, це загони, державні пожежні частини, пости, що утворені та функціонують у всіх містах та багатьох населених пунктах України, а також на окремих об'єктах. Крім того, до цієї підсистеми входять підрозділи відомчої, місцевої і добровільної пожежної охорони, відповідно до яких державна пожежна охорона реалізує функцію оперативного керівництва діями під час виникнення пожеж, методичного забезпечення діяльності та навчання;

- підсистеми кадрового забезпечення, до якої відносяться відповідні навчальні заклади ДСНС України - забезпечує підготовку, перепідготовку та підвищення кваліфікації особового складу системи;

- підсистеми наукового забезпечення заходів пожежної безпеки, яка спрямована на проведення наукових досліджень, пов'язаних з забезпеченням пожежної безпеки та захисту від надзвичайних ситуацій, а також на розвиток науки і техніки в області забезпечення пожежної безпеки;

- підсистеми підготовки населення, яка включає в себе цілеспрямоване інформування суспільства про проблеми та шляхи забезпечення пожежної безпеки, навчання заходам пожежної безпеки працівників організацій, дітей в дошкільних освітніх установах і учнів освітніх установ;

- підсистеми матеріально - технічного забезпечення, для задоволення потреб СЗПБ в пожежній техніці, спеціальних засобах, пальному, продовольстві, медичному і технічному майні і в інших матеріальних засобах;

- підсистеми фінансового забезпечення, для задоволення потреб СЗПБ в грошових коштах і їх раціонального використання в інтересах створення умов для діяльності системи.

Державну складову діяльності СЗПБ на державному, регіональному і місцевому рівнях представляє та реалізує ДСНС України в рамках функціонування державної пожежної охорони, забезпечення якої, відповідно до повноважень покладається на:

- органи та підрозділи ДСНС з державного нагляду і контролю у сферах пожежної та техногенної безпеки;

- державні пожежно-рятувальні підрозділи (загони, частини, пости) оперативно-рятувальної служби цивільного захисту;

- допоміжні служби, призначені для забезпечення пожежної безпеки;

- навчальні заклади цивільного захисту, науково-дослідні установи, об'єкти.

ДСНС України. ДСНС України, з метою реалізації державної політики з організації гасіння пожеж, пожежної та техногенної безпеки останнім часом багато зусиль спрямовує на вирішення проблемних питань протипожежного захисту населених пунктів і об'єктів на регіональному та місцевому рівнях де за останні роки в рамках реалізації стратегії реформування ДСНС України [ 4 ] та адміністративно – територіальної реформи розпочатий процес розбудови системи захисту населення від надзвичайних ситуацій і пожеж. Зокрема, шляхом надання більших повноважень з зазначеного питання місцевим органам виконавчої влади і органам місцевого самоврядування ( територіальним громадам ) , створення на місцях умов та ефективних механізмів запровадження заходів з протипожежного захисту населених пунктів. За цим напрямком реалізована низка заходів щодо порядку утворення та організації діяльності підрозділів місцевої та добровільної пожежної охорони в межах територіальних громад, розвитку волонтерського руху [ 2,3 ], визначення ролі і місця у цьому процесі центральних і територіальних органів управління ДСНС. Разом з цим багато заходів з реформування залишається до кінця не реалізованими у тому числі таких, що впливають на стан та ефективність СЗПБ. Особливо це стосується питання утворення місцевими органами виконавчої влади і органами місцевого самоврядування підрозділів місцевої і добровільної пожежної охорони, відповідно до вимог діючого законодавства, як суспільної складової загальної системи забезпечення пожежної безпеки.

Вище зазначене дозволяє сформулювати наступне:

1. Забезпечення пожежної безпеки є постійний соціальний процес, який представляє собою рухливу систему соціальних взаємозв'язків, основною метою функціонування якої є створення і підтримання стабільного пожежобезпечного стану територій, об'єктів і населених пунктів.

2. Обов'язковими компонентами цієї системи є суб'єкти забезпечення пожежної безпеки (центральні і місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування, суб'єкти господарювання), об'єкти забезпечення пожежної безпеки (міста та інші населені пункти, підприємства, організації та установи).

3. Цілі і завдання, що стоять перед системою забезпечення пожежної безпеки, та здійснення її суб'єктами покладених функцій досягаються за допомогою заходів правового, організаційного, економічного, соціального і науково-технічного характеру, спрямованих на профілактику пожеж та їх гасіння.

4. Залежно від суб'єкта, який виступає організуючим початком, слід розрізняти державну і суспільну складові загальної системи забезпечення пожежної безпеки, функціонування і взаємодія яких повинна бути спрямована на виявлення та ефективну протидію реальної і потенційної пожежної небезпеки.

5. В рамках реформ, які продовжуються, є гостра необхідність в удосконаленні СЗПБ, що можливо здійснити шляхом прийняття та реалізації нової цільової державної

програми з забезпечення пожежної безпеки з науковим супроводом та економічним обґрунтуванням перетворень у зазначеній сфері, а також, з урахуванням процесу євроінтеграції України.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України від 02.10. 2012 р. № 5403- VI. Відомості Верховної Ради. 2013.( № 34-35). С.458.
2. Методичні рекомендації для органів місцевого самоврядування щодо організації та забезпечення пожежної безпеки на території об'єднаних територіальних громад. ДСНС України, 2017р. - URL: <https://www.dsns.gov.ua/ua/Reformuvannya.html>.
3. Порядок функціонування добровільної пожежної охорони: Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 17.07.2013р. № 564. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/564-2013-%D0%BF#Text>.
4. Стратегія реформування системи Державної служби України з надзвичайних ситуацій: Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів від 25 січня 2017 р. № 61-р.URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/61-2017-%D1%80>.
5. ДСТУ 8767:2018. Видання. Пожежно-рятувальні частини. Вимоги до дислокації та району виїзду, комплектування пожежними автомобілями та проектування. [ Чинний від 2019 – 01 – 01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України ( ДП «УкрНДНЦ), 2018. 152 с.

*N.N. Kuleshov, Ph.D., associate professor. National University of Civil Defense of Ukraine, Kharkiv*

#### **SCIENTIFIC - PRACTICAL ASPECTS OF THE FUNCTIONING OF THE FIRE SAFETY SYSTEM**

The thesis of the report is devoted to the issue of the organization of protection of settlements, objects and territories from fires, which is solved by creating and ensuring the functioning of the fire safety system, which consists of subsystems of prevention, response to fires, personnel, scientific, material - technical and financial support. It was determined that from the standpoint of systemic and institutional approaches, the mentioned system is in some way an integrated, socio-technical subsystem of the state, the purpose of which is to achieve and maintain the state of maximum protection of the population and economic objects from fires. The contents of the component subsystems and their role and place in the process of ensuring fire safety at the current stage of the State Emergency Service of Ukraine are disclosed.

The main aspects of activities to ensure fire safety are formulated, from the point of view of a permanent social process. It is indicated that the mandatory components of the system are subjects of fire safety provision (central and local bodies of executive power, local self-government bodies, economic entities), objects of fire safety provision (cities and other settlements, enterprises, organizations and institutions).

The goals and tasks facing the fire safety system and the implementation of the assigned functions by its subjects are achieved by means of measures of a legal, organizational, economic, social and scientific and technical nature aimed at preventing fires and extinguishing them. It was determined that within the framework of ongoing reforms, there is an urgent need to improve the fire safety system, which can be implemented by adopting and implementing a new targeted state program for fire safety with scientific support and economic justification of transformations in the specified area, as well as taking into account the process of European integration of Ukraine.

*О.В. Кулаков, кандидат технічних наук, доцент,  
Національний університет цивільного захисту України*  
**ПРОБЛЕМИ КЛАСИФІКАЦІЇ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ЗОН ДЛЯ  
УЛАШТУВАННЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК**

Встановлення класу зони простору є визначальним етапом при проектуванні та перевірці відповідності вимогам протипожежних норм електроустановок та блискавкозахисних пристроїв у вибухонебезпечних зонах (ВНЗ).

В Україні правилами [1] введено національну класифікацію ВНЗ для парогазових вибухонебезпечних сумішей (ВНС) (зони 0, 1, 2) та пилоповітряних ВНС (зони 20, 21, 22). Встановлення класу ВНЗ ґрунтується на місці знаходження небезпечних речовин, їх властивостях, умовах створення ВНС (нормальних або аварійних) та розрахунковому надлишковому тиску вибуху, якій практично визначається згідно [2]. Фактично правилами [1] встановлений детермінований підхід до визначення класів та розмірів ВНЗ.

В більшості Європейських країн (норми EN) класифікація та правила встановлення ВНЗ здійснюються за публікаціями International Electrotechnical Commission (IEC).

У 1972 році IEC вперше був опублікований стандарт IEC 79-10 (part 10) щодо класифікації ВНЗ, що створюються газопароповітряними ВНС. Стандарт тричі змінювався (редакція Ed. 2.0 – 1986 рік, редакція Ed. 3.0 – 1995 рік, поправка к редакції Ed. 3.0 – 1996 рік). У 2002 році на заміну IEC 79-10 (part 10) вийшов стандарт IEC 60079-10, якій у 2008 році був скасований та на його заміну прийнята редакція Ed.1.0 IEC 60079-10-1. У вересні 2015 року IEC було прийнято редакцію Ed. 2.0 IEC 60079-10-1, а у листопаді того ж року проведено її корегування. У грудні 2020 року проведено подальше удосконалення IEC 60079-10-1 та прийнята редакція Ed. 3.0 [3], яка є діючою до 2025 року.

Встановлення класів та розмірів парогазових ВНЗ з 1972 року й до 2008 року здійснювалися розрахунковим методом визначення гіпотетичного об'єму  $V_z$  ВНС. Зокрема згідно редакції Ed. 1.0 IEC 60079-10-1 клас і розмір ВНЗ залежать від ступеня витoku небезпечної речовини та рівня вентиляції. Клас ВНЗ визначається величиною гіпотетичного об'єму ВНС у співвідношенні до загального об'єму  $V_0$ , що вентилюється. Якщо розрахований гіпотетичний об'єм  $V_z$  є незначним (меншим  $0,1 \text{ м}^3$ ), то рівень вентиляції є високим; якщо  $V_z$  менший або дорівнює  $V_0$  – рівень вентиляції середній; якщо  $V_z$  перевищує  $V_0$  – рівень вентиляції низький. При низькому рівні вентиляції має місце ВНЗ класу 1, при середньому – 2, при значному – ВНЗ відсутня. Розмір ВНЗ визначається з величини гіпотетичного об'єму  $V_z$ .

Практика застосування методу визначення гіпотетичного об'єму  $V_z$  показала невідповідність результатів розрахунку результатам експериментальних досліджень. Тому з вересня 2015 року встановлення класів і розмірів ВНЗ здійснюється іншим розрахунковим методом – методом з використанням номограм (редакція Ed. 2.0 та вищі IEC 60079-10-1).

Методом з використанням номограм для розрахунку вихідними параметрами є кліматичні умови та властивості небезпечних речовин. Визначається ступінь витoku небезпечної речовини (безперервний, першого або другого ступеня). Залежно від ступеня витoku вводиться коефіцієнт безпеки  $k$  по відношенню до нижньої концентраційної межі поширення полум'я (НКМПП). При безперервному витoku небезпечної речовини (виток, що існує постійно) створюється, як правило, ВНЗ класу 0. При витoku першого ступеня небезпечної речовини (виток, що є випадковим при нормальному режимі роботи) створюється ВНЗ класу 1. При витoku другого ступеня небезпечної речовини (виток, неможливий при нормальних режимах роботи) створюється ВНЗ класу 2.

Для легкозаймистих рідин (ЛЗР) можлива швидкість витoku  $W$  з апарату визначається за формулою:

$$W = C_d \cdot S \cdot \sqrt{2 \cdot \rho \cdot \Delta p}, \text{ кг / с}, \quad (1)$$



де  $C_d \leq 1$  – коефіцієнт витоку;

$S$  – площа поперечного перерізу отвору, через який відбувається виток,  $m^2$ ;

$\rho$  – густина рідини,  $kg/m^3$ ;

$\Delta p$  – різниця тиску в отворі, з якого здійснюється виток,  $Pa$ .

При дозвуковій швидкості витоку ЛЗР масова швидкість витоку  $W_g$  парів з апарату визначається за формулою:

$$W_g = C_d \cdot S \cdot P \cdot \sqrt{\frac{M}{Z \cdot R \cdot T} \cdot \frac{2 \cdot \gamma}{\gamma - 1} \cdot \left[1 - \left(\frac{P_0}{P}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right] \cdot \left(\frac{P_0}{P}\right)^{\frac{1}{\gamma}}}, \text{ кг/с}, \quad (2)$$

де  $P$  – тиск в апараті,  $Pa$ ;

$P_0$  – атмосферний тиск,  $Pa$ ;

$M$  – молярна маса парів,  $kg/kmol$ ;

$Z$  – коефіцієнт стиснення (безрозмірний);

$R = 8,3 \cdot 10^3$   $Dж/(кмоль \cdot K)$  – універсальна газова константа;

$T$  – абсолютна температура всередині апарату,  $K$ ;

$\gamma = \frac{M \cdot C_p}{M \cdot C_p - R}$  – відношення питомих теплоємностей (показник політропи

адіабатичного розширення);

$C_p$  – питома теплоємність при постійному тиску,  $Dж/(кг \cdot K)$ .

Для використання номограм розраховується коефіцієнт витоку:

$$\frac{W_g}{\rho_g \cdot k \cdot C_{HKMP}}, \text{ м}^3/\text{с}, \text{ де } \rho_g, \text{ кг/м}^3 \text{ – щільність газу (пару), } C_{HKMP} \text{ об./об. – НКМПП, } k \text{ –}$$

безрозмірний коефіцієнт безпеки, залежний від НКМПП (знаходиться в межах від 0,5 до 1,0; чим менше  $k$  – тим небезпечнішою є речовина).

За номограмою рис. С.1 [3] залежно від величини коефіцієнту витоку та швидкості вентиляції  $u_w, \text{ м/с}$  встановлюється ступінь вентиляції (висока, середня або низька). За умов, якщо ступінь вентиляції є низькою за умов постійного витоку має місце ВНЗ класу 1, якщо ступінь вентиляції є середньою – має місце ВНЗ класу 2, якщо ступінь вентиляції є високою – ВНЗ відсутня. Таким чином, регулюючи швидкість вентиляції, можливо змінювати клас ВНЗ. За номограмою рис. D.1 [3], залежно від величини коефіцієнту витоку та властивостей джерела витоку (важкий газ або пара, дифузний газ або пара або газовий (паровий) струмінь), визначається розмір ВНЗ. Згідно додатку А.2 [3] залежно від властивостей джерела витоку встановлюється форма ВНЗ.

За рекомендаціями ІЕС класифікація пилоповітряних ВНЗ здійснюється згідно стандарту ІЕС 60079-10-2. Перша редакція Ed. 1.0 ІЕС 60079-10-2 була прийнята у квітні 2009 року. Друга редакція Ed. 2.0 ІЕС 60079-10-2 [4] прийнята у січні 2015 року з терміном дії до 2023 року. Встановлення класів та розмірів пиловітряних ВНЗ згідно [4] здійснюється детермінованим методом, що ґрунтується на місці знаходження небезпечних речовин, їх властивостях, умовах створення ВНС (нормальних або аварійних). Враховуючі, що згідно [1] розміри пилоповітряної ВНЗ залежать від надлишкового тиску вибуху пилоповітряної ВНС, що визначається згідно [2], а стандарт [4] не передбачає проведення розрахунків, метод [1] можна вважати більш точним у порівнянні з методом [4].

В Україні з 01 вересня 2018 року методом підтвердження прийнятий національний стандарт [5], який є ідентичним редакції Ed. 2.0 ІЕС 60079-10-1 2015 року. Стандарт [4] в Україні не приймався. У 2017 році Міждержавною радою по стандартизації, метрології та сертифікації за участю Мінекономрозвитку України був прийнятий міждержавний стандарт ГОСТ 31610.10-2-2017/ ІЕС 60079-10-2:2015, ідентичний [4], який за певних обставин не

був у подальшому введений в Україні як національний.

Проблемою є те, що згідно статті 23 Закону [6] національні стандарти в Україні застосовуються на добровільній основі, крім випадків, якщо обов'язковість їх застосування встановлена нормативно-правовими актами. Тому вимоги [1] є обов'язковими, вимоги [5] не є обов'язковими, вимоги [4] не оформлені як національний стандарт України. Встановлення класів та розміри ВНЗ в Україні в обов'язковому порядку здійснюється детермінованим методом, що суттєво відрізняється від рекомендованих розрахункових методів ІЕС.

Національну класифікацію ВНЗ згідно [1] можна розглядати як адаптовану (спрощену) класифікацію ІЕС [3, 4].

#### ЛІТЕРАТУРА

1. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Київ, 2001. 117 с. (Нормативно-правовий акт з охорони праці України).
2. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Київ, 2016. 61 с. (Національний стандарт України).
3. ІЕС 60079-10-1:2020. Explosive atmospheres. Part 10-1: Classification of areas – Explosive gas atmospheres. Geneva, 2020. 236 p. (Standard by International Electrotechnical Commission).
4. ІЕС 60079-10-2:2015 RLV. Explosive atmospheres. Part 10-2: Classification of areas - Explosive dust atmospheres. Geneva, 2015. 56 p. (Standard by International Electrotechnical Commission).
5. ДСТУ EN 60079-10-1:2018 (EN 60079-10-1:2015, IDT; ІЕС 60079-10-1:2015, IDT). Вибухонебезпечні середовища. Частина 10-1. Класифікація зон. Середовища газові вибухонебезпечні. (Національний стандарт України, прийнятий методом підтвердження).
6. Про стандартизацію: Закон України за станом на 09 червня 2022 р. // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1315-18#Text> (дата звернення: 22.08.2022).

*Oleg Kulakov, Ph.D (Technical sciences), Associate Professor,  
National University of Civil Defence of Ukraine*

#### **PROBLEMS AT CLASSIFICATION OF EXPLOSIVE ZONES FOR ARRANGEMENT OF ELECTRICAL INSTALLATIONS**

Problems are analyzed at determination of classes and sizes of explosive zones for arranging for arrangement of electrical installations. In Ukraine national classification of explosive zones is accepted for explosive gas atmospheres (zones 0, 1, 2) and explosive dust atmospheres (zones 20, 21, 22) explosive mixtures, that is not identical to European classification. Determination of classes and sizes of explosive zones comes true by two methods, one of that is obligatory (determined method), and the second is not obligatory (calculation method). The determined method is founded in place of being of hazardous substances, their properties, terms of creation of explosive mixtures (normal or emergency) and calculation surplus pressure of explosion. A calculation method is base on properties, place of being and foot of source of hazardous substances, climatic terms, level of ventilation and use of nomograms.

*В.О. Липовий, доцент, НУЦЗУ*

## ОЦІНКА КІЛЬКОСТІ НАФТОЗАЛИШКІВ У РЕЗЕРВУАРАХ ЗІ СВІТЛИМИ НАФТОПРОДУКТАМИ

Нормативними документами передбачені наступні строки проведення періодичного очищення резервуарів в залежності від властивостей нафтопродуктів [1]. Очищення резервуарів проводиться при зміні сорту нафтопродукту, при звільненні від пірофорних відкладень, іржі, води, високов'язких відкладень з наявністю мінеральних забруднень, а також для проведення комплексної дефектоскопії. Очищення резервуарів від залишків нафтопродуктів – технологічна операція, яка досить часто повторюється і від якої залежить безпека експлуатації резервуарних парків.

Нафтозалишки це складний конгломерат, який складається з різноманітних за своїм складом і фізико-хімічними властивостями речовин, що мають різні джерела походження, структуру та фазовий стан. Дослідження складу та властивостей нафтозалишків та впливу на ці властивості різних факторів дозволяє обґрунтувати і розробити найбільш ефективні способи і засоби для видалення із резервуарів відкладень, які там утворилися.

Встановлено [2], що нафтозалишки, які накопичилися в резервуарі – це тверді або високов'язкі напіврідкі продукти різної в'язкості, основою яких є залишки нафтопродукту, в якому містяться забруднення різного походження. Колір нафтозалишків, в залежності від вмісту в них води, може змінюватися від чорного до світло-бурого, а густина – від 0,9 до 1,8 т/м<sup>3</sup> при 20 °С. Залишкові забруднення містять велику кількість твердих часток, що входять до складу атмосферного пилу, оксиди заліза, які є продуктами корозії, і органічні речовини, які утворюються при фізико-хімічних і хімічних перетвореннях нафтопродуктів.

Забруднення мінерального походження істотно ускладнюють процес видалення залишків нафтопродукту з резервуарів, збільшуючи трудомісткість робіт. Крім того, частки мінерального походження сорбують на своїй поверхні органічні забруднення, створюючи стійкі конгломерати, а тверді частинки оксидів заліза, магнію, кальцію і кремнію є стабілізаторами емульсій і значно уповільнюють їх руйнування.

В літературних джерелах наведені дані про склад нафто залишків, які утворилися у сталевих вертикальних резервуарах після зберігання в них різних сортів нафтопродуктів. Ці дані наведені в роботах [3-6], представлені на рис.1 та узагальнені в таблиці 1.

**Таблиця 1**  
**Кількісний та якісний склад нафтозалишків у резервуарах після зберігання нафтопродуктів**

Показники	Паливо із нафти		Авіагас		Крекінг-гас	Етильований бензин	Дизельне паливо	Мазут		
	сірчиста	малосірчиста	ТС-1	Т-1				1	2	3
Зольність, %:	77	83	85	75	89	56-79	6-20	5,0	24,5	18,0
Вміст, %:										
води	10	7	3	5				12,5	7,0	20,0
орг. речовин	13	10	12	20	11			82,5	68,5	62,0
у тому числі:										
асфальтени	-	-	-	-	-			-	9,0	11.5

карбени	-	-	-	-	-	-	-	4,5	4,0	4,4
Склад, %:										
Вуглець	9,9	12,3	7,2	12,3	15,3	-	50-85			
Водень	5,1	6,3	3,6	6,3	2,3	-	5-9,5			
Сірка	0,6	0,7	0,04	0,8	0,1	-	1,3-4,7			
Азот	0,7	0,4	0,04	0,4	1,26	-	0,5-5,9			
Оксиген	41,6	28,3	34,8	24,7	22,7	-	6-27			
Залізо	40,3	49,3	50,5	50,1	48,5	24-49	-			
Кремній	0,7	0,5	10,5	0,98	4,1	4-5	-			
Цинк*	-	-	-	-	23-45*	-				
Свинець	-	-	-	-	-	4-6	-			

\* Вміст цинку у відкладеннях із оцинкованих резервуарів

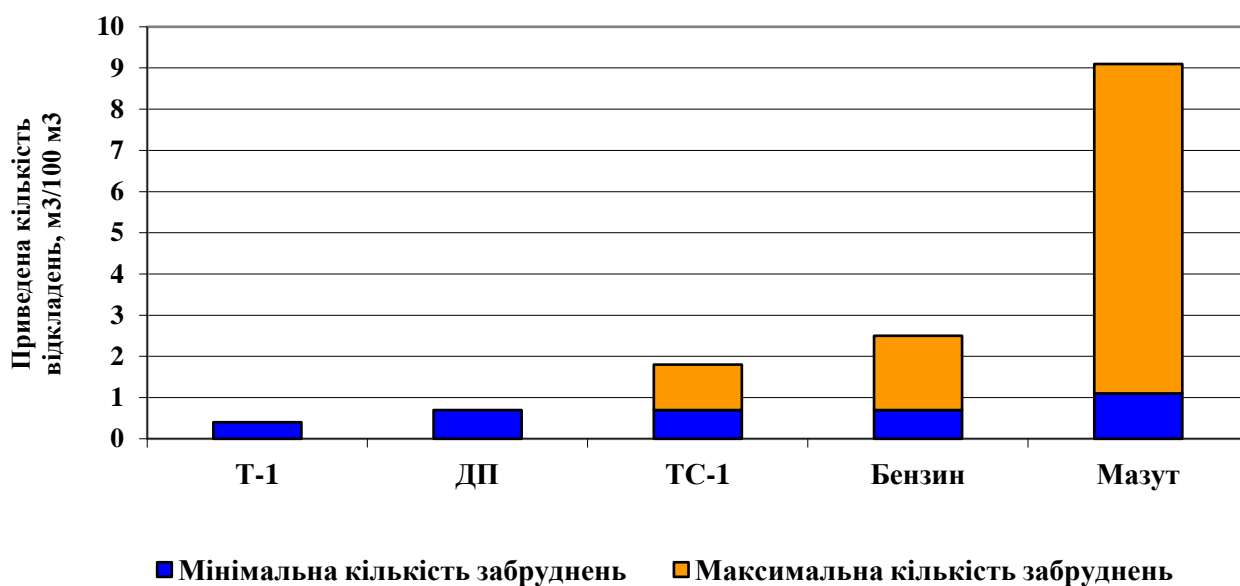


Рис. 1. Приведена кількість відкладень залежно від виду нафтопродукту

Дані наведені в таблиці 1 та рисунку 1 вказують, що залишки в резервуарах характеризуються вмістом органічних забруднень – асфальто-смолистих речовин, карбенів і карбоїдів, які є твердими емульгаторами, що будуть створювати труднощі при очищенні резервуарів від забруднень.

Для визначення кількості нафтозалишків в середині резервуарів пропонується використовувати спосіб визначення рівня відкладень твердих часток на внутрішній поверхні резервуарів при зберіганні світлих нафтопродуктів.

Сутність способу вимірювання та прогнозування швидкості наростання рівня відкладень твердих часток на внутрішній поверхні резервуарів при зберіганні світлих нафтопродуктів, полягає у використанні вимірювальної системи, що містить занурений інфрачервоний датчик вимірювання відстані із схемою сканування, що забезпечує кутову орієнтацію датчика у напрямку площин внутрішньої поверхні резервуара, де накопичуються відкладення твердих часток, при цьому датчик здійснює вимірювання відстаней до поверхонь відкладень твердих часток на внутрішній поверхні резервуара, передає отримані дані до блока управління та контролю, який розраховує різницю відстані між контрольним та вимірним значеннями глибини резервуара та встановлює рівень відкладень твердих часток, що утворився, який відрізняється від способів [7-8], тим, що у вимірювальну систему введено фокусувальну систему, що здійснює необхідну зміну діаметру інфрачервоного променя датчика на поверхні відкладень для забезпечення

потрібної розрізняювальної здатності з метою визначення розміру шорсткості відкладень твердих часток на внутрішній поверхні резервуара.

Таким чином використання запропонованого способу визначення рівня відкладень твердих часток на внутрішній поверхні резервуарів при зберіганні світлих нафтопродуктів дозволить здійснювати прогнозування швидкості наростання рівня відкладень твердих часток на внутрішній поверхні резервуара за рахунок визначення розміру шорсткості відкладень твердих часток. Дозволить підвищити довговічність та техніко-експлуатаційний рівень резервуарів за рахунок оперативного та високоточного визначення наявності та кількісної оцінки відкладень осаду на усіх можливих поверхнях його утворення, що дозволить оптимізувати поточно-експлуатаційні та ремонтні роботи, підвищити рівень пожежної безпеки об'єкту.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Нафта і нафтопродукти. Маркування, пакування, транспортування та зберігання: ДСТУ 4454:2005. – [Чинний від 2006-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 139 с. – (Національний стандарт України).
2. Фатхiev Н.М. Способы очистки резервуаров при подготовке к ремонту / Н.М. Фатхiev, П.М. Бондаренко. – Москва: ЦНИИТЭ «Нефтехим», 1990. – 72 с.
3. Чертков Я.Б. Загрязнения и методы очистки нефтяных топлив / К.В. Рыбаков, В.Н. Зрелов. – Москва: «Химия», 1970. – 224 с.
4. Чертков Я.Б. Предотвращение загрязнений и очистка топлив / К.В. Рыбаков, В.Н. Зрелов. – Москва: ЦНИИТЭ «Нефтегаз», 1963. – 100 с.
5. Евтихин В.Ф. Очистка резервуаров от остатков и отложений нефтепродуктов / С.Г. Малахова. – Москва: ЦНИИТЭ «Нефтехим», 1984. – 64 с.
6. Кацман, Ф. М. Защита от коррозии нефтяных резервуаров-актуальная задача современности [Текст] / Ф. М. Кацман // Журнал Нефтегаз.—2003. – № 11. – С. 17–19.
7. Патент на корисну модель, UA №103075, МПК G01F 23/292 «Спосіб вимірювання рівня відкладень твердих часток на внутрішній поверхні резервуарів при зберіганні світлих нафтопродуктів» / О.О. Ковальов, О.М. Ларін, А.Я. Калиновський, В.О. Липовий, М.М. Удяньський. – заяв. 15.04.2014; опубл. 10.12.2015; Бюл. №23 – 4 с.
8. Патент на корисну модель, UA № 127863, МПК G01F 23/292 «Спосіб вимірювання рівня відкладень твердих часток на внутрішній поверхні резервуарів при зберіганні світлих нафтопродуктів» / В.О. Липовий, К.А. Афанасенко, О.П. Михайлюк, С.В. Гарбуз. – заяв. 03.03.2018; опубл. 27.08.2018; Бюл. №16 – 5 с.

Lypovyi Volodymyr, candidate of technical sciences, teacher, Department of Fire and industrial safety facilities and technology National University of Civil Defense Ukraine

#### ASSESSMENT OF THE AQUITY OF NAPHTOSES IN RESERVOIRS WITH LIGHT NAPHTHOLIC PRODUCTS

Cleaning tanks from oil slops – technological operations, from which depend in a safe and efficient operation of the tank farm in Ukraine. Normative document defines the timing of cleanings steel tanks. It is found that precipitation accumulated in the tank are semi- solid or highly viscous products. They have different mobility, which are based on the remnants of oil, which contains residual contamination of different origin. It is proposed to use a method for determining the presence and quantification of precipitation deposits on the inner surface of the storage tanks for light oil. It can increase the durability and technical and operational level tanks.

*Л.О.Мітюк, доцент каф.ОППЦБ ННІЕЕ «КПІ ім. І.Сікорського»*

*Є.Д.Тупотіна., студентка ННІЕЕ «КПІ ім. І.Сікорського»*

## **ОСОБЛИВОСТІ ПОЖЕЖ ЛОКОМОТИВІВ З ЛЕГКОЗАЙМИСТИМИ РЕЧОВИНАМИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

Залізничний транспорт є одним із найбільш розвинених та надійних для вантажних та пасажирських перевезень. Більшість потягів працюють на електричній енергії, що робить цей вид транспорту більш привабливим для підприємців в сучасних умовах дефіциту інших видів палива. Потягами здійснюються поставки паливно-енергетичних ресурсів, що є дуже цінним продуктом для будь-якої країни, у той же час і дуже займистим.

В умовах воєнного стану вантажні потяги потребують особливої уваги адже є стратегічно важливими об'єктами та потенційними точками ураження обстрілами. Кожне влучання у вантажний вагон із займистою речовиною з великою імовірністю спричиняє пожежу, що становить велику небезпеку для цивільних та промислових об'єктів поблизу.

Мета: визначити необхідність інформування персоналу та оновлення нормативної документації, щодо порядку дій у разі виникнення пожежі на залізничному транспорті при ушкодженні вибуховими об'єктами або їх частинами.

Питання пожежної безпеки залізничного транспорту регулюється Міністерством транспорту і зв'язку України. Існує декілька нормативних документів, що контролюють процес попередження та усунення пожеж, а саме: «Правила пожежної безпеки на залізничному транспорті», «Інструкції зі службового розслідування, обліку пожеж та наслідків від них на залізничному транспорті» тощо.

Методи дослідження: аналіз існуючих випадків пожеж під час воєнного стану, вивчення нормативної регулюючої документації, аналіз наукової літератури.

Основними причинами пожеж та вибухів на залізничному транспорті є необережне поводження з вогнем, іскри локомотивів, печей вагонів - теплушок, котлів опалення пасажирських вагонів, а також технічні несправності. На цю групу причин припадає понад 60% всієї кількості пожеж і вибухів. Під час пожежі на рухомому складі залізничного транспорту, на товарних і сортувальних станціях можливі:

- наявність великої кількості рухомого складу з пасажирами і різними вантажами;
- швидке поширення вогню усередині вантажопасажирських вагонів, поширення пожежі на сусідні потяги, будівлі і споруди;
- розтікання горючих, токсичних і отруйних рідин з цистерн і утворення загазованих зон на прилеглий території;
- наявність загрози людям, які знаходяться у вагонах потяга, що горить, і сусідніх з ним потягів, виникнення паніки;
- наявність великої кількості шляхів, безперервний рух потягів;
- складність виявлення виду речовин, що горять, матеріалів;
- обмеженість підступів і під'їздів до вагонів, що горять, та складності у прокладанні рукавних ліній;
- віддаленість вододжерел;
- наявність високовольтних контактних мереж, що знаходяться під високою напругою [1].

У зазначеному випадку відповідальність за організацію і керівництво гасінням пожежі на колії станції, рятування пасажирів та ін., до прибуття пожежно-рятувальних підрозділів покладається на начальника станції, а у його відсутність - на чергового станції.

Гасіння пожеж в цистернах з ЛЗР та ГР:

- При горінні парів над горловиною цистерни без розливу рідини необхідно:
  - відчепити цистерну від вагонів, що не горять;
  - подати її на спеціальну площадку для гасіння рухомого складу або відвести на безпечну відстань в місце, зручне для під'їзду пожежної техніки;
  - прийняти заходи по ліквідації пожежі.

- Ушкоджені цистерни з витікаючими горючими рідинами переміщувати не рекомендується.
- При наявності в зоні пожежі неушкоджених цистерн з ЛЗР та ГР в першу чергу необхідно прийняти заходи по їх захисту шляхом охолодження та виводу з зони пожежі.
- На захист одного суміжного вагону, що перебуває по відношенню до вагона, що горить з навітряної сторони, та трьох суміжних вагонів з підвітряного боку, подавати воду з потрібною інтенсивністю, але не менше ніж по одному стволу РСК-50 з обох сторін кожного захищеного вагону, вживаючи всіх заходів до їх відчеплення та відводу у безпечне місце [2].

Небезпека цистерн з ЛЗР та ГР:

- Вплив відкритого полум'я та високої температури на залізничні цистерни з ЛЗР та ГР призводить до спалаху промасленого шару на їх поверхні. Наявність нещільностей і несправностей запірної арматури на цистернах з ЛЗР і скрапленими вуглеводневими газами призводить до спалаху парів рідини над горловинами цистерн, а також газів над надлишковими клапанами.
- Вибух залізничних цистерн з нафтопродуктами відбувається, як правило, через 16-24 хв. після початку дії на них відкритого факелу полум'я. Висота факелу полум'я при вибухові ЛЗР і ГР у цистернах досягає 50 м. Вибух однієї залізничної цистерни сприяє збільшенню площі пожежі до 1500 м<sup>2</sup>, у залежності від стану баласту залізничних колій та рельєфу місцевості.
- Найбільш швидке розповсюдження вогню відбувається під час розливу ЛЗР і ГР із залізничних цистерн у результаті аварій, зіткнень чи аварій поїздів. При цьому цистерни пошкоджуються або перекидаються, внаслідок чого площа пожежі може досягти 10-35 тис. м<sup>2</sup>. Розлитим нафтопродуктом вогонь розповсюджується не тільки на ближні поїзди, але й на сусідні складські, виробничі будівлі, а у деяких випадках і на житлові будинки населеного пункту. Під час попадання розлитого продукту до зливу каналізації або стічних канав вогонь може розповсюдитись на об'єкти, що розташовані на відстані до 1 км від місця пригоди.

Висновок: Воєнні дії є форс мажорною ситуацією, яка не передбачена правилами та інструкціями. Випадки пожеж на пасажирських та вантажних потягах під час воєнного стану вимагають розробки правил гасіння локомотивів з урахуванням правил безпеки поводження з вибуховими пристроями, що є дуже необхідним.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Наказ МТЗУ № 1322 від 21.12.2009 «Правила пожежної безпеки на залізничному транспорті».
2. Лапін П. В. Проблема дослідження пожежного ризику на залізничному транспорті як економічної категорії/ П. В. Лапін // Збірник тез XLVIII Науково-практичної міжнародної конференції «Міжнародна транспортна інфраструктура, індустріальні центри та корпоративна логістика» Українського державного університету залізничного транспорту. – Х.: ДЕТУТ, –2017.

*L. O. Mitiuk., Ph. D., Docent of Department of Labor, Industrial and Civil Security, Yelyzaveta Tupotina, stud. SEIEE. National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»,*

#### **FEATURES OF LOCOMOTIVE FIRE WITH FLAMMABLE SUBSTANCES IN RAILWAY TRANSPORT**

The main causes of fires and explosions in railway transport are considered, as well as the rules for extinguishing fires in tanks with flammable substances and combustible substances. The need to develop new instructions and recommendations for extinguishing fires on passenger and freight trains during martial law is proposed.

*О. Нешипор, С. Єременко д.т.н., проф.*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту, м. Київ*

*В. Христинч, к.т.н.*

*Національний університет цивільного захисту України м. Харків, Україна*

## **ДО ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ РОЗПОДІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ**

Пожежі від електроустановок внаслідок виникнення коротких замикань, струмових перевантажень, перегріву місць з'єднань із великими перехідними опорами тощо постійно зростають. Для мінімізації прояву негативних наслідків коротких замикань та перевантажень в розподільних пристроях електричних мереж обладнуються відповідними апаратами захисту, такими як запобіжники, автоматичні вимикачі, теплові реле тощо.

Розподільні електричні мережі функціонально [1] були призначені для транспортування і розподілення електроенергії, виробленої централізовано на великих електростанціях. З розбудовою в них нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) вони набувають рис локальної електроенергетичної системи (ЛЕС). В зв'язку з цим виникають нові задачі: узгодження графіків навантаження споживачів і генерування ВДЕ з врахуванням їх нестабільності, оптимальне керування потоками потужності з метою зменшення втрат електроенергії і покращення її якості, забезпечення балансової надійності електроенергії в ЛЕС, що формується централізованим і місцевим генеруванням, тощо. Особливістю розподіленого генерування є те, що воно складається з відносно невеликих за потужністю електричних станцій, розосереджених по всій електроенергетичній системі (ЕЕС), але сконцентрованих в більшості в розподільних електричних мережах (РЕМ). В основному, це електростанції, які використовують відновлювані джерела електричної енергії. Це сонячні (СЕС), вітрові (ВЕС) електростанції та малі гідроелектростанції, генерування яких є нестабільним, оскільки залежить від природних умов. Вони постачають електроенергію найближчим споживачам, а в разі надлишків енергії можуть її передавати в мережі централізованого електропостачання. Отже, розподільні мережі енергопостачальних компаній мають забезпечувати перетікання електроенергії від розподільних підстанцій до споживачів, а також від розосереджених в них джерел електроенергії (РДЕ) через підстанції до ЕЕС. Серед багатьох інших, до таких задач відноситься узгодження місць оптимального секціонування РЕМ, що експлуатуються як радіальні. Введення в них електростанцій, які використовують ВДЕ, переводить частину ліній електропередачі в режим роботи з двостороннім живленням. Це змінює потекорозподіл в мережі, що може спричинити збільшення втрат електроенергії в ній, якщо не оптимізувати місця під'єднання РДЕ та їх потужність. Для зменшення втрат електроенергії під час її транспортування також необхідно коригувати потоки потужності, що відповідають місцям секціонування РЕМ, які раніше були вибрані тільки з умов забезпечення нормативів по надійності електропостачання. Тому оптимізація потоків потужності в ЛЕС з ВДЕ є актуальним завданням, покликаним забезпечити зменшення втрат електроенергії в електричних мережах, підтримувати баланс надійності і покращити якість електропостачання.

В той же час попередження пожеж через появу великих перехідних опорів переважно здійснюють за рахунок проведення оглядів та профілактичних заходів. Наявність великого перехідного опору в місці комутації призводить до надмірного локального нагрівання, крім цього не відбувається значних змін контрольованих характеристик електричного струму в колі, через які б спрацьовували апарати захисту.

З іншого боку проведений аналіз статистики пожеж в Україні показує стійку тенденцію до збереження кількості пожеж від джерел запалення електричного походження. Незважаючи на розвиток сучасних апаратів захисту розподільні пристрої електричних



мереж залишаються одним з місць, де в наслідок появи великого перехідного опору можуть відбуватися значні тепловиділення.

Тому удосконалення способів виявлення та попередження пожежонебезпечних режимів роботи розподільних пристроїв електричних мереж, особливо через появу великих перехідних опорів, залишається актуальною задачею.

Від так метою дослідження є підвищення ефективності протипожежного захисту розподільних пристроїв електричних мереж за рахунок розробки захисного елемента локальної системи пожежогасіння.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні наукові завдання. А саме проаналізувати сучасний стан з підвищення ефективності протипожежного захисту розподільних пристроїв електричних мереж; розробити структурно-логічну модель елемента системи протипожежного захисту розподільних пристроїв електричних мереж; розробити математичну модель протипожежного захисту розподільних пристроїв електричних мереж; розробити фізичну модель елемента протипожежного захисту розподільних пристроїв електричних мереж; перевірити достовірність розроблених моделей; та у загальному сенсі запропонувати пропозиції з впровадження розроблених моделей та пропозицій з підвищення ефективності протипожежного захисту.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Оптимізація режимів електричних мереж з відновлюваними джерелами електроенергії / П. Д. Лежнюк, О. Є. Рубаненко, І. О. Гунько – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 174 с.

*O. Neshpor, S. Yeremenko, Doctor of Technical Sciences, prof.  
Institute of Public Administration and Scientific Research on Civil Protection, Kyiv  
V. Hristych Ph.D.  
National University of Civil Defense of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

#### **ON THE ISSUE OF INCREASING THE EFFICIENCY OF FIRE PROTECTION OF DISTRIBUTION DEVICES OF ELECTRICAL NETWORKS**

Fires from electrical installations due to the occurrence of short circuits, current overloads, overheating of connections with large transition resistances, etc. are constantly increasing. To minimize the manifestation of negative consequences of short circuits and overloads, distribution devices of electrical networks are equipped with appropriate protection devices, such as fuses, automatic switches, thermal relays, etc.

At the same time, prevention of fires due to the appearance of large transient resistances is mainly carried out at the expense of conducting inspections and preventive measures. The presence of a large transient resistance at the switching point leads to excessive local heating, in addition, there are no significant changes in the controlled characteristics of the electric current in the circuit, which would trigger the protection devices.

On the other hand, the analysis of the statistics of fires in Ukraine shows a steady trend towards maintaining the number of fires from sources of ignition of electrical origin. Despite the development of modern protection devices, distribution devices of electrical networks remain one of the places where, as a result of the appearance of a large transient resistance, significant heat emissions can occur.

Therefore, the improvement of methods of detection and prevention of fire-hazardous modes of operation of distribution devices of electrical networks, especially due to the appearance of large transient resistances, remains an urgent task.

Роянов О.М., к.т.н., доцент, старший викладач кафедри,  
Катунін А.М., к.т.н., с.н.с., доцент кафедри,  
Національний університет цивільного захисту України

## ПРОБЛЕМИ УРАХУВАННЯ ВПЛИВУ ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ НА ВИБУХОПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕКУ ВИРОБНИЦТВ З ГОРЮЧИМ ПИЛОМ

Під час оцінки вибухопожежонебезпеки виробництв визначається їх категорія за вибухопожежонебезпекою згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [1]. При цьому основним критерієм є розрахунковий надлишковий тиск вибуху, який може виникнути під час аварійної ситуації з обладнанням. У чинному на цей час ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [1] викладено методики, за якими необхідно проводити розрахунки надлишкового тиску вибуху (1):

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_T \cdot P_o \cdot Z}{V_{\text{вільн}} \cdot \rho_{\text{п}} \cdot C_p \cdot T_0} \cdot \frac{1}{K_n}, \quad (1)$$

де  $m$  – маса горючого пилу, кг,  $\rho_{\text{п}}$  – густину повітря у приміщенні,  $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ ,  $V_{\text{вільн}}$  – вільний об'єм приміщення,  $\text{м}^3$ ,  $C_p$  – теплоємність повітря,  $\text{Дж} \cdot (\text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1})$ , (приймають такою, що дорівнює  $1,01 \cdot 10^3 \text{ Дж} \cdot (\text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1})$ ),  $H_T$  – теплота згоряння,  $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$ ,  $P_o$  – атмосферний тиск,  $\text{кПа}$  (приймають таким, що дорівнює  $101,3 \text{ кПа}$ ),  $Z$  – коефіцієнт участі пилу,  $T_0$  – початкова температура повітря,  $\text{К}$ ,  $K_n$  – коефіцієнт, що враховує негерметичність приміщення й неіадабтичність процесу горіння (дозволено приймати  $K_n$ , що дорівнює 3).

Провівши детальний аналіз статистики вибухів на виробництві, де присутній горючий пил, та факторів, які впливають на вибух пилоповітряних сумішей можна дійти висновку, що на вибухопожежонебезпеку пилоповітряних сумішей здійснює вплив цілий ряд чинників, а саме: тип джерела запалювання, потужність джерела запалювання, вологість сировини, що обробляється, вологість пилового середовища, вологість повітря.

Слід відзначити, що перелічені чинники не знаходять відображення у [1], тобто в розрахунках надлишкової сили вибуху вони не відображені.

Характеристики мучного пилу для зернопереробних виробництв мають наступні показники (табл. 1):

Таблиця 1 – Характеристики мучного пилу

Найменування	Показник
Вологість, (мас.).	13,6
Щільність, $\text{кг}/\text{м}^3$	650
Дисперсність, мкм	100
Теплота згоряння, $\text{кДж}/\text{моль}$	13380
Температура спалаху, $^{\circ}\text{C}$	250
Температура самоспалаху, $^{\circ}\text{C}$	380
Температура тління, $^{\circ}\text{C}$	310
НКМП, $\text{г}/\text{м}^3$	15–40
Максимальний тиск вибуху, $\text{кПа}$	520
Мінімальна енергія запалювання:	
– вологість 2 %, мДж	6,4
– вологість 11 %, мДж	29

Ступінь вологості сировини та продукту, який обробляється, ускладнює їх займання та поширення полум'я в середовищі обладнання та приміщень.

Це пов'язано з тим, що перед самим процесом спалаху в процесі нагріву пилу велика кількість тепла буде витрачена на випаровування вологи з нього. Приклад впливу відсотку вологи на тиск вибуху в торф'яному пилу було наведено у роботі [2].

Зниження вологості збільшує вибухопожежонебезпеку пилу [3, 4]. Найбільш небезпечні пили, які мають вологість менше 11 %. При вологості більше 18 % вже заважко отримати стійке горіння пило повітряної суміші. Зниження вибухопожежонебезпеки мучного та зернового пилу виникає при зольності продукту більше 10 %. Наявність у пилу інертних добавок більше 70 % перетворюють аерозоль на практично вибухобезпечний.

Правильне і кваліфіковане визначення категорій приміщень, будівель і зовнішніх установок за вибухопожежонебезпекою має важливе значення при визначенні небезпеки обладнання та технологічного процесу та необхідності вжиття заходів щодо їх запобігання.

Таким чином, стає необхідним більш детальне дослідження впливу вологості повітря в робочих приміщеннях, де присутній горючий пил, що в свою чергу дозволить розробити інженерно-технічні заходи для зниження вибухопожежонебезпеки виробництв шляхом зміни вологості повітря в обладнанні та навколишньому середовищі.

### ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2016. 66 с. (Мінрегіонбуд України).

2. Роянов О.М., Гарбуз С.В., Богатов О.І. Вплив вологості повітря на визначення категорій підрозділів виробництв з горючим пилом за вибухопожежонебезпекою [Текст]. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situation». – Харків: НУЦЗ України, 2021. – С. 87-88.

3. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения [Текст]: Справ. изд.: В 2-х кн./А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук и др.-М.: Химия, 1990. Кн. 1-496 с. Кн. 2 - 384 с.

4. Шалугін, В. С. Процеси та апарати промислових технологій [Текст]: навч. посібник / В. С. Шалугін, В. М. Шмандій. – К.: Центр учбової літератури, 2008. – 392 с.

*O.M. Roianov, Senior teacher, Ph.D (Technical sciences), Associate Professor, National University of Civil Defence of Ukraine,*

*A.M. Katunin, Associate Professor, Ph.D (Technical sciences), senior scientific worker*

### **PROBLEMS OF TAKING INTO ACCOUNT ARE INFLUENCE OF HUMIDITY OF AIR ON FIRE DANGER AND EXPLOSIVENESS OF PRODUCTIONS WITH COMBUSTIBLE DUST**

During the estimation of fire danger and explosiveness productions calculation surplus pressure of explosion is determined. Detailed analysis of statistics of explosions on a production, where a combustible dust is present, and factors that influence on the explosion of air-dustborne mixtures it is possible to come to the conclusion, that a number of factors have influence on fire danger and explosiveness of air-dustborne mixtures, namely: type of lighting source, power of lighting source, humidity of raw material that is processed, humidity of dustborne environment, humidity of air. More detailed research of influence of humidity of air is needed in air-dustborne mixtures environments for the decline of fire danger and explosiveness productions.

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.

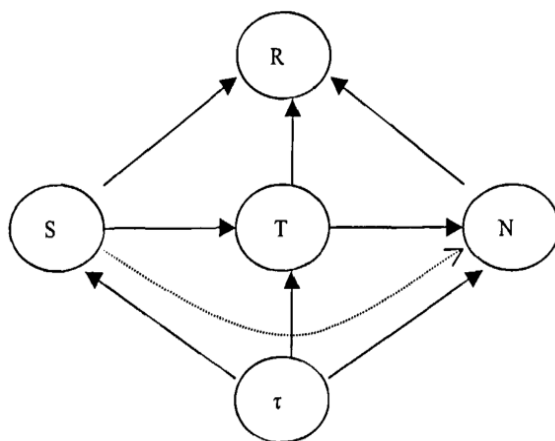


Рис. 1. Ризик  $R = \varphi [S(\tau), T(\tau), N(\tau)] = F(\tau)$  як функція кількох змінних

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.

*В.І. Томенко, канд. техн. наук, доцент, М.Г. Томенко, канд. пед. наук, Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України*

## **МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ НА ОСНОВІ БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

Безпека критичної інфраструктури об'єктів - стан захищеності критичної інфраструктури, за якого забезпечуються функціональність, безперервність роботи, відновлюваність, цілісність і стійкість критичної інфраструктури об'єктів [1].

Забезпечення ефективної пожежної безпеки на об'єктах і території критичної інфраструктури вимагає вирішення цілого комплексу завдань, пов'язаних як із участю людини, так і з наявністю автоматизованих систем пожежної безпеки.

Проте при побудові бездротових систем виникає чимало важливих технічних питань, які потребують вирішення: вибір типу бездротової технології передачі даних, забезпечення завадостійкості, гарантований зв'язок між передавачами мережі для надійної передачі інформації тощо.

Питання вибору типу бездротової технології передачі розглянуто авторами в роботі [2]. На основі проведеного аналізу різних типів технологій авторами роботи запропоновано застосовувати технологію ZigBee.

Це порівняно нова технологія яка має наступні переваги, що є суттєвими для побудови надійних бездротових локальних мереж: низьке енергоспоживання, велика кількість модулів у мережі, низька вартість передавачів; відносно велика кількість аналого-цифрових входів/виходів у модулів, надійності мережі та системи протипожежного захисту будівлі.

Також важливим питанням є гарантований зв'язок між передавачами мережі. Для його забезпечення необхідно витримати дві умови:

- підібрати необхідну відстань між передавачами (не надто малу, щоб не збільшувати кількість елементів мережі, і не велику, щоб забезпечити надійний зв'язок);
- розмістити у місці, де були б відсутні спотворення сигналу передачі даних (зниження сигналу через дифракції, інтерференції тощо).

Для цього необхідно правильно побудувати модель каналів зв'язку всередині приміщень. Для виконання цієї задачі використовують кілька моделей: статистичні, емпіричні та променеві [3].

Таким чином, актуальним є питання розробки моделей розповсюдження сигналів всередині будівель, що являється невід'ємною задачею в побудові надійних локальних мереж автоматичної пожежної сигналізації будівель на об'єктах критичної інфраструктури.

Нами в роботі розроблено модель розповсюдження сигналів всередині будівель, для побудови локальних мереж пожежної сигналізації всередині будівель, при застосуванні в якості бездротової технології передачі даних технологію ZigBee.

В якості елементів (передавачів) локальної мережі автоматичної пожежної сигналізації розглядаються наступні компоненти:

- пожежні сповіщувачі на стелі (теплові та димові);
- пожежні сповіщувачі на стіні (ручні та димові лінійні);
- пожежні сповіщувачі полум'я, які розміщуються над джерелом вогню (можуть опинитися в будь-якій точці об'єму приміщення);
- приймально-передавальний пристрій, який розміщується у пожежному приймально-контрольному приладі (наприклад, на столі).

Висота розміщення елементів, можливі максимальні відстані між ними та інші геометричні умови до їх розміщення регламентуються відповідними нормами [4].

Таким чином, в якості початкових даних для побудови моделі є:

- можливі відстані між передавачами від одиниць до кількох десятків метрів;

- розміщення елементів в будь-якій точці всередині приміщення;
- в якості поверхні віддзеркалення може бути будь-яка тверда або рідинна поверхня (вода, бетон, цегла, килими, бумага, тканини тощо);
- частота передачі інформації 2,4 ГГц (визначається параметрами технології ZigBee).

Слід зазначити, що до системи автоматичної пожежної сигналізації, що розглядається в роботі, можуть додаватися й інші елементи, такі як компоненти системи охорони будівлі (датчики переміщення, розбиття скла тощо); технологічного процесу (якщо розглядається питання протипожежного захисту на підприємстві); безпеки життєдіяльності людини (з елементів системи «Розумний дім»: датчики газу, води тощо). При цьому до модулів ZigBee можуть приєднуватися не тільки елементи сенсорів, а й виконавчих механізмів: системи пожежогасіння, контролю технологічного процесу тощо. Будь-який з описаних компонентів розглядається в моделі як ще один елемент прийому-передачі інформації, який має таке ж значення в моделі, як й усі інші. Тобто вирішувана в роботі задача моделювання може виходити значно більше за рамки побудови тільки локальних систем автоматичної пожежної сигналізації.

На канал зв'язку, окрім геометричних параметрів будівлі, суттєво впливає розміщення багатьох віддзеркалювальних поверхонь: меблів, килимів, людей, обладнання тощо, деякі з них можуть змінювати своє розташування або рухатися. При передачі інформації у приміщенні необхідно розглядати багатоканальну модель передачі даних, яка утворюється каналом прямої передачі даних та багаточисельними віддзеркаленнями від поверхонь із врахуванням типом цих поверхонь.

В розрахунках розглядалося розміщення передавачів біля стін на висоті 1-1,5 м, при зміщенні одного з модулів вздовж стіни у пустій кімнаті.

Будь-які зміни у розташуванні перетворювачів призводять до зменшення рівнів сигналів на кілька десятків дБ. Проте при чутливості ZigBee модулів на рівні -90 – -110 дБ в рамках однієї кімнати такий вплив не є перешкодою для передачі інформації [2].

Для виконання цих задач розроблене програмне забезпечення з використанням середовища розробки Microsoft Visual Studio та мови програмування C++. При введенні параметрів кімнати, місць розташування на схемі передавачів та висоти, програма розраховує потужність сигналу між передавачами. На рис. 1 показані оболонки програми для трьох випадків: дво-, три- та чотирипроменевої моделі.

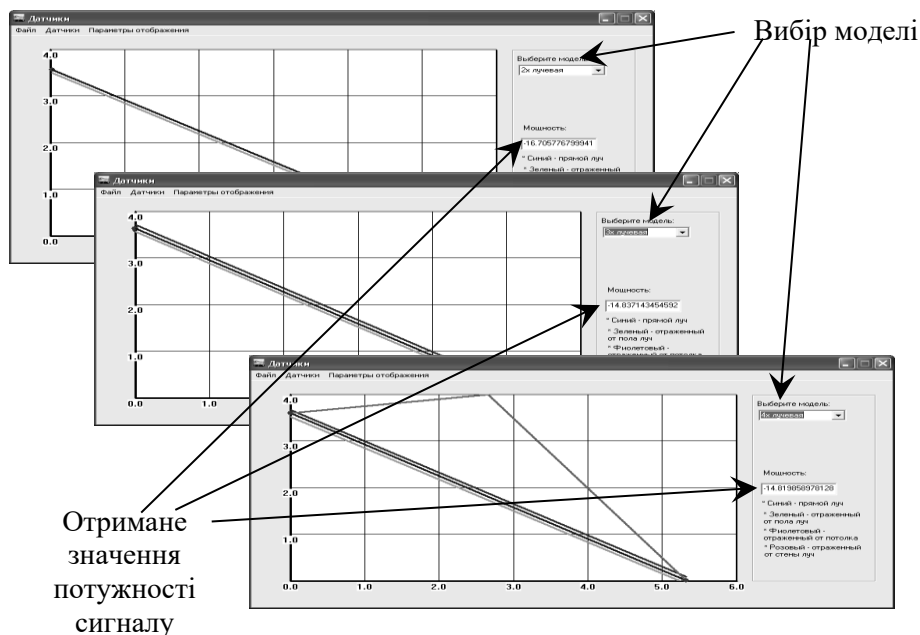


Рис. 1. Вікна оболонок програми побудови моделі для кімнати об'єкта



Із рис. 1 видно, що при збільшенні кількості каналів у моделі відбувається зменшення різниці між значеннями. Потужність для двопроменевої моделі дорівнює -16,706 дБ, для трипроменевої -14,837 дБ, для чотирипроменевої -14,820 дБ, тобто якщо різниця між 2-х та 3-х променевими моделями складає 1,869 дБ, то між 3-х та 4-х променевими вже 0,017 дБ. Причому, із збільшенням кількості каналів у моделі зростає складність розрахунків. Таким чином для недопущення перевантажень в розрахунках необхідно вибрати оптимальну кількість променів в моделі. Для цього в роботі запропоновано використовувати міру середньоквадратичних відстаней між функціями:

$$\rho(p_i, p_{i+1}) = \sqrt{\frac{1}{D} \frac{\int_{d_{\min}}^D (p_i(x) - p_{i+1}(x))^2 dx}{\int_{d_{\min}}^D p_i^2(x) dx}} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

де  $i$  – кількість каналів в моделі.

Дослідження функції (1) показали, що використовувати моделі з кількістю інформаційних каналів більше чотирьох-п'яти недоцільно, оскільки це призводить до незначних змін інтерференційних картин.

Отже, в роботі розроблена модель розповсюдження сигналів всередині будівлі, яка дозволяє будувати локальні мережі пожежних сповіщувачів у приміщеннях із застосуванням бездротової технології передачі даних ZigBee.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про критичну інфраструктуру» (1882-ІХ від 16.11.2021).
2. Томенко В.І., Куценко С.В., Мусієнко М.П. Побудова полісенсорних реконфігурованих пожежно-охоронних систем у приміщеннях на базі технології ZigBee // Пожежна безпека. – 2009. – №4. – Черкаси.: АПБ. – С. 67-70.
3. Томенко В. І. Інформаційні технології створення автоматизованих систем управління підрозділами МНС при надзвичайних ситуаціях у природних екосистемах: Дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. – Черкаси, 2008. – 169 с.
4. ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту» (наказ Мінрегіонбуду України від 13.11.2014 р. № 312).

*V.I. Tomenko, Ph.D. technical of Sciences, associate professor, M.G. Tomenko, Ph.D. ped. Sciences, Cherkasy Institute of Fire Safety named after Heroes of Chernobyl of the National University of Civil Defense of Ukraine*

#### **SIMULATION OF A FIRE ALARM SYSTEM BASED ON WIRELESS NETWORKS AT CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES**

Modelling of wireless local networks of fire-warning devices in buildings is carried out. Results of mathematical model of signaling, that allow to create local network using wireless technology of data transmission ZigBee are presented. Software which realizes obtained mathematical models is developed.

*Хаткова Л.В., кандидат педагогічних наук, доцент, заступник начальника кафедри,  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України  
Хоменко М.І здобувачка вищої освіти,  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України*

## **ДО ПИТАННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ВОЄННОГО ЧАСУ**

Безперечно, для України, яка має атомні електростанції, розгалужену мережу газопроводів, транспортну систему й масу найважливіших виробництв і перебуває нині в ситуації війни, визначальною є нормативна база, спрямована на захист стратегічних об'єктів держави.

Гібридні війни, в яких замість армій воюють добре озброєні парамілітарні «добровольчі» формування, й телеканали, здатні своєю пропагандою вивести з рівноваги великі маси людей, створюють цілковито нові загрози безпеці, зокрема й техногенній. Тож необхідний фундаментальний перегляд старих парадигм захисту критичної інфраструктури.

Виклики в безпековому вимірі, яким нині протистоїть українська держава, потребують системного підходу на національному рівні до управління захистом і безпекою всього комплексу об'єктів критичної інфраструктури з урахуванням їхнього взаємозв'язку. Відсутній і механізм запобігання можливим кризовим ситуаціям, пов'язаний із функціонуванням стратегічних об'єктів. Його запровадження потребує ґрунтовного переосмислення практики забезпечення захисту, яка нині базується на відомчому підході. Потрібні взаємодія та координація дій відповідальних державних органів, способів і практики залучення приватних суб'єктів господарства до забезпечення безпеки й стабільності функціонування критичної інфраструктури.

Кабмін України постановою від 22 липня 2022 № 821 затвердив Порядок проведення моніторингу рівня безпеки об'єктів критичної інфраструктури, який розробило Мінекономіки.

Йдеться про об'єкти енергозабезпечення, водопостачання, медицини, транспорту, оборони, хімічної промисловості та інших сфер, порушення роботи яких призводить до загроз національній безпеці та може завдати шкоди життєво важливим національним інтересам.

Порядок напрацьований на вимогу Закону України «Про критичну інфраструктуру» від 16.11.2021 № 1882-IX і містить алгоритм дій:

1. Моніторинг здійснюватимуть раз на три роки секторальні та функціональні органи у сфері захисту критичної інфраструктури.
2. Оцінка стану захищеності буде враховувати специфіку функціонування об'єкта.
3. За результатом моніторингу складатимуть акт, де вкажуть одну з трьох оцінок забезпечення захищеності: «забезпечує», «обмежено забезпечує», «не забезпечує».
4. Обов'язково надаватимуться пропозиції про вдосконалення системи захисту об'єкта.
5. Оператор критичної інфраструктури (юрособа або ФОП, що управляє об'єктом) отримає акт перевірки й зобов'язаний вжити заходів, щоб усунути виявлені недоліки та порушення.

Закону України «Про критичну інфраструктуру» не розглядає питання захисту критичної інфраструктури в умовах воєнного стану. Мовляв, ці питання повинні бути

предметом розгляду в інших документах, хоча науковці повністю підтримують думку про необхідність урахування такого підходу в усіх правових режимах.

Виконання завдань захисту об'єктів критичної інфраструктури потребує організаційного забезпечення, створення Центру з управління в кризових ситуаціях і захисту критичної інфраструктури. Він повинен стати вузлом у мережі ситуаційних центрів у сфері безпеки та оборони в країні для постійного моніторингу й виявлення можливих кризових ситуацій.

Навіть у межах єдиної державної системи цивільного захисту не повною мірою взаємодіють та обмінюються інформацією функціональні та територіальні підсистеми. Закон України «Про критичну інфраструктуру» має йти в одному руслі з удосконаленням законодавчої бази у сфері цивільного захисту, зокрема Кодексу цивільного захисту.

Нинішня єдина державна система цивільного захисту де-факто не враховує небезпеки об'єктів, що перебувають у приватній власності. Ситуацію погіршує практична відсутність моніторингу техногенної безпеки на об'єктах критичної інфраструктури, без забезпечення котрої неможливо запобігти надзвичайним ситуаціям. Нагальною є також проблема розбудови мережі ситуаційних центрів, яка нині практично відсутня.

На ДСНС покладено завдання імплементації «Директив Севезо» (запобігання тяжким аваріям), і саме в цьому аспекті розглядається нині функціонування об'єктів підвищеної небезпеки. До критичної інфраструктури можуть бути віднесені названі об'єкти, проте потенційно небезпечні об'єкти не мають бути внесені до переліку критичної інфраструктури. Однак нинішній статус Державної служби України з надзвичайних ситуацій не дає їй можливості сповна здійснювати функції відповідального відомства в таких секторах, як хімічна промисловість, мережі життєзабезпечення, служби екстреної допомоги та рятування. Так, низку функцій із забезпечення безпеки в першому з названих секторів має Державна служба з питань праці, другому – Міністерство громад та територій України, третьому – Міністерство охорони здоров'я та Міністерство внутрішніх справ.

Тому доцільним є створення інституції на кшталт центрів передового досвіду НАТО, яка візьме на себе обов'язки координаційного суб'єкта в цій сфері. Україна не може бути відокремленою, а захист її критичної інфраструктури не може обмежуватися національними кордонами й підписані умови щодо асоціації з ЄС та стратегічне партнерство з НАТО є запорукою важливого довгострокового партнерства.

Під час війни та в період післявоєнної відбудови ефективний контроль за критичною інфраструктурою дозволить уникнути надзвичайних ситуацій і забезпечити українців ресурсами та послугами, які вона генерує.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Організаційні та правові аспекти забезпечення безпеки і стійкості критичної інфраструктури України : аналіт. доп. / Д. Г. Бобро, С. П. Іванюта, С. І. Кондратов, О. М. Суходоля ; за заг. ред. О. М. Суходолі. Київ : НІСД, 2019. 224 с.
2. Бірюков Д. С. Захист критичної інфраструктури в Україні: від наукового осмислення до розробки засад політики. Науково-інформаційний вісник Академії національної безпеки. 2015. Вип. 3–4 (7–8). С. 155–170.
3. Бірюков Д. С., Кондратов С. І. Захист критичної інфраструктури: проблеми та перспективи впровадження в Україні. Київ : НІСД, 2012. 96 с.
4. Кондратов С. І. Про забезпечення координації дій, взаємодії та обміну інформацією при створенні державної системи захисту критичної інфраструктури : аналіт. доп. Київ : НІСД, 2018. 30 с.
5. Суходоля О. М. Законодавче забезпечення та механізми управління у сфері енергетичної безпеки України. Стратегічні пріоритети. 2019. № 2 (50). С.13–26.
6. Суходоля О. М. Захист критичної інфраструктури в умовах гібридної війни:

проблеми та пріоритети державної політики України. Стратегічні пріоритети. 2016. № 3. С. 62–76.

7. Суходоля О. М. Захист критичної інфраструктури: сучасні виклики та пріоритетні завдання сектору безпеки. Науковий часопис Академії національної безпеки. 2017. Вип. 1–2 (13–14). С. 30–80.

*Khatkova L. candidate of pedagogical sciences, associate professor, deputy head of the department,*

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

*Khomenko M., a student, Cherkasy Institute of Fire Safety named after Heroes of  
Chernobyl National University of Civil Defense of Ukraine*

### **ON THE ISSUE OF FIRE SAFETY OF CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES IN WARTIME CONDITIONS**

The definition of a number of concepts in the field of critical infrastructure is proposed and substantiated and its security, which should be used in relevant regulatory documents. The main ones are given circumstances that must be taken into account when organizing the safety of critical infrastructure facilities.

**СЕКЦІЯ 2. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ, БУДІВЕЛЬ  
ТА СПОРУД**

*Fabricio Bolina<sup>1</sup>, João Paulo C. Rodrigues<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Unisinos University, Brazil*

*<sup>2</sup>Coimbra University, Portugal; and Federal University of Minas Gerais, Brazil*

**PROCEDURES FOR DEFINING THE ISOTHERMS ON COMPOSITE STEEL  
DECKING CONCRETE SLABS SUBJECTED TO FIRE**

**Abstract**

A comparison of temperature distribution in the cross-section of steel decking concrete slabs subjected to fire is made through three procedures: (a) simplified calculation method, (b) experimental and (c) numerical testing. Simplified calculation method used was the one proposed at EN 1994-1-2. Experimental tests corresponding to eight real-scale fire tests on slabs carried out by the authors. Numerical tests have been done for the same configurations of the experimental tests using a FE software.

**Keywords:** fire; steel decking; concrete; experimental; numerical; analytical.

**1. INTRODUCTION**

In composite steel decking concrete slabs, as both structural materials are responsible for the mechanical resistance, they should ensure the structural integrity of the element in case of fire. In these slabs, the profiled steel decking acts as a continuous positive reinforcement and eliminate the need of formwork and rebars [1]. When these slabs are subjected to fire on their bottom, the steel of the decking degrades leading the slab to behave as non-reinforced. It is necessary to experimentally study the performance of these slabs in fire [2, 3]. The results of some experimental tests [4] have allowed the development of analytical procedures such as the ones presented at EN 1994-1.2 [2], but some recent research has invalidated them.

There are a few experimental studies on the temperature distribution in composite slabs [4]. Most of the research have been conducted for assessing the mechanical behavior, analyzing parameters such as the concrete strength, load level, concrete-steel decking longitudinal shear, steel decking geometry and the use of additional steel reinforcement, in case of fire.

The major part of the numerical simulations of composite steel and concrete elements has used, up to now, the thermal parameters presented in the standard codes. However, some standard parameters seem to be obsolete [5] because they do not encompass all thermophysical mechanisms affected by the temperature. Some authors state that these thermal parameters are unrealistic because they are obtained on small scale tests [6]. They stress the need to find new thermal parameters on full scale tests.

**2. METHODS FOR THERMAL ANALYSIS**

**2.1 Experimental tests**

The materials used and slab prototypes characteristics are described at [9].

**2.2 Numerical Simulations**

The FEA simulations were performed with the Abaqus software. The thermal parameters used in these analyzes are indicated in [7, 8]. On the bottom surface of the slab, the ISO 834 fire curve was applied, transmitted by thermal convection (heat transfer coefficient  $\alpha=25$  W/m<sup>2</sup>.K) and radiation (thermal emissivity  $\epsilon=0.40$ ). On the top surface of the slab, the ambient temperature was 25°C. Further information of the numerical models at [8, 9].

**3. RESULTS AND DISCUSSION**

The calibration of the numerical models with the experimental results are at [7, 8].

### 3.1 Temperatures of the profiled steel decking

Figs. 1 and 2 present a comparison of the profiled steel decking temperatures calculated with EN1994-1.2 simplified methods and the experimentally and numerically determined ones for 60, 90 and 120 min of the ISO 834 fire curve.

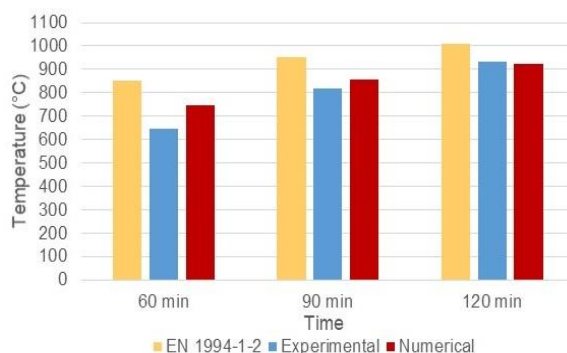


Figure 1 – Temperatures in the bottom flange of the steel decking

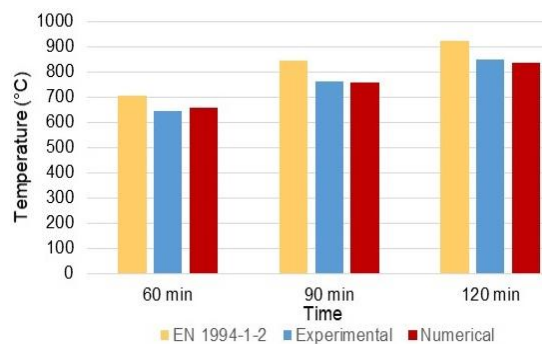


Figure 2 – Temperatures in the top flange of the steel decking

### 3.2 Temperatures of the concrete

Annex D of EN 1994-1.2 allows to determine the coordinates of the temperature limit isotherm. In almost all cases of Table 1, the temperatures of the numerical model, for the same coordinates, were higher than the EN 1994-1-2 ones. However, with the time increasing, the difference decreased to the point that the average numerical temperatures were lower than the analytical ones, at 120 min. In qualitative terms, the numerical temperatures were 15.9% higher at 60 min, 2.6% higher at 90 min, and 2.3% lower at 120 min, than the analytical ones.

Table 1 – Comparison between the analytical EN1994-1.2 and numerical temperatures

time (min)	Temperatures (°C)					
	EN 1994-1-2	Numerical simulations				
		Coordinates				
		$X_I, Y_I$	$X_{II}, Y_{II}$	$X_{III}, Y_{III}$	$X_{IV}, Y_{IV}$	Average
60 (I)	510.6	626.0	662.3	510.0	569.8	592.0
90 (II)	635.3	697.7	735.0	575.0	600.8	652.1
120 (III)	719.0	764.7	785.4	633.2	627.0	702.6

### 3.3 Temperatures of the positive reinforcement

Figs. 3 and 4 show that the analytical temperatures defined with EN 1994-1.2 [3] procedures were always higher than both the experimental and numerical ones. This was similar to what occurred in the steel decking but different with the concrete.

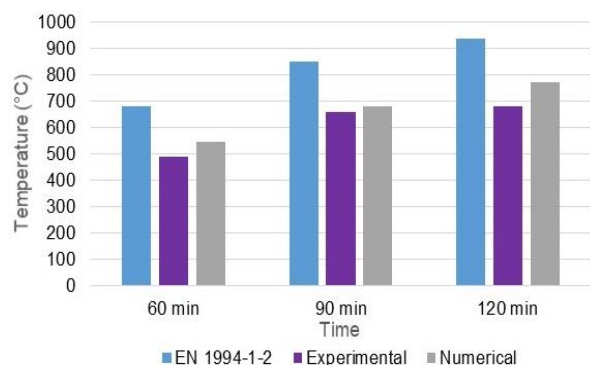


Figure 3 – Comparison for the Ø6.3 mm positive rebar

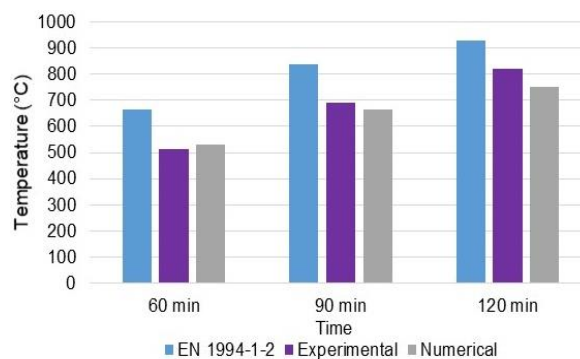


Figure 4 – Comparison for the Ø10 mm positive rebar

In the 6.3 mm rebars, analytical temperatures were more than 40% higher comparing with the experimental ones. In the case of 10 mm rebars, analytical temperatures were more than 29.9%

higher than the experimental ones. Comparing the analytical with the numerical temperatures, the maximum difference was 26.1% higher.

#### 4. CONCLUSIONS

General conclusions of this paper can be outlined as:

- Steel decking temperatures determined analytically by EN 1994-1-2 showed convergence with the experimental and numerical ones;
- Positive rebar temperatures calculated using EN 1994-1-2 procedures were higher than the experimental and numerical ones. This is possibly justified by the origin of this standard method, which was extracted from Both [4], that admitted thermal parameters different from what is currently practiced in the EN 1992-1;
- Temperatures in concrete (i.e., temperature limit isotherm) extracted from numerical model were up to 15.9% higher compared to EN 1992-1.2 ones.

#### REFERENCES

- [1.] Craveiro HD, Rodrigues JPC, Santiago A, Laim L (2016). Review of the high temperature mechanical and thermal properties of the steels used in cold formed steel structures - The case of the S280GD+Z steel. *Thin-Walled Structures*, n. 98, pp. 154–168. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tws.2015.06.002>
- [2.] EN 1994-1-2 (2011). Design of composite steel and concrete structures. Part 1.2 - Design rules, structural fire design. European Committee for Standard., Brussels.
- [3.] ISO 834-8 (1999). Fire resistance tests - Elements of building construction. International Organization for Standardization, Geneva.
- [4.] Both C (1998). The fire resistance of composite steel-concrete slabs. Thesis, Delft University of Technology.
- [5.] Jiang J, Main JA, Weigand JM, Sadek FH (2018). Thermal performance of composite slabs with profiled steel decking exposed to fire effects. *Fire Safety Journal*, v. 95, pp. 25–41. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.10.003>
- [6.] Achenbach M, Lahmer T, Morgenthal G (2017). Identification of the thermal properties of concrete for the temperature calculation of concrete slabs and columns subjected to a standard fire — Methodology and proposal for simplified formulations. *Fire Safety Journal*, v. 87, pp. 80–86. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2016.12.003>
- [7.] Bolina FL, Rodrigues JPC. Numerical study and proposal of new design equations for steel decking concrete slabs subjected to fire. *Engineering Structures*, v. 253, pp. 113828. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.113828>
- [8.] Bolina FL, Tutikian B, Rodrigues JPC. Thermal Analysis of Steel Decking Concrete Slabs in Case Of Fire. *Fire Safety Journal*, v.121, pp.103295. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2021.103295>
- [9.] Bolina FL, Tutikian BF, Rodrigues JPC. Experimental analysis on the structural continuity effect in steel decking concrete slabs subjected to fire. *Engineering Structures*, v.240, pp.112299. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112299>

Katarína Košútová; PhD. student, University of Žilina, Faculty of Security Engineering, Žilina;  
Linda Makovická Osvaldová, associate professor, University of Žilina, Faculty of Security Engineering, Žilina;

## CHANGE IN THE REACTION TO FIRE OF FIBERBOARDS DUE TO AGING

### ABSTRACT

The contribution is devoted to the theoretical description of the issue of the process of observing changes in the reaction to fire of fiber boards due to their aging. And with the help of natural influences to which insulation boards in buildings are exposed. The samples used in the experiment are initially treated with Ohňostop fire retardant. It is proven that it increases the reaction to fire. The focus of the research is therefore aimed at preserving this ability over time.

**Key words:** Fiberboards; Aging; Insulation; Reaction-to-fire; Flame-retarding

### INDRODUCTION

Fibreboards as insulation materials are being widely used in various constructions all over the world. We might expect increased use of natural-based insulation materials assumed by the latest eco-friendly trends in general. Fibreboards have proved as insulation materials in time but questions about their fire resistance properties and behaviour in fire occur. Their classification of reaction-to-fire is set in class E, which shows the need to modify them in order to improve fire resistance properties. After a successful experiment that improved their classification of reaction-to-fire to D class by using a water-based flame retardant “*Ohňostop*”, this research is focused on the aging process and ability to preserve fire resistance properties in time, using this flame retardant. During this experiment, samples will be exposed to natural conditions of building. Observing of the preservation ability of samples will be assessed by the mass loss rate of the samples tested in different time lapse. All the methodology and specifications of the experiment and used materials are closely described in following chapters.

### CHARACTERISTICS OF FIBER BOARDS AND APPLICATION OF FLAME RETARDANTS

Fibreboard is a large-scale material made of wood fibres, using mostly spruce tree as a source (applies for central Europe). We recognize these three basic types of fibreboards according to their density [1]:

- Insulation fibreboards -  $250$  to  $400 \text{ kg.m}^{-3}$
- Medium density fibreboards -  $480$  to  $850 \text{ kg.m}^{-3}$
- Hardboard – over  $850 \text{ kg.m}^{-3}$

Samples of the lowest density level, out of the mentioned types, will be used for the experiment. Their dimensions will be  $90 \times 80 \times 60$  stated in millimetres.

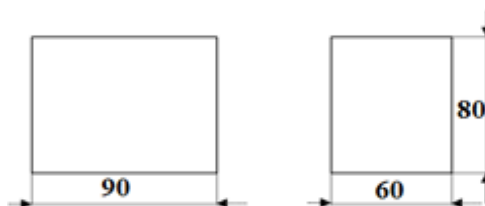


Figure 1 Dimensions of the samples

There are two basic processes of production of fibreboards. In this case samples were made with so called wet process, which is more energetically demanding than the dry one. Wood fibres are soaked in the water with binding additives like glue and hydrophobic additives like paraffin. Boards are pressed under low pressure which causes that their strength is lower than other types of fibreboards. This means that they can not be used as independent construction materials, however they outmatch other types of fibreboards in features such as thermal or acoustic insulation [2].

Some of the basic properties of insulation fibreboards are shown in Table 1. Vapour resistance factor is stated without unit because It is a measure of the material's relative reluctance to let water vapour pass through, and is measured in comparison to the properties of air.



Table 1 Density, thermal conductivity, specific heat capacity and vapour resistance factor of insulation fibreboards [3]

$\rho$	250 - 400 kg.m <sup>-3</sup>
$\lambda$	0,038 – 0,050 W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>
$c$	1630 - 2510 J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>
$\mu$	5 - 10

### CHARACTERISTICS OF NATURAL AGING SIMULATION METHODOLOGY AND APPLICATION OF FLAME RETARDANT

Experiment includes 50 samples of insulation fibreboards in total. These are evenly divided into 5 groups, each by 10 samples according to their time of exposure to natural conditions. Groups are marked with letters A-E, where E group is exposed for the longest time period. Samples included in group A will be tested right after the drying process of flame retardant application and every next group will be tested after a 6 month period. Placement of the simulation is set in the countryside area of north-west Slovakia. Samples will be placed outdoors on a spot protected from direct sunlight, rain and snow. The spot is located in the environment of real house to achieve genuine conditions. Samples will be separated by gaps to avoid contact with each other so conditions are equal for all samples regardless the position. Weight of the samples will be measured on a weekly basis in order to monitor its changes in time of exposure. For the enhancement of fire resistance properties a flame retardant “Ohňostop” will be used. It’s a water-based flame retardant containing inorganic salts. Three ways of applications including spraying, coating and soaking have been examined. Out of these, soaking turned out to be the most effective way of application, therefore it’s been chosen for this experiment as well. [3] Samples will be soaked 15mm deep into the flame retardant and left to absorb it for 15 minutes. Leaving the samples for longer could help to absorb more of the retardant, however there’s a risk of damaging the sample structure. Every sample will be loaded with a sinker to prevent it from floating and improve the absorption process. Samples will be weighed before and immediately after application to find out how much of flame retardant has been absorbed. After the soaking samples will be left to dry out for two weeks and placed on the exposure placement afterwards, where it will undergo influence of natural conditions for estimated time. Samples will be weighed again after the drying process.

### DATA COLLECTION AND CALCULATIONS

The main data collected will be the mass loss rate values. During the experiment each sample will be exposed to flame with direct contact for 2 minutes after which the source of flame will be removed. Weight of the sample will be recorded in 15 second intervals during the time of exposure and for subsequent 8 minutes after the flame source removal. These data have following characteristics: primary, real, periodical, complete and experimental gathered. All the collected data will be stored in tables in Microsoft Excel for further analysis and calculations.

Mass loss rate and burning rate calculations. Mass loss rate will be the decisive factor in this experiment. By gathering its values for each sample separately and comparing the results between groups of different time lapses, we will be able to identify whether aging has significant impact on the fire resistance properties of fibreboards. Burning rate is an important factor as well in this case as it expresses velocity of the combustion process in examined samples. Following formulae will be used for these calculations:

$$\delta_{mr}(\tau) = \frac{m(\tau) - m(\tau + \Delta\tau)}{m(\tau)} \cdot 100$$

$$v_r = \frac{\delta_m}{\Delta\tau}$$

$\delta m(\tau)$  – mass loss rate in time ( $\tau$ ) [%],  
 $(\tau)$  – weight of sample in time ( $\tau$ ) [g],  
 $m(\tau + \Delta\tau)$  – weight of sample in time ( $\tau + \Delta\tau$ ) [g].  $\Delta\tau$  – time interval of weight recording [s]

$v_r$  – burning rate [%/s],  
 $\delta_m$  – mass loss rate in time ( $\tau$ ) [%],

ANOVA. Analysis of Variance is a statistical technique that assesses potential differences in a scale-level dependent variable by a nominal-level variable having 2 or more categories. [4]

A single factor ANOVA will be used in this research to verify hypothesis whether different times of exposure cause changes in mass loss rate. For evaluation of ANOVA a Microsoft Excel tool will be used. As this is a draft, random fictional values were used to create an example of ANOVA outcome showed in the following figure.

Anova: Single Factor

SUMMARY				
Groups	Count	Sum	Average	Variance
A	10	11,2753	1,12753	0,13969
B	10	14,4647	1,44647	0,21011
C	10	14,7993	1,47993	0,17049
D	10	12,3969	1,23969	0,18094
E	10	12,2485	1,22485	0,21029

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	0,92791	4	0,23198	1,27247	0,29486	2,57874
Within Groups	8,20371	45	0,1823			
Total	9,13162	49				

Figure 2 Analysis of Variance of mass loss rate

From the results we can see the the P-value score is high, which means, that differences between values are rather stochastic than dependant, what was naturally expected as input values for this example were chosen randomly.

Correlation between these factors will be evaluated through Microsoft Excel as well. The value of correlation will be assessed by the correlation coefficient R and a trendline which will show the predicted ongoing trend. Name of groups are transefered into numbers according to amount of months between the flame retardant application and testing to make the comparing factors both quantitative.

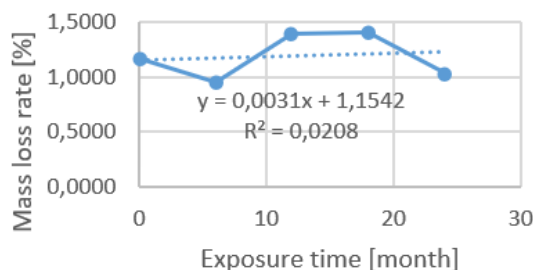


Figure 3 Chart of correlation between mass loss rate and exposure time

As we can see the correlation is inconsiderable and the trendline shows that mass loss rate remains approximately constant over time, which would mean that aging does not effect it. However input values were fictional like in the previous calculation, because no real values have been gathered so far. The chart is just an example and should not be considered relevant for any further use except for illustration of evaluating.

#### REFERENCES

- [1] SVOBODA A KOL., 2013. Stavební hmoty. Praha: Jaga Group s.r.o, 2013. ISBN 978-80-260-4972-2.
- [2] BÖHM, M., REISNER, J. 2010. Dřevovláknité desky (DVD). [online], [cit. 11.1.2016]. Available at: <http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-89-2010/lesnicka-prace-c-6-10/drevovlaknite-desky-dvd>
- [3] MARIENKA, A. 2016. Reakcia na oheň vybraných zatepl'ovacích materiálov na prírodnej báze – dřevovláknitá doska. Žilina: University of Žilina, 2016. EN:28900220162023.
- [4] The ANOVA Table [online]. The Pennsylvania State University : 2016. [cit. 2017-06-23]. Available at: <https://onlinecourses.science.psu.edu/stat414/node/218>.

*Deives J. de Paula, Ph.D. candidate, University of Coimbra, Portugal*

*João Paulo C. Rodrigues, Professor, University of Coimbra, Portugal*

*Aline L. Camargo, Postdoctoral Researcher, Itecons, Portugal*

*Rúben F. R. Lopes; Ph.D. candidate, University of Coimbra, Portugal*

## ANALYSIS OF LARGE-SCALE FAÇADE FIRE TEST METHODS CONDITIONS

Modern facade walls, especially in high-rise buildings, have become high-performance construction systems designed by advanced engineering [1] to improve the building's thermal insulation and acoustic performance. Although concerns about performance have evolved, the facade performance against fires is still lacking [3]. Fire propagation on facades is one of the fastest ways for a fire to spread and develop in the building [2]. The number of fires on facades has increased seven times in the last 30 years [1]. Therefore, predicting the fire behaviour of fire on facades is essential for improving building resilience. Small-scale (or bench) tests do not have adequate means to reproduce some conditions, such as fire exposure, the interaction between layers, the presence of cavities, thermal elongation, and the installation of fastenings and joints [3]. In addition to these conditions, the external damage extension can only be properly observed in large-scale tests. The main parameters and requirements prescribed test methods for evaluating the fire behaviour of cladding systems in European countries were consolidated by Boström *et al.* [4], and it emphasizes that these methods are not harmonized in several aspects, such as the size of the specimens, the reference fire load, the test duration, the reference values for calibration of the test system (facade temperatures, incident heat flux on the facade surface) and which acceptance criteria are required for damage assessment after testing. This report compares large-scale test conditions of the main standards.

### Teste Scenarios

Each test method was developed according to the desirable fire exposure scenario that the test specimen will be exposed. Figure 1 presents two distinct fire exposure scenarios:

1. Flames emerging from a flashover compartment fire via an aperture: in ISO 13785-2:2002 (a), BS 8414-1:2015 (b), BS 8414- 2:2015 (c), DIN 4102-20 (d), NFPA 285:2019 (e), SP FIRE 105 (f), CAN/ULC S134 (g) and LEPiR 2 (h);
2. Wood crib fire located directly against the base of a re-entrant wall corner: in ANSI FM 4880 25 ft high corner test (i) and ANSI FM 4880 50 ft high corner test (j).

The NFPA 285:2019 (e), SP FIRE 105 (f), CAN/ULC S134 (g), and LEPiR 2 (h) have a single wall, and the others have two walls in the re-entrant corner "L" arrangement.

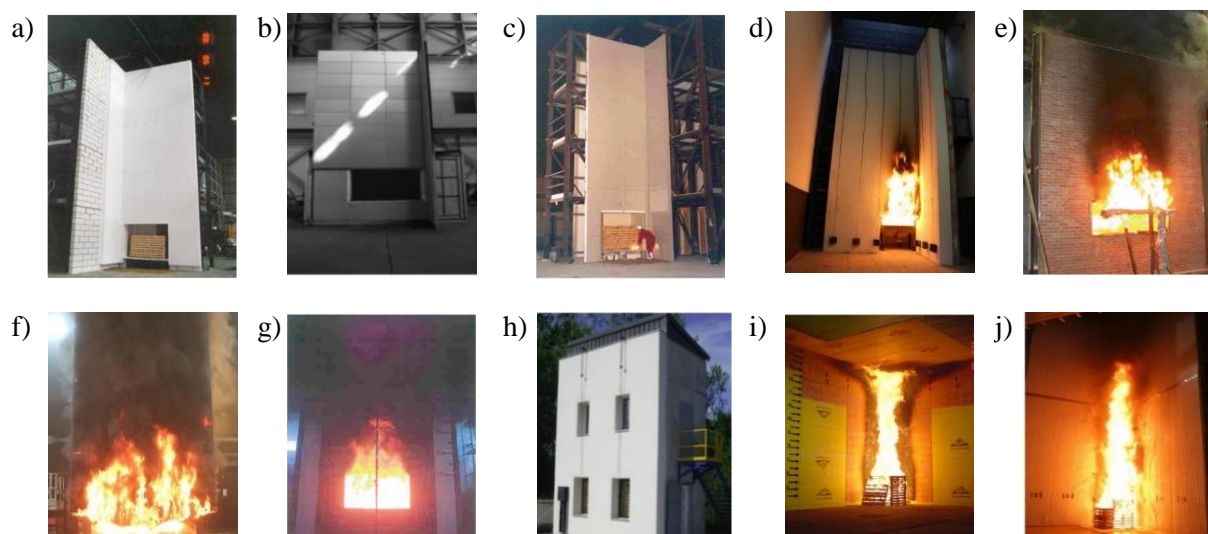


Figure 1: Large-scale testing methods and their fire exposure scenarios

### Fire Source and Heat Exposure Conditions

The heat source fuel of each test method is mainly based on gaseous or liquid hydrocarbons and cellulosic materials. The ISO 13785-2:2002, DIN 4102-20, NFPA 285:2019 and CAN/ULC S134

methods use gaseous hydrocarbons with gas burners that reach the heat release rate of 5500 kW, 320 kW, 900 kW and 5500 kW, respectively. The SP FIRE 105 uses 60 litres of heptane in a metallic tray inside the combustion chamber to produce a heat release rate of around 2500 kW. The BS 8414-1:2015, BS 8414-2:2015, LEPiR 2 and ANSI FM 4880 use cellulosic-based materials, varying the wood species according to the material availability. BS-8414 Parts 1 and 2 reach a heat release rate of  $3000 \pm 500$  kW using a wood crib with a  $550 \pm 25$  kg mass. The LEPiR 2 uses 600 kg of wood pallets to reproduce the ISO-834-1 temperature curve [12]. The 25 ft (7.6 m) and 50 ft (15.2 m) FM 4880 corner tests use wood pallets 305 mm away from the external faces of the specimen. Alternative heat sources are allowed in ISO 13785-2:2002, DIN 4102-20, CAN/ULC S134 and SP FIRE 105 test methods. Table 1 describes the reference values specified on each test method to ensure its repeatability and reproducibility.

Table 1 – Calibrated exposure reference values for large-scale test methods

Test Method	Calibrated exposure values (with non-combustible wall)			Fire exposure period	Observation period (after fire source extinguishment)
	Incident Heat Flux* (kW/m <sup>2</sup> )	Temperatures* (°C)	Maximum height of flames		
ISO 13785-2:2002	55 ± 5 kW/m <sup>2</sup> at 0.6 m 35 ± 5 kW/m <sup>2</sup> at 1.6 m	> 800 °C at 50 mm.	-	23–27 min. 4–6 min growth phase, approx. 15 min steady state phase, 4–6 min decay phase.	The observation period ends when the specimen does not appear glowing embers and flames.
BS 8414-1:2015 and BS 8414-2:2015	Mean within range of 45–95 kW/m <sup>2</sup> at a height of 1 m over a continuous 20 min period. Typical steady-state mean of 75 kW/m <sup>2</sup> within this period.	> 600 °C above the combustion chamber. > 500 °C at 2.5 m	Approx. 2.5 m	30 min (approx. 7 min growth phase)	30 min
DIN 4102-20	60 kW/m <sup>2</sup> at 0.5 m 35 kW/m <sup>2</sup> at 1.0 m 25 kW/m <sup>2</sup> at 1.5 m	780 ~ 800 °C at 1 m.	Approx. 2.5 m	20 min (gas burner) 30 min (wood crib)	Starts when the smoke production and material burning ends, or until the test reaches 60 min.
NFPA 285:2019	38 ± 8 kW/m <sup>2</sup> at 0.6 m 40 ± 8 kW/m <sup>2</sup> at 0.9 m 34 ± 7 kW/m <sup>2</sup> at 1.2 m Values during peak fire source period 25 a 30 min	712 °C at 0.91 m (Mean Value). 543 °C at 1.83 m (Mean Value).	Approx. 2.0 m	30 min	10 min
SP FIRE 105	15 kW/m <sup>2</sup> at 4.8 m during at least 7 min of the test. 35 kW/m <sup>2</sup> at 4.8 m for 1,5 min during at least 7 min of the test. < 75 kW/m <sup>2</sup> at 4.8 m at all times.	Not specified	Not specified	16 ~ 18 min	Not specified **
CAN/ULC S134	45 ± 5 kW/m <sup>2</sup> at 0.5 m 27 ± 3 kW/m <sup>2</sup> at 1.5 m Averaged over 15 min steady-state period.	Not specified	Approx. 2.0 m	25 min. 5 min growth phase, 15 min steady state phase, 5 min decay phase.	Not specified**
ANSI FM 4880 - 25 ft and 50 ft high corner test	Not specified	Not specified at the standard	-	Approx. 15 min.	Not specified **
LEPiR 2	Not specified	ISO 834-1 [14] curve at the first 30 min of the test	Not specified	30 min (minimum) 60 min (maximum)	60 min for ETICS test specimens and 30 min for the others.

\* measured vertically above the combustion chamber opening according to the specified height

\*\* Observations made during the test only

The maximum incident heat flux values are three to four times greater than 12.5 kW/m<sup>2</sup>, known as a reference value for piloted ignition in cellulosic materials [12] and define the fire exposure level in each method [3]. Combined with the exposure period and test duration, these values establish unique and severe heat exposure conditions and their gas temperature profiles on the facade by a fully developed fire. For this particular reason, the test results are not comparable between methods.

Existing research has identified that exposure to the exterior wall system is generally more severe for an internal post flashover fire with flames emerging from apertures than for an external fire source, and, for this reason, almost all of the full-scale facade fire tests simulate an internal post-flashover fire. However, it is possible for the severity of external fires at ground level, on fuel loads such as open storage areas and large vehicle fires, to equal or exceed internal post-flashover fires [3]. The ANSI FM 4880 standard considers the fire development near the corner and at the base of the system to be tested, being

the exception of the other methods. The standards ISO 13785-2, BS 8414 Parts 1 and 2, DIN 4102-20, SP FIRE 105 and LEPiR 2 do not establish recommendations for positioning the fire load outside and close to the specimen. These are possible industrial or commercial fire exposure scenarios and should be explored in future studies [13].

### Final Considerations

Fire testing of external cladding systems and their requirements are different between standards. Regarding this, a standard adoption by a public regulation must be carefully studied. If a country intends to define its regulations, the external cladding systems evaluation requirements, severity level and performance acceptance criteria must be defined. Furthermore, this must be done according to the fire safety regulations approach and the objectives that need to be achieved systemically (e.g. the occupant egress time versus external cladding performance).

It was observed in the analyzed test methods that those don't establish specific requirements for an external fire source at ground level. For further research, it could be interesting to investigate the different fire scenarios, modifying the fire load externally and close to the building, to understand the external cladding system's behaviour under different external fire conditions.

### Acknowledgements

The authors would like to thank the Fundação para a Ciência e Tecnologia for funding the Project PCIF/MOS/0129/2018 - "InduForestFire – Interdisciplinary Methodologies for the Protection of Industrial Zones from Forest Fires" within the scope of the Call for SR&TD Projects Forest Fire Prevention and Fighting – 2018.

### Bibliography

- [1] Bonner, M.; Guillermo, R. *Flammability and multi-objective performance of building façades: Towards optimum design*. Inter. Jour. of High-Rise Buildings, 2018, 7. 363-374. 10.21022/IJHRB.2018.7.4.363.
- [2] Drean, V., R. Schillinger, H. Leborgne, G. Auguin, and E. Guillaume, *Numerical Simulation of Fire Exposed Façades Using LEPiR II Testing Facility*, Fire Technology, vol. 54, no. 4, pp. 943–966, Jul. 2010, doi: 10.1007/s10694-018-0718-y.
- [3] White, N.; Delichatsios, M. *Fire Hazards of Exterior Wall Assemblies Containing Combustible Components*. Verlag New York: Springer; 2015.
- [4] Boström, L.; Hofmann-Böllinghaus, A.; Colwell, S.; Chiva, R.; Tóth, P.; Sjöström, I. M. J.; Anderson, J.; June, D. L. *Development of a European approach to assess the fire performance of facades*, Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2018.
- [5] ISO 13785-2:2002, Reaction-to-fire tests for facades – Part 2: Large scale test, International Organization for Standardization, 2002.
- [6] BS 8414-1:2015+A1:2017, Fire performance of external cladding systems - Test method for non-loadbearing external cladding systems fixed to, and supported by, a masonry substrate, British Standards Institution, 2017.
- [7] BS 8414-2:2015+A1:2017, Fire performance of external cladding systems. Test method for non-loadbearing external cladding systems fixed to and supported by a structural steel frame, British Standards Institution, 2017.
- [8] Arrêté du 10 septembre 1970 relatif à la classification des façades vitrées par rapport au danger d'incendie - LEPiR 2, 1970.
- [9] Swedish National Testing and Research Institute, SP FIRE 105 - External wall assemblies and façade claddings – Reaction to Fire, Issue 5, 1994.
- [10] American National Standards Institute, ANSI/FM Approvals Standard 4880, Evaluating The Fire Performance Of Insulated Building Panel Assemblies and Interior Finish Materials, FM Approvals, 2017.
- [11] NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. NFPA 285. Standard Fire Test Method for Evaluation of Fire Propagation Characteristics of Exterior Non-load-Bearing Wall Assemblies Containing Combustible Components. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 2012.
- [12] Law, M. Heat Radiation from Fires and Building Separation. Fire Research Technical Paper No. 5, Department of Scientific and Industrial Research and Fire Offices Committee, Joint Fire Research Organization, Her Majesty's Stationery Office, London, 1963.
- [13] Anderson J, Boström L, Chiva R, et al. European approach to assess the fire performance of façades. *Fire and Materials*. 2021; 45: 598–608. <https://doi.org/10.1002/fam.2878>.
- [14] ISO 834-1:1999, Fire-resistance tests — Elements of building construction — Part 1: General requirements, International Organization for Standardization, 1999.

*Т.Г.Бережанський, к. т. н, Р.Б.Веселівський, к. т. н, доцент, С. Я. Вовк, к. т. н, доцент,  
О. Ю. Пазен, к. т. н, В. В. Придатко, Н. О. Ференц, к. т. н, доцент  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

## ТЕМПЕРАТУРО-ВОГНЕСТІЙКІ ЗАХИСНІ ПОКРИВИ ДЛЯ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ОСНОВІ ОКСИДІВ МЕТАЛІВ

Впродовж останніх років галузь будівництва, враховуючи потреби розширення інфраструктури різних галузей діяльності, потребує збільшення ринку надання послуг містобудівної та промислової діяльності. На даний час одними із найпоширеніших та простих у застосуванні є будівельні конструкції із деревини та металу. Одним із можливих варіантів захисту будівельних матеріалів і конструкцій із деревини та металу є поверхневий захист вогнезахисними засобами [1, 2].

Враховуючи недовговічність і здатність таких конструкцій до займання та підтримання процесу горіння, виникає гостра потреба у забезпеченні захисту від зовнішнього впливу та пожеж. Отже, як бачимо, дослідження вогнезахисних композицій для дерев'яних та металевих конструкцій є актуальним [3].

Розробка і дослідження атмосферо-температуро-вогнестійких композицій на основі силікату натрію та наповнювачів із базальту, декстринів і оксидів металів, зокрема оксиду титану та магнію, для збільшення вогнестійкості дерев'яних будівельних конструкцій є основною метою досліджень [4,5].

Визначення вогнезахисної ефективності вогнезахисних покриттів проводили за методикою, наведеною в ГОСТ 16363-98 «Засоби вогнезахисні для деревини. Методи визначення вогнезахисних властивостей».

Дослідження проводилися для зрізів оброблених вогнезахисною композицією на основі рідкого натрієвого скла (50% мас. %), декстрину (20% мас. %), оксиду титану та магнію (20% мас. %) і базальтового волокна (10% мас. %) (табл. 1).

**Таблиця 1. Склад та зрізи розробленої вогнезахисної композиції**

№ зрізів за складом композиції	Вміст натрієвого рідкого скла, мас. % за сухим залишком	Наповнювач, мас %				
		MgO	TiO <sub>2</sub>	Декстрин	Базальтове волокно	Товщина вогнезахисного покриття, мм
1.1	50	-	20	20	10	1,1
1.2	50	-	20	20	10	0,8
1.3	50	-	20	20	10	0,9
2.1	50	20	-	20	10	0,8
2.2	50	20	-	20	10	1,0
2.3	50	20	-	20	10	0,7

Склади композицій для вогнезахисних покриттів у співвідношеннях, вказаних у табл. 1, готували механічним диспергуванням у кульових млинах до тонини розмелювання, яка відповідає залишку на ситі з вічком 0,2 мм (№02) не більше 2% після просіювання.

Дослідження атмосферостійкості та вогнестійкості виконувались у два етапи.

*1-й етап. Дослідження атмосферостійкості*

Захищені вогнезахисною композицією зрізи після повного висихання піддавали випробовували в ексикаторі протягом 24 год. По завершенню випробування зрізи зважували для визначення приросту маси з похибкою не більше 0,1 г та визначали крайовий кут змочування, який знаходиться в межах 84...88 градусів, що підтверджує гідрофобність, атмосферостійкість та витрати вогнезахисної суміші необхідної для поверхневого покриття 1 м<sup>2</sup> будівельної конструкції (табл. 2).

Витрату сухої вогнезахисної речовини обчислювали за формулою:

$$R_1 = \frac{m_1 - m_2}{F}, (1);$$

де:  $m_1$  – маса взірця перед спалюванням, г;

$m_2$  – маса взірця до нанесення покрив, г;

$F$  – площа поверхні взірця, м<sup>2</sup>.

**Таблиця 2. Результати випробувань вологостійкості та витрати сухої вогнезахисної речовини**

№ покриву	Маса взірця, г				Витрата вогнезахисного покриву, г/м <sup>2</sup>
	до нанесення вогнезахисної речовини	після нанесення вогнезахисної речовини	після випробування вологостійкості	збільшення маси взірця після випробувань вологостійкості, г / %	
1.1	153,68	173,81	174,06	0,25/0,14	657,84
1.2	166,21	183,74	183,94	0,20/0,11	572,87
1.3	159,97	176,34	176,56	0,18/0,12	534,97
2.1	143,61	156,83	157,07	0,24/0,15	432,03
2.2	154,82	166,18	166,34	0,16/0,09	371,24
2.3	159,37	172,44	172,65	0.21/0,12	427,12

*2-й етап. Дослідження ефективності вогнезахисного покриву*

Для визначення вогнезахисної ефективності використовували установку, згідно з [7]. У цій установці регулювали витрату газу таким чином, щоб температура впродовж 5 хв становила (200±5) °С, після чого фіксували значення витрати газу за показами ротаметра.

При досягненні температури (200±5) °С зонт відводили і взірець, який закріплений в тримачі, опускали в керамічний короб і одночасно вмикали секундомір. Потім зонт повертали в робоче положення. Взірець тримали в полум'ї пальника впродовж 2 хв. Під час випробувань контролювали витрату газу. Через 2 хв подачу газу припиняли і залишали взірець охолоджуватись до кімнатної температури. Охолоджений взірець діставали з керамічного короба і зважували. Результати випробувань зазначено (табл. 3)

Втрату маси, %, обчислювали з точністю до 0,1% за формулою

$$P = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1} \cdot 100\%, (2);$$

де:  $m_1$  – маса взірця до випробування, г;

$m_2$  – маса взірця після випробування, г;

Залежно від втрати маси взірця можна встановити групу вогнезахисної ефективності. Відповідно до ГОСТ 16363-98 при втраті маси взірця не більше 9% для засобу вогнезахисту встановлюють I групу вогнезахисної ефективності.

За результатами проведених вогневих випробувань доведено, що всі досліджувані взірці, покриті розробленою вогнезахисною композицією на основі рідкого натрієвого скла, декстрину, оксиду титану/магнію і базальтового волокна, забезпечують I-у групу вогнезахисної ефективності, та мають відносну втрату маси не більше 9%.

Проведеними дослідженнями встановлено, що атмосферо-температуро-вогнестійкі композиції на основі силікату натрію та наповнювачів із базальтового волокна, декстрину і оксиду титану можуть використовуватися як вогнезахисні покрив з атмосферостійкими властивостями для дерев'яних будівельних конструкційних елементів, що забезпечують потреби ринку та вимоги нормативно-технічних документів, для якої допускається втрата маси взірця до 9 %.

**Таблиця 3. Результати випробувань вогнезахисної ефективності**

№ взірця	Температура в камері до введення взірця, °С	Тривалість дії полум'я, с	Маса взірця, г			
			до оброблення	після оброблення	після випробування	втрата маси взірця після випробувань, г / %
1.1	200	120	153,68	173,81	159,21	14,60/8,4
1.2	200	120	166,21	183,74	167,20	16,54/9,0
1.3	200	120	159,97	176,34	161,01	15,33/8,7
2.1	200	120	143,61	156,83	144,60	12,23/7,8
2.2	200	120	154,82	166,18	153,88	12,30/7,4
2.3	200	120	159,37	172,44	158,82	13,62/7,9

Встановлено, що найбільш ефективним є покрив на основі рідкого скла (50%), декстрину (20%), базальтового волокна (10%), оксиду MgO/ TiO<sub>2</sub> (20%). Температуростійкі оксиди металів, декстрин і силікат натрію у складі покрив підвищують вогнестійкість – в умовах дії вогню, а силікат натрію і декстрин його атмосферостійкість в природних умовах. Отже, запропоновані покрив дають можливість перевести деревину з групи «горючої» до «помірно горючої».

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Tsapko, Y., Lomaha, V., Bondarenko, O. P., & Sukhanevych, M. (2020). Research of mechanism of fire protection with wood lacquer. In *Materials Science Forum* (Vol. 1006, pp. 32-40).
2. Пастухов П.В., Кочубей В.В., Лавренюк О.І., Михалічко Б.М. (2019). Хімічностійкі вогнезахисні покрив на основі модифікованих купрум (II) карбонатом епоксіамінних композицій. *Пожежна безпека*, (34), 66-71.
3. Веселівський Р.Б., Смоляк Д.В. (2021). Способи вогнезахисту металевих будівельних конструкцій. *Пожежна безпека*, 39, 63-76.
4. Вовк С. Я. Вплив органосилікатного покриве на вогнестійкість дерев'яних будівельних конструкцій. *Збірник наукових праць ЛДУ БЖД. Пожежна безпека*. №28. 2016. С.13–17.
5. Вовк С.Я., Пазен О.Ю., Придатко В.В., Ференц Н.О. Дослідження вогнезахисних покривів для дерев'яних конструкцій на основі силікату натрію. *Збірник наукових праць ЛДУБЖД. Пожежна безпека*. №40. 2022. С.16-24.

*T. H. Berezhanskyi, candidate of technical sciences, R.B. Veselivsky, candidate of technical sciences, associate professor, S. UA. Vovk, candidate of technical sciences, associate professor, O.U.Pazen, candidate of technical sciences, V.V.Pridatko, N.O. Ferents, candidate of technical sciences, associate professor, Lviv State University of Life Safety*

#### TEMPERATURE-FIRE-RESISTANT PROTECTIVE COATINGS FOR WOODEN STRUCTURAL ELEMENTS BASED ON METAL OXIDES

Development and research of atmospheric, temperature and fire-resistant compositions based on sodium silicate and fillers from basalt, dextrans and metal oxides, in particular titanium and magnesium oxide, to increase the fire resistance of wooden building structures is the main goal of research.



*А. І. Березовський, к.т.н., доцент, Б.Я. Копил,  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
НУЦЗ України*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЗДАТНОСТІ ВОГНЕЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ МЕТАЛЕВИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Одним з найголовніших завдань для забезпечення необхідного рівня пожежної безпеки при проведенні проектування різних будівель та споруд є застосування будівельних конструкцій із відповідними класами вогнестійкості [1]. Таким чином, будівельні конструкції, що відповідають необхідним класам вогнестійкості, дають можливість гарантувати безпечну евакуацію людей при виникненні пожежі. Отримання показників вогнестійкості будівельних конструкцій передбачаються декількома способами [2].

Безумовно, найбільш точні дані щодо вогнезахисної здатності вогнезахисного покриття металевих будівельних конструкцій можливо отримати при проведенні натурних вогневих випробувань [3]. Однак, даний метод є дорого вартісним та масштабним. Тому, крім цього способу існують: експериментальний метод та розрахунковий метод перевірки відповідності класам вогнестійкості будівельних конструкцій [4]. Виконання задач, пов'язаних з проведенням обчислювальних експериментів, представлені в дослідницьких роботах багатьох фахівців та експертів [5]. Переваги таких підходів щодо вирішення задач з вогнестійкості пов'язані з можливостями використовувати абсолютно різні матеріали, геометричні характеристики, і при цьому проведення обчислювальних експериментів значно менш затратні та трудомісткі порівняно з випробуваннями у спеціальних вогневих печах.

Метою роботи є вивчення можливості застосування комп'ютерного моделювання для розробки методики, щодо визначення вогнезахисної здатності вогнезахисних речовин, що спучуються, для сталевих конструкцій.

При побудові математичної моделі побудована кінцево-елемента сітка рис. 1. Математична модель вогнезахисної сталеві пластини повністю відтворює випробувальний зразок, що відповідає вимогам [6].

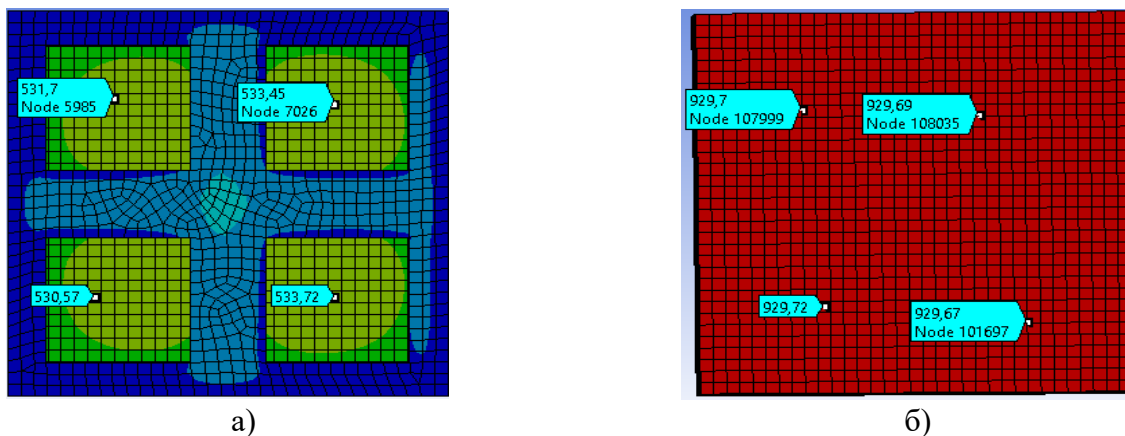


Рис. 1. Результати випробування сталеві пластини терміном 60 хвилин (а – не обігрівний бік пластини, б – обігрівний бік пластини).

Зразками практичного експерименту слугували сталеві пластини розміром 230×230 мм і товщиною 5 мм з нанесеними на них вогнезахисним покриттям. З необігріваного боку по центру сталевих пластин встановлювалася термопара типу ТХА, а сама сталеві пластина закривалася теплоізоляційною базальтовою плитою Rockwool завтовшки 100 мм і щільністю 120 кг/м<sup>3</sup>.

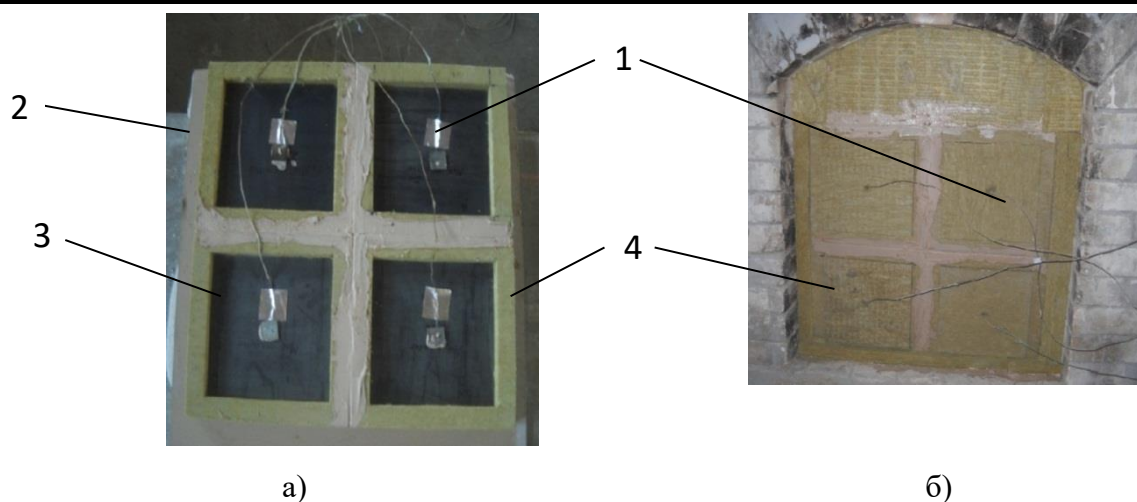


Рис. 2. Зразки (а): 1-термопара типу ТХА, 2-опорна конструкція для зразків, 3-сталева пластина з нанесеним вогнезахисним покриттям, 4-теплоізоляційна плита Rockwool і вертикальна випробувальна піч (б).

Математичне моделювання надає можливість отримувати показники поширення температури в будь-якій точці по всій поверхні. На рис. 1 місце, де відображені показники співпадають з місцями розташування температурних термопар у відповідності до експериментальних досліджень та згідно вимог [10].

#### ЛІТЕРАТУРА

1. EN 13501 Fire classification of construction products and building elements - Part 1: Classification using data from reaction to fire tests.
2. ДБН В.1.1-7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги». Міністерство регіонального розвитку та будівництва – 2017. – 35 с.
3. T.Shnal, S.Pozdieiev, R. Yakovchuk, O. Nekora, Development of a Mathematical Model of Fire Spreading in a Three-Storey Building Under Full-Scale Fire-Response Tests (Lecture Notes in Civil Engineering, 2021), 100 LNCE, pp. 419–428.
4. EN 1992-1-2 (2004) Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC].
5. Dao Duy Kien; Do Van Trinh; Khong Trong Toan; Le Ba Danh, Fire Resistance Evaluation of Reinforced Concrete Structures (5th International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD), 2020).
6. ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29:2010 Вогнезахисне оброблення будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання.

*BEREZOVSKYI Andriy PhD, assistant professor, KOPYL Bohdan  
Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil  
Defense of Ukraine*

#### STUDY OF THE FIRE PROTECTION CAPACITY OF THE FIRE PROTECTION COATING OF METAL BUILDING STRUCTURES

The problem of determining the fire-resistant ability of fire-resistant coatings of metal building structures is considered. The most accurate data on the fire-resistant ability of the fire-resistant coating of metal building structures can be obtained during full-scale fire tests. However, this method is expensive and large-scale. The purpose of the work is to study the possibility of using computer modeling for the development of a methodology for determining the fire protection ability of intumescent fire retardants for steel structures.

*Р.Б. Веселівський, к.т.н., доцент, Д.В. Смоляк, В.В. Придатко  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

## **ВОГНЕЗАХИСТ МЕТАЛЕВИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ШЛЯХОМ ШТУКАТУРЕННЯ**

При вогнезахисному штукатуренні особливу увагу необхідно приділити складу нанесеного штукатурного покриття та умовам його експлуатації. Фізичні, механічні та термічні властивості вогнезахисних штукатурок залежать від властивостей основного розчину покриття та співвідношення і кількості наповнювача [1].

Вогнезахисна штукатурка являє собою будівельну суміш, яка складається з цементного (гіпсового) складу із спеціальними добавками для підвищення теплоізоляційних та адгезійних властивостей. [2, 3]. При нанесенні вогнезахисної штукатурки на металеву будівельну конструкцію вона утворює захисний теплоізоляційний шар. Цей вогнезахисний склад, як правило, використовують для забезпечення меж вогнестійкості металевих будівельних конструкцій від 60 хв і більше. Вогнезахисні штукатурки представляють собою, як правило, цементно-вермікулітовий склад з комплексом спеціальних добавок, який утворює покриття з високою адгезійною здатністю до сталевих поверхонь. Склади поставляються у вигляді сухих будівельних сумішей, які наносяться на поверхню металоконструкцій товщиною 10-40 мм залежно від необхідного класу вогнестійкості, що досягає R240.

Основні характеристики вогнезахисних штукатурок наведено у таблиці 1 [3].

Таблиця 1

Характеристики основних видів вогнезахисних штукатурок

Властивості	Цементні	Гіпсові
Умови нанесення	Вище 5 °С, вологість не впливає	Вище 0 °С, вологість не впливає
Експлуатація	Всередині і зовні приміщень	Всередині приміщень (без захисного шару)
Леткі органічні сполуки	Ні	Ні
Час первинного висихання	24 год	3 год
Час набору основних характеристик міцності	28 діб з періодичним зволоженням поверхні	7 діб
Токсикологічні фактори	Мінімальний вплив	Мінімальний вплив
Режим пожежі	Стандартний	Стандартний

Одним з основних способів нанесення вогнезахисних штукатурок є напівсухе торкретування та механічний набризк [4]. Перед нанесенням вогнезахисних штукатурних покриттів поверхні очищують від іржі, бруду, фарби, пилу, масел, жирових та бітумних плям, солей, залишків бетону та розчину.

Поверхні, що оштукатурюються методом набризку, обов'язково змочуються водою для кращого зчеплення штукатурки із основою. Вогнезахист металевих будівельних конструкцій шляхом штукатурення також передбачає використання армувальної сітки, що як правило розташована на відстані 5...15 мм від поверхні, що обробляється. Віддаленість армувальної сітки від конструкції, що захищається залежить від товщини вогнезахисного покриття. При використанні вогнезахисних штукатурок слід здійснювати контроль за такими основними технологічними параметрами: якість в'язучого, об'ємна маса, зерновий

склад і вологість заповнювачів, точність дозування компонентів суміші і тривалість їх перемішування, об'ємна маса готової суміші, тиск повітря, витрати зволожувальної рідини, товщина нанесеного шару і якість опорядження його поверхні.

На рисунку 1 представлено вогнезахисне штукатурне покриття Protherm Light [5] до та після впливу пожежі.



Рисунок 1 – Вигляд вогнезахисного штукатурного покриття до та після впливу пожежі

Перелік та основні характеристики сертифікованих в Україні штукатурних вогнезахисних покриттів представлено у таблиці 2 [6].

Таблиця 5

Вогнезахисні штукатурки, що сертифіковані в Україні

Вогнезахисний матеріал	Тип вогнезахисного матеріалу	Клас вогне-стійкості	Термін експлуатації покриття
Вогнезахисне покриття Ammokote GP-240	Суша будівельна суміш	R150	≥ 10 років
Вогнезахисна штукатурна суміш FIBROGAINE	Суша будівельна суміш	EI30-180	≥ 10 років
Вогнезахисна речовина «Тесwoll F»	Суша будівельна суміш	R60 – R210	≥ 10 років
Вогнезахисне покриття «Vermiplaster»	Суша будівельна суміш	R120 – R210	≥ 10 років
Вогнезахисне покриття «Ендотерм 210104»	Суша будівельна суміш	R75 – R240	≥ 10 років

До переваг штукатурних вогнезахисних покриттів відноситься універсальність їх застосування для різних конструкцій та виробів. Цей вид вогнезахисту, завдяки екологічно-безпечним складникам, не має шкідливих впливів на людину та довкілля, не піддається гниттю та зараженню грибками. Вони також мають широку сферу застосування, тривалий термін експлуатації та довговічність. Навантаження на конструкцію внаслідок застосування штукатурного покриття не є значним, враховуючи щільність сухого покриття, що становить 400-600 кг/м<sup>3</sup>.

При суттєвих перевагах, існує і ряд недоліків при застосуванні вогнезахисних штукатурних покриттів, зокрема це: трудомісткість робіт, складність використання для захисту конструкцій складних форм (зв'язків будівельних конструкцій та елементів), обмеження застосування при підвищеній вологості. Цей спосіб вогнезахисту також буде впливати на загальний естетичний вигляд захищеної конструкції. На рисунку 2 зображено металеві конструкції, що оброблені штукатурним вогнезахисним покриттям.



Рисунок 2 – Металеві будівельні конструкції оброблені штукатурним вогнезахисним покриттям

Отже, розроблення складів штукатурних вогнезахисних покриттів, стійких до вологого середовища, з покращеними адгезійними властивостями, а також спрощення методів нанесення цих покриттів є актуальними та перспективними сьогодні.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Веселівський Р. Б., Смоляк Д.В. Способи вогнезахисту металевих будівельних конструкцій. *Пожежна безпека*. 2021. № 39. С. 63–76.
2. Правила з вогнезахисту : НАПБ Б.01.012-2019 [Чинний від 05.04.2019] Київ: Міністерство внутрішніх справ України, 2018..
3. Український центр сталевого будівництва. Рекомендації щодо вибору вогнезахисту : офіц. сайт. URL: <https://uscc.ua/vognezahyst-stalevyh-konstruktsiy> (дата звернення 12.11.2021).
4. Настанова з виконання робіт із застосуванням сухих будівельних сумішей : ДСТУ-Н Б В.2.6-212:2016 [Чинний від 01.04.2017]. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. 81 с.
5. Tekto hellas : офіц. сайт. URL: <https://www.tekto.gr/en/product/35-protherm-light> (дата звернення 10.11.2021).
6. Калафат К., Вахитова Л. Каталог средств огнезащиты стальных конструкций 2017. Публикация. Метінвест. 2017. 91 с.

*R.B. Veselivskyy, candidate of technical sciences, associate professor,  
D.V. Smolyak, V.V. Prydatko  
Lviv State University of Life Safety*

#### **FIRE PROTECTION OF METAL BUILDING STRUCTURES BY PLASTERING**

When applying fireproof plastering, special attention must be paid to the composition of the applied plaster coating and its operating conditions. The physical, mechanical and thermal properties of fire-resistant plasters depend on the properties of the main coating solution and the ratio and amount of the filler. Fire-resistant plasters are, as a rule, a cement-vermiculite composition with a complex of special additives, which forms a coating with high adhesion to steel surfaces.

The development of compositions of plaster fire-resistant coatings, resistant to wet environments, with improved adhesive properties, as well as simplification of the methods of applying these coatings are relevant and promising today.

С. Я. Вовк, канд. техн. наук, М.О.Мишук, І. А. Оношко,  
 О. Ю. Пазен, канд. техн. наук, В. В. Придатко, Н. О. Ференц, канд. техн. наук,  
 Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ СИЛІКАТУ НАТРІЮ

На сучасному етапі формування будівельної галузі, одними із поширених та простих у застосуванні є будівельні конструкції із деревини та металу. Враховуючи недовговічність і здатність дерев'яних конструкцій до займання та підтримання процесу горіння, втрати несучої спроможності металевих конструкцій під впливом підвищених температур, виникає гостра потреба у забезпеченні захисту від зовнішнього впливу. Елементарними варіантами захисту будівельних матеріалів і конструкцій є поверхневий захист вогнезахисними сумішами [1, 2]. Застосування вогнезахисних композицій на основі силікату натрію, базальтового волокна та оксидів металів для дерев'яних конструкцій дає можливість здійснити поверхневий захист дерев'яних будівельних матеріалів і конструкцій від впливу теплового випромінювання процесів горіння та одночасно від впливу вологи навколишнього середовища.

Опираючись на статистику та процес розвитку горіння, можемо стверджувати, що дослідження вогнезахисних композицій для дерев'яних та металевих конструкцій є актуальним [3].

Дослідники описують поведінку вогнезахисних засобів у момент формування теплоізоляційної структури. Вони встановили, що просочення характеризується розкладом антипіренів під дією температури з поглинанням тепла та виділенням негорючих газів, гальмуванням окиснення в газовій і конденсованій фазі та утворенням на поверхні деревини теплозахисного шару коксу. Найбільш ефективними засобами вогнезахисту деревини є покриття, що спучуються [4,5].

Аналіз ефективності вогнезахисних покривів проводився на основі низки випробувань конструктивних елементів де за основу поверхневого покриття було взято натрієве рідке скло, оксиди металів, декстрини та базальтове волокно (табл. 1).

**Таблиця 1. Склад та візріці розробленої вогнезахисної композиції**

№ з/п	Вміст натрієвого рідкого скла, мас. % за сухим залишком	Наповнювач, мас %						
		Декстрин	MgO	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZnO	Базальтове волокно	Товщина вогнезахисного покриття, мм
1	80	-	-	-	-	-	20	0,7
2	60	-	15	15	-	-	10	0,75
3	70	-	-	-	10	10	10	0,8
4	70	-	15	-	-	-	15	0,6
5	80	-	-	-	10	-	10	0,9
6	80	-	-	10	-	-	10	0,8
7	80	-	10	-	-	-	10	0,75
8	80	-	-	-	-	10	10	0,9
9	70	-	-	10	-	10	10	0,7
10	50	20	-	20	-	-	10	1,1
11	50	20	-	20	-	-	10	0,8
12	50	20	-	20	-	-	10	0,9
13	50	20	20	-	-	-	10	0,8
14	50	20	20	-	-	-	10	1,0
15	50	20	20	-	-	-	10	0,7

Випробування проводили на взірцях із порівняносухої деревини сосни густиною 500 кг/м<sup>3</sup>. Взірці деревини виготовляли у вигляді брусків з поперечним перерізом 30x60 мм і довжиною волокон 150 мм. Відхилення від розмірів не перевищувало ±1 мм. Бічна поверхня взірців оброблялась шліфувальним папером.

Витрату сухої вогнезахисної речовини обчислювали за формулою:

$$R_1 = \frac{m_1 - m_2}{F}, (1);$$

де:  $m_1$  – маса взірця перед спалюванням, г;

$m_2$  – маса взірця до нанесення покрив, г;

$F$  – площа поверхні взірця, м<sup>2</sup>.

Втрату маси, %, обчислювали з точністю до 0,1% за формулою

$$P = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1} \cdot 100 \%, (2);$$

де:  $m_1$  – маса взірця до випробування, г;

$m_2$  – маса взірця після випробування, г;

Результати випробувань зазначено (табл. 2)

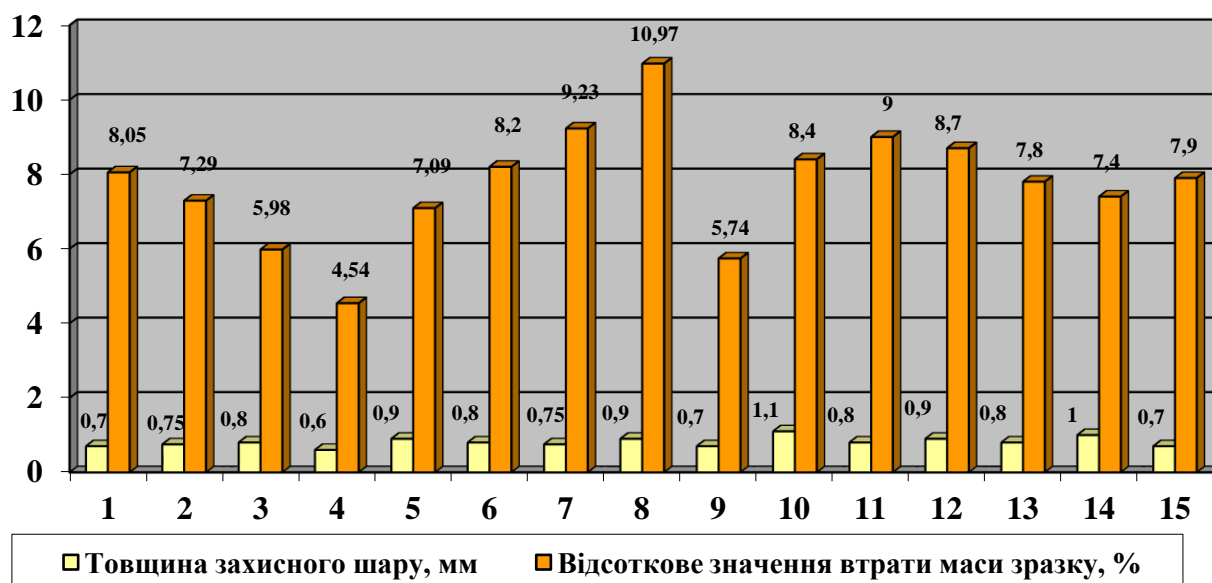
Залежно від втрати маси взірця можна встановити групу вогнезахисної ефективності, яка необхідна згідно з вимогами. Згідно з ГОСТ 16363-98 при втраті маси взірця не більше 9% для засобу вогнезахисту встановлюють I групу вогнезахисної ефективності. Якщо втрата маси перевищує 9%, але не більша 25%, для засобу вогнезахисту встановлюють II групу вогнезахисної ефективності. При втраті маси більше 25% вважають, що даний засіб не забезпечує вогнезахист деревини.

**Таблиця 2. Результати випробувань вогнезахисної ефективності**

№ взірця	Температура в камері до введення взірця, °С	Тривалість дії полум'я, с	Маса взірця, г			
			до оброблення	після оброблення	після випробування	втрата маси взірця після випробувань, г / %
1	200	120	150,22	156,92	144,29	12,63/8,05
2	200	120	139,69	154,84	143,55	11,29/7,29
3	200	120	169,79	180,73	169,93	10,80/5,98
4	200	120	143,57	156,62	149,51	7,11/4,54
5	200	120	178,42	186,34	173,12	13,22/7,09
6	200	120	174,22	184,82	169,66	15,16/8,2
7	200	120	179,31	192,97	175,16	17,81/9,23
8	200	120	187,13	194,55	173,21	21,34/10,97
9	200	120	155,95	161,68	152,40	9,28/5,74
10	200	120	153,68	173,81	159,21	14,60/8,4
11	200	120	166,21	183,74	167,20	16,54/9,0
12	200	120	159,97	176,34	161,01	15,33/8,7
13	200	120	143,61	156,83	144,60	12,23/7,8
14	200	120	154,82	166,18	153,88	12,30/7,4
15	200	120	159,37	172,44	158,82	13,62/7,9

Як показано (рис. 1), всі досліджувані композиції забезпечують вогнезахист деревини. Однак, найбільш ефективними є склади, які мають у формулі композиту 70% і вище складу рідкого натрієвого скла, базальтового волокна від 15%, а також оксидів MgO та TiO<sub>2</sub>, середнє значення втрати маси зразка якого становить 4,54% від загальної маси, що підтверджує важкозаймистість деревини та першу групу вогнезахисної ефективності, згідно з ГОСТ 16363-98.

**Залежність втрати маси зразку від товщини захисного шару композиції  
під час проведення вогневих випробувань**



Вогнезахисні покриття, що містять у своєму складі декстрини є більш стабільними до впливу високих температур, покриття, що містять високу частку оксидів металів MgO та TiO<sub>2</sub> забезпечують ефективну спучуваність, що підтвердилось низкою випробувань.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Tsapko, Y., Lomaha, V., Bondarenko, O. P., & Sukhanevych, M. (2020). Research of mechanism of fire protection with wood lacquer. In *Materials Science Forum* (Vol. 1006, pp. 32-40).
2. Пастухов П.В., Кочубей В.В., Лавренюк О.І., Михалічко Б.М. (2019). Хімічностіткі вогнезахисні покриття на основі модифікованих купрум (II) карбонатом епоксіамінних композицій. *Пожежна безпека*, (34), 66-71.
3. Веселівський Р.Б., Смоляк Д.В. (2021). Способи вогнезахисту металевих будівельних конструкцій. *Пожежна безпека*, 39, 63-76.
4. Вовк С. Я. Вплив органосилікатного покриття на вогнестійкість дерев'яних будівельних конструкцій. *Збірник наукових праць ЛДУ БЖД. Пожежна безпека*. №28. 2016. С.13-17.
5. Вовк С.Я., Пазен О.Ю., Придатко В.В., Ференц Н.О. Дослідження вогнезахисних покриттів для дерев'яних конструкцій на основі силікату натрію. *Збірник наукових праць ЛДУБЖД. Пожежна безпека*. №40. 2022. С.16-24.

*S. UA. Vovk, candidate of technical sciences, associate professor, M.O.Mishchuk,  
I.A.Onoshko, O.U.Pazen, candidate of technical sciences, V.V.Pridatko, N.O. Ferents,  
candidate of technical sciences, associate professor, Lviv State University of Life Safety*

#### ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF FIRE PROTECTION COATINGS BASED ON SODIUM SILICATE

The analysis of the effectiveness of fire-resistant coatings was carried out on the basis of a series of tests of structural elements where the surface coating was based on sodium liquid glass, metal oxides, dextrans and basalt fiber.

Fireproof coatings containing dextrans in their composition are more stable to the influence of high temperatures, coatings containing a high proportion of metal oxides MgO and TiO<sub>2</sub> provide effective swelling, which was confirmed by a number of tests.



*О. М. Григоренко, к.т.н., доцент, доц. каф.  
Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНТУМЕСЦЕНТНОГО ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ НАПОВНЕНОГО ЕПОКСИПОЛІМЕРУ**

Найперспективнішим способом забезпечення нормативної межі вогнестійкості будівельних конструкцій є вогнезахист за допомогою інтумесцентних вогнезахисних покриттів (ІВП). Засоби цього типу під дією полум'я спучуються з утворенням на поверхні будівельної конструкції вогнезахисного теплоізолюючого шару. Інтумесцентні вогнезахисні покриття є складними з точки зору взаємодії його основних компонентів: плівкоутворювача, карбонізуючого агенту, каталізатора (джерела кислоти), джерела вуглецю та газоутворювача [1]. Це спричиняє певні труднощі під час досліджень спрямованих на розробку нових рецептур ІВП, зокрема на дослідження їх вогнезахисної ефективності. Складність розробки нових рецептур ІВП полягає у необхідності підготовки великої кількості зразків для опрацювання плану експерименту та безпосередньо у складності методик випробувань. Вогнезахисна ефективність покриттів для протипожежного захисту металевих конструкцій може бути визначена проміжком часу від початку температурного впливу до моменту досягнення конструкції критичної температури. Одним із перспективних напрямків удосконалення рецептур ІВП є використання у якості плівкоутворювача епоксиполімерів, що, у свою чергу, викликає зацікавленість у дослідженні їх вогнезахисної ефективності.

У якості об'єкту дослідження використовували отримане у результаті попередніх розробок інтумесцентне вогнезахисне покриття ПАГ-2 [2], що виготовлене на основі епоксидного олігомеру ЕД-20 (ДСТУ-2093-92), затвердника поліетиленполіаміну (ПЕПА) (ТУ 2413-357-00203447-99), поліфосфату амонію (марка Exolit AP 422) та гідроксиду алюмінію (марка TS-303) у якості антипіренів та терморозширюваного графіту марки GRAFT EG-350 у якості додаткового джерела вуглецю.

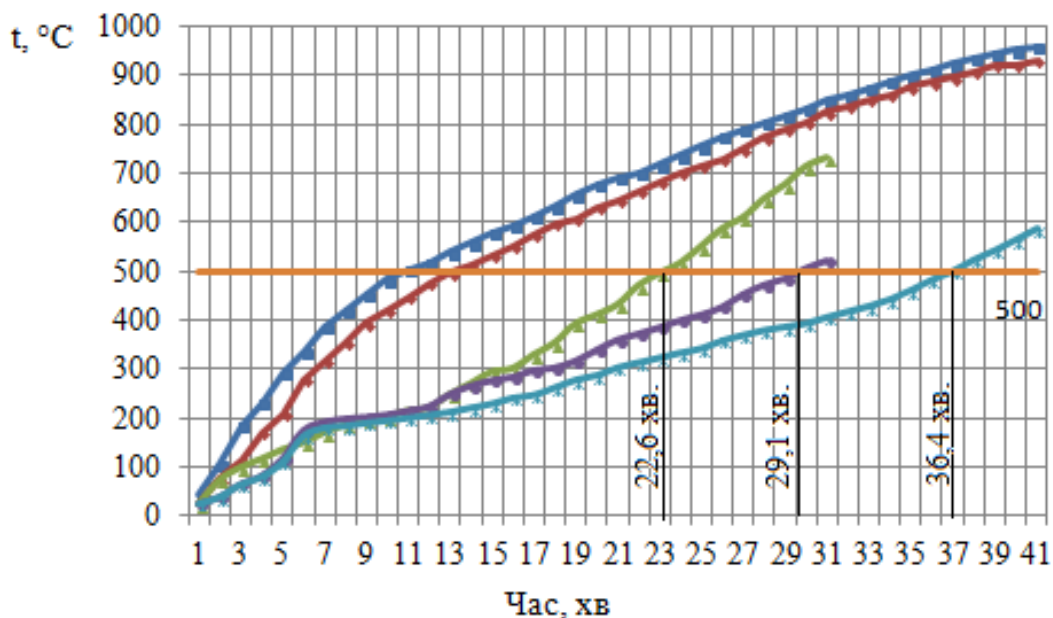
Для дослідження було обрано метод визначення вогнезахисної здатності вогнезахисних покривів для будівельних конструкцій з металу, що описаний в [3]. Сутність наведеного методу випробувань полягає у визначенні часу від початку температурного впливу за стандартним температурним режимом на сталеву пластину з нанесеним засобом вогнезахисту до підвищення її температури до критичного значення.

На відміну від методу [3], для випробувань використовували піч з меншим об'ємом випробувальної камери та зразки металевих пластин розмірами 120×120×3 мм. При цьому температурний режим печі є повільнішим від стандартного температурного. Дослідження вогнезахисної ефективності за таких умов є обґрунтованим, оскільки, як правило, зі зменшенням інтенсивності нагрівання ефективність вогнезахисту інтумесцентних покриттів знижується. Зняття значень температури здійснювали за допомогою термопар типу L. Для контролю температури всередині нагрівальної камери використовували одну термопару. Для контролю температури зворотного від нагрівальної камери боку пластинки, замість однієї термопари, що вимагає метод випробувань наведений у [3], використовували п'ять термопар, розміщених у п'яти точках: перша – в геометричному центрі зразка, а ще чотири – рівновіддалені від центральної точки по діагоналі, на відстані, що дорівнює 0,25 довжини цієї діагоналі. Для побудови залежності температури зовнішньої сторони пластини від часу брали середнє арифметичне значення температури виміряне у п'яти точках.

Ефективність вогнезахисного покриття визначали шляхом порівняння часу досягнення критичної температури (500 °С) на зовнішній стороні металевій пластини, що захищені вогнезахисними покриттями. Для порівняльної оцінки ефективності вогнезахисту використовували ІВП «Протерм Стил» та покриття на основі епоксидного полімеру

наповненого амофосом та інтеркальованим графітом (МАФ+ІГАК) [4]. Покриття на пластину наносили товщиною 1 мм для усіх досліджуваних зразків.

Залежність зміни температури всередині дослідної установки, на зовнішній стороні металевої пластини, а також на зовнішній стороні металевої пластини, захищеної вогнезахисним складом «Протерм Стил», епоксиполімером, наповненим МАФ+ІГАК та розробленим інтумесцентним вогнезахисним покриттям ПАГ-2 представлено на рис. 1.



**Рис. 1.** Залежність зміни температури всередині дослідної установки (1), на зовнішній стороні металевої пластини (2), а також на зовнішній стороні металевої пластини, захищеної вогнезахисним складом «Протерм Стил» (3), епоксиполімером, наповненим МАФ+ІГАК [5] (4) та покриттям ПАГ-2 (5).

Як видно із результатів досліджень (рис. 1), час прогрівання зовнішньої сторони незахищеної металевої пластини становить близько 12 хвилин, тоді як використання ІВП дозволяє відтермінувати цей час до 22,6 хв. при використанні для вогнезахисту покриття «Протерм Стил». При використанні відомого вогнезахисного покриття на основі епоксиполімеру, наповненого МАФ+ІГАК, час досягнення критичної температури становить 29,1 хв. Використання з метою вогнезахисту розробленого покриття ПАГ-2 дозволяє збільшити час прогрівання металевої пластини до 36,4 хв. Таким чином, ефективність вогнезахисту металу розробленим інтумесцентним вогнезахисним покриттям на епоксидній основі ПАГ-2 у 1,3 рази вище за відомі аналоги та в 1,6 разів вище за ІВП на водній основі.

Збільшення часу прогрівання зовнішньої сторони металевої пластини, захищеної епоксиполімером ПАГ-2, може бути пояснене за рахунок двох факторів: фізичного та хімічного.

Фізичний фактор полягає в утворенні міцного вуглецевого теплоізолюючого прошарку, що створює термоізолюючий бар'єр між джерелом теплового випромінювання та поверхнею металевої пластини. При цьому руйнування вуглецевого шару для покриттів на епоксидній основі відбувається за вищих температур, що пояснює кращий теплоізолюючий ефект покриттів МАФ+ІГАК та ПАГ-2.

Хімічний фактор пов'язаний із протіканням реакцій в системі «плівкоутворювач – карбонізуючий агент – кислотний агент – газоутворювач». Як видно із результатів досліджень (рис. 1), найкращий ефект досягається при використанні для вогнезахисту покриття ПАГ-2. Епоксиполімер, що наповнений МАФ+ІГАК, забезпечує утворення міцного коксового шару, що досягається за рахунок використання плівкоутворювача

схильного до карбонізації, а також додаткового карбонізуючого агенту у вигляді інтеркальованого графіту. На відміну від епоксиполімеру, що містить МАФ+ІАК, покриття ПАГ-2 крім додаткового джерела вуглецю у вигляді терморозширюваного графіту марки GRAFT EG-350, містить антипірен – гідроксид алюмінію марка TS-303. Поступове розкладання гідроксиду алюмінію у складі покриття має ендотермічний характер. Саме сукупністю факторів – утворенням міцного вуглецевого шару, що ускладнює тепло- і масообмін між поверхнею покриття та навколишнім середовищем, та перебігом ендотермічних реакцій між компонентами покриття, може бути пояснений ефект збільшення часу прогрівання зовнішньої сторони металевої пластини покриттям ПАГ-2 у 1,3 рази у порівнянні з відомим покриттям на епоксидній основі та у 1,6 разів з покриттям на водній основі.

У результаті досліджень встановлено, що використання з метою вогнезахисту розробленого покриття ПАГ-2 дозволяє забезпечити захист від прогрівання на зовнішній стороні металевої пластини до температури 500 °С впродовж 36,4 хв. Ефективність вогнезахисту покриттям на епоксидній основі ПАГ-2, оцінена шляхом порівняння часу прогрівання металевої пластини, у 1,3 рази вище за відомі аналоги на епоксидній основі та в 1,6 разів вище за ІВП на водній основі. Зазначений ефект досягається сукупністю факторів – утворенням міцного вуглецевого шару, що ускладнює тепло- і масообмін між поверхнею покриття та навколишнім середовищем, та перебігом ендотермічних реакцій між компонентами покриття.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Lucherini, A., & Maluk, C. Intumescent coatings used for the fire-safe design of steel structures: A review. *Journal of Constructional Steel Research*. 2019. Vol. 162. 105712.
2. О Нрыхоренко, Ye Zolkina, N Saienko, Yu Popov. Investigation of the Effect of Fillers on the Properties of the Expanded Coke Layer of Epoxyamine Compositions // IOP Conference Series: Problems of Emergency Situations: Materials and Technologies II. 2021. Vol. 1038, pp 539-546.
3. ДСТУ Б В.1.1-17:2007. Захист від пожежі. Вогнезахисні покриття для будівельних несучих металевих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності (ENV 13381-4:2002, NEQ). [Чинний від 2008-01-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2007. 60 с. (дата звернення: 19.05.2022).
4. Яковлева Р. А., Фомин С. Л., Сафонов Н. А., Безуглый А. М. Новые огнезащитные покрытия по металлу и идентификация их теплофизических свойств. *Научный вестник строительства*. 2008. № 48. С. 250–268.

О. М. Нрыхоренко, Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of Department  
National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

#### INVESTIGATION OF FIRE PROTECTION EFFECTIVENESS OF INTUMESCENT COATING BASED ON FILLED EPOXY POLYMER

The study of the fire-retardant efficiency of PAG-2 intumescent coating, made on the basis of epoxy oligomer, polyethylene polyamine hardener, ammonium polyphosphate and aluminum hydroxide as flame retardants and heat-expandable graphite as an additional carbon source, was conducted. It was established that the use of the investigated coating for the purpose of fire protection provides protection against heating on the outside of the metal plate up to a temperature of 500 °С for 36.4 min. The effectiveness of fire protection of metal with PAG-2 coating, evaluated by comparing the heating time of the metal plate, is 1.3 times higher than known epoxy-based analogs and 1.6 times higher than water-based intumescent fire-resistant coatings.

*О. А. Дерев'яно, кандидат технічних наук, доцент,  
Національний університет цивільного захисту України*  
**ПРИЛАД ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ОСЕРЕДКОВИХ ОЗНАК ПОЖЕЖІ**

Одним із основних питань, що вимагає вирішення при встановленні причини виникнення пожежі є питання встановлення осередку пожежі. Проблема отримання об'єктивних даних, необхідних для встановлення осередку пожежі та шляхів поширення горіння, залишається вкрай актуальною, особливо у випадках, коли неможливо дослідити предмети речової обстановки через їх руйнування і видалення з місця пожежі.

Відсутність у матеріалах щодо розслідування пожеж достовірних даних про їх осередок, як правило, робить хибними висновки про причину виникнення. Тому особливе значення на практиці має швидке, точне встановлення та документальна фіксація ознак, що вказують на положення осередку пожежі ще на стадії розслідування або дослідження пожеж.

Відомо, що більшість конструктивних або оздоблювальних матеріалів у приміщеннях мають велике значення опору електричному струму, яке значно перевищує  $10^6$  Ом. Під впливом різних факторів пожежі, особливо при осіданні кіптяви, значення опору поверхні може змінюватися у широких межах [1]. Тому для кількісної оцінки ступеня впливу факторів пожежі на ті чи інші конструктивні елементи будівель можливо та доцільно застосовувати прилади для визначення величини опору на поверхні.

Проведений аналіз ряду матеріалів дослідження пожеж, матеріалів пожежно-технічних експертиз і спеціальної літератури дозволяє стверджувати, що існуючі методи та прилади для визначення значень ознак осередку пожежі мають один, або декілька недоліків. Це робить неможливим, або незручним їх застосування на практиці. До таких недоліків можна віднести:

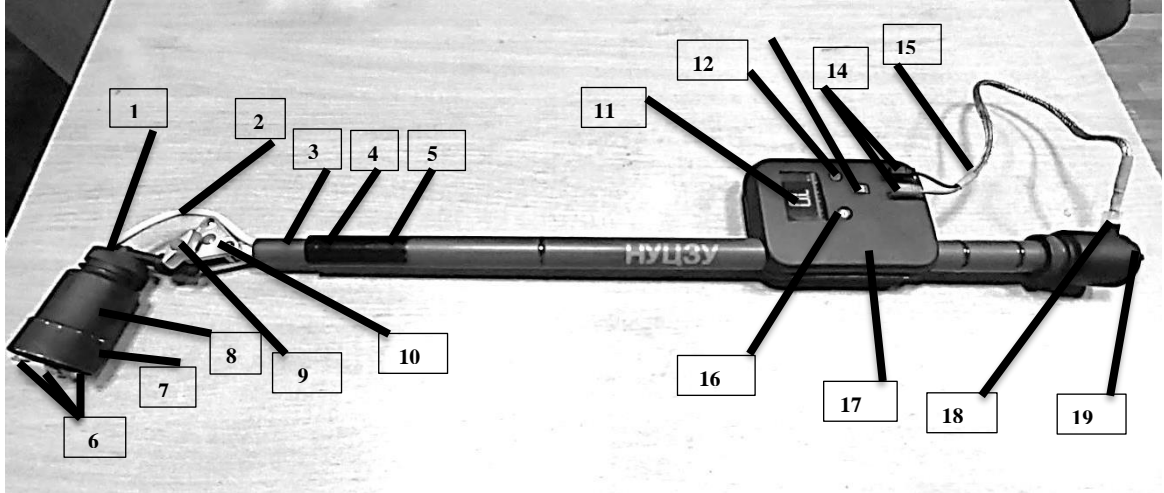
- необхідність значного часу проведення досліджень або можливості проведення досліджень тільки у лабораторних умовах;
- необхідність для роботи вимірювального пристрою стаціонарного електричного живлення, або автономного джерела живлення великої ємності;
- неможливість проводити дослідження на стелі та у верхній зоні приміщення де трапилася пожежа ;
- необхідність проведення послідовного дублювання вимірів у кожній точці, що досліджується;
- для одержання однорідних результатів вимірів необхідні навички роботи дослідника з приладом.

Для усунення виявлених недоліків і розширення можливостей застосування методу виявлення осередкових ознак пожежі по оцінці слою кіптяви було розроблено конструкцію та виготовлено дослідний зразок пристрою для вимірювання електричного опору шару кіптяви. Прилад є простим як конструктивно, так і у експлуатації. Він дозволяє проводити дослідження на місці пожежі за мінімальний час, у приміщеннях з різною висотою. Оператор має можливість регулювати висоту проведення вимірювань та кут нахилу датчика виміру (для проведення досліджень на стінах приміщення). Конструкція приладу дозволяє одержати три значення величини опору навколо точки виміру. Розроблена конструкція контактів забезпечує нормований та рівномірний притиск до поверхні, що закопчена. Це мінімізує вплив нерівностей і неоднорідності шару кіптяви. Метод, що покладено в основу роботи приладу, не потребує прив'язки до матеріалів поверхні, та робить візуально зрозумілим за якими точками виміру можна буде отримати достовірну інформацію (з урахуванням особливостей гасіння пожежі).

За розробленим алгоритмом застосування приладу проведено дослідження шару кіптяви у будівлях де виникли реальні пожежі. Виводи, щодо знаходження осередку пожежі, які зроблено за результати досліджень за допомогою пристрою, повністю співпали

з висновками, що одержані за показами свідків розвитку пожежі. Це підтверджує можливість застосування приладу на практиці.

З урахування властивостей кіптяви, були розроблені конструкція контактів, що мають амортизаційну фіксацію та визначену площу контактних площадок, які виготовлені з м'якого сплаву. Відстань між контактами фіксована для виявлення промахів вимірювання.



**Рис.1.- Приладу для виявлення осередкових ознак пожежі**

1-фіксатор контактної групи; 2- з'єднувальний кабель; 3,4,5-секції телескопічної штанги; 6- контактна група, 7- обмежувач ходу пружинного механізму контактних пар; 8- корпус контактної групи; 9- фіксатор механізму регулювання положення контактної групи; 10- механізму регулювання положення контактної групи; 11- цифровий індикатор; 12- клавіша фіксації значення опору; 13- клавіша перемикачів режимів роботи пристрою; 14- конектори контактних пар; 15- екранований з'єднувальний кабель; 16- клавіша ввімкнення/вимкнення приладу; 17- корпус вимірювального блоку; 18- конектор перемикача контактної групи; 19- корпус перемикача контактних пар контактної групи.

Практична апробація методу показала, що аналіз кіптяви на вогнетривких конструкціях дає можливість отримувати інформацію, що сприяє реконструкції пожежі, у разі незначного термічного впливу пожежі на конструкції, коли інші методи дослідження неорганічних будівельних матеріалів (на основі цементу, вапна, гіпсу, сталей та ін.) є малоефективними.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Didier Grondin, Philippe Breuil, Jean-Paul Viricelle, Philippe Vernoux. Modeling of the signal of a resistive soot sensor, influence of the soot nature and of the polarization voltage. Sensors and Actuators B: Chemical, Elsevier, 2019, 298, pp.126820.

*O. A. Derevyanko, candidate of technical sciences, associate professor, National University of Civil Defence of Ukraine*

## DEVICE FOR DETECTING FOCAL SIGNS OF FIRE

The design of a portable device for detecting focal signs of fire was developed and a prototype was made. The device allows you to quickly record quantitative and comparative values of the degree of fire impact on building elements (including in hard-to-reach places), by analyzing the degree of their smoke.

*В.І. Дивень, к.і.н., доцент, Ю.Ю. Дендаренко, к.т.н., доцент Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, О.Г. Доценко Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

### ІНЖЕНЕРНІ ОЦІНКИ ШВИДКОСТІ НАДХОДЖЕННЯ ДИМУ В АТРІУМ

Не можна стверджувати, що на сьогодні існує загальна теорія струменів диму, які підіймаються в атріумі від осередків пожежі, розташованих в приміщеннях, що виходять в атріум [1].

Одним з перших розрахункових методів входження повітря в потік диму, повертає навколо кута отвору чи балкона і потім піднімається догори, при цьому очевидно, що витратні коефіцієнти для вільного струменя приблизно в два рази більше коефіцієнтів для приєднаної струменя.

*Tomasot P.H.* запропонував розглядати струмінь, що піднімається в апроксимації «віддаленого струменя», що надходить від лінійного джерела нульової товщини, розташованого на деякій відстані нижче кута отвору в атріум.

$$M_1 = 0.58\rho \left[ \frac{gQ_w L^2}{\rho c T_0} \right]^{\frac{1}{3}} (h_B + \Delta) \times \left[ 1 + \frac{0.22(h_B + 2\Delta)}{L} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (1)$$

де  $M_1$  - масовий потік димових газів, в струмені на висоті  $h_B$ ,  $\text{кг} \times \text{с}^{-1}$ ;

$\rho$  - щільність гарячих газів на висоті  $h_B$ ,  $\text{кг} \times \text{с}^{-3}$ ;

$Q_w$  - конвективний тепловий потік в задимленій струмені, кВт;

$L$  - ширина отвору, після якого струмінь перетворюється в конвективну колонку, м;

$c$  - питома теплоємність повітря,  $\text{кДж} \times \text{кг}^{-1} \times \text{К}^{-1}$ ;

$T_0$  - абсолютна температура навколишнього повітря, К;

$\Delta$  - емпірична висота віртуального джерела нижче краю отвору, м;

$h_B$  - висота підйому конвективної колонки над краєм отвору, м.

Необхідно враховувати, що формула (1) виведена для випадку виходу шару диму безпосередньо під балкон атріуму. Наприклад, для випадку вільного струменя диму в атріумі, відкритих офісів і балки, яка виступає (поперечного екрану) висотою 1 м  $\Delta = 0,83$  Н. (Н - висота отвору в атріум). Було встановлено, що для об'ємно-планувальних рішень торгових центрів  $\Delta = 0,3\text{Н}$ . [2]. Цей результат строго відповідає умовам проведення експерименту, в якому вогнище пожежі в кімнаті, виходить в атріум, імітувався електричними тепло-обігрівачами.

Дослідження показали, що зі збільшенням температури струменя диму знижується швидкість залучення маси повітря в струмінь диму. Звідси випливає, що недооцінка підвищених температур в висхідній високотемпературній колонці і в самому резервуарі диму може призводити до помилки в оцінці необхідної продуктивності вентиляторів димовидалення. Вирази для оцінки надходить кількості диму в приміщення великого об'єму

$$M_1 = 0.4 \times (Q_c \times L^2)^{\frac{1}{3}} (D_B + 0.3h) \times [1 + 0.063(D_B + 0.6h)]^{\frac{2}{3}} \quad (2)$$

де  $Q_c$  - конвективна продуктивність вогнища пожежі, кВт;

$L$  - ширина струменя при стіканні її з балкона, м;

$D_B$  - товщина шару диму під балконом, м;

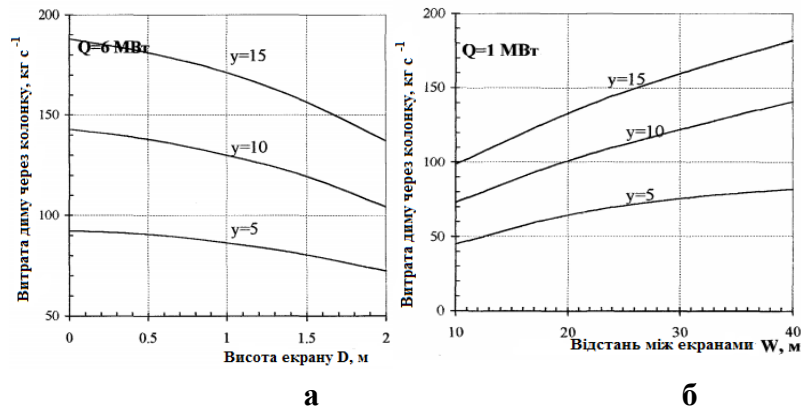
$h$  - висота розташування балкона над підлогою, м і

$Q_c$  визначається за формулою:

$$Q_c = (1 - \varphi) \times \eta Q_H^p \psi \times S \quad (3)$$

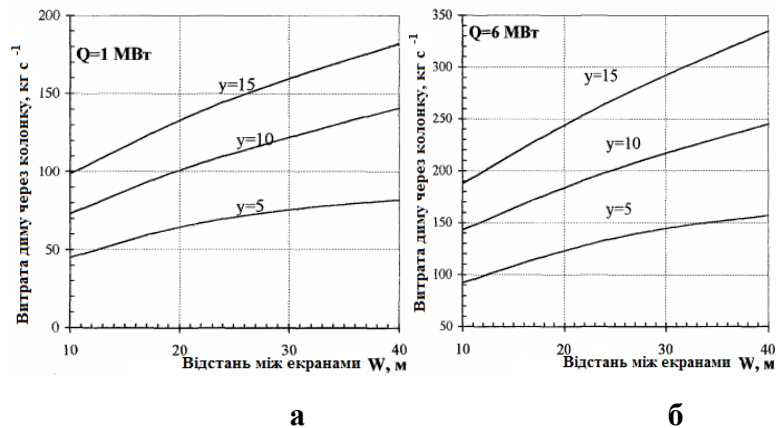
В Україні описано рух висхідних струменів диму в атріумі, Зазначений апарат дозволяє врахувати наявність балок (виступів, екранів) при вході в атріум, спрогнозувати вид струменя (вільна, приєднана), динаміку заповнення димом простору атріуму [3].

На рис. 1(а), (б) представлені залежності маси потоку диму, що виходить від величини уступу (висоти екрану) на вході в атріум для випадку використання і відсутності АУПГ в приміщенні осередку пожежі.



**Рис. 1 (а), (б) Обмеження масової витрати диму  $M_1$  з приміщення яке обладнане спринклерами в атріум за допомогою екранів перед атріумом:  $D$  – висота екрану, м,  $y$  – висота підйому струменя в атріумі, м. Периметр осередку пожежі  $P=12\text{м}$  (а) і (б)  $P=24\text{м}$**

Результати розрахунків, що дозволяють оцінити ефективність поздовжніх екранів, що зменшують ширину струменя диму, що входить в атріум, щодо обмеження величини масової витрати диму, що входить в під стельовий шар диму в атріумі наведені на рис. 2(а), (б)



**Рис. 2 (а), (б) Обмеження масової витрати диму  $M_1$  з приміщення яке обладнане спринклерами в атріум за допомогою екранів перед атріумом:  $y$  – висота підйому струменя в атріумі, м. Периметр осередку пожежі  $P=12\text{м}$  (а) і (б)  $P=24\text{м}$**

Зменшення масової витрати диму в конвективну колонку і, отже, димовий резервуар можна забезпечити за рахунок установки клапанів димовидалення на кожному ярусі атріуму, що зменшує розрахункову висоту підйому струменю і, отже, необхідні витрати диму.

Пожежі, що виникають на підлозі атріумів і дим від яких піднімається в верхню частину атріуму, що утворить резервуар диму, можуть бути описані, використовуючи виведені раніше співвідношення.

Для димовидалення з димового резервуара в атріумі широко використовується природна вентиляція. Швидкість димовидалення залежить від висоти димового резервуара, температури газів, площі прорізів, що відчиняються і як ми вже відзначали вище, від площі припливу повітря.

Співвідношення для витрати продуктів горіння, що видаляються з димового резервуара

$$M = A_v C_v \rho_0 \left[ \frac{2gD_B(T-T_0)T_0}{T^2 + \left(\frac{A_v C_v}{A_i C_i}\right)^2 T \times T_0} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

де  $A_v$  - розрахункова площа люків, фрамуг і інших отворів для димовидалення, м<sup>2</sup>;

$A_i$  - загальна площа отворів припливу повітря в атріум, м<sup>2</sup>;

$C_v$  - коефіцієнт ефективності (витрати) витяжного отвору ( $0,5 \leq C_v \leq 0,7$ );  $C_i$  - коефіцієнт ефективності (витрати) припливних отворів ( $C_i \cong 0,6$ );

$\rho_0$  - густина навколишнього повітря, кг×м<sup>-3</sup>;

$g = 9,8 \text{ м} \times \text{с}^{-2}$ ;

$D_B$  - висота шару диму нижче люка, м;

$T$  - температура димових газів в резервуарі, К;

$T_0$  - температура навколишнього повітря, К.

Перевага природного димовидалення полягає в простоті і надійності пристроїв для димовидалення, а також в резервах прийнятої системи димовидалення. У випадку збільшення площі і потужності пожежі в порівнянні з розрахунковими зростає температура димових газів і висота шару диму, що призводить до підвищення швидкості димовидалення.

При виборі місць установки люків димовидалення, фрамуг, що відкриваються при пожежі, слід забезпечити їх не задимлення при можливих напрямках вітру.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Саксон Р. «Атриумные здания» // Пер., с англ., Стройиздат, 1987. - 138 с.
2. ДБН В.2.2-9-2009 «Громадські будинки та споруди. Основні положення»
3. ДБН В.2.5-67:2013. «Опалення, вентиляція та кондиціонування»

Додаток В.

*V.I. Diven, PhD in Historic Sciences., Docent, Yu.Yu.Dendarenko, PhD in Technical Sciences, Docent, Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of the National University of Civil Defence of Ukraine, O.H. Dotsenko Institute of Public Administration and Scientific Research on Civil Protection*

#### ENGINEERING ESTIMATES OF THE SPEED OF SMOKE ENTRY INTO THE ATRIUM

The influence of volume and height planning solutions of the atrium on the time of filling the atrium with combustion products was studied. It was found that the high type of the atrium is the most dangerous fire factor in terms of the filling time.



Дорошенко Д.О., ад'юнкт, НУЦЗУ  
Ключка Ю.П., доктор технічних наук, с.н.с., НУЦЗУ

## ОЦІНКА ЧАСУ УТВОРЕННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ГАЗОПОВІТРЯНИХ СУМІШЕЙ У ЖИТЛОВОМУ СЕКТОРІ

Аварії техногенного характеру, а саме вибухи газоповітряної суміші в житлових будинках, на жаль, відбуваються систематично. Основними причинами даних випадків є: порушення вимог безпеки під час експлуатації, несправність технічного обладнання та ін. Так, на території України спостерігається низка надзвичайних ситуацій (далі - НС), у наслідок яких споживачі газу втрачають житло та стають жертвами інциденту.

За інформацією ДСНС України 28 січня 2022 у м. Запоріжжя в чотирьохповерховому житловому будинку стався вибух побутового газу без послідуочого горіння. Внаслідок вибуху загинула 1 особа та 2 - травмовані. Вибухом зруйновано елементи несучих конструкцій в межах одного під'їзду (пошкоджено 7 квартир). 26 вересня цього ж року у м. Сарни Рівненської області стався вибух в одноповерховому житловому будинку внаслідок чого 1 особа в тяжкому стані та вщент зруйнована будівля [1].



Рис. 1. Вибух газоповітряної суміші у м. Запоріжжя



Рис.2. Вибух газоповітряної суміші у м. Сарни Рівненської області

В роботах [2, 3] проаналізовано причини можливих аварій, час до досягнення критичних концентрацій в приміщенні та імовірність їх утворення за умови герметичності приміщення.

Вирішення задачі оцінки концентрації при наявності отворів, тощо потребує рішення нестационарних задач. В даному випадку рівняння зміни концентрації метану від часу в приміщенні можна записати як [4]:

$$\frac{dC}{dt} = \frac{100 q}{V} - \frac{L_{\text{вент}} C}{V} - \frac{D S_{\text{пр}} C}{V L_{\text{пр}}}, \quad (1)$$

де  $C$  – Об'ємна концентрація метану, %;  $q$  – витрата метану;  $D$  – коефіцієнт дифузії;  $S_{\text{пр}}$  – площа відкритого отвору (двері та ін.),  $V$  – об'єм приміщення;  $L_{\text{вент}}$  - вентиляційна витрата;  $L_{\text{пр}}$  – характерна відстань від джерела витіку до відкритого отвору.

На рис. 3 відповідно до (1) наведено залежності концентрації метану від часу при різних значеннях витрати метану та площі отвору.

Аналіз отриманих результатів показує, що частка газу, яка залишається в приміщенні та може прийняти участь у вибусі лежить в широкому інтервалі значень від 20 до 80%.

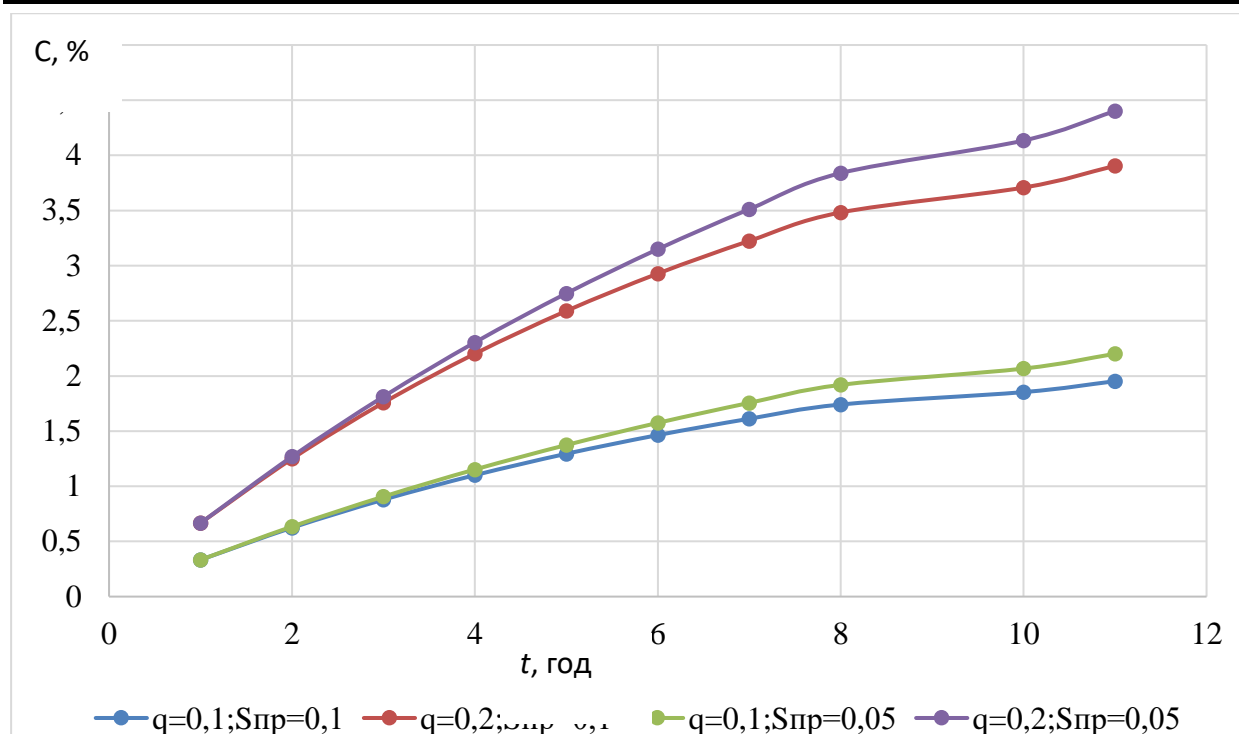


Рис. 3. Залежність концентрації метану від часу

## ЛІТЕРАТУРА

1. Інформаційно – аналітична довідка про виникнення НС в Україні. URL: <https://www.dsns.gov.ua>.
2. Ю.П. Ключка, Д.О. Дорошенко, О.П. Михайлюк. Аналіз наслідків вибухів та умов утворення газоповітряних сумішей у житлових будівлях. Проблеми пожежної безпеки. Харків: НУЦЗУ, 2020. Вип. 48. С.37-44.
3. Daria Doroshenko, Yuriy Klyuchka. Assessment of the probability of forming a fire-explosive concentration in the room. Proceedings of the 3rd International Conference on Central European Critical Infrastructure Protection. Budapest, Hungary, 2021. pp.20
4. А.А. Комаров. Fundamentals of explosion protection for facilities and their surroundings. Academy of State Fire Service of Ministry of Emergency Situations, 2015. pp. 20.

Daria Doroshenko, PhD student (adjunct), NUCDU  
 Yuriy Klyuchka, Doctor of technical Science, senior research fellow, NUCDU

### PROBABILITY OF FORMATION OF EXPLOSIVE GAS-AIR MIXTURES IN THE RESIDENTIAL SECTOR

To analyze the causes of explosions of gas-air mixtures and assess their consequences, it is necessary to investigate the probability of establishing fire-explosive concentrations in the building. In order to assess the risks of explosion of gas-air mixtures, it is necessary to know the probability of creating such mixtures. For this purpose, the study of the admissibility of the formation of gas-air mixtures was carried out. The dependence of the distribution function on the gas flow rate is established.

*Ю.Д.Древаль, доктор наук з державного управління,  
професор кафедри охорони праці та техногенно-екологічної безпеки  
Національний університет цивільного захисту України, м. Харків,  
Л.О.Мітюк, доцент каф.ОППЦБ ННІЕЕ «КПІ ім. І.Сікорського»  
А.О. Вірик, студент ННІЕЕ «КПІ ім. І.Сікорського»*

## **ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА У ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ**

Серйозною проблемою для багатьох закладів освіти є брак сучасних систем пожежної сигналізації та оповіщення про пожежу. Найчастіше причиною того, що в закладах освіти немає систем пожежної сигналізації та оповіщення є недостатнє фінансування. Однак відсутність систем протипожежного захисту - порушення вимог законодавства у сфері пожежної безпеки, що створює загрозу життю та здоров'ю людей. Тому на сьогодні забезпечення закладів системами протипожежного захисту є одним з пріоритетних завдань. Окрім того, у разі пожежі може бути несвоєчасне повідомлення про пожежу і пізні оповіщення, що підвищує імовірність настання самих негативних і трагічних наслідків. Понад 70% закладів освіти України не відповідають вимогам протипожежної безпеки та перебувають під загрозою закриття або призупинення діяльності.

**Системи протипожежного захисту (СПЗ)** – це комплекс технічних засобів, встановлений на об'єкті, призначений для виявлення, локалізації та ліквідації пожежі без втручання людини, захисту людей, матеріальних цінностей та довкілля від впливу небезпечних факторів пожежі. Системи протипожежного захисту в усьому світі і в Україні зокрема строго регламентовано. Із кожним роком норми щодо пожежної безпеки об'єктів посилюються, приводяться у відповідність до європейських.

### **До складу систем протипожежного захисту належать:**

- система пожежної сигналізації;
- автоматична / автономна система пожежогасіння;
- система оповіщення про пожежу та управління евакуацією;
- система протидимного захисту;
- система централізованого пожежного спостереження;
- система диспетчеризації СПЗ.

Також до складу систем протипожежного захисту можна віднести: грозозахист, пожежні ліфти, пожежні крани і кран-комплекти, протипожежні двері, ворота, завіси тощо.

### **Системи пожежної сигналізації повинні:**

- виявляти ознаки пожежі на ранній стадії;
- передавати тривожні сповіщення до пристроїв передавання пожежної тривоги та попередження про несправність;
- формувати сигнали управління для систем протипожежного захисту та іншого інженерного обладнання, що задіяне під час пожежі;
- сигналізувати про свою несправність.

Якщо для захисту окремих пожежонебезпечних ділянок у приміщеннях, які згідно з нормативними документами не обов'язково оснащувати автоматичними системами пожежогасіння, застосовують автономні системи пожежогасіння, ці приміщення можуть забезпечуватися первинними засобами пожежогасіння на 50% їх норм належності для цих приміщень. Дитячі заклади поза межами населених пунктів необхідно забезпечувати засобами зв'язку, які дають змогу використання їх для передавання повідомлення про пожежу в будь-який час доби. Ці об'єкти з масовим перебуванням людей повинні мати телефонний зв'язок із найближчим пожежно-рятувальним підрозділом або центром прийняття тривожних оповіщень населеного пункту.

Системи автоматичного пожежогасіння, на відміну від систем ручного пожежогасіння і систем, керованих оператором, приводяться в дію пожежною автоматикою і забезпечують оперативне гасіння вогнища загоряння без участі людини.

### **Вимоги до автоматичних систем пожежогасіння (АСПГ):**

- час, за який система спрацьовує, повинен бути меншим за тривалість початкової стадії розвитку пожежі;
- розрахунок оптимальної інтенсивності подачі та необхідної концентрації вогнегасної речовини;
- локалізація пожежі протягом часу, який потрібен на те, щоб оперативні сили та засоби було введено в дію.

**Автономна система пожежогасіння локального застосування** – це система пожежогасіння, яка виконує функції виявлення ознак горіння та подавання вогнегасної речовини без втручання людини незалежно від зовнішніх джерел живлення та систем управління і призначена для подавання і розподілення вогнегасної речовини по частині простору або поверхні об'єкта протипожежного захисту. Автономні системи пожежогасіння створені спеціально для локалізації та гасіння пожеж на початкових стадіях без втручання людини в замкнених або частково замкнених об'ємах з використанням малої кількості вогнегасної речовини. Вони не залежать від зовнішніх джерел живлення, спрацьовують автономно у разі температури 120–170 °С залежно від типу системи.

### **Системи оповіщення про пожежу та управління евакуюванням людей.**

Система оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей призначена для оповіщення людей, які перебувають у будинку, про виникнення пожежі.

Оповіщення здійснюється в один з таких способів або їх комбінацією:

- передача звукових, а також, за потреби, світлових сигналів оповіщення у всі приміщення будинку;
- трансляція мовленнєвих повідомлень про пожежу;
- передача в окремі зони приміщення повідомлень про місце виникнення пожежі, про шляхи евакуації та дії, що забезпечують особисту безпеку;
- увімкнення світлових вказівників рекомендованого напрямку евакуації;
- увімкнення освітлення евакуації.

За способами оповіщення СО поділяють на:

- світлові (візуальні);
- звукові (вказують виходи і шляхи евакуації);
- мовні (оповіщають про виникнення пожежі);
- комбіновані (програмно-інформаційні комплекси мовного оповіщення).

СО з використанням світлової сигналізації складається із світлових оповіщувачів, світлових вказівників, знаків, табло або інших пристроїв, сигнальна інформація від яких створюється подачею сигналу управління. При цьому світлові системи оповіщення може бути застосовано, якщо неможливо забезпечити оповіщення звуковими та мовленнєвими оповіщувачами.

### **Системи протидимного захисту**

Припливно-витяжну протидимову вентиляцію для видалення диму привиникненні пожежі передбачають і проектують з метою:

- забезпечення евакуації людей;
- сприяння проведенню пожежно-рятувальних робіт;
- зниження теплового температурного навантаження на несучі конструкції будинку;
- уповільнення поширення вогню та осідання летких продуктів згорання.

### **Системи централізованого пожежного спостереження та системи диспетчеризації**

Системи централізованого пожежного спостереження та системи диспетчеризації СПЗ покликані забезпечувати контроль та електрокерування роботою СПЗ. Центральний пункт управління розміщується у приміщенні пожежного поста і виконує такі функції:

- інтегрування автоматичних систем протипожежного захисту із системами та устаткуванням, які не належать до СПЗ, але задіяні у створенні безпечних умов для людей на об'єкті у разі займання;
- відображення інформації текстовим та графічним способом про стан та зміни режимів роботи СПЗ та інших систем і устаткування;
- дистанційне керування та моніторинг функцій СПЗ та іншого устаткування і систем;
- реєстрація та документування усіх ситуацій та подій, що виникають у СПЗ;
- розмежування доступу до програмних комплексів для різних рівнів.

Важливе значення має найбільш раннє виявлення пожежі у закладі освіти, для цього слід використовувати сучасні засоби виявлення загорянь, наприклад, аспіраційну систему пожежної сигналізації, що дає змогу виявляти продукти горіння на ранній стадії (до появи видимого диму або вогню).

Увесь комплекс протипожежного захисту повинен працювати як єдина система, усі системи повинні взаємодіяти на апаратному рівні, мати певний запас міцності для надійної роботи в екстремальних умовах і автономне електроживлення.

**Важливими чинниками для ефективного захисту навчального закладу є:**

- організація в закладі цілодобового посту спостереження за системами протипожежного захисту;
- передача повідомлень на міський пульти централізованого спостереження пожежної охорони;
- своєчасне і якісне технічне обслуговування СПЗ.

## ЛІТЕРАТУРА

1. “Протипожежна безпека у закладах освіти: проблема територіальних громад чи держави?” - <https://gurt.org.ua/news/informator/68638/>
2. “Пожежна безпека у закладах освіти” - <https://www.auc.org.ua/novyna/pozhezhna-bezpeka-u-zakladah-osvity-rekomendaciyi-eksperta>
3. Вимоги пожежної безпеки в закладах освіти - <https://ohoronapraci.kiev.ua/article/news/vimogi-pozeznoi-bezpeki-v-zakladah-osviti>

*Yu.D. Dreval, Doctor in Public Administration, Professor, Professor Department of Occupational Safety and Technogenic and Ecological Safety, National University of Civil Defense of Ukraine*

*L. O. Mitiuk., Ph. D., Docent of Department of Labor, Industrial and Civil Security, Andrii Viryk, stud. SEIEE. National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

## FIRE SAFETY IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS.

The absence of fire protection systems is a violation of the requirements of legislation in the field of fire safety, which poses a threat to people's lives and health. Therefore, today, providing facilities with fire protection systems is one of the priority tasks. The fire protection system in educational institutions, which consists of a fire alarm system, is analyzed; automatic / autonomous fire extinguishing system; fire alarm and evacuation control systems, smoke protection systems and centralized fire monitoring systems.

*П.І.Заїка, к.т.н., доцент, О.В.Костирка, к.т.н., доцент, Н.П.Заїка, ад'юнкт,  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного  
університету цивільного захисту України*

## **ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПІНОПОЛІСТИРОЛУ ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ**

Вперше пінополістирол був створений в Німеччині в 1839 році. З тих пір він міцно увійшов у світову будівельну та промислову індустрію.

У 1951 р був винайдений безпресовий пінополістирол (стиропор), який на сьогоднішній день є найбільш затребуваним на будівельному ринку.

Пінополістирол - матеріал, що складається з окремих газонаповнених полістирольних осередків. Він легкий, плавучий, демонструє високі тепло-, звуко-, електроізоляційні характеристики. Його властивості залежать від ступеня спінювання, будови осередків, хімічної складової полімеру.

Пінополістирол виготовляється з дотриманням європейських стандартів, тому він екологічно безпечний. Матеріал може використовуватися для виробництва упаковки для харчових продуктів, так як відповідає вимогам міністерства охорони здоров'я України.

Застосування пінополістиролу набуває все більш широкого поширення. Якісний пінополістирол істотно зменшує тепловтрати будівлі, при цьому зведена утеплювальна система буде в рамках навіть обмеженого бюджету.

Переваги пінополістиролу як утеплювача:

- Низька теплопровідність. Гранула пінополістиролу складається з безлічі мікроскопічних осередків з повітрям, який створює надійний бар'єр тепловтрат.
- Звукоізоляція. Матеріал значно скорочує потрапляння сторонніх звуків із зовні в приміщення і назад.
- Відсутність негативного впливу на здоров'я людей і тварин. Пінополістирол не виділяє токсичних речовин, тому безпечний для використання. Екологічна чистота матеріалу підтверджена гігієнічними висновками і відповідними сертифікатами.
- Довговічність. Термін служби пінополістиролу практично не обмежений, тому що цей утеплювач не гниє і не боїться атаки грибків і інших мікроорганізмів.
- Пожежна безпека. Якісний пінополістирол для теплоізоляції має в своєму складі антипірен, який забезпечує самозагасання матеріалу після впливу на нього відкритого вогню.
- Легкість утеплювача забезпечує мінімальне несуче навантаження на стіни і фундамент будівель - якість, особливо актуальна для багатоповерхівок. Крім того, незначна вага і стандартні розміри пінополістиролу полегшують його монтаж і транспортування.
- Широка сфера застосування. Пінополістирол застосовується для зовнішнього утеплення будинку, для захисту стін, стелі, підлоги і цоколя. Матеріал підходить для будівель будь-якого призначення.

Також пінополістирол використовують при утепленні:

- при будівництві доріг і залізничних полотен;
- утепленні спортивних майданчиків, відкритих басейнів;
- утепленні холодильних установок.

Пінополістирол - матеріал з широким спектром можливостей. Але його поведінка при експлуатації залежить від умов застосування. Нецільове використання матеріалу не може гарантувати збереження пінополістиролом своїх первинних властивостей. Так, наприклад, при фарбуванні необхідно використовувати тільки водно-дисперсійні фарби, щоб зберегти цілісність структури пінополістиролу. Поширені види фарби на масляній основі мають в складі розчинник, контакту з яким пінополістирол не витримає.

Не любить пінополістирол прямих сонячних променів. Вони його руйнують – при постійному ультрафіолетовому опроміненні матеріал стає спочатку менш пружним, втрачаючи міцність. Після цього справу руйнації довершують сніг, дощ і вітер.

При утепленні пінополістиролом внутрішніх стін потрібно розуміти, що його повітропроникність низька. Тому необхідно влаштовувати системи примусової вентиляції приміщення.

Ще один недолік утеплювача полягає в тому, що під дією високої температури екструдований пінополістирол плавиться та виділяє велику кількість токсичних газів і диму. Зокрема, при горінні пінополістиролу виділяється значна кількість фосгену – отруйного газу, який може вбити людину з третього вдиху. При контакті з легенями він негативно впливає на альвеоли, блокуючи їхню здатність пропускати кисень. Через 8 годин легені набрякають, а ритм дихання частішає до 60-70 вдихів-видихів на хвилину. Протиотрути від фосгену не існує. Вперше його використали як зброю масового ураження під час Першої Світової війни. Оскільки він не мав різкого запаху, тим самим ставав непомітним. Отже, використання екструдованого пінополістиролу вимагає дотримання вимог правил пожежної безпеки.

Рекомендують використовувати конструкції, в яких у пінополістиролу мінімум шансів для прямого контакту з відкритим полум'ям. Утеплювач з додаванням антипіренів вважається самозатухаючим. На упаковці є спеціальне маркування, яке про це свідчить. Якщо прямий контакт з вогнем припиняється, матеріал через деякий час перестає горіти. Утеплювач ні в якому разі не можна застосовувати для теплоізоляції саун, лазень, а також теплотрас. Температура горіння пінополістиролу – від 80 градусів.

Як показує практика, в разі пожежі конструкції, для утеплення яких був використаний такий матеріал, витримують як мінімум п'ятнадцять хвилин дії полум'я (без прямої загрози бути зруйнованими). Цього часу цілком вистачає для безпечної евакуації людей. При тривалих температурних навантаженнях понад 100 градусів, пінополістирол розм'якшується і деформується. При цьому він витримує короткострокові впливу температур вище цього показника. Наприклад, при склеюванні гарячим бітумом.

Незважаючи на те, що цей матеріал має більш високу вартість у порівнянні зі звичайним пінопластом, його застосування вважається економічно виправданим. Завдяки тому що екструдований пінополістирол більш міцний і довговічний, з його допомогою можна створити надійну і ефективну теплоізоляцію, яка справно прослужить багато років при обов'язковому дотриманні вимог пожежної безпеки.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Пінопласти // Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури / Р. А. Шмиг, В. М. Боярчук, І. М. Добрянський, В. М. Барабаш; за заг. ред. Р. А. Шмига. — Львів, 2010. — С. 151.

*Petro Zaika- PhD, docent, Olesia Kostyrka - PhD, docent,  
Nataliya Zayika, adyunkt,*

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

## MAIN CHARACTERISTICS OF POLYSTYRENE FOAM AND ITS USE

Styrofoam is widely used in buildings of various purposes as an effective insulation. When using polystyrene foam, it is necessary to take into account its environmental, operational properties and requirements for ensuring fire safety.

**Key words:** styrofoam, heater, thermal conductivity, thermal insulation, fire security.

*А.І. Ковальов, к.т.н., с.н.с., Ю.А. Отрош, д.т.н., проф., НУЦЗ України, Р.Р. Пурденко,  
Приватне підприємство «ПроектБудСтар»*

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ВОГНЕЗАХИЩЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН**

Забезпечення безпеки людей і матеріальних цінностей необхідно виконувати з урахуванням усіх стадій життєвого циклу об'єктів, таких як науковий супровід та моніторинг, проектування, будівництво, експлуатація, а також виключати виникнення пожеж.

Запобігти виникненню пожежі дозволяють технічні засоби та організаційні заходи, за яких ймовірність виникнення та розвитку пожежі не перевищує унормованого допустимого значення.

Одним з факторів, на якому ґрунтується пожежна безпека під час проектування, будівництва, реконструкції, та зміни функціонального призначення будівель та споруд різного призначення є забезпечення вогнестійкості будівельних конструкцій. Умовою зниження незворотних наслідків пожеж на об'єктах різного призначення є збереження несучої здатності будівельних, конструкцій технологічних споруд і комунікацій.

Зазначені вимоги стійкості забезпечуються комплексом заходів, що передбачаються як технологією виробництва, так і застосуванням ефективних вогнезахисних покриттів будівельних конструкцій.

Тому в умовах глобалізації та збільшення загроз для людини перше місце відіграє саме збереження стійкості будівель та споруд в умовах пожеж, а також збереження їх функціонального призначення після таких впливів.

Створення методу оцінювання вогнестійкості вогнезахисних залізобетонних будівельних конструкцій з науково обґрунтованими параметрами вогнезахисних покриттів є актуальною проблемою. Розв'язання проблеми призведе до підвищення точності розрахунку при нестационарному прогріву вогнезахисних залізобетонних колон з достатньою для інженерних розрахунків точністю.

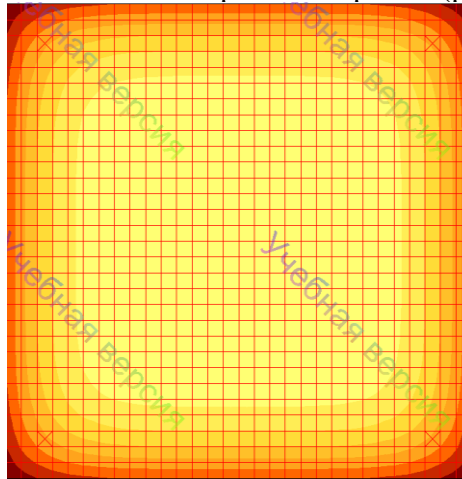
Існуючі підходи до оцінювання вогнестійкості залізобетонних конструкцій опираються на експериментальні та частково розрахункові процедури [1]. Очевидно, що подібні підходи дозволяють знаходити прийнятні рішення тільки в тому випадку, якщо кожного разу проводити експериментальні випробування одного типу та розмірів залізобетонної колони. Для розрахункового методу це діє, якщо відомі з заданою точністю параметри теплової моделі та відомий математичний опис процесу в системі «залізобетонна колона-вогнезахисне покриття». Із цього випливає, що порушення вказаних умов не дасть можливості для отримання оптимальних рішень для теплотехнічного розрахунку вогнезахисної залізобетонної колони.

Таким чином, проблема може бути розв'язана шляхом розробки скінченно-елементної моделі для оцінювання вогнестійкості вогнезахисних залізобетонних колон з науково обґрунтованими параметрами вогнезахисних покриттів. Розроблена модель повинна базуватися на отриманні результатів з достатньою для інженерних розрахунків точністю як з використанням даних експериментальних досліджень, так і за результатами чисельного моделювання в сучасних програмних комплексах [2].

Використовуючи результати випробувань на вогнестійкість виконано чисельне моделювання прогріву залізобетонної колони в програмному комплексі ЛПА-САПР (ліцензія № 1/8583 від 16.02.2022). Було змодельовано поперечний переріз залізобетонної колони в 15-й ознаці схеми в програмному середовищі ЛПА-САПР. Розроблена модель враховує радіаційно-конвективний теплообмін у газовому середовищі від джерела теплового впливу до поверхні конструкції та теплообмін теплопровідністю у залізобетонній колоні.



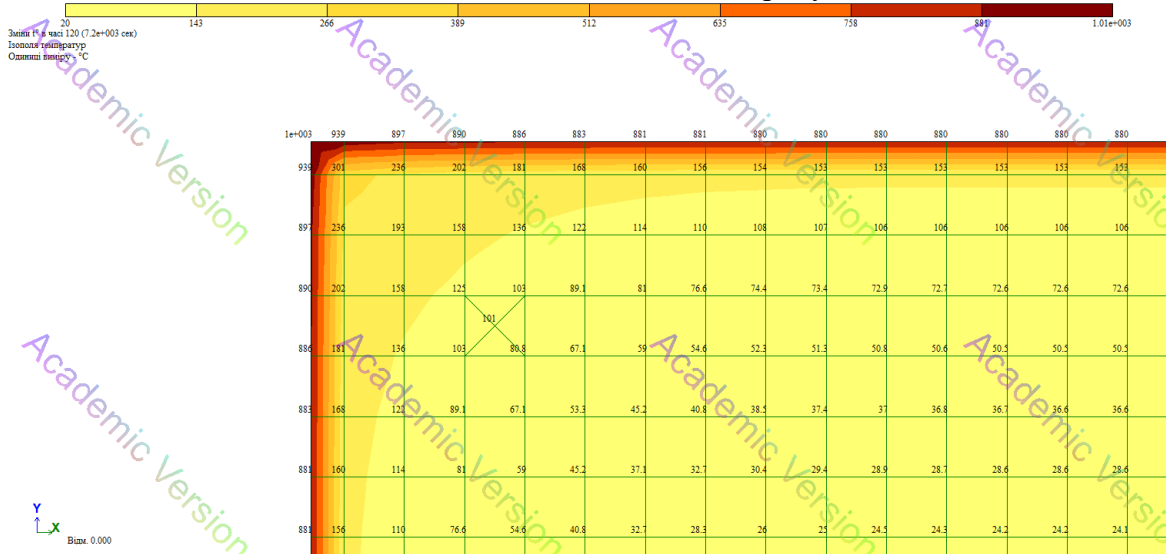
В результаті чисельного моделювання були отримані розподіли температур у залізобетонній колоні на 120 хвилині вогневого впливу за стандартним температурним режимом пожежі при обігріві колоні з чотирьох поверхонь (рис. 1).



**Рис. 1. Розподіл температур в незахищеній залізобетонній колоні на 120 хвилині випробування**

За 120 хвилин прогріву за стандартним температурним режимом пожежі арматурні стержні колоні прогрілися до  $400^{\circ}\text{C}$ .

Наступним кроком побудови моделі було проектування вогнезахисту у вигляді пасивного вогнезахисного покриття відповідної товщини (в даному випадку 11 мм) з заданими параметрами арматури і бетону. На рис. 2 зображено теплотехнічний розрахунок вогнезахисненої залізобетонної колоні на 120 хвилині випробування.



**Рис. 2. Розподіл температур у вогнезахисненій залізобетонній колоні на 120 хвилині випробування**

Як видно із рис. 2, товщина пасивного вогнезахисного покриття 11 мм дозволяє знизити температуру прогріву арматурних стержнів на 120 хвилині вогневого впливу в 4 рази. Ця обставина вказує на ефективність використання вогнезахиснених залізобетонних конструкцій і дозволяє проектувати вогнезахист залізобетонних колон в залежності від умов забезпечення необхідних меж вогнестійкості конструкцій [3].

Підтвердженням адекватності розробленої моделі є задовільна збіжність експериментальних та розрахункових температур. Найбільше відхилення температури спостерігалось на 20 хвилині розрахунку і становило  $39^{\circ}\text{C}$ .

Особливістю розробленої скінченно-елементної моделі є можливість теплотехнічного розрахунку вогнезахисених залізобетонних колон з урахуванням їх геометрії, характеристик матеріалів, з яких складається конструкція, класу бетону, теплофізичних характеристик вогнезахисних покриттів, умов випробувань. Як недолік слід відмітити, що розрахунку піддається окремо взята залізобетонна конструкція (колона) без урахування зв'язку з іншими конструкціями [4].

Неможливість зняти названі обмеження в рамках даного дослідження породжує потенційно цікавий напрям подальших досліджень. Вони, зокрема, можуть бути орієнтовані на розробку скінченно-елементної моделі конструктивної схеми будівлі з використанням вогнезахисених будівельних конструкцій, виготовлених з різних матеріалів, із науково обґрунтованими параметрами.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Kovalov A., Otrosh Y., Kovalevska T., Safronov S. Methodology for assessment of the fire-resistant quality of reinforced-concrete floors protected by fire-retardant coatings. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2019. 708. 012058. doi:10.1088/1757-899X/708/1/012058.
2. Kovalov A., Otrosh Y., Surianinov M., Kovalevska T. Experimental and computer researches of ferroconcrete floor slabs at high-temperature influences. *In Materials Science Forum*. 2019. Vol. 968. P. 361–367. Trans Tech Publications Ltd.
3. Sadkovyi, V., Andronov, V., Semkiv, O., Kovalov, A., Rybka, E., Otrosh, Y., Udianskyi, M., Koloskov, V., Danilin, A., Kovalov, P. Fire resistance of reinforced concrete and steel structures: monograph / V. Sadkovyi, E. Rybka, Yu. Otrosh and others. – Kharkiv: PC TECHNOLOGY CENTER, 2021. – 180 p.
4. Kovalov A., Otrosh Y., Poklonskyi V., Semkiv O. & Tomenko M. Research of Fire Resistance of Fire Protected Reinforced Concrete Structures // Trans Tech Publications Ltd. In *Materials Science Forum*. 2022. Volume 1066. P. 224–232.

*Andrii Kovalov, Phd, Senior Research, Yurii Otrosh, Doctor of Technical Sciences, Professor, National University of Civil Defence of Ukraine, Roman Purdenko, private enterprise «ProjectBudStar»*

#### **ENSURING FIRE RESISTANCE OF FIREPROOF REINFORCED CONCRETE COLUMNS**

A finite-element model for thermal engineering calculation of a reinforced concrete column has been developed. The model allows you to evaluate the fire resistance of both unprotected and fire-protected reinforced concrete columns, take into account the properties of the material and the fire-resistant coating. The evaluation algorithm includes the implementation of experimental and calculation procedures when determining the fire resistance of fire-resistant reinforced concrete columns. With the help of the developed model, the thermal engineering calculation of the fire-resistant reinforced concrete column was carried out at the standard fire temperature regime. The peculiarity of the thermal engineering calculation of a fire-resistant reinforced concrete column is the correct determination of the thermophysical characteristics of the fire-resistant coating when solving the problem of non-stationary thermal conductivity. A feature of the developed finite-element model is the possibility of thermal engineering calculation of fire-resistant reinforced concrete columns taking into account their geometry, material characteristics, concrete class, thermophysical characteristics of fire-resistant coatings, test conditions.

*А. О. Майборода, канд. пед. наук, доцент,  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
НУЦЗ України*

## **МОДЕЛЮВАННЯ ІМІТАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЖЕЖОВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПИЛОПОВІТРЯНИХ СУМІШЕЙ**

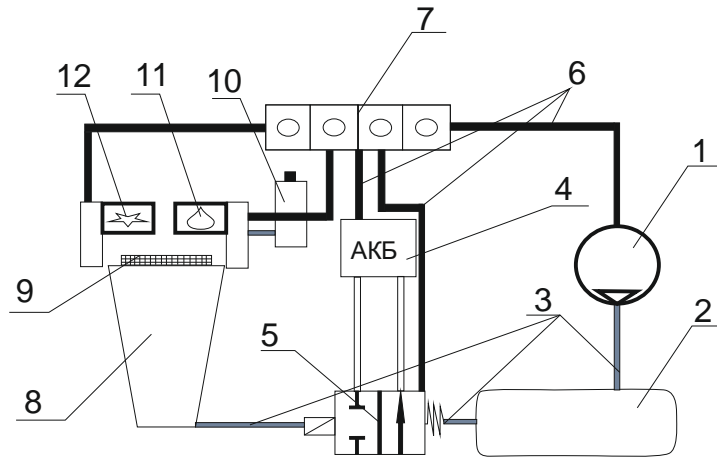
Одним з джерел небезпеки на зернопереробних підприємствах і складах є висока вибухо- і пожежонебезпека. Її причини – надходження пилу органічних горючих речовин і виникнення пилоповітряних сумішей. Небезпечність виробництв визначається агрегатним станом речовин і матеріалів та показниками їх пожежо- і вибухонебезпечності.

На сучасних елеваторах та млино-круп'яних підприємствах легкозаймистими є зерно, зерновий та борошняний пил [1], транспортні стрічки, спалимі елементи обладнання, окремі конструкції будівель. Пил зернопереробних підприємств є пожежо- й вибухонебезпечним.

Пил відноситься до аерозольних систем. Поширення горіння в пилових сумішах відбувається наступним чином. При запаленні в одній точці полум'я з певною швидкістю буде поширюватися по всьому об'єму, зайнятого пилоповітряної сумішшю. Зважаючи на вищевикладене, проблема є актуальною та складною в наш час. В даному напрямі буде ефективним дослідження виникнення та розвитку пилового вибуху за умов створення установки для дослідження та демонстрації вибуху пилу різної природи та розміру.

Лабораторний стенд для дослідження пожежовибухонебезпечних властивостей пилоповітряних сумішей може бути використана у навчальному процесі для проведення лабораторних робіт.

Схема лабораторного стенду для демонстрації пожежовибухонебезпечних властивостей пилоповітряних сумішей

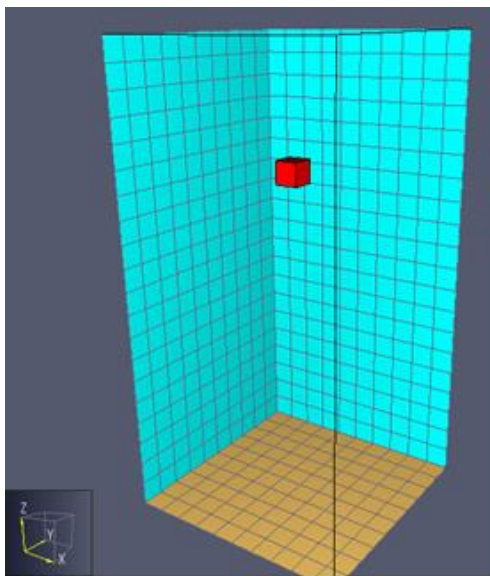


**Рис. 1. – компресор, 2 – ємність з повітрям під тиском, 3 – гнучкий трубопровід, 4 – джерело живлення (акумулятор), 5 – електромагнітний клапан, 6 – електропровід, 7 – блок автоматики, 8 – камера для утворення пилоповітряної суміші, 9 – змінна сітка для утворення пилу відповідного розміру, 10 – балон с горючим газом, 11 – джерело запалення (утворювач іскри), 12 – джерело запалення (відкрите полум'я).**

Практичне застосування. Вмикаємо подачу джерела запалення (кнопка подачі відкритого полум'я або кнопка подачі електричної іскри). За допомогою компресора в ємність надходить повітря (кнопка увімкнення компресора), з ємності під тиском надходить повітря до камери для утворення пилоповітряної суміші (кнопка увімкнення електромагнітного клапану), це регулюється блоком автоматики, який в свою чергу подає імпульс до електромагнітного клапану що відкриває засувку і повітря потрапляє в камеру для утворення

пилоповітряної суміші, у верхній частині камери встановлено сітку яка, тримає пил у стані спокою до того моменту коли повітря здійме і перемішає пил з повітрям (якщо вибух відбувся то концентрація пилу в повітрі вибухонебезпечна).

Для проведення обчислювального експерименту з використанням створеної комп'ютерної моделі імітаційного приміщення (рис. 2) для випробувань використана нижченаведена послідовність розрахункових процедур. За допомогою Fire Dynamic Simulation (FDS), було змодельовано простір 9, та джерело запалювання 11, приклад простору показано на рис.2.



**Рис. 2. – Вигляд моделі імітаційного простору, яка використовувалась для обчислювального експерименту.**

За допомогою CAD програми створюється геометрична конфігурація модельного приміщення необхідних розмірів. Всередині створюються моделі перегородок, отвору для виходу продуктів горіння та місця підпору повітря. Геометрична модель імпортується в середовище розрахункового комплексу FDS.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Неменуца С.М., Фесенко О.О., Лисюк В.М. Підприємства по зберіганню зерна: ризик виникнення пожеж. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. 2019. № 1 (7). С. 3-12.

*Artem Maiboroda, PhD, Associate Professor, Department of Physical and Chemical Foundations of Fire Development and Extinguishing, Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine*

#### **SIMULATION OF THE SIMULATION SPACE OF THE LABORATORY BENCH FOR STUDYING THE FIRE EXPLOSION AND HAZARDOUS PROPERTIES OF DUST-AIR MIXTURES**

With the help of the CAD program, the geometric configuration of the model room of the required dimensions is created. Inside, models of partitions, an opening for the exit of combustion products and a place for air support are created. The geometric model is imported into the environment of the FDS calculation complex.

## ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ

В умовах сьогодення висотне будівництво є невід'ємною частиною сучасних архітектурних комплексів містобудування у нашій країні та в світі. Постійне зростання вартості землі в межах міст призводить до збільшення висоти споруджуваних будівель.

Висотні будівлі в силу своєї специфіки мають велику ступінь потенційної пожежної небезпеки в порівнянні з будівлями меншої поверховості. Надзвичайні ситуації на таких об'єктах характеризуються стрімким розповсюдженням вогню всією висотою будинку, руйнуванням фасадних конструкцій із загрозою переходу вогню на сусідні будівлі та споруди. Швидкий розвиток пожежі по вертикалі зумовлює велику складність забезпечення евакуації та рятувальних робіт. Продукти горіння заповнюють евакуаційні виходи, ліфтові шахти, сходові клітки. За лічені хвилини будівля виявляється повністю задимленою, а перебування людей у приміщеннях без засобів захисту органів дихання неможливе. Найбільш інтенсивно відбувається задимлення верхніх поверхів, де розвідка пожежі, порятунок людей і подача засобів гасіння дуже ускладнені. Крім того, під час пожежі заборонено використовувати ліфтове обладнання, системи протипожежного захисту можуть виходити з ладу.

Основні причини трагічних наслідків під час пожеж у висотних будівлях – блокування шляхів евакуації продуктами горіння і вогнем.

Пожежна небезпека висотних будівель визначається [1]:

- наявністю умов, що сприяють виникненню пожежі;
- масовим перебуванням людей у будівлі;
- великою протяжністю шляхів евакуації;
- задимленням сходових клітин і верхніх поверхів через шахти ліфтів та інші вертикальні канали;
- складністю у керуванні силами і засобами, які беруть участь у гасінні пожежі;
- складністю проведення рятувальних робіт та подачі засобів гасіння до верхніх поверхів будівлі;
- відсутністю необхідної кількості спеціальної протипожежної техніки та обладнання, яке може бути використане під час гасіння пожеж у висотних будівлях;
- швидкістю поширення полум'я, диму, токсичних речовин в разі виникнення пожежі приміщеннями, коридорами, технічними комунікаціями в тому числі у вертикальному напрямку;
- можливістю блокування ліфтів;
- виходом з ладу систем протипожежного захисту будівлі та ін.

Відповідно до нормативних показників державних будівельних норм України протипожежні вимоги щодо забезпечення безпеки багатоповерхових будівель повинні забезпечувати досягнення основних цілей: обмеження площі поширення вогню і його локалізації; зниження інтенсивності процесу горіння; забезпечення вибухозахисту будівлі; мінімізації тривалості процесу горіння.

ДБН В.2.2-41:2019 “Висотні будівлі. Основні положення”, що вступив в дію з 1 січня 2020 року, містить оновлені вимоги щодо пожежної безпеки висотних будівель та передбачає ряд нововведень.

Згідно з оновленими вимогами, розміщення пожежного поста (диспетчерської) всередині будівлі можливе за умови сполучення із вестибюлем або коридором, які ведуть безпосередньо назовні. Раніше такі пости або диспетчерські проектувалися лише прибудованими.

Для безпеки евакуації людей проектується окремі пожежобезпечні зони. Їх необхідно передбачати, якщо проектними рішеннями не вдається забезпечити необхідний час евакуації людей з поверху. Такі зони розташовуються на шляхах евакуації у вигляді спеціально обладнаних приміщень всередині будівлі або на її покрівлі. Пожежонебезпечні зони повинні відгороджуватись протипожежними перекриттями і стінами. На входах у зони слід передбачати протипожежні тамбур-шлюзи з підпором повітря під час пожежі або передбачати підпір повітря безпосередньо в саме приміщення зони.

Крім цього, унормовано кількість пожежних ліфтів у будівлі. Їх має бути не менше 2-х на будинок або секцію. Ліфти для транспортування пожежних підрозділів, які обслуговують наземну частину висотної будівлі, можуть також обслуговувати всі підземні поверхи та цокольний поверх за умови влаштування на поверсі паркінгу перед шахтами ліфтів протипожежних тамбур-шлюзів 1-го типу (з підпором повітря у разі пожежі не менше 20 Па).

При будівництві висотних будівель слід проектувати окремі майданчики для пожежної техніки з метою ефективної ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. У нових нормах зазначається, що на покрівлях висотних будівель слід проектувати майданчики для рятувальних кабін гелікоптерів. Їх розмір має бути не менше 5 м на 5 м, а огорожа - висотою 1,5 м. Периметр площадок повинен бути пофарбований жовтою смугою товщиною 0,3 м. А над площадками і безпосередньо біля них не повинні розташовуватися антени, електрообладнання, кабелі тощо.

Об'ємно-планувальні рішення включають в себе поділ висотної будівлі по вертикалі і горизонталі на пожежні відсіки, обмеження площі і висоти відсіків; відокремлення приміщень, гасіння пожежі в яких ускладнене, протипожежними перешкодами; обмеження кількості шахт ліфтів, що перетинають протипожежні відсіки; поділ будівлі протипожежними перешкодами, які блокують поширення пожежі між групами приміщень різної функціональної пожежної небезпеки [2].

Пожежна безпека висотних будівель - комплексна проблема, що вирішується на етапі проектування, будівництва та експлуатації кожного об'єкта нерухомості. Головне завдання протипожежних систем - затримати поширення вогню і дати можливість мешканцям швидко і безпечно покинути будівлю. На практиці, на жаль, не завжди дотримуються визначені норми, мають місце недоліки протипожежного захисту висотних будівель.

Зокрема, такими недоліками може бути несправність пожежної сигналізації, систем димовидалення та підпору повітря, облаштування додаткових перегородок в загальних коридорах, що перешкоджає процесу димовидалення. Двері незадимлюваних сходових кліток, тамбурів при сходових клітках, повинні бути глухими або з армованим склом, обладнані пристроєм для самозачинення й ущільненнями в притулах [3]. Демонтаж таких механізмів призводить до неконтрольованого розповсюдженню диму в умовах пожежі.

Як показує практика, горючість застосовуваних матеріалів і низький клас вогнестійкості будівельних конструкцій є основними причинами значного матеріального збитку і загибелі людей при пожежах. У зв'язку з цим показник вогнестійкості є основним при виборі матеріалу конструктивних елементів будівлі та її оздоблення, в тому числі утеплення. Досить поширеними є порушення пожежної безпеки під час монтування систем фасадної теплоізоляції висотних будинків. Такі системи часто не мають технічних свідоцтв та необхідних сертифікатів. Пожежі з поширенням полум'я по зовнішніх фасадах особливо небезпечні, адже характеризуються швидкістю поширення вогню, при цьому може спостерігатись проникнення пожежі до будівлі через вікна. Слід зазначити, що на даний час відсутня чітка система контролю монтажу та експлуатації фасадних систем.

Однією з проблем є забезпечення можливості роботи пожежно-рятувальних підрозділів в разі виникнення надзвичайних ситуацій [4]. Територія висотної будівлі або висотного громадського комплексу повинна передбачати проїзди для протипожежної техніки та під'їзди до евакуаційних виходів; входів, які ведуть до пожежних ліфтів; зон

встановлення протипожежної техніки для доступу до будівлі, забору води з пожежних гідрантів, місць підключення протипожежної техніки до сухотрубів тощо. Часто ліквідація надзвичайної ситуації ускладнюється припаркованими автомобілями, наявністю насаджень навколо будинку та ін. Найгострішим залишається питання відсутності спеціальної пожежної техніки для проведення рятувальних робіт на висоті та технічна можливість її експлуатації [4,5].

Як свідчить проведений аналіз, рівень пожежної безпеки висотних будівель визначається унормованими вимогами та дотриманням норм відповідних національних стандартів. Пріоритетною вимогою протипожежного захисту висотних будівель є забезпечення безпеки людей, що гарантовано за умови дотримання таких вимог:

- забезпечення вогнестійкості конструкцій та будівель;
- облаштування протипожежних перешкод всередині будівель;
- дотримання протипожежних відстаней між будівлями;
- забезпечення можливості евакуації всім категоріям осіб, що знаходяться в будівлі;
- наявність, за необхідності, пожежобезпечних зон на шляхах евакуації;
- наявність засобів індивідуального захисту;
- обладнання будівель системами протипожежної сигналізації і пожежогасіння;
- облаштування системи протидимного захисту, що включає систему димовидалення з коридорів і холів, облаштування незадимлюваних сходових клітин, облаштування системи підпору повітря в шахти ліфтів;
- наявність внутрішньої системи протипожежного водопостачання, що забезпечить безпосереднє гасіння пожежі на висоті;
- облаштування центрального пункту управління системами протипожежного захисту;
- забезпечення можливості доступу пожежно-рятувальних підрозділів і подання вогнегасних речовин до епіцентру пожежі тощо.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Першаков В. М. Проблеми протидії пожежної небезпеки та вогнестійкість висотних будівель: Монографія, Частина 2, Причини та наслідки руйнування висотних будівель від дії вогню / В. М. Першаков, А. О. Белятинський, Є. А. Бакулін, Г. І. Болотов, І. О. Попович. Під заг. Ред. Д.т.н., проф. В. М. Першакова. – К.: НАУ, 2017. – 272 с.
2. ДБН В.2.2-41:2019 Висотні будівлі. Основні положення.
3. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.
4. Борис О., Климаць Р., Куртов О. А чи готові ми долати пожежі у висотних будівлях? Надзвичайна ситуація плюс. Режим доступу: <https://ns-plus.com.ua/2017/09/12/a-chy-gotovi-my-dolaty-pozhezhi-u-vysotnyh-budivlyah/>
5. Одинець А. В., Балло Я. В., Голікова С. Ю., Несенюк Л. П Аналіз стану з пожежами у висотних будинках в Україні. Науковий вісник : Цивільний захист та пожежна безпека. 2020. № 2(10). С. 91–102.

*Maladyka Larisa, PhD*

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

## **BASIC REQUIREMENTS FOR FIRE SAFETY OF HIGH-RISE BUILDINGS**

The main causes of the fires, difficulties of their liquidation and the evacuation of people from high-rise buildings were analyzed in the article. The causes of the rapid spread of fires in multi-store buildings were revealed.

*М.В. Малярів, кандидат технічних наук, доцент, НУЦЗ України*  
*В.В. Христич, кандидат технічних наук, доцент, НУЦЗ України*  
*С.М. Бондаренко, кандидат технічних наук, доцент, НУЦЗ України*

## **ВИВЧЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ ДИНАМІКИ РОЗВИТКУ ПОЖЕЖ ТА ЇХ НАСЛІДКІВ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ЧАСУ ЇХ ЛОКАЛІЗАЦІЇ РЯТУВАЛЬНИМИ ПІДРОЗДІЛАМИ**

Сучасні архітектурні рішення в цивільному та промисловому будівництві постійно змінюються. Разом змінюються будівельні та оздоблювальні матеріали, вимоги до забудов тощо. Ці зміни спрямовані і на збільшення житлових будинків, іншу геометричну ідеологію, збільшення різноманітного навантаження та появу нових будівельних матеріалів. Було почато проведення вивчення подібних досліджень, проведення відповідних експериментів, щоб визначити та порівняти вплив сучасних змін пожежного навантаження будинків, зокрема житлових.

Всі практичні дослідження спрямовані на зменшення загибелі пожежних і населення, про негативну наявність якої свідчить статистика пожеж, як України [1], так і інших держав [2, 3]. Одним із впливаючих факторів є деінде недостатнє розуміння поведінки пожежі в житлових будівлях внаслідок змін компонентів динаміки пожеж.

За оцінками NFPA [4] на початку сучасного століття пожежні служби США реагували на в середньому 378600 житлових пожеж щорічно. За офіційними оцінками, ці пожежі щорічно спричиняли в середньому 2850 смертей серед цивільного населення та 13090 поранень серед цивільного населення. Понад 70 % зареєстрованих пожеж у будинках і 84 % смертельних травм у будинках сталися в будинках на одну або дві сім'ї, а решта – у квартирах чи подібних приміщеннях. За загальними оцінками, щорічно в середньому 38500 пожежників постраждали від пожежі в США [5]. Рівень травматичних смертей пожежників, які відбуваються поза будівлями або внаслідок зупинки серця, знизився, в той же час кількість смертей пожежників, що відбуваються всередині будівель. Дослідження цих впливів розпочав і Стівен Кербер з аналізу зміни динаміки пожеж у житлових приміщеннях та її наслідків в роботі [6].

Експерименти Кербера [6] виявили та продемонстрували значну різницю між старими та сучасними матеріалами, які піддавалися впливу вогню. Зокрема, серія експериментів з віконними блоками з одинарним склопакетом показали суттєву відмінність з вікнами з подвійним склопакетом, в тому числі й з точки зору тривалості виходу з ладу, що впливає на їх небезпечність. Вочевидь, фізика розвитку пожежі не змінна але середовище пожежі, а саме, житлові будинки суттєво еволюціонували (включаючи розмір будинку, геометрію, вміст і будівельні матеріали, суттєво змінилися за останні роки). Кожен із цих факторів потребує розгляду, оскільки вони стосуються безпеки мешканців та пожежно-рятувальної служби.

Нові будинки, як правило, мають такі особливості, як вищі стелі, відкриті плани поверхів, великі кімнати тощо [7], що додає об'єму і може суттєво сприяти швидкому поширенню диму та вогню. Будівельні норми вимагають розділення вогню та диму, щоб обмежити вплив вогню на мешканців, визначають мінімальні норми, котрі вимагають улаштування протипожежних відсіків [8].

Тенденцією в нових будинках є поява більш вищих стель і двоповерхових приміщень або великих кімнат [9]. Вищі стелі створюють довший час заповнення димом, що дозволяє отримати більше кисню для вогню, щоб він розвивався, перш ніж його оточить димове повітря з дефіцитом кисню. Швидкість виділення тепла при пожежі значно сповільнюється, коли вміст кисню в повітрі зменшується. Нові будинки будуються зі стелями, вищими за традиційні 2,4 м, від 4,3 м до 6,1 м [10].

Ще одна тенденція в будинках – видаляти стіни, щоб відкрити план поверху будинку [11].



Таким чином, дослідження вказують на збільшення пожежного навантаження сучасних будинків, будинки стають більш енергоефективними, що впливає на обмеження їх вентиляції під час пожежі і дає пожежним менше часу для реагування. Це питання потребує вивчення і профільного дослідження.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Аналітичні матеріали. Електронний ресурс: <https://idundcz.dsns.gov.ua/statistika-pozhezh/analitichni-materiali>.
2. Fahy R.F., LeBlanc P.R., Molis J.L. Firefighter Fatalities in the United States 2009, National Fire Protection Association. 2010.
3. Karter M. Fire loss in the United States during 2009. National Fire Protection Association, Quincy. 2010.
4. Ahrens M. Home structure fires. National Fire Protection Association, Quincy. 2010.
5. Fahy R.F. US fire service fatalities in structure fires, 1977–2009. National Fire Protection Research Foundation, Quincy. 2010.
6. Analysis of changing residential fire dynamics and its Implications on firefighter operational time frames. Stephen Kerber // Fire Technology, 48, 865–891, 2012.
7. Mac Donald I.M. Modern home plans and contemporary architectural home features. Retrieved June 29, 2011. Електронний ресурс. Доступ: <http://ezinearticles.com/?Modern-Home-Plans-AndContemporary-Architectural-Home-Features&id=6102719>.
8. International residential code for one- and two-family dwellings // International Code Council Inc., 2009.- p. 891.
9. Donovan M. Custom home design floor plan considerations. Accessed 20 Jun 2011. Електронний ресурс. Доступ: <http://www.homeadditionplus.com/home-articles-info/Custom-Home-Design-Floor-plan-Considerations.htm>.
10. Mac Donald I.M. Modern home plans and contemporary architectural home features. Retrieved June 29, 2011. Електронний ресурс. Доступ: <http://ezinearticles.com/?Modern-Home-Plans-AndContemporary-Architectural-Home-Features&id=6102719>.
11. Wilkinson M. Open floor plans: why today's designers are knocking down walls. Електронний ресурс. Доступ: <http://www.designpov.com/openfloorplan.html>. Accessed 25 Feb, 2011.

*M.V. Malyarov, candidate of technical sciences, associate professor,  
National University of Civil Defense of Ukraine*

*V.V. Khrystych, candidate of technical sciences, associate professor,  
National University of Civil Defense of Ukraine*

*S.M. Bondarenko, candidate of technical sciences, associate professor,  
National University of Civil Defense of Ukraine*

#### **STUDY OF THE INFLUENCE OF THE DYNAMICS OF THE DEVELOPMENT OF FIRE AND ITS CONSEQUENCES REGARDING THE REDUCTION OF THE TIME OF THEIR LOCATION BY RESCUE DEPARTMENTS**

Modern architectural solutions in civil and industrial construction are constantly changing. Building and finishing materials, building requirements, etc. are actively changing. The changes are mostly aimed at the increase of residential buildings, a different geometric ideology, an increase in various loads and the appearance of new building materials. Many authors have started conducting relevant studies to determine and compare the impact of modern changes in the fire load of buildings, in particular residential ones. These studies indicate that the fire load of modern buildings is increasing, buildings are becoming more energy efficient, which affects their ventilation limitations during a fire and gives fire departments less time to respond.

*О.В. Миргород, к.т.н., с.н.с., доцент,  
О.Р. Сидорчук, здобувач вищої освіти,  
Національний університет цивільного захисту України*

## **ДЕЯКІ ВИДИ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ У СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ**

Вогнезахист являє собою систему заходів, спрямованих на забезпечення пожежної безпеки будівель і споруд. Стосовно металевих конструкцій термін вогнезахист набуває більш вузького значення, яке полягає в застосуванні вогнезахисних і конструктивних матеріалів з метою підвищення їх межі вогнестійкості. Як і всі заходи пожежної безпеки, вогнезахист проводиться у відповідності з існуючим законодавством України, нормативними документами, стандартами і правилами [1- 2].

У сучасному будівництві широко застосовують несучі металеві будівельні конструкції (колони, балки, ферми тощо). Такі конструкції мають велику міцність, довговічність, відносно невелику вагу. Однак, під впливом високих температур ці конструкції швидко нагріваються, деформуються і втрачають несучу здатність вже через 5 – 20 хв з початку вогневого впливу, що викликає їх обвалення. Такі малі значення межі вогнестійкості незахищених металевих конструкцій значною мірою пояснюються великими значеннями коефіцієнту теплопровідності металів (від 20 Вт/(м·К) до 50 Вт/(м·К) для сталі і до 200 Вт/(м·К) – для алюмінієвих сплавів) [3]. Вимоги до вогнестійкості будівельних конструкцій, залежно від ступеня вогнестійкості будинку визначені в [4] та інших нормативних документах у галузі будівництва.

Металеві конструкції, у тому числі легкі сталеві тонкостінні конструкції (ЛСТК), що є неодмінним атрибутом сучасного будівництва, при пожежі протягом певного часу втрачають частину своєї несучої здатності. Міцність сталі при високій температурі була детально вивчена і визначено, що при температурі приблизно 500-550°C сталь несе 60% навантаження, що відповідає кімнатній температурі. Таким чином, 500°C вважається критичною температурою, яку будівля зі сталевих конструкцій зможе витримати. В той же час, останні дослідження продемонстрували, що температура відмови сталевого елемента будівлі не є жорстко зафіксованою на 500°C, а варіюється залежно від двох факторів – температури нагрівання елемента та прикладеного до нього навантаження.

З метою забезпечення необхідної вогнестійкості конструкції, яка визначається відповідно до діючих нормативних документів, сталеві конструкції піддають вогнезахисній обробці - важливому й доволі дорогому етапу сталевих будівництва. Для власника будівлі ефективний вогнезахист дозволяє забезпечити безпечну евакуацію людей з будівлі, збереження матеріальних ресурсів та відповідність всім вимогам діючого законодавства. В той же час, існує різна кількість алгоритмів та способів вогнезахисту будівлі, і вибір коректного рішення дозволяє мінімізувати витрати та домогтися ефективної реалізації проекту.

Металеві конструкції широко застосовують при зведенні різних будівель і споруд. Завдяки значній міцності і щільності металу, ефективності сполук елементів, високого ступеня індустріальності виготовлення і монтажу, металеві конструкції характеризуються порівняно малою власною вагою, володіють газо- і водонепроникністю, забезпечують швидкісний монтаж будівель і споруд та прискорюють введення їх в експлуатацію.

Залежно від виду конструкцій та їх поєднань розрізняють системи стрижневі й суцільні. До стрижневих систем, що складається з балок, ферм і колон, відносяться: каркаси будівель і споруд, мости, покриття будівель у вигляді ферм, арок або куполів; ангари, щогли і башти, нафтові вишки, стійки ЛЕП, естакади, крани та інші конструкції. До суцільних систем відносяться різні види листових конструкцій: газгольдери, резервуари, бункери, труби і трубопроводи великого діаметра, спеціальні конструкції металургійних і нафтохімічних заводів і т.д. [3].

В сучасних спорудах використовуються, як правило, сталеві балки та ферми.

Металева ферма (фр. *ferme*, від лат. *Firmus* – міцний, сильний) – тримальна геометрично незмінна конструкція, що складається з прямолінійних стрижнів, вузлові з'єднання яких в розрахунках вважаються шарнірними.

Не зважаючи на те, що стрижні у вузлових ферми з'єднуються жорстко зварюванням, болтами, заклепками чи є монолітною конструкцією, експерименти показують що згинальні моменти в прямолінійних стрижнях значно менші у порівнянні з поздовжніми зусиллями. Тому у практичних розрахунках згинальними моментами нехтують і при побудові розрахункової схеми ферми допускають, що у вузлах встановлені ідеальні циліндричні шарніри (рис. 1.)



**Рис. 1. Загальний вигляд металевої ферми.**

Ферми застосовують головним чином у будівництві (покриття промислових і цивільних будівель, ангарів, вокзалів, ринків, спортивних споруд, прогінні елементи залізничних і автодорожніх мостів, вежі, крани, нафтові вишки, опори ліній високовольтних мереж, гідротехнічні затвори та ін.), а також як тримальні конструкції машин і механізмів. За видом матеріалу ферми бувають металеві, залізобетонні, дерев'яні та комбіновані.

При використанні ферм як тримальної системи споруди вибирають такі конструктивні рішення, які передбачають передачу навантаження лише у вузлах ферми, щоб уникнути прогинів стрижнів. Тоді у стержнях ферми виникають тільки поздовжні зусилля розтягу-стиску. Відсутність згину стрижнів дозволяє обирати менші розміри їх поперечного перерізу порівняно зі стержнями, що працюють на згин. Завдяки цьому витрати матеріалу у фермах менші ніж у балках, вони легші за масою, зате трудомісткість їх виготовлення більша.

Точки сполучення стержнів ферми називають вузлами. Стрижні, що розташовані по контуру вгорі і внизу ферми утворюють відповідно верхній і нижній пояси, а стрижні, що розташовані між поясами ферми утворюють решітку. Решітка складається з похилих стрижнів – розкосів та вертикальних – стоянів. Розтягнуті стояни інколи називають підвісами. Стояни та розкоси, що розташовані біля опор, називають опорними. Горизонтальна проекція відстані між опорами ферми називається прогоном. Горизонтальна проекція відстані між суміжними вузлами верхнього або нижнього поясів називається відповідно верхньою або нижньою панеллю. Найбільша відстань між вузлами верхнього і нижнього поясів – висота ферми.

За своїм окресленням ферми можуть бути з паралельними, трикутними, полігональними (багатокутними) або з криволінійними поясами, та поясами трапеціоїдної форми – однопохилі і двопохилі.

Найбільш поширеними суцільними системами є газгольдери, резервуари і бункера, які застосовуються для зберігання газоподібних, рідких і сипучих тіл, а також спеціальні конструкції комплексу доменних печей і хімічних заводів, димових труб і трубопроводів нафти і газу. Новітнім напрямом є застосування суцільних листових конструкцій (мембран) - перекриття великих прольотів (більше 100 м) критих стадіонів та універсальних залів, а також площ реконструюються промислових підприємств.

Алюмінієві конструкції можуть застосовуватися практично у всіх областях будівництва нарівні зі сталевими конструкціями у вигляді несучих зварних конструкцій - ферм, колон, прогонів покриттів, просторових ґратчастих покриттів, висячих конструкцій, збірно-розбірних каркасів будівель і т.д. Однак зважаючи на їх високу вартість (в 8-15 разів дорожче сталі), меншою, ніж у сталі, жорсткості і низькою вогнестійкістю їх застосування в сучасному будівництві обмежено.

Як видно з аналізу, вогнестійкість всіх металевих конструкцій без вогнезахисту є низькою і не відповідає встановленим вимогами пожежної безпеки значенням межі вогнестійкості. Відповідно без визначення вогнестійкості металевих конструкцій проектування об'єктів будівництва має більш ніж абстрактний характер, зрештою, як і рівень пожежної безпеки об'єкта загалом. Крім того, застосування того чи іншого способу вогнезахисту пов'язане із значними економічними витратами і в окремих випадках досягає 20 % від повної вартості конструкцій.

Тому, визначення вогнезахисної здатності для пасивних вогнезахисних покриттів дасть можливість збільшити конкурентоспроможність та зменшити вартість таких матеріалів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010. Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість. (EN 1993-1-2:2005, IDT)
2. ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016. Проектування сталевих конструкцій. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість.
3. Довбиш А.В. Обґрунтування умов застосування гіпсокартонних плит як вогнезахисних оздоблювальних матеріалів будівельних конструкцій: дис. ... кандидата техн. наук : 21.06.02 / Довбиш Андрій Володимирович. – К., 2006. – 204 с.
4. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.

*O.V. Myrgorod, Ph.D., Senior Researcher, Associate Professor  
O.R. Sydorчук., 4th year cadet at the Faculty of PB  
National University of Civil Defence of Ukraine*

#### **SOME TYPES OF METAL STRUCTURES USED IN MODERN CONSTRUCTION**

Fire protection is a system of measures aimed at ensuring fire safety of buildings and structures. In relation to metal structures, the term fire protection acquires a narrower meaning, which consists in the use of fire-resistant and structural materials in order to increase their fire resistance limit. Like all fire safety measures, fire protection is carried out in accordance with the existing legislation of Ukraine, normative documents, standards and rules. In modern construction, load-bearing metal building structures (columns, beams, trusses, etc.) are widely used. Such designs have great strength, durability, and relatively light weight. However, under the influence of high temperatures, these structures quickly heat up, deform and lose their load-bearing capacity after 5-20 minutes from the beginning of the fire exposure, which causes them to collapse.

*О.В. Миргород, к.т.н., с.н.с., доцент  
Я.Р. Трушов., здобувач вищої освіти,  
Національний університет цивільного захисту України*

## **АНАЛІЗ ДЕЯКИХ ВОГНЕСТІЙКИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ**

Вогнезахист будівельних конструкцій, виготовлених із залізобетону, відіграє вирішальну роль в системі забезпечення пожежної безпеки будівель і споруд. Його головне завдання полягає в зниженні пожежної небезпеки конструкцій і підвищенні їх вогнестійкості до необхідного рівня. Проблема ефективного вогнезахисту набуває особливого значення у випадку будівництва підземних споруд, типу тунелів, висотних сучасних будівель і спеціальних споруд, типу торгових центрів і спортивних споруд. Будівництво цих споруд в довоєнний час велося в широких масштабах і зі все зростаючими темпами у всіх великих містах. Тому вдосконалення технології нанесення вогнезахисних матеріалів на будівельні конструкції, проведення випробувань на вогнестійкість залізобетонних конструкцій з вогнезахисними матеріалами і без них, розрахунок зміни температури по товщині конструкції і вогнезахисного матеріалу при вогневому впливі слід вважати актуальним завданням.

Залізобетонні плити перекриття використовують для зведення несучих конструкцій [1]. В залежності від передбачуваного навантаження на плити перекриттів і вимог до ваги і міцності плити перекриття виготовляють з бетону важких марок, легкого конструкційного або щільного силікатного бетону. Класифікують плити перекриття за типами спирання на несучу конструкцію, товщини плит, наявності та розміщення пустот.

Для зниження маси і підвищення звукоізоляційних і теплоізоляційних властивостей виробів плити перекриттів випускають з пустотами (овальні та круглі) (рис. 1).



**Рис. 1. Загальний вигляд залізобетонної багатопустотної плити перекриття.**

Плити виготовляють довжиною від 2,4 до 9 метрів, з кроком різання в 10 см, з ідеально рівною поверхнею. Можливе виготовлення з розрахунковим навантаженням 600, 800, 1000 і 1200 кгс/м<sup>2</sup>. Виробництво можливо як з петлями, так і без них. Плити попередньо напружені, армуються вони тільки в поздовжньому напрямку, поперечне армування відсутнє. В якості напруженої арматури застосовуються канати сталеві арматурні

діаметром 12 і 9 мм. Для зменшення ваги всередині плит є поздовжні порожнечі овальної форми. Вогнестійкість таких зі стандартними профілями - від 60 до 120 хвилин. Вогнестійкість 120 хвилин досягається шляхом підвищення рівня закладки канатів. Вага одного погонного метра плити (товщина 220 мм) близько 360 кг [2-3].

Пустотні плити перекриттів призначені для влаштування збірних перекриттів в житлових, громадських, виробничих будівлях, з несучими стінами, сталевим або збірно-монолітним каркасом. Вони мають наступні переваги:

- високоякісні ідеально гладкі поверхні і точну геометрію);
- виготовлення з бетонної суміші високої якості;
- можливість поперечного різання плит під будь-яким кутом, що дозволяє перекривати приміщення з криволінійними стінами і отворами;
- розширення можливостей архітекторів і дизайнерів при проектуванні внутрішнього простору будівель, дозволяє втілювати складні фасадні та об'ємно-планувальні рішення, в тому числі вільне планування;
- виготовлення плит з різним максимально дозволеним навантаженням на квадратний метр;
- стабільність характеристик міцності гарантує абсолютно однаковий прогин плит, що позбавляє будівельників від необхідності вирівнювання стельових поверхонь при монтажі;
- виготовлення як з монтажними петлями, так і без них;
- можливість проводити монтаж плит на об'єктах традиційними технологічними прийомами, без використання спеціальних траверсів;
- можливість знизити витрати при виготовленні плит без монтажних петель, наприклад, при влаштуванні підлогових покриттів;
- можливість значно знизити рівень шумового впливу на проживаючих у будівлі людей завдяки поліпшеним шумоізоляційним характеристикам;
- вага менша, ніж традиційних плит на 5-10% за рахунок більшого показника порожнистості із збереженням міцнісних характеристик, що дозволяє знизити витрати на транспортування.

Плити виготовляють з поглибленнями або пазами на бічних гранях для утворення після замонолічування переривчастих або безперервних шпонок, що забезпечують спільну роботу плит перекриттів на зрушення в горизонтальному і вертикальному напрямках [3].

Плити, призначені для спірання по двох або трьом сторонам, виготовляють попередньо напруженими. Плити товщиною 220 мм, завдовжки менше 4780 мм, з порожнечами діаметрами 159 і 140 мм і плити завтовшки 260 мм, завдовжки менше 5680 мм, а також плити завтовшки 220 мм, будь-якої довжини, з порожнечами діаметром 127 мм виготовляють з ненапруженою арматурою. Посилення торців плит досягається зменшенням поперечного перерізу порожнеч на опорах або заповненням порожнеч бетоном або бетонними вкладишами. При розрахунковому навантаженні на торці плит в зоні спірання стін, що не перевищує 1,67 МПа (17 кгс/см<sup>2</sup>), допускається, за погодженням виробника зі споживачем, поставляти плити з непідсиленними торцями.

Перекриття в залежності від ступеня вогнестійкості будівлі, згідно з [4, табл.1], мають межі вогнестійкості від REI 15 до REI 60, що в деяких випадках недостатньо для проектування ряду будівель і споруд, до меж вогнестійкості яких пред'являються підвищені вимоги. Тому застосовуються різні види вогнезахисту таких конструкцій.

Пасивний метод вогнезахисту полягає в застосуванні покриттів облицювального та теплоізоляційного типу, вогнезахисна дія яких полягає в теплофізичних властивостях використовуваного матеріалу захисту.

Реактивний спосіб вогнезахисту полягає у використанні тонкошарових покриттів, які при дії вогню утворюють щільний теплоізоляційний шар, що захищає конструкцію від температурного впливу. Процеси перетворення цього типу покриттів супроводжуються

цілим комплексом ендотермічних хімічних реакцій, в ході яких виділяються речовини, що перешкоджають горінню.

До найбільш поширених матеріалів, використовуваних при пасивному вогнезахисту, відносяться:

- конструктивні вогнезахисні матеріали, так звані, екрани (плити, сегменти, шкаралупи, цеглини) на основі негорючих теплоізолюючих і теплопоглинальних матеріалів - перліту, вермикуліту, вогнетривких волокон з наповнювачами;

- вогнезахисні штукатурні суміші спеціального складу, які підвищують межу вогнестійкості металевих і залізобетонних конструкцій до 4-х годин.

Вогнезахисні штукатурки є, як правило, цементно-вермикулітовим складом з комплексом спеціальних добавок, який утворює покриття з високою адгезійною міцністю до бетонних поверхонь і відносно низькою щільністю (240-400 кг/м<sup>3</sup>). Склад поставляється у вигляді сухої будівельної суміші, яка після додавання води наноситься механізованим способом з отриманням покриття товщиною 10-50 мм залежно від необхідної межі вогнестійкості.

Механізм дії покриттів цього типу полягає в зниженні швидкості прогрівання бетону або металу за рахунок теплоізолюючих властивостей захисного шару. До незаперечних переваг вогнезахисних штукатурок слід віднести:

- високий ступінь пожежної безпеки, який полягає у відсутності димоутворення і токсичних продуктів горіння.
- велика межа вогнестійкості - до 4-х годин і більше, що перевищує аналогічний показник для гіпсокартонних плит і шкаралуп.
- порівняно низька вартість матеріалу.

Реактивні покриття – тонкошарові системи, що діють під час пожежі, представлені 4 основними групами покриттів: інтумесцентні поліфосфатні склади, склади на основі графіту, силікатні фарби, що случуються та просочення для деревини.

## ЛІТЕРАТУРА

1. EN 1992-1-2: 2004 Eurocode 2 : Design of concrete structures – Part 1–2 : General rules – Structural fire design (Еврокод 2 : Проектування залізобетонних конструкцій – Частина 1–2 : Загальні вимоги. Вогнестійкість).
2. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження та впливи.
3. ДБН В.2.2-9:2018. Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення.
4. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.

*O.V. Myrgorod, Ph.D., Senior Researcher, Associate Professor  
Ya.R. Trushov., 4th year cadet at the Faculty of PB  
National University of Civil Defence of Ukraine*

## ANALYSIS OF SOME FIRE-RESISTANT PROPERTIES OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

The fire retardant of edifice structures, made from cast-in-place concrete, plays a vital role in the system of fire safety of edifices and spores. Yogo smut zavdannya polagae in the reduced fire safety of the constructions and the increase of their fire resistance to the necessary level. The problem of effective fireworks gains special significance in the type of life of underground spores, the type of tunnels, high-rise modern buddies and special spores, the type of shopping centers and sports spores.

О. В. Некора, к. т. н., с. н. с.,  
С. В. Поздєєв, д. т. н., професор  
І. В. Рудешко, І. О. Несен,  
С. О. Сідней, к.т.н.,

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

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУРИ ПО РЕБРИСТІЙ ПЛИТІ ПРИ ВПЛИВІ СТАНДАРТНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ПОЖЕЖІ

Міжповерхові перекриття призначені для відділення приміщень всередині будинку і перерозподілу навантаження на колони або стіни. Широкий типовий асортимент виробів дозволяє підібрати ідеальний варіант для кожного випадку. Завдяки можливості витримувати значні навантаження і ефективності застосування при великій ширині прольотів залізобетонні плити з ребрами є досить популярними сьогодні. Наявність поздовжніх і поперечних ребер жорсткості в даних плитах дозволяє витримати істотні навантаження без деформацій і руйнувань.

Ребристі плити виготовляються з важких або легких бетонів зі сталевим каркасом всередині. Сталева арматура збільшує стійкість до вигину і стоншує готовий виріб, що дозволяє заощадити на бетоні. Для зручності застосування вказаний тип перекриттів виготовляються в збірному або консольному вигляді, що надає можливість використовувати ребристі плити на різних об'єктах, що будуються.

Під час проведення проектування будь-яких будівель та споруд необхідно застосовувати будівельні конструкції, які мають гарантувати безпечну евакуацію людей у разі виникнення пожежі. Подібні задачі розв'язуються завдяки проведенням оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій [1].

Найбільш точні показники вогнестійкості можливо отримати при проведенні спеціальних натурних вогневих випробувань у спеціальних організаціях [2, 3]. Але використання даного способу є суттєво трудомістким та вартісним. Існує інший варіант, щодо проведення оцінки вогнестійкості – експериментальний метод [4, 5]. Цей метод також має певні обмеження, у тому числі і при відтворенні роботи конструкції у складі будівлі. У відповідності до [1, 6] передбачається застосування ще одного методу – розрахункового. Цей метод полягає у проведенні певних розрахунків, що надає можливість врахувати всі умови роботи конструкцій, варіативність застосування будь-якого матеріалу, геометричних конфігурацій та параметрів при цьому цей метод значно менш затратний та трудомісткий порівняно з попередніми методами [7, 8].

При проведенні обчислювальних експериментів використовувались теплофізичні характеристики бетону та сталі залежні від температури [6]. Температурні залежності даних показників бетону представлені на рис. 1.

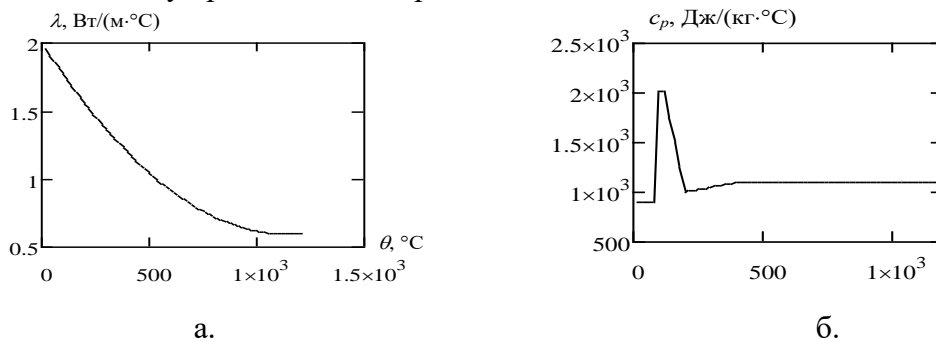


Рисунок 1 – Теплофізичні характеристики бетону С35 (теплопровідність – а, теплоємність – б).



Метою роботи є визначення розподілу температури у ребристій залізобетонній плиті з довжиною прольоту 6 м, використовуючи уточнений розрахунковий метод [9, 10].

Уточнений розрахунковий метод, заснований на використанні диференціального нестационарного рівняння теплопровідності [6, 7]. Основні математичні моделі представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні математичні моделі, що використовуються для розрахунків розподілу температури у перерізах залізобетонних плит при дії стандартного температурного режиму пожежі

Особливість поведінки матеріалу	Математична модель (метод)	Джерело
Теплотехническая задача		
Теплопровідність	Рівняння нестационарної теплопровідності разом із МКЕ	[8, 10]
Граничні умови	III рода	
Фізична нелінійність	Ітеративний метод Ньютона-Рафсона	[3]

Довжина прольоту досліджуваної залізобетонної ребристої плити складає 6 м. Схема перерізу, використовувалась у відповідних розмірах та наведена на рис.2.

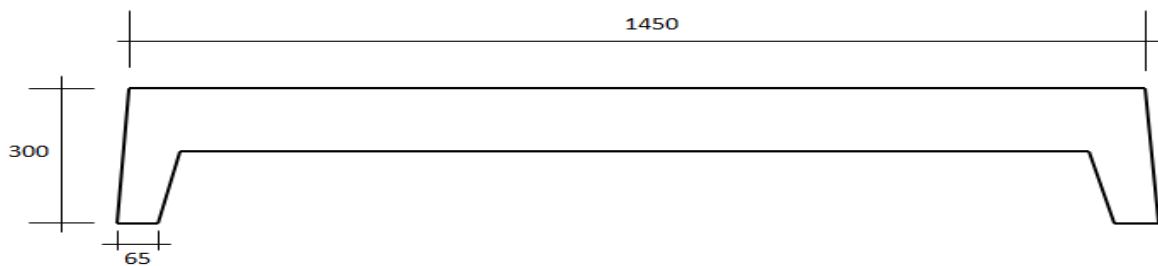


Рис. 2. Схема перерізу досліджуваної ребристої залізобетонної плити.

Для розв'язання задачі застосовано спеціальний програмний комплекс. Використовуючи кінцево-елементний спосіб побудована відповідна сітка. У якості кінцевих елементів використовувались гексаедри у кількості 1.200.000 одиниць, для отримання найбільш достовірних результатів, що наведено на рис. 2.

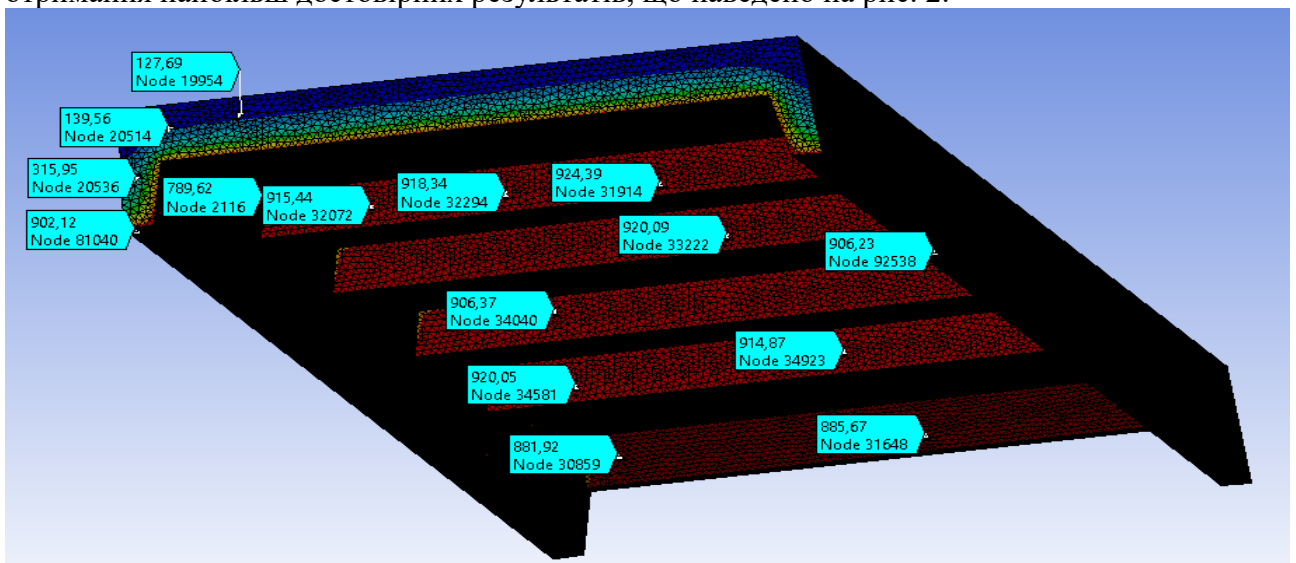


Рис. 2. Показники розподілу температури по ребристій залізобетонній плиті.

За результатами отриманих показників розподілу температури, з'являється можливість проведення механічного розрахунку вже з врахуванням впливу температури за умовами стандартного температурного режиму.

#### ЛІТЕРАТУРА

2. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги ДБН В.1.1-7-2016 Міністерство регіонального розвитку та будівництва – 2017. – 35 с.
3. R. P. Johnson, Y. C. Wang, Composite Structures of Steel and Concrete: Beams, Slabs, Columns and Frames for Buildings (2019).
4. T. Shnal, S. Pozdieiev, R. Yakovchuk, O. Nekora, Development of a Mathematical Model of Fire Spreading in a Three-Storey Building Under Full-Scale Fire-Response Tests (Lecture Notes in Civil Engineering, 2021), 100 LNCE, pp. 419–428.
5. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. Пожежна безпека. (ISO 834: 1975) ДСТУ Б В.1.1-4-98\*. [Чинний від 1998-10-28.] – К.: Укрархбудінформ, 2005. – 20 с – (Національний стандарт України).
6. EN 13501 Fire classification of construction products and building elements - Part 1: Classification using data from reaction to fire tests.
7. EN 1992-1-2 (2004) Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC].
8. Sanin Dzidic, FIRE RESISTANCE OF REINFORCED CONCRETE SLABS ACCORDING TO EC2 AND BRANZ TR8TY, (Conference: 13th Scientific Conference with International Participation "Contemporary Theory and Practice in Construction. Banja Luka, Bosnia and Herzegovina. 25.05. 2018), Volume: Book of Proceedings, ISSN 2566-4484.
9. Поздєєв С.В. Розробка уточненого розрахункового методу для визначення межі вогнестійкості несучих залізобетонних конструкцій. / Поздєєв С.В., Левченко А.Д. // Науковий вісник національного технічного університету «Львівська політехніка». – Львів: НТУ «Львівська політехніка». - 2011. – С. 264 – 269.
10. Emidio Nigro, Giuseppe Cefarelli, Antonio Bilotta, Gaetano Manfredi, Edoardo Cosenza, Fire resistance of concrete slabs reinforced with FRP bars. Part II: Experimental results and numerical simulations on the thermal field (Composites Part B: Engineering, 2011), 42 (6), pp. 1751-1763.
10. Concrete Reinforcing Steel Institute - CRSI [2015]. "Fire Resistance of Reinforced Concrete Buildings", CRSI Technical Note ETN-B-1-16, (Schaumburg, Illinois, 2015).

#### **RESEARCH OF THE TEMPERATURE DISTRIBUTION OVER A RIBBED SLAB UNDER THE INFLUENCE OF THE STANDARD FIRE TEMPERATURE REGIME**

*S. V. Pozdieiev Doctor of Technical Sciences, Professor*

*O. V. Nekora PhD, Senior Researcher*

*Rudeshko I. V., I. O. Nesen*

*S. O. Sidnei PhD*

*Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes National University of Civil Protection of Ukraine*

Abstract. During the design of any buildings and structures, it is necessary to use building structures that must guarantee the safe evacuation of people in the event of a fire. Such problems are solved thanks to the assessment of fire resistance of building structures. The purpose of the work is to determine the temperature distribution in a ribbed reinforced concrete slab using a refined calculation method. Based on the results of the obtained indicators of temperature distribution, it is possible to carry out mechanical calculations.

*О.С. Олейник, провідний інспектор ВЗНС Харківського РУ ГУ ДСНС України у Харківській області,*

*Ю.А. Отрош, доктор технічних наук, професор, НУЦЗ України*

*Н.В. Раїкевич, Ph.D, НУЦЗ України*

*Leonid Skatkov, Ph.D. in Technical Sciences, Ben Gurion University of Negev*

## **ПРОБЛЕМАТИКА ЗБІЛЬШЕННЯ ЧАСУ ПЕРЕБУВАННЯ ЛЮДЕЙ В УКРИТТІ ПІД ЧАС БОЙОВИХ ДІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРИРОДНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ**

Цивільне будівництво в Україні протягом кількох останніх десятиліть не було розраховано на реалію війни, тому більшість будівель не мають бомбосховищ, як таких. При цьому в них передбачені підвальні приміщення, які можуть слугувати тимчасовим укриттям, але вони не можуть забезпечити нормальних умов життя, адже в багатьох навіть не передбачена вентиляція. Вентиляція в них є, але вона спрямована не на підтримку життя людей, а на дотримання санітарних умов. Тобто підвал вентилюється рівно настільки, щоб у ньому не розвивався грибок чи надмірна вологість, які згубно впливають на цілісність усієї споруди [1].

Воєнні дії в українських містах змусили переосмислити багато чого, в тому числі й принципи спорудження нових будівель. Саме тому, відбудову міст планують здійснювати за принципом тих житлових будівель, які нині є в Ізраїлі.

Розрахунок системи вентиляції проводять з урахуванням багатьох чинників, серед яких і кількість людей, і розташування, і технічні особливості споруди. Зокрема, враховують те, чи приміщення використовується виключно, як бомбосховище, чи в мирний час воно слугує для інших потреб (паркінг, операційна, ігрова кімната, склад тощо).

Наприклад, в Ізраїлі багато укриттів облаштовують як ігрові кімнати і саме з цією метою їх використовують у мирний час. Таким чином, у разі ведення бойових дій діти відчують себе комфортніше під час перебування у сховищах.

Ключовою вимогою є наявність якісної системи вентиляції бомбосховища та фільтраційного обладнання.

Укриття поділяють на закриті і відкриті. До відкритих, найпростіших укриттів відносять різноманітні підземні споруди, які можуть бути використаними для короткочасного захисту населення.

Закриті розраховані на перебування людей протягом 2 діб, тому вентиляція бомбосховища є обов'язковою. Це герметичні інженерні споруди, які захищають не тільки від уламків та артилерійських снарядів, а й від хімічного та біологічного ураження. Вони обов'язково облаштовуються системою фільтрації повітря, щоб уникнути потрапляння ззовні радіаційного пилу, біологічних аерозолів, отруйних речовин.

Під час ведення бойових діє існує великий ризик знеструмлення будівель і навіть цілих міст, тому вентиляція у бомбосховищі облаштовується з використанням механічних припливних і припливно-витяжних систем.

В окремих випадках доцільне спорудження укриттів з можливістю повної ізоляції від доступу повітря з вулиці. В такому разі система має забезпечувати регенерацію внутрішнього повітря протягом 6 годин.

Проектування системи вентиляції передбачає наявність такого обладнання:

- забірні канали повітря, які працюють в кількох режимах;
- противибухові пристрої з розширювальними камерами на забірних і витяжних каналах;
- антипилінові фільтри;
- фільтри-поглиначі, які очищають вхідне повітря від радіаційного пилу, біологічних аерозолів, хімічних речовин;
- теплоємні фільтри;
- герметичні клапани;

– вентилятори та система повітропроводів.

Для бомбосховищ, які розраховані на використання в умовах повної ізоляції протягом 6 годин, обов'язковим є встановлення обладнання для регенерації внутрішнього повітря. Такі системи очищують повітря від монооксиду вуглецю (CO) і діоксид вуглецю (CO<sub>2</sub>) та підтримують оптимальний склад повітря: концентрація CO<sub>2</sub> до 3%, кисню – до 17%, CO – до 30 мг/м<sup>3</sup>.

Усі нові будинки в Ізраїлі мають бомбосховище, роль якого виконує підземний паркінг чи приміщення поруч, у більшості квартир є «кімнати безпеки», які можуть захистити від уламків снарядів чи бомб. Освітня та медична інфраструктура в ізраїльських містах підготовлена для усіх видів військових небезпек: ядерної, хімічної, біологічної, радіологічної. Так, операційні в ізраїльських лікарнях спроектовані таким чином, що можуть витримати пряме попадання ракети [2].

Війна, яка зараз триває, та постійне хаотичне бомбардування висвітлює проблему, що цивільне населення міст майже не захищене від небезпечних чинників артилерійських обстрілів та систем залпового вогню, тому майбутні будівлі слід проектувати з обов'язковою наявністю бомбосховищ, укриттів або підземних паркінгів. Масове створення таких будівель змушує переглянути вимоги до конструктивних особливостей та необхідності їх оснащення, в тому числі із врахуванням пожежної безпеки.

Однією з основних умов зниження незворотних втрат серед населення як від звичайних пожеж так і від пожеж спричинених обстрілами на об'єктах, що мають бомбосховища, укриття або подібні об'єкти є розрахунок поширення небезпечних факторів пожежі у підземному приміщенні. Важливу роль в системі забезпечення пожежної безпеки різних об'єктів відіграє розрахунок необхідного та фактичного часу евакуації. Існуючі норми пожежної безпеки не регламентують необхідний та фактичний час евакуації з укриття. Під час тривоги в укриття може спуститися значно більше людей ніж та кількість на яку розраховано. Контингент буде найрізноманітніший. Населення з собою у сховище зазвичай бере безліч речей і може перебувати там тривалий час. Це значно підвищує ризик виникнення звичайної пожежі – від короткого замикання електропроводки, занесення малокалорійного джерела запалення на горючу поверхню, теплового впливу електронагрівальних приладів тощо. Не виключається можливість як повного руйнування укриття з подальшою загибеллю усіх присутніх, так і часткового руйнування укриття з блокуванням одного з виходів і подальшим задимленням. З досвіду реагування оперативно-рятувальної служби ДСНС під час обстрілів треба зазначити, що підрозділи прибувають на місце НС з значним відтермінуванням через загрозу нових обстрілів та реагування на інші такі ж випадки. Саме тому люди, що перебувають в укритті повинні розраховувати тільки на себе та на інженерно-технічні та організаційні заходи, що були проведені адміністрацією до цих подій.

У наукових роботах, що були розглянуті, не в повній мірі були відображенні питання щодо значного перевищення кількості різноманітних людей на об'єкті (рис. 1), часткового або повного руйнування одного з виходів об'єкту, значне захлаплення проходів речами людей, що ховаються, повної або часткової відсутності постачання електроенергії, неможливість або значна затримка в реагування оперативно-рятувальних служб на дану НС.

Наведені протиріччя вказують на актуальність вирішення наукового завдання у сфері пожежної безпеки, що полягає у розвитку наукових основ забезпечення ефективності роботи інженерно-технічних заходів щодо недопущення або зменшення задимленості укриття від різних пожеж в умовах війни, як підґрунтя наукових основ підвищення рівня забезпечення пожежної безпеки об'єктів шляхом їх конструювання та обладнання з унормованими параметрами.



Рис. 1 Стан приміщення, яке слугувало укриттям для людей на початку війни, через відсутність поряд підготовлених укриттів.

Подальшими науковими дослідженнями планується створення методики розрахунку кількості людей, що може знаходитися в укритті, методики (математичної моделі або розрахунку) процесу поширення небезпечних факторів пожежі, необхідного часу евакуації, та визначення ефективності різноманітних інженерно-технічних та організаційних заходів та засобів, що спрямовані на збільшення довготривалості перебування людей у частково зруйнованому укритті в умовах ведення військових дій.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.2-5-97 «Будинки та споруди. Захисні споруди цивільної оборони» М - КИЇВЗНДІЕП, 1997 : станом на 1 жовтня 2006 р. URL: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/05/DBN-V.2.2-5-97.pdf> (дата звернення: 08.09.2022).
2. ת"א-1951, האזרחית ההתגוננות חוק (Закон про цивільну оборону, Ізраїль 1951-77).

*O. Oleinyk, leading inspector of the Department of Prevention of Emergency Situations of the Kharkiv District Office of the State Emergency Service of Ukraine in the Kharkiv Region,  
Y. Otrosh, D.Sc. in Engineering, professor, National University of Civil Defence of Ukraine,  
N. Rashkevich, Ph.D, National University of Civil Defence of Ukraine  
Leonid Skatkov, Ph.D. in Technical Sciences, Ben Gurion University of Negev*

#### THE PROBLEM OF INCREASING THE POSSIBLE TIME OF PEOPLE'S STAY IN SHELTER DURING COMBAT ACTIONS WITH THE HELP OF NATURAL VENTILATION

This work describes the problems of ventilation in bomb shelters, the analysis of these problems using the example of other countries, the problems that arise in our country regarding the use of objects not intended for this purpose as shelters, and the need to maximize the time people stay in such objects in the event of a partial or complete destruction before the arrival of rescuers with the help of natural ventilation.

*М.З. Пелешко, канд. техн. наук, доцент, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

## **ПОЖЕЖНА НЕБЕЗПЕКА ПІЧНОГО ОПАЛЕННЯ**

Пожежна безпека згідно ДСТУ 2272-2006 – стан об'єкта, при якому з регламентованою ймовірністю відкидається можливість виникнення та розвиток пожежі, і впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей. Будь-які дії, матеріали або умови, які можуть збільшити розмір або серйозність пожежі або які можуть спричинити її початок складають пожежну небезпеку. Небезпекою може бути паливо, яке легко запалити, несправний прилад, розморожування труби за допомогою факела або неочищений пічний димар.

Масштабна війна показала, що наші міста є досить вразливими. Вони замкнені в єдиний ланцюжок мереж, які постачають тепло, газ, воду та електроенергію. Так, через російські обстріли 7 серпня руйнувань зазнала одна з теплоелектроцентралей (ТЕЦ) Харкова, що, за даними місцевої влади, забезпечувала теплом майже третину міста [1]. За даними [2] міністерства розвитку громад та територій понад 300 об'єктів котелень тепlopостачання та десять ТЕЦ, пошкоджені або зруйновані внаслідок обстрілів російськими військами.

Оптимальним рішенням, як показує практика (на початку масштабної війни деякі жителі окупованих і оточених ворогом територій рятувалися від холоду за допомогою буржуйок) в зимовий період року є влаштування в будинку нетеплоємної печі - буржуйки. Нетеплоємні печі - це печі з листової сталі і чавуна, тому буржуйці властива теплова безінерційність. Нагрівання приміщення починається з моменту розпалювання такої печі, однак після того, як топка закінчується, в приміщенні майже відразу стає холодніше. Буржуйки отримали поширення головним чином в 1-й половині ХХ століття. Їх застосовувати в житлових будинках, в будь-яких установках як основні та додаткові пристрої для обігріву. Вона замінила камін, проте її майже перестали використовувати після розвитку систем централізованого опалення та печей, що працюють на газі.

Головний аргумент на користь такої печі пов'язаний з високою швидкістю обігріву приміщення. Це найбільш важливо в тих приміщеннях, де потрібне забезпечення обігріву на короткий час, разом з тим зростає пожежна небезпека. Тому там, де влаштовується піч цього типу, потрібно обов'язково вжити заходів забезпечення безпеки.

Пожежна небезпека буржуйки полягає в наявності високих температур на поверхні печі, які можуть бути джерелом запалення горючих матеріалів і горючих конструкцій будівель. Це особливо небезпечно, коли поруч є горючі матеріали і предмети (меблі, одяг, дрова та ін.). Температура на поверхні елементів нетеплоємних печей залежить від виду палива, що спалюється, режиму топки печей і може досягати більше 600 °С [3]. До причин виникнення пожеж в приміщеннях з пічним опаленням можна також віднести використання горючих та легкозаймистих рідин, випадання з паливника чи зольника жарин, горіння сажі, що накопичилася в димоході.

Статистика показує, що кількість пожеж, викликаних пічним опаленням, щорічно складає 13-17% загального числа пожеж в країні [4]. Особливо в холодні місяці пожежі від пічного опалення складають 80% всіх що відбуваються в цей час. Кожна друга пожежа у період інтенсивної експлуатації приладів опалення спричинена саме порушенням вимог щодо безпечного використання та влаштування печей і плит на твердому паливі, а також різноманітних електрообігрівачів.

Згідно вимог норм [5] дозволяється влаштування таких печей у приміщеннях гуртожитків, адміністративних, громадських та допоміжних будинках підприємств, а також у житлових та дачних будинках. Класична буржуйка – це ємність, в якій спалюються дрова, а чадні гази виходять через димар [6]. Вона може обігріти лише одну кімнату.

При цьому необхідно врахувати, що для створення достатньої тяги висота димової труби від колосника до оголовка на даху повинна бути не менше 5 метрів. Найбільш

сприятливий варіант по центру гребеня, що дозволяє розташувати майже весь димок всередині будинку. Як наслідок, тепло від труби буде нагрівати простір в середині будинку при стабільній тязі. При цьому до монтажу димової труби є ще ряд вимог. По-перше, вона повинна бути прямолінійною з мінімальною кількістю відведень і поворотів. Ідеально, якщо вона спрямована знизу вгору вертикально. При монтажі печі на горючу основу - дерев'яну підлогу, остання ізолюється негорючим матеріалом. Прикладом може бути, керамічна плитка. Обов'язково захищаються і стіни, біля яких піч-буржуйка буде встановлюватися. Вони також покриваються негорючим матеріалом. При використанні таких печей, необхідно звернути увагу на виконання вимог пожежної безпеки як при влаштуванні, так і при їх експлуатації. Так, пожежі найчастіше відбуваються через перегрів печей, в результаті застосування для розпалювання горючих і легкозаймистих рідин, випадання з топки палива, що горить.

Щоб уникнути пожежі в будинках з пічним опаленням необхідно не залишати без нагляду печі, що топляться; не можна доручати нагляд за печами дітям, залишати їх без нагляду у приміщенні, де топиться піч, розташовувати паливо, інші горючі речовини та матеріали перед відкритою топкою, застосовувати для розпалювання печей бензин та інші легкозаймисті та горючі рідини; пережарювати печі.

Порушення правил пожежної безпеки при експлуатації печей є основною причиною загорянь. Для запобігання надзвичайних ситуацій, попередження пожеж під час опалювального сезону необхідно знати основні вимоги норм та правил щодо користування різними опалювальними приладами.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Буржуйки, електрообігрівачі та утеплення, або Як не замерзнути, якщо зникне газ. URL: [https://ye.ua/syspilstvo/60605\\_Burzhuyki\\_elektroobigrivachi\\_ta\\_uteplennya\\_abo\\_Yak\\_ne\\_zamerznuti\\_yakscho\\_znikne\\_gaz.html](https://ye.ua/syspilstvo/60605_Burzhuyki_elektroobigrivachi_ta_uteplennya_abo_Yak_ne_zamerznuti_yakscho_znikne_gaz.html) (дата звернення: 09.09.2022).
2. Опалювальний сезон в умовах війни. URL: <https://www.dw.com/uk/opaluvalnij-sezon-v-umovah-vijni-do-cogo-gotuvatisa-ukraincam/a-62793441и> (дата звернення: 09.09.2022).
3. Гасіння пожеж у будинках із пічним опаленням. Правила влаштування та експлуатації пічного обладнання. URL: <https://02stroy.ru/uk/accessories-for-ladders/tushenie-rozharov-v-domah-s-pechnym-otopleniem-pravila-ustroistva-i.html> (дата звернення: 09.09.2022).
4. В Україні з початку року сталося дві з половиною тисячі пожеж. URL: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/officialcategory?cat\\_id=245293185](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/officialcategory?cat_id=245293185) (дата звернення: 09.09.2022).
5. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні: наказ МВС України від 30.12.2014. № 1417.
6. Різноманітність дров'яних буржуйок для дачі – конструктивні особливості моделей URL: <http://keycentre.com.ua/r-znoman-tn-st-drov-yanih-burzhuuyok-dlya-dach-konstruktivn-osoblivost-modeley/> (дата звернення: 09.09.2022).

*M.Z. Peleshko, PhD, docent, Lviv State University of Life Safety*

#### **FIRE HAZARDS OF FURNACE HEATING**

According to statistics, the heating period dramatically increases the number of fires and creates a real fire hazard due to the use of various heating devices. One of the main causes of fires is the violation of fire safety rules during the usage of furnace heating. In order to prevent emergency situations and prevent fires during the heating season, every person should know the basic requirements of norms and rules regarding the use of various heating devices. At the same time, heating installations must meet the fire protection requirements of standards, building norms and other regulatory acts.

*М.З. Пелешко, канд. техн. наук, доцент, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

## **ОСОБЛИВОСТІ ЕВАКУАЦІЇ З ГОТЕЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ**

Пожежній безпеці готелів слід приділяти особливу увагу тому що в готелях постійно перебуває велика кількість людей, зокрема в нічний час. До складу готелів можуть входити такі групи приміщень і служб: приймально-вестибюльна, житлова, культурно-дозвіллева, фізкультурно-оздоровча, медична, підприємств побутового обслуговування і торгівлі, підприємств харчування, ділової діяльності, адміністрації і служб експлуатації, приміщень обслуговування, вбудовано-прибудованих підприємств і закладів. Приміщення наповнені складним інженерним обладнанням, є певний запас горючих матеріалів. Відтак, виникнення пожеж у таких закладах може призвести до швидкого поширення вогню та масової загибелі людей [1,3].

Приміром: у ніч на 17 серпня 2019 року спалахнув готель «Токіо Стар» в Одесі. У тамтешніх 270 номерах (у деяких з них навіть не було вікон) перебувало щонайменше 200 постояльців. Вони не знали, що коїться, а тимчасом горіло на площі 1000 м<sup>2</sup>. Внаслідок надзвичайної події постраждали 19 людей. Восьмеро загинули на місці пожежі, ще одна людина розпрощалася з життям у кареті швидкої допомоги.

П'ятиповерхова будівля готелю в с. Славське Сколівського району на Львівщині спалахнула вночі 19 лютого 2019 р. Про це вогнеборців повідомили із запізненням, тому на момент прибуття перших пожежно-рятувальних підрозділів полум'я поширилося на велику площу і охопило дах будівлі та перекриття між четвертим та мансардним поверхами. Швидке поширення вогню зумовлювалося дерев'яними конструктивними елементами будівлі. Поблизу місця виникнення пожежі було відсутнє зовнішнє протипожежне водопостачання. Найближче вододжерело розташоване на відстані 2,5 км, і для гасіння вогню воду довелося постійно підвозити. Пожежу вдалося ліквідувати лише через 6 годин. Вогнем знищено дах та перекриття будинку на площі 1000 м<sup>2</sup> [3].

22 грудня 2021 року о 02 год 55 хв внаслідок короткого замикання електромережі виникла пожежа у шестиповерховій будівлі готелю заміського комплексу відпочинку "Батерфляй", розташованого в селі Садове Вінницької області. До прибуття підрозділів ДСНС персоналом закладу було евакуйовано 56 осіб, з них 53 дитини [4, 5].

Основні вимоги пожежної безпеки при проектуванні та експлуатації готелів містяться у ДБН В.2.2-20:2008 «Готелі», ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва», ДБН В.2.2-9:2018 «Громадські будинки та споруди», ДБН В.2.5-56-2014 «Системи протипожежного захисту», Правилах пожежної безпеки в Україні.

Готельні комплекси будують висотними частіше, ніж житлові будинки. Об'ємно-планувальне рішення готелів підпорядковане загальному для висотного будівництва, вимозі компактності форми плану - трикутного, прямокутного, овального, круглого. У переважній більшості випадків висотна будівля багатофункціональна, тобто включає в себе автостоянки, кінотеатри, офіси, житлові приміщення [2, 6].

Специфіка захисту людей від наслідків пожежі полягає і в тому, що, на відміну від забезпечення збереження будівельних конструкцій, безпека людей повинна гарантуватися у всіх випадках і незалежно від економічних затрат.

Система оповіщення гостей про пожежу і управління евакуацією є складовою частиною системи протипожежного захисту готелю.

При цьому автоматично включаються дзвінки і зумери тривоги, а також усі телевізори для гостей (або переключаються на готельний канал, якщо вони вже були включені). Це дозволяє більш конкретно, з урахуванням сформованої обстановки, донести інформацію до гостей і запобігти паніці. На екранах телевізорів висвітлюється текст національною, англійською, німецькою, французькою мовами. Крім тексту, на екрані телевізорів у номерах висвітлюється план евакуації для кожного поверху. Передати необхідну інформацію можна також через гучномовці в номерах [8].



При пожежі виникає реальна загроза здоров'ю і життю людей. Процес евакуації починається практично одночасно і має чітку спрямованість. Внаслідок такого одночасного і спрямованого руху та внаслідок обмеженої пропускної спроможності евакуаційних шляхів і виходів створюється велика щільність людських потоків, спостерігаються фізичні зусилля з боку окремих осіб, які евакуюються, що значно зменшує швидкість руху. Виникає суперечність - чим швидше люди прагнуть залишити приміщення і будівлю, тим більше часу вони вимушені тратити на це. Особливостями руху при евакуації є також несприятливий вплив небезпечних факторів пожежі і можливість виникнення паніки [7, 8].

Тому основними проблемами, які ускладнюють евакуацію є:

- велика кількість людей різних вікових груп, люди інших національностей, можлива наявність маломобільних групи населення;
- відсутня підготовка працівників готелів діям при пожежі;
- сильне задимлення;
- швидке поширення пожежі;
- захаращення евакуаційних шляхів та виходів, що може ускладнити рух людей до безпечної зони;
- відсутність або несправність систем протипожежного захисту, які забезпечують своєчасне оповіщення про пожежу, управління евакуацією, обмеження розповсюдження пожежі;
- відсутні або заблоковані під'їзди для спеціальної пожежної техніки;
- застосування на шляхах евакуації небезпечних оздоблювальних і конструктивних матеріалів, які мають високу димоутворюючу здатність, токсичність, горючість, що може призвести до швидкого розповсюдження вогню [4];

Для забезпечення безпечної евакуації людей з будівель готелів необхідно:

- встановити та забезпечити необхідну кількість, розміри та відповідне конструктивне виконання евакуаційних шляхів та евакуаційних виходів;
- забезпечити безперешкодний рух людей евакуаційними шляхами й через евакуаційні виходи;
- організувати оповіщення та управління рухом людей евакуаційними шляхами (у тому числі з використанням світлових покажчиків, звукового та мовного оповіщення).

Безпечна евакуація людей з будівель готелів під час пожежі вважається забезпеченою, якщо інтервал часу від моменту виявлення пожежі до завершення процесу евакуації людей у безпечну зону не перевищує необхідного часу евакуації людей під час пожежі. Методи визначення необхідного і розрахункового часу, а також умов безперешкодної та своєчасної евакуації людей визначаються нормативними документами з пожежної безпеки.

Усі громадяни, котрі прибувають до будинків готелів, повинні бути ознайомлені адміністрацією з основними вимогами пожежної безпеки (під розпис).

У готелях, де мешкають іноземні громадяни, пам'ятки про правила пожежної безпеки та поведінку людей мають бути виконані українською та англійською мовами [8]. Не менше 10% місць у готельних номерах мають бути безбар'єрним. У вестибюлях громадських будівель та споруд слід передбачати встановлення звукових інформаторів за типом телефонів-автоматів, якими можуть користуватися відвідувачі з порушенням зору, і текстотелефонів для відвідувачів з порушенням слуху. Дверні ручки, запори, засувки й інші прилади відчинення і зачинення дверей повинні мати форму, яка дає змогу особі з інвалідністю керувати ними однією рукою (кулаком) і не потребує застосування надто великих зусиль або значних поворотів руки у зап'ястку [10].

Натомість реальна ситуація зовсім інша, будівлі в найкращому випадку в основному забезпечені інформаційними табло/пиктограми про розташування пристосованих для осіб з інвалідністю місць та послуг, які представлені символами, що застосовуються у міжнародній практиці. В багатьох випадках відсутнє звукове дублювання візуальної

інформації – для осіб з вадами зору, а візуальне дублювання звукової інформації – для осіб з вадами слуху, взагалі рідкість.

Досягнення безпечної евакуації людей із будівлі готелю можливе шляхом проведенням: державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки за справністю систем протипожежного захисту та перевірки відповідності евакуаційних шляхів; тактико-спеціальних навчань підрозділами ДСНС України; розміщенням агітаційних листівок відповідного змісту та дотримання протипожежного режиму.

З вище розглянутого можна зробити висновок, що проблема евакуації людей із готелю є доволі гострою з ряду певних причин та для досягнення безпечної евакуації осіб потрібно дотримуватися відповідних критеріїв, що дозволить швидко провести евакуацію людей.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.2-20:2008 «Будинки і споруди. Готелі». [Чинний від 2009-04-01]. Вид. офіц. Київ, 2009. 37 с. (Інформація та документація).
2. ДБН В.2.2-9:2018. Громадські будинки та споруди. Основні положення. [Чинний від 2019-06-01]. Вид. офіц. Київ, 2019. 43 с. (Інформація та документація).
3. Забезпечення пожежної безпеки у готелях. Київ, 2019. URL: [https://news.24tv.ua/novi\\_dbn\\_pro\\_inklyuzivnist\\_budivel\\_v\\_ukrayini\\_koli\\_vin\\_zapratsyuye\\_i\\_s\\_hho\\_zmynitsya\\_n1091051](https://news.24tv.ua/novi_dbn_pro_inklyuzivnist_budivel_v_ukrayini_koli_vin_zapratsyuye_i_s_hho_zmynitsya_n1091051) (дата звернення: 19.09. 2022).
4. Відпочинок без вогню. Особливості пожежної безпеки у готелях. Журнал Охорона праці і пожежна безпека. URL: <https://oppb.com.ua/articles/vidpochynok-bez-vognyu-osoblyvosti-pozhezhnoyi-bezpeky-u-gotelyah> (дата звернення: 19.09. 2022).
5. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2021 року. URL: [https://idundcz.dsns.gov.ua/files/2021/Ctaturtuka/Analitychna%20dovidka%20pro%20poj\\_eji\\_12.2021.pdf](https://idundcz.dsns.gov.ua/files/2021/Ctaturtuka/Analitychna%20dovidka%20pro%20poj_eji_12.2021.pdf) (дата звернення: 19.09.2022).
6. Висотні житлові та офісні будівлі. URL: [https://stud.com.ua/54912/tovarovnavstvo/visotni\\_zhitlovi\\_ofisni\\_budivli](https://stud.com.ua/54912/tovarovnavstvo/visotni_zhitlovi_ofisni_budivli) (дата звернення: 19.09. 2022).
7. Пожежна безпека будівель та споруд: навчальний посібник /М.М. Кулешов та ін. Харків, 2004. – 271 с.
8. Головка О. М. Організація готельного господарства. URL: <https://subj.ukr-lit.com/organizaciya-gotel'nogo-gospodarstva-golovko-o-m-sistema-opovishhennya-pro-pozhezhu-i-upravlinnya-evakuaciyeu> (дата звернення: 19.09. 2022).
9. Рожков А. Забезпечення пожежної безпеки у готелях. Надзвичайна ситуація плюс. URL: <https://ns-plus.com.ua/2019/10/15/zabezpechennya-pozhezhnoyi-bezpeky-u-gotelyah/> (дата звернення: 19.09.2022).
10. Пелешко М.З., Башинський О.І., Бережанський Т.Г. Проблеми інклюзивності будівель та споруд в контексті безпечної евакуації. Збірник наукових праць ЛДУБЖД «Пожежна безпека». 2022. № 40. С. 71–78.

*M.Z. Peleshko, PhD, docent, Lviv State University of Life Safety*  
**FEATURES OF EVACUATION FROM HOTEL COMPLEXES**

Special attention should be paid to the fire safety of hotels as objects with massive and, importantly, temporary stay of people. Hotels are quite dangerous for their residents in the case of an emergency situation, and the problem of the people evacuation is particularly acute. The safe evacuation of people from hotel buildings during a fire is considered to be ensured if the time interval from the moment of the fire detection to the end of the process of evacuating people to a safe zone does not exceed the necessary time for evacuating people during a fire. Observance of all the regulated norms and rules of fire safety in hotels will protect the people who live there, and significantly reduce the risk of injuries and deaths, which often occur during fires.

*М.З. Пелешко, канд. техн. наук, доцент, О.І. Башинський, канд. техн. наук, доцент,  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

## **ОСОБЛИВОСТІ ЕВАКУАЦІЇ ЛЮДЕЙ З ОБМЕЖЕНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ**

В нашій державі приділяється багато уваги з боку Президента України, першої леді та уряду вирішенню питань включення людей з інвалідністю та інших маломобільних груп населення до активного соціального життя та питань інклюзивності.

Орієнтація держави на потреби найменш захищених та найбільш вразливих членів суспільства визначає рівень її цивілізованості. При проектуванні об'єктів, доступних для маломобільних груп населення (МГН), повинні бути забезпечені: доступність місць цільового відвідування і безперешкодність переміщення всередині будинків і споруд; безпека шляхів руху (у тому числі евакуаційних), а також місць проживання, обслуговування і праці; своєчасне отримання МГН повноцінної і якісної інформації, яка дасть змогу орієнтуватися в просторі, використовувати обладнання, отримувати послуги, брати участь у трудовому і навчальному процесах; зручність і комфорт середовища життєдіяльності [1].

З практичної точки зору планування шляхів евакуації для маломобільних груп населення достатньо складний процес. В даному випадку важливим є не лише правильне планування, але й забезпечення всіх умов легкої й безпечної евакуації у разі виникнення небезпеки. При цьому необхідно враховувати ряд факторів, що властиві для осіб з маломобільних груп. Наприклад, низька швидкість пересування, використання під час руху допоміжних засобів (милиці, палиці, протези, інвалідні візки), знижена маневреність під час руху складними ділянками евакуаційного маршруту (повороти, звуження, місця злиття потоків), труднощі під час долаття перешкод на шляху (відчинення дверей тощо), складнощі з читанням покажчиків евакуації, сприйняття сигналів оповіщення.

Виконання будь-яких заходів щодо евакуації, починається з оповіщення та інформування населення. Тому доведення сигналів оповіщення під час проведення евакуації та інформування населення про порядок дій на різних етапах евакуації, інформування про обстановку, що склалася, організовуються у доступній для осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення формі.

Останні дослідження показали, що доступність означає щось більше, ніж безпосередній доступ до будівлі або приміщення за допомогою допоміжних чи спеціальних засобів. Це процес створення просторів, максимально зручних, а значить і безпечних для всіх людей, незалежно від їхнього віку та фізичних чи когнітивних можливостей, без необхідності використання допоміжних (адаптивних) засобів або вузькоспрямованих спеціалізованих рішень [2].

Однією з основних вимог забезпечення пожежної безпеки в контексті інклюзивності простору є поняття “універсального дизайну” [2], появу якого спричинили зміни у трактуванні інвалідності. Людина з інвалідністю почала розглядатись з позицій соціального потенціалу, на заваді реалізації якого стають певні перешкоди. Вперше це поняття було використано у галузі архітектури. Воно відображало, наскільки середовище комфортне для людей з різними фізичними порушеннями.

Обмеження активності, постійні чи тимчасові, можуть заважати або перешкоджати успішній евакуації маломобільних груп населення в умовах пожежі. Люди з особливими потребами можуть зіткнутися з багатьма різними формами потенційних перешкод, зокрема:

- фізичні бар'єри, які обмежують можливість потрапити в будівлю, увійти та вийти з неї. Фізичні перешкоди можуть включати бордюри, сходи, вузькі дверні прорізи та проходи, також неможливість використання засобів пересування (тростини, ходунки, інвалідні візки);

- комунікаційні бар'єри, які обмежують доступ до знаків, освітлення, сирен і сигналізації, системи оповіщення та засобів зв'язку (телефони, рації);

- когнітивні та емоційні бар'єри, які обмежують здатність зберігати спокій, вирішувати проблеми та швидко приймати рішення в надзвичайних ситуаціях.

Незважаючи на вимогу нормативних документів [3-5] щодо забезпечення безпечної евакуації та безперешкодності простору в будівлях є ряд проблем. Як давно здані в експлуатацію будівлі, так і новозбудовані не забезпечені достатнім простором для маневру. Ширина прорізу евакуаційних дверей, коридорів, проходів не забезпечує людині у візку свободу пересування, а також можливість вільно розминутися з іншою людиною у візку. На шляхах евакуації в більшості випадків відсутні пандуси. При цьому їх облаштування нерідко виконується формально, не завжди відповідає вимогам норм, а саме ухил, наявність поручнів (майже 90% пандусів не відповідають цим вимогам).

Разом з тим, важливе значення для людей з вадами зору мають перепади висоти на шляхах евакуації, які вони не в змозі виявити за допомогою тростини (відсутність порогів). На шляхах евакуації відсутні маркування світловідбиваючими елементами першої та останньої сходинки сходового маршу або поручнів сходів, відсутні улаштування на поручнях (перилах) рельєфних позначень поверхів у тактильному вигляді, або шрифтом Брайля, відсутня тактильна плитка. В багатьох випадках відсутнє звукове дублювання візуальної інформації – для осіб з вадами зору, а візуальне дублювання звукової інформації – для осіб з вадами слуху, взагалі рідкість.

Розглядаючи вимоги щодо безпечної евакуації з будівель та споруд, можна зробити висновок, що евакуація маломобільних груп населення на сьогодні в багатьох випадках ускладнена, а подекуди неможлива, особливо в умовах пожежі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Пелешко М.З., Башинський О.І., Бережанський Т.Г. Проблеми інклюзивності будівель та споруд в контексті безпечної евакуації. Збірник наукових праць ЛДУБЖД «Пожежна безпека». 2022. № 40. С. 71–78.

2. Данова К.В., Хворост М.В., Малишева В.В. Врахування обмежень життєдіяльності осіб з інвалідністю при розрахунку часу евакуації. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2020. №1(31). С. 55-67.

3. ДБН В.2.2-40:2018. Будинки і споруди. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. [Чинний від 2019-04-01]. Вид. офіц. Київ, 2018. 64 с. (Інформація та документація).

4. ДБН В.1.1-7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. [Чинний від 2017-06-01]. Вид. офіц. Київ, 2017. 41 с. (Інформація та документація).

5. ДСТУ 8828-2019. Пожежна безпека. Загальні положення [Чинний від 2019-02-27]. Вид. офіц. Київ, 2019. 84 с.

*M.Z. Peleshko, PhD, docent, O.I. Bashynskiy, PhD, docent, Lviv State University of Life Safety*

#### **FEATURES OF EVACUATION OF PEOPLE WITH DISABILITIES**

Timely evacuation of people, in particular those with disabilities, from buildings and apartments in case of fire is the main task that should be provided during the design and reconstruction of the building. In turn, the effectiveness of evacuation is determined by planning decisions, including the number of evacuation exits, their location (dispersed), parameters of exits and escape routes, as well as their design (direction of door opening, the difference in height on the escape routes, availability of combustible decorations and other).

Based on the conducted analysis it is shown that while designing the objects accessible to people with disabilities, should be provided: availability of places of target visiting and unimpeded movement inside buildings and constructions; safety of evacuation routes, as well as places of residence, service and work; timely delivery of full and high-quality information to people with disabilities, which allows them to navigate in space, use equipment, receive services, participate in labor and educational processes; convenience and comfort of the living environment.

*М.З. Пелешко, канд. техн. наук, доцент, О.І. Башинський, канд. техн. наук, доцент,  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНКЛЮЗИВНОСТІ ПРОСТОРУ В ЗАВЛАДАХ ОСВІТИ**

Упродовж останніх років в Україні спостерігається значне збільшення кількості дітей з особливими освітніми потребами, які отримують освіту в інклюзивних класах та групах закладів освіти.

За офіційними статистичними даними в результаті розвитку інклюзивного навчання у 2021/2022 н. р. кількість учнів з особливими освітніми потребами в інклюзивних класах збільшилась на 7608 осіб і становить 32686 учнів (у 2020/2021 – 25078 учнів). Кількість інклюзивних класів зросла на 4535 одиниць і становить 23216 таких класів [1].

Загалом за останні п'ять років досягнуто зростання більше ніж у 4,5 разів кількості учнів, охоплених інклюзивним навчанням (2017/2018 н. р. – 7179 учнів, 2021/2022 н. р. – 32686 учнів); зростання кількості інклюзивних класів у 4,6 разів (2017/2018 н. р. – 5033 класи, 2021/2022 н. р. – 23216 класів); збільшення кількості закладів загальної середньої освіти, в яких організовано інклюзивні класи у 2,7 разів (2017/2018 н. р. – 2620 закладів, 2021/2022 н. р. – 7136 закладів).

У 2020/2021 н. р. для дітей з особливими освітніми потребами дошкільного віку створено 4 369 спеціальних груп у 1630 закладах дошкільної освіти, де 61 668 дітей здобувають дошкільну освіту.

Інклюзивність загальноосвітніх шкіл та дитячих садків передбачає планувальну організацію [2]:

- створення комфортних умов для навчання дітей з особливими освітніми потребами – проектування класів, навчальних кабінетів, ігрових кімнат, актових та спортивних залів та інших приміщень з урахуванням інклюзивності;
- створення умов для розвитку – проектування додаткових приміщень для медобслуговування та корекційно-розвиткових занять;
- забезпечення безперешкодного доступу до будинків, приміщень та земельних ділянок – проектування елементів доступності (пандусів/ліфтів, підйомників, спеціальних сходів).

За статистикою, близько 74% всіх шкіл в Україні забезпечені безбар'єрним простором, але лише до першого поверху. В цих закладах є безбар'єрний доступ до будівлі, пандус або підйомник на вході чи кнопки виклику допомоги, у деяких випадках інформаційні таблички. Проте якщо розглядати статистику доступності шкіл до 2-го і вище поверху, то її мають лише одиниці. Тобто, більшість наших шкіл ще не пристосовані для дітей з інвалідністю в повному обсязі [3].

Норми архітектурної доступності викладені в ДБН В.2.2-40:2018, які базуються на європейських стандартах і є базовим документом із питань створення інклюзивного простору. Також ДБН В.2.2-3:2018 “Заклади освіти” зобов'язує створити умови для безперешкодного доступу учнів із різними порушеннями до будівель, приміщень, спортивних майданчиків тощо.

Останні дослідження показали [4], що доступність означає щось більше, ніж безпосередній доступ до будівлі або приміщення за допомогою допоміжних чи спеціальних засобів. Це процес створення просторів, максимально зручних, а значить і безпечних для всіх людей, незалежно від їхнього віку та фізичних чи когнітивних можливостей, без необхідності використання допоміжних (адаптивних) засобів або вузькоспрямованих спеціалізованих рішень.

Отже, врахування основних принципів універсального дизайну в об'ємно-планувальних рішеннях будівлі в цілому і в плануванні евакуаційних шляхів та виходів, в інтер'єрі будівель та приміщень дасть можливість створити умови для своєчасної та безпечної евакуації людей з обмеженими можливостями.

Заклад освіти можна вважати доступним, безпечним та зручним якщо легко можна ідентифікувати вхід в будівлю (сходи, дверні отвори), його назву (табличка). Крім того має бути доступним, зрозумілим та безпечним шлях руху від найближчих зупинок громадського транспорту до входу на територію закладу освіти.

Ключовими аспектами забезпечення безпеки при евакуації є безпека під час пересування, перебування, отримання освітніх послуг, відсутні бар'єри або належне інформування про їх наявність, фізична можливість, зручність та комфорт під час пересування, перебування, отримання освітніх послуг, наявність умов для отримання необхідної інформації (рис. 1).



**Рисунок 1 – Приклади облаштування тактильної плитки та світловідбиваючого маркування**

При проектуванні, будівництві нових та реконструкції, реставрації, капітальному ремонті та переоснащенні існуючих будівель закладів освіти обов'язковим є забезпечення у повному обсязі вимог доступності, зручності, інформативності і безпеки. Доступність будівель та споруд для маломобільних груп населення повинна забезпечувати в першу чергу безпеку шляхів руху, а особливо евакуаційних в місцях навчання.

#### ЛІТЕРАТУРА

11. Статистичні дані. URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/inklyuzivne-navchannya/statistichni-dani> (дата звернення: 19.09. 2022).
12. Як створити доступність у закладах освіти для осіб з порушенням зору. URL: <https://nus.org.ua/view/yak-stvoryty-dostupnist-u-zakladah-osvity-dlya-osib-z-porushennyam-zoru/> (дата звернення: 19.09. 2022).
13. Створено всі умови для того, щоб усунути бар'єри у закладах освіти, – Парцхаладзе. URL: <https://www.minregion.gov.ua/press/news/stvoreno-vsi-umovi-dlya-togo-shhob-usunuti-bar-yeri-u-zakladah-osviti-partshaladze/> (дата звернення: 19.09. 2022).
14. Пелешко М.З., Башинський О.І., Бережанський Т.Г. Проблеми інклюзивності будівель та споруд в контексті безпечної евакуації. Збірник наукових праць ЛДУБЖД «Пожежна безпека». 2022. № 40. С. 71–78.

*M.Z. Peleshko, PhD, docent, O.I. Bashynskiy, PhD, docent, Lviv State University of Life Safety*

#### **ENSURING INCLUSIVENESS OF SPACE IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS**

The problem of inclusiveness of buildings and structures in the context of ensuring the safety of evacuation of persons with disabilities is considered. When creating an inclusive environment, special attention should be paid to ensuring safe learning conditions. Since the number of inclusive classes in Ukraine has increased 7 times over the past 5 years, with an inclusion rate of about 20%, which indicates the preservation of the trend toward the rapid development of an inclusive educational environment.

*О.А. Петухова, доцент, к.т.н., Р.Е. Черепаша, старший викладач,  
В.Є. Добринська, Д.П. Кулеш, здобувачки вищої освіти,  
Національний університет цивільного захисту України*

### СПОСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМУ ПОЖЕЖНИХ ВОДОЙМИЩ

Для забезпечення успішного гасіння пожеж в умовах дефіциту води, що пов'язано з різними причинами мирного часу, а на сьогоднішній день, з бойовими діями, наявність та можливість використання пожежних водоймищ є актуальним питанням. Важливим є постійне підтримання пожежних водоймищ (ПВ) в працездатному стані. Одним з напрямків реалізації цього є об'єднання різних за призначенням водоспоживачів, що обслуговуються таким водоймищем. За таких обставин, розрахунок необхідного об'єму ПВ зводиться до визначення недоторканого запасу води (на потреби пожежогасіння та на потреби підключених інших споживачів протягом визначеного терміну гасіння пожежі) та визначення величини регулюючого об'єму [1-3].

Недоторканий запас (НЗ) води в резервуарах чистої води визначається як сума недоторканного запасу для пожежогасіння з гідрантів та внутрішніх пожежних кран-комплектів, спеціальних засобів пожежогасіння (спринклерів, дренчерів та інших засобів, що не мають власних резервуарів) та недоторканного запасу води на максимальні господарсько-питні потреби на весь період пожежогасіння:

$$W_{\text{НЗ}} = W_{\text{НПЗ}} + W_{\text{НЗГ-П}}, \text{ м}^3, \quad (1)$$

де  $W_{\text{НПЗ}} = \frac{3600 \cdot \tau \cdot Q_{\text{Пож}}}{1000}$  – запас води, необхідний на  $\tau$  годин гасіння пожежі,  $\text{м}^3$ ;

$Q_{\text{Пож}}$  – витрати води на пожежогасіння, л/с;  $\tau$  – термін гасіння пожежі, який визначається згідно з п. 6.2.13 [1];

$W_{\text{НЗГ-П}} = (Q_{\text{макс год}} - Q_{\text{душ}}^{\text{В макс год}}) \cdot \tau$  – запас води, що необхідний на потреби населеного пункту та виробничого підприємства за годину максимального водоспоживання (без урахування витрат води на прийняття душу працівниками на підприємстві) протягом  $\tau$  годин гасіння пожежі,  $\text{м}^3$ ;  $Q_{\text{макс год}}$  – розрахункова максимальна годинна витрата води для всіх водоспоживачів водопровідної мережі,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;  $Q_{\text{душ}}^{\text{В макс год}}$  – витрата води на прийняття душу за годину максимального водоспоживання, якщо вона припадає на цей час,  $\text{м}^3/\text{год}$ .

Розрахунок регулюючого об'єму ПВ здійснюється табличним або аналітичним способами [2]. В залежності від місця розташування ПВ величина регулюючого об'єму може змінюватися в значному діапазоні. При цьому економічно обґрунтованим варіантом є такий, при якому величина регулюючого об'єму не перебільшує 20 % від добового водоспоживання всіх підключених водоспоживачів.

Для визначення регулюючого об'єму резервуарів проводиться аналіз режиму споруд, які забезпечують подачу води до ПВ та забір води з нього. При недостатності даних щодо режимів роботи споруд до та після ПВ, розрахунок регулюючого об'єму здійснюється за формулою:

$$W_{\text{рег}} = Q_{\text{розр}} \left[ 1 - K_{\text{н}} + (K_{\text{год}} - 1) \left( \frac{K_{\text{н}}}{K_{\text{год}}} \right)^{\frac{K_{\text{год}}}{(K_{\text{год}} - 1)}} \right], \text{ м}^3, \quad (2)$$

де  $Q_{\text{розра}}$  – розрахункові витрати води за добу максимального водоспоживання,  $\text{м}^3/\text{доб}$ ;

$K_n$  – відношення максимального годинного наповнення ПВ до середньої годинної витрати у добу максимального водоспоживання;

$K_{\text{год}}$  – коефіцієнт годинної нерівномірності відбору води з ПВ, який визначається як відношення максимального годинного відбору води з ПВ до середньої годинної витрати у добу максимального водоспоживання.

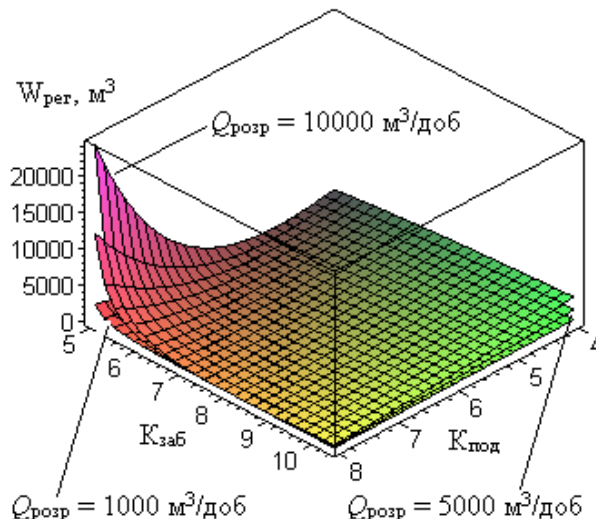
Таким чином, є три варіанти визначення регулюючого об'єму ПВ: за першим варіантом регулюючий об'єм ПВ не перебільшує (дорівнює) 20 % добового водоспоживання; за другим варіантом – розраховується табличним способом погодинним аналізом подачі та забору води з ПВ; третій варіант – розраховується за формулою (2).

Всі способи визначення регулюючого об'єму суттєво залежать від режимів роботи споруд, що забезпечують подачу води до ПВ та забір води з нього. При цьому, різниця в одержаних розрахунках може коливатися в межах 6 – 30 % та зрозуміло, що при реалізації табличного способу розрахунку враховується фактичний режим роботи споруд до та після ПВ, тому результат розрахунку є найбільш точним, а одержані результати – мінімальними. При цьому визначений регулюючий об'єм фактично забезпечить необхідною кількістю води всіх непожежних водоспоживачів, а відповідно і недоторканність пожежного об'єму та умови успішного гасіння пожежі.

Для дослідження факторів, що мають найбільший вплив на адекватність розрахунків, було виконано визначення регулюючого об'єму ПВ для однакових початкових умов за двома варіантами, що передбачають недостатність вихідних даних для реалізації табличного способу.

Так, при розрахункових витратах  $Q_{\text{розра}} = 1000 \text{ м}^3/\text{доб}$ ,  $5000 \text{ м}^3/\text{доб}$  або  $10000 \text{ м}^3/\text{доб}$ , нерівномірності подачі до ПВ в межах 4 – 8 %, а забору – 5 – 10,4 %, регулюючий об'єм ПВ може складати:

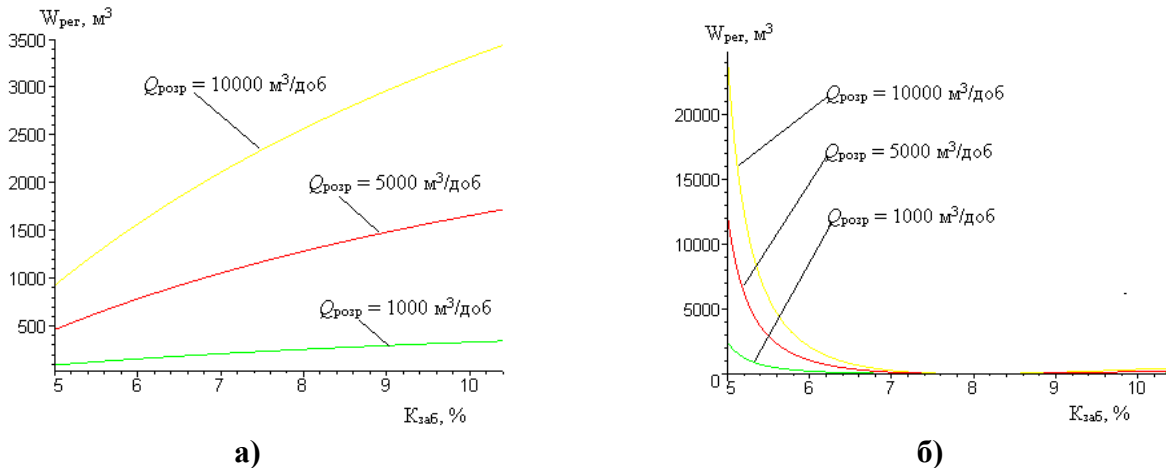
- для першого варіанту розрахунку (20 %):  $200 \text{ м}^3$ ,  $1000 \text{ м}^3$  та  $2000 \text{ м}^3$  відповідно;
- для розрахунку за формулою (2): від 100 до  $25000 \text{ м}^3$  (рис.1).



**Рис. 1 – Залежність регулюючого об'єму ПВ  $W_{\text{рег}}$  від коефіцієнту максимальної годинної подачі води до ПВ  $K_{\text{под}}$  (4 – 8 %) та коефіцієнту максимального годинного забору води з ПВ  $K_{\text{заб}}$  (5 – 10,4 %) для значень розрахункових витрат  $Q_{\text{розра}} = 1000 \text{ м}^3/\text{доб}$ ,  $5000 \text{ м}^3/\text{доб}$  та  $10000 \text{ м}^3/\text{доб}$**

Вплив коефіцієнтів нерівномірності подачі води до ПВ та забору води з нього окремо на значення регулюючого об'єму наведений на рис.2.





**Рис. 2 – Залежність регулюючого об'єму ПВ  $W_{\text{рег}}$  від коефіцієнту максимального годинного забору води з ПВ  $K_{\text{заб}}$  (5 – 10,4 %) для значень розрахункових витрат  $Q_{\text{розр}} = 1000 \text{ м}^3/\text{доб}$ ,  $5000 \text{ м}^3/\text{доб}$  та  $10000 \text{ м}^3/\text{доб}$  при значенні коефіцієнта максимальної годинної подачі води до ПВ: а)  $K_{\text{под}} = 4 \%$ ; б)  $K_{\text{под}} = 8 \%$**

Аналіз рис.2 показав, що в залежності від значень коефіцієнтів нерівномірності подачі та забору воли з ПВ величина регулюючого об'єму може змінюватися від 100 до 25000  $\text{м}^3$ , що в свою чергу впливає на вартість споруди та складність її будівництва та експлуатації, але практично не впливає на реалізацію успішності функціонального призначення. Таким чином, вибір варіанту розрахунку регулюючого об'єму ПВ є впливовим фактором для обґрунтованого визначення його основних характеристик.

Таким чином, ПВ є елементом системи водопровідного або безводопровідного водопостачання, що фактично може забезпечити умови успішного гасіння пожежі. Для підвищення надійності роботи ПВ доцільно орієнтувати його на одночасне обслуговування різних за призначенням водоспоживачів, обґрунтовано розраховуючи величину недоторканого запасу води в ньому.

## ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 01-01-14]. – Київ: Мінрегіон України, 2013. 172 с. (Державні будівельні норми України).
2. Петухова О.А., Горносталь С.А., Уваров Ю.В. Спеціальне водопостачання: підручник. Харків: НУЦЗУ, 2015. 256 с.
3. Петухова О.А., Добринська В.Є. Влаштування пожежних водоймищ та їх вплив на екологічну та техногенну безпеку територій. Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій-2022: 2022 рік: матеріали I Міжнародної наук.-практ. конф., 26–27 травня 2022 р. Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2022. С. 472-474

*O.A. Petukhova, PhD, associate professor, R.E. Cherepaha, senior lecturer,  
V.Ye. Dobrinska, D.P.Kulesh, students,  
National University of Civil Defence of Ukraine*

### METHODS OF DETERMINING THE VOLUME OF A FIRE RESERVOIR

Considered methods of calculating the regulatory volume of the fire reservoir, which is an element of the fire-fighting water supply system, which can actually provide the conditions for successful fire extinguishing.

*В.А. Полупан, здобувачка вищої освіти НУЦЗ України*

*Н.В. Рашкевич, PhD, Національний університет цивільного захисту України*

## **АКТУАЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ В ВИСОТНИХ БУДІВЛЯХ**

Забезпечення пожежної безпеки є одним із важливих напрямків щодо охорони життя та здоров'я людей. Не зважаючи на значний науково-технічний прогрес людству ще не вдалося знайти абсолютно надійних засобів щодо забезпечення пожежної безпеки. І сьогодні, коли людство увійшло в третє тисячоліття своєї багатовікової історії, питання пожежної безпеки залишаються актуальними особливо в висотних будівлях. Пожежі у висотних будівлях створюють безліч проблем і пред'являють особливі критерії щодо забезпечення безпеки людей. В першу чергу це стосується застосування пожежних сходів, евакуації людей, особливостей формування вогнища загоряння і поширення вогню, а також складність ліквідації надзвичайних ситуацій. Статистика свідчить, що характерною особливістю пожеж в таких будівлях є саме поступове поширення вогню і диму вгору, тому головним завданням під час евакуації є досягнення людьми безпечних поверхів нижче рівня загоряння.

Головним завданням протипожежних систем є затримка поширення вогню і надання можливості мешканцям, персоналу або відвідувачам швидко і безпечно покинути небезпечну ділянку. Завдяки правильній організації в більшості випадків вдається уникнути численних жертв навіть при сильному ступені загоряння. Однією з причин швидкого поширення пожежі у будівлях підвищеної поверховості є неякісні матеріали, з яких виконані ці будинки.

Пожежна безпека у висотних будівлях є комплексною проблемою, що повинна вирішуватись на етапах проектування, будівництва та експлуатації кожного об'єкта нерухомості. На етапі підготовки проектної документації необхідно здійснювати розрахунки загальної стійкості споруд при пожежі. Тривалість часу, протягом якого плити перекриття і несучі конструкційні елементи зможуть витримати вплив високої температури та відкритого вогню. Технічні засоби і система автоматичного гасіння вважаються ефективними, якщо з їх допомогою будівлі вдасться витримати високу температуру і відкритий вогонь протягом не менше ніж 180 хвилин без втрати конструктивної міцності і цілісності.

Прикладом ненадійності системи пожежної безпеки будівельних матеріалів є Grenfell Tower (Гренфелл-Тауэр) у Лондоні. Пожежа поширилася дуже швидко через горючі матеріали, які були використані у внутрішньому оздобленні стін, стель і підлоги на евакуаційних шляхах. Пожежа призвела до загибелі 71 людини [1].

Відповідно до державних будівельних норм України протипожежні вимоги щодо забезпечення безпеки будівель повинні забезпечувати досягнення основних цілей:

- обмеження площі поширення вогню і локалізування його;
- зниження інтенсивності процесу горіння;
- забезпечення вибухозахищеності будівлі;
- мінімізація тривалості процесу горіння.

Для того, щоб спроектувати та побудувати сучасний висотний будинок необхідно забезпечити наявність цілої низки умов починаючи від висококваліфікованих інженерних ресурсів і технологій сучасного проектування та будівництва.

На сьогодні, у східній частині України більшість пожеж у будівлях підвищеної поверховості, висотних будівлях пов'язані з обстрілами внаслідок бойових дій, що створює додаткові загрози та потреби в забезпеченні безпеки.



**Рис. 1. Пожежа в будівлі Гренфелл-Тауэр, Лондон (Великобританія).**

В наш час недостатньо обладнати квартири або приміщення датчиками пожежної сигналізації, які вловлюють дим, або пунктами пожежогасіння, протипожежними перешкодами і протипожежними дверима, системами оповіщення, димовиділення, підпору повітря спеціальними ліфтами. Недостатньо дотримуватись загальних правил пожежної безпеки. Тільки комплексність та врахування дії всіх небезпечних чинників пожежі знизить ризик небезпеки.

Сучасні висотні будівлі у технічному відношенні є складними архітектурними та інженерними багатофункціональними комплексами, для яких повинні бути встановлені особливі вимоги відповідно до безпечної експлуатації та можливості евакуації людей у разі виникнення небезпечних подій природного та техногенного характеру, а саме можливості виникнення та поширення пожеж. На сьогодні, актуальною задачею є удосконалення системи пожежної безпеки в висотних будівлях з урахуванням умов воєнного стану, що направлена на зменшення величини пошкоджень висотних будівель при пожежах та підвищення рівня безпеки цивільних осіб, працівників підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. In Brutal Presence: Documenting the Impact of the Grenfell Tower Tragedy. URL: <https://www.lensculture.com/articles/nicola-muirhead-in-brutal-presence-documenting-the-impact-of-the-grenfell-tower-tragedy>

*V.A. Polupan, master's degree, National University of Civil Defence of Ukraine*

*N.V. Rashkevich, PhD, National University of Civil Defence of Ukraine*

#### **RELEVANCE OF IMPROVING THE FIRE SAFETY SYSTEM IN HIGH-RISE BUILDINGS**

The authors considered the relevance of the task of improving the fire safety system in high-rise buildings taking into account the conditions of martial law. Issues of ensuring fire safety should take into account additional threats associated with shelling as a result of hostilities.

*О.В. Прокопенко, PhD, Черкаський обласний центр з гідрометеорології*  
*Н.В. Рашкевич, PhD, Національний університет цивільного захисту України*  
**АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТИПІВ БЕЗПРОВІДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМІ  
ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ**

З урахуванням тенденцій наведених в аналітичних довідках про пожежі та їх наслідки в Україні, на сьогодні все більшої актуальності набувають завдання з забезпечення пожежної безпеки будівель та споруд як цивільного, так й промислового призначення. З кожним роком матеріальні збитки та кількість жертв від пожеж неухильно зростають. Небезпека виникнення неконтрольованого горіння підсилюється умовами воєнного стану – військовими діями на території міської забудови.

Однією зі складових забезпечення пожежної безпеки об'єктів захисту є система пожежної сигналізації. Системи пожежної сигналізації направлена на якомога раннє виявлення первинних ознак небезпечної події або надзвичайної ситуації, пов'язаних з пожежею, оперативну передачу сигналу про її виникнення та забезпечення оповіщення людей, приведення в дію системи пожежогасіння. Чим раніше буде виявлено ознаки пожежі, тим більше шансів, що не буде заподіяно шкоди життю та здоров'ю людей і, тим більше, можливості мінімізувати матеріальні втрати.

Для передачі інформації про наявність ознак небезпеки до пульта управління використовують різні канали і технології передачі даних, як провідні (з використанням стандартів HPNA (Home Phoneline Networking Assosiation), CEBus (Consumer Electronic Bus), EIB (European Installation Bus) та інші), так і канали радіозв'язку (з використанням протоколів WAP (Wireless Application Protocol), GPRS (General Packet Radio Service), EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) та інші) [1].

Дротові системи пожежної сигналізації є найбільш поширені й до недавня їм не було альтернативи. Проте, дротові системи мають свої недоліки через наявність шлейфів пожежної сигналізації, надійність системи та високу ціну. Тому, актуальності набуває розгляд безпроводних технологій, основними перевагами яких є висока швидкість розгортання мережі та встановлення датчиків систем контролю і виконавчих механізмів, низька вартість робіт з монтажу обладнання, легка реконфігурація.

Важливим питанням є вибір типу безпроводної технології передачі даних.

До основних критеріїв вибору відносяться: дальність дії; кількість абонентів, які можуть перебувати в мережі; швидкість та обсяг переданої інформації.

На сьогодні на ринку безпроводних технологій запропоновано безліч рішень: Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, Wi-Max, Wi-pro, Mi-Wi тощо. Всі ці технології можна класифікувати, а саме:

1. Сектор локальних інтерфейсів (короткодючі технології безпроводної передачі даних: IrDA (Infra red Data Assotiation); Bluetooth; WirelessUSB; технологія і стандарт ZigBee.

2. Сектор локальних домашніх та офісних мереж (середньодючі технології): Wi-Fi; технологія і стандарт HomeRF.

3. Сектор регіональних міських мереж (середньодючі технології): Wi-Max; MBWA (Mobile Broadband Wireless Access).

4. Сектор глобальних мереж (дальної дії на базі радіорелейних, стільникових і супутникових технологій):

– покоління 1G: NMT (Nordic Mobile Telephone); AMPS (Advanced Mobile Phone Service);

– покоління 2G: GSM (Global System for Mobile Communications); GPRS; CDMA (стандарт IS-95);

– покоління 2,75G: технологія EDGE;

– покоління 3G: UMTS (Universal Mobile Telecommunications System); WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access);

- покоління 3,5G: HSDPA (High Speed Downlink Packet Access);
- покоління 3,75G: HSUPA (High Speed Uplink Packet Access);
- покоління 4G: HSOPA (High Speed OFDM Packet Access).

В якості безпроводної технології найчастіше застосовують технологію GSM. Для передачі сигнальної інформації застосовують SMS і GPRS сервіси. Однак, такі сервіси не мають пріоритету у передачі даних (найвищий пріоритет в голосовому каналі CSD), при великому навантаженні мережі можлива відсутність оперативної передачі сигнальної інформації, що є неприпустимим в системі пожежної сигналізації. Альтернативою технологіям GSM є персональні технології, такі як Bluetooth, ZigBee тощо.

Найпоширенішою для застосування в будівлях стає технологія ZigBee – бездротовий стандарт передачі даних. Головними перевагами є:

- низьке енергоспоживання, яке робить незамінних їх в побудові локальних мереж з автономних пожежних сповіщувачів;
- велика кількість модулів в мережі, що дозволяє будувати зручні та надійні мережі;
- робота на частоті 2,4 ГГц, що не вимагає отримання дозволу на використання частоти;
- відносно низька вартість передавачів;
- відносно велика кількість аналого-цифрових входів/виходів у модулів (дозволяє здешевлювати загальну вартість мережі або дублювати і/або поєднувати кілька типів сповіщувачів для підвищення надійності мережі та системи пожежної сигналізації).

Таким чином, на основі проведеного аналізу різних типів технологій визначено, що найбільш доцільно в системі пожежної сигналізації всередині будівель застосовувати технологію ZigBee. Ця технологія має такі переваги, які є суттєвими для побудови надійних безпроводних локальних мереж пожежної сигналізації. Однак, при побудові безпроводних систем на базі технології ZigBee, виникають чимало важливих технічних завдань, пов'язаних з забезпеченням завадостійкості, надійності передачі інформації тощо.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Гусельщикова К.О. Розробка програмного забезпечення для функціонування локальної системи «Розумний дім». URL: [http://www.rusnauka.com/4\\_SND\\_2011/Tecnic/12\\_79380.doc.htm](http://www.rusnauka.com/4_SND_2011/Tecnic/12_79380.doc.htm) (дата звернення: 11.08.2022).

*O.V. Prokopenko, PhD, Cherkasy Regional Center for Hydrometeorology*

*N.V. Rashkevich, PhD, National University of Civil Defence of Ukraine*

#### **ANALYSIS OF EXISTING TYPES OF WIRELESS TECHNOLOGIES IN THE FIRE ALARM SYSTEM**

The authors present an analysis of wireless technologies in the fire alarm system. it is most appropriate to use ZigBee technology. They established that the ZigBee wireless data transmission standard is most appropriate in fire alarm systems inside civil and industrial buildings and structures.

*Н.В. Саєнко<sup>1</sup> к.т.н., доц., Р.О. Биков<sup>2</sup>, к.т.н., доц., Т.М. Обіженко<sup>1</sup> к.т.н., доц.,  
А.В. Скрипинець<sup>1</sup> к.т.н., доц.*

*<sup>1</sup>Харківський національний університет будівництва та архітектури*

*<sup>2</sup>Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»*

## **ЗАСТОСУВАННЯ БРОМВМІСНИХ АНТИПІРЕНІВ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ГОРЮЧОСТІ СКЛОПЛАСТИКІВ**

Будучи органічними по своїй природі, полімерні матеріали представляють високий потенціал для виникнення й поширення пожежі, а також прояву небезпечних факторів пожежі, що приводять до загибелі людей і матеріальних збитків. Горіння полімерних матеріалів, що є домінуючим процесом переважної більшості сучасних пожеж, являє собою складне явище, що включає в себе елементи тепло- і масообміну, газової динаміки, хімічної кінетики реакцій у конденсованій й газовій фазах, а так само на границі їх розділу, масштабні й інші фактори.

Пожежна безпека полімерних матеріалів і покриттів визначається наступними характеристиками: горючістю, димоутворенням при тлінні та горіння, токсичністю продуктів горіння й піролізу [1].

Одним з найбільш поширених, ефективних і економічних методів отримання полімерних матеріалів зі зниженою горючістю є використання антипіренів. Використовуються наступні види антипіренів: галоген-, фосфор-, бор- і азотовмісні сполуки; оксиди, солі і комплексні сполуки різних металів; органічні сполуки, до складу яких входять декілька гетероатомів [2-4].

Введення добавок, що знижують пожежну безпеку полімерних матеріалів, звичайно має й негативну сторону: приводить до погіршення фізико-механічних, діелектричних та інших експлуатаційних і технологічних властивостей, підвищення вартості матеріалів, погіршення екології.

Тому актуальною є задача аналізу можливості застосування антипіренів, у тому числі бромовмісних, в полімерне зв'язуюче для склопластиків із мінімальним зниженням їх експлуатаційних властивостей.

В якості показника горючості був обраний кисневий індекс (KI), який використовують під час розробки полімерних композиційних матеріалів зниженої горючості та контролю ступеня горючості пластмас (ДСТУ EN ISO 4589-2:2018).

Склопластики виготовлялися на основі склотканини марки Т-10 з ниток алюмоборосилікатного скла (ТУ 6-48-53-90), яка проходила попередню термічну підготовку. В якості отверджувача епоксидної композиції на основі смоли ЕД-20 використовували поліетиленполіамін А марки ПЕПА.

В якості досліджуваних бромовмісних антипіренів використовували тетрабромбісфенол-А (ТБВРА) та декабромдіфенілоксид (DBDPO).

Формування зразків склопластиків при частковій взаємодії бромовмісних антипіренів з полімерною матрицею проводили при підвищених температурах за наступним режимом:

- змішування ЕД-20, отверджувача та антипіренів проводилося при температурі сумішевої системи 100 °С;
- просочування склотканини отриманою композицією;
- отвердження композиції: при 100 °С протягом 2 год до желатинізації та остаточне отвердження – при 160 °С протягом 10 год.

Вплив бромовмісних антипіренів на величину кисневого індексу та міцність при вигині досліджуваних епоксиолімерних композицій наведено в таблиці 1.

**Властивості епоксиполімерних композиційних матеріалів  
від впливу бромовмісних антипіренів**

Склад композиції	Руйнуюче напруження при вигині, МПа	Твердість за Брінеллем, МПа	КІ, % об.
100 ЕД-20	170	225	19
100 ЕД-20: 1 мас.ч. ТВВРА	177	231	25
2 мас.ч. ТВВРА	180	235	29
3 мас.ч. ТВВРА	182	237	30
100 ЕД-20: 1 мас.ч. DBDPO	174	227	27
2 мас.ч. DBDPO	170	226	28
3 мас.ч. DBDPO	167	220	26

На прикладі епоксидної композиції на основі ЕД-20 показано можливість застосування бромовмісних антипіренів для виготовлення композиційних матеріалів зі зниженою горючістю та дослідним шляхом встановлено, що використання тетрабромбісфенолу А в порівнянні з декабромдіфенілоксидом є більш ефективним, завдяки нижчій температурі його плавлення та частковій участі антипірену в процесі полімеризації з утворенням бромепоксидів. При цьому вироби із отриманого склопластику мають задовільні міцнісні характеристики.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Асеева Р.М., Заиков Г.Е. Горение полимерных материалов. М.: Наука, 1981. 280 с.
2. Яковлева Р.А., Спирина-Смилка Е.Ю., Саенко Н.В., Попов Ю.В., Новак С.В., Коваленко В.В., Шафран Л.М. Влияние антипиренов на показатели пожарной опасности эпоксиполимерных материалов. *Проблемы пожарной безопасности: сборник научных трудов*. 2011. №. 29, С. 175-181.
3. Яковлева Р.А., Нехаев В.В., Харченко Н.А., Попов Ю.В., Дмитриева Н.В. Оценка пожарной опасности и токсичности эпоксиполимеров пониженной горючести. *Полимерные материалы пониженной горючести: V междунар. науч-техн. конф.* 2003. С. 1-2.
4. Саенко Н.В., Биков Р.О., Муратов У. Оцінка можливості застосування бромовмісних антипіренів для зниження горючості склопластиків із мінімальним зниженням їх фізико-механічних характеристик. *Проблемы пожарной безопасности*. 2016. №. 40, С. 174-178.

*N.V. Saienko<sup>1</sup>, PhD, associate professor, R.O. Bikov<sup>2</sup>, PhD, associate professor,  
T.M. Obigenko<sup>1</sup>, PhD, associate professor, A.V. Skripinets<sup>1</sup> PhD, associate professor*

<sup>1</sup>*Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture*

<sup>2</sup>*National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute»*

#### **APPLICATION OF BROMINE-CONTAINING FLAME RETARDANTS USE TO REDUCE THE FIBERGLASS FLAMMABILITY**

The effect of the bromine-containing flame-retardant flammability modified epoxy and fiberglass compositions based on them. It is shown that their use can increase the oxygen index of the polymer composition and fiberglass on its base with a slight decrease in strength characteristics.

*А.В. Скрипинець, к.т.н., доц.,*

*Н.В. Саєнко, к.т.н., доц.,*

*Т.М. Обіженко, к.т.н., доц.,*

*Харківський національний університет будівництва та архітектури*

*А.І. Березовський, к.т.н., доц.,*

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

## **ВПЛИВ МОДИФІКУЮЧИХ ОЛІГОМЕРІВ НА ВЕЛИЧИНУ КИСНЕВОГО ІНДЕКСУ УРЕТАНОВИХ КОМПОЗИЦІЙ**

Поліуретанові матеріали, завдяки комплексу цінних експлуатаційних властивостей, а саме високою міцністю, гарною демпфуючою здатністю, стійкістю гідролітичного впливу, знайшли широке застосування в будівництві [1, 2]. Однак, основним недоліком поліуретанових матеріалів є їхня низька стійкість до впливу дії термічної і термоокислювальної деструкції, причому поліуретани є горючими полімерами, їх кисневий індекс становить 17-19%. Тому підвищення стійкості поліуретанів до впливу високих температур і до впливу відкритого полум'я є актуальним завданням.

Вирішення цієї проблеми можливе за рахунок модифікації структури полімеру, а саме введенням реакційно-здатних полімерів та антипіренів. Раніше в роботі [3] вже була показана ефективність використання антипірену поліфосфат амонію (ПФА) в кількості 25 мас.ч. в епоксиполіуретановій композиції.

Тому дана робота присвячена вивченню впливу реакційноздатних модифікуючих олігомерів на горючість уретанових композицій, а саме кисневий індекс (КІ). Величину кисневого індексу визначали за стандартним методом, який передбачає, що при зменшенні концентрації кисню зростає витрата тепла на нагрівання інертного газу азоту, зменшується температура полум'я та досягаються критичні умови горіння.

В якості зв'язуючого використовували олігоефірциклокарбонатний олігомер марки Лапролат-803 (Л-803); модифікаторів: епоксидановий олігомер марки ЕД-20, кремнійвмісний олігомер марки Т-111 і аліфатичний хлорвмісний епоксидний олігомер марки УП-655. Як отверджувач використовували отверджувач амінного типу діетилентриамін (ДЕТА). Як антипірен був використан дисперсний мінеральний наповнювач - поліфосфат амонію в кількості 25 мас.ч.

На рисунку представлена графічна залежність зміни КІ від вмісту модифікуючих реакційно-здатних олігомерів в композиції.

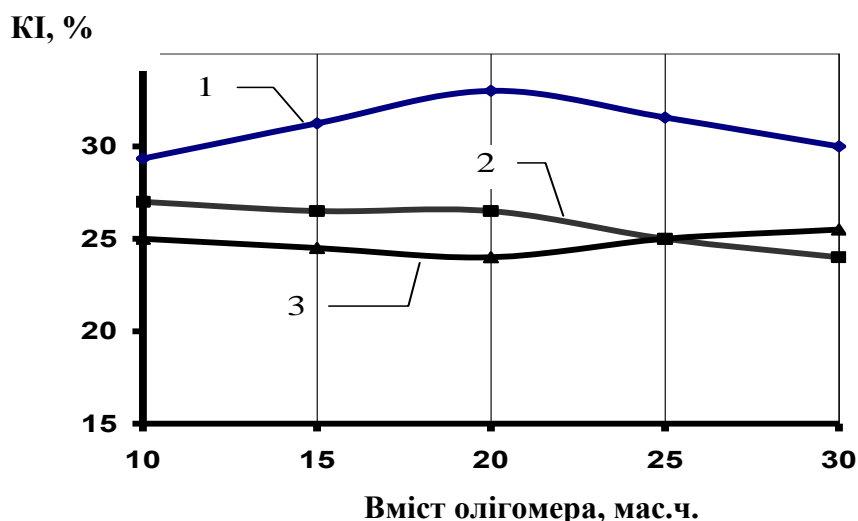


Рисунок. Зміна кисневого індексу від вмісту модифікуючих олігомерів: Л-803:ЕД-20 (1); Л-803: Т-111 (2); Л-803: УП-655 (3) у присутності ПФА в кількості 25 мас.ч.



Як видно з рисунку, при модифікації олігомерної матриці епоксидіановим олігомером ЕД-20 у кількості 20 мас.ч. величина КІ досягає 33%, що відповідає групі важкогорючих речовин. Введення олігомеру Т-111 дозволяє отримувати «самозатухаючі» полімерні матеріали (КІ більше 26-27). В той же час введення його у кількості 25 мас.ч. призводить до зниження КІ. Застосування аліфатичного хлорвмісного епоксидного олігомеру марки УП-655 дозволяє отримувати композиції з КІ 24-25%. За величиною КІ від типу модифікатора олігомерної матриці досліджувані композиції можна розташувати в наступній послідовності в порядку зменшення їх ефективності:

ЕД-20 > Т-111 > УП-655

Таким чином, в ході досліджень вдалося домогтися переходу досліджуваних композиційних матеріалів в групу трудногорючих речовин (КІ=33%) для композиції на основі олігоєфірциклокарбонатного олігомеру, модифікованого епоксидіановим олігомером марки ЕД-20, з використанням антипірену поліфосфату амонію в кількості 25 мас.ч.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Саєнко Н., Скрипинець А., Попов Ю., Тищенко К. Розробка епоксиполімерних матеріалів зі зниженою горючістю та вібродемпфуючими властивостями / Традиційні та інноваційні підходи до наукових досліджень: матеріали міжнародної наукової конференції. – м. Луцьк, 10.04.2020. С.104-106. ISBN 978-617-7171-99-6. DOI 10.36074/10.04.2020.v1.14.
2. Yu. Danchenko, Yu. Popov, A.Skripinets The dispersion filled vibration-absorbing epoxyurethane polymer compositions for vibration isolation systems. European Applied Sciences, 107 (2), pp 23-26 (2013).
3. A.V. Skripinets. Development and Evaluation of the Possibility of Using Epoxyurethane Mastic in Railway Transport / A.V. Skripinets., N.V. Saienko, O. Hryhorenko, A. Berezovskiy // Selected, peer-reviewed papers from the International Scientific Applied Conference "Problems of Emergency Situations" (PES 2020), May 5-20, 2020, Ukraine, Kharkiv, Vol.1006, PP. 273-281.

*A.V. Skripinets, Ph.D., Associate professor*

*N.V. Saienko, Ph.D., Associate professor*

*T.M. Obizhenko Ph.D., Associate professor*

*Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture*

*A.I. Berezovsky, Ph.D., Associate professor*

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

### **THE INFLUENCE OF MODIFYING OLIGOMERS ON THE OXYGEN INDEX VALUE OF URETHANE COMPOSITIONS**

This scientific work is dedicated to the study of the influence of reactive modifying oligomers (epoxy oligomer ED-20, silicon-containing oligomer T-111 and aliphatic chlorine-containing epoxy oligomer UP-655) on the flammability of urethane compositions, namely the oxygen index. As a result of the research, it was possible to achieve the transition of the investigated composite materials to the group of hardly combustible substances (oxygen index is 33%) for the composition based on the oligester cyclo-cab oligomer Laprolat-803, modified with the epoxy oligomer ED-20, using ammonium polyphosphate flame retardant.

*А.С. Степанко, здобувач вищої освіти, НУЦЗ України,  
Ю.А. Отрош, доктор технічних наук, професор, НУЦЗ України,  
А.М. Кукузенко, здобувачка вищої освіти, НУЦЗ України,  
О.С. Рашкевич, ГУ ДСНС України в Харківській області,  
Н.В. Рашкевич, Ph.D, НУЦЗ України,  
Augusto Gerolin, Ph.D, Faculty of Sciences University of Ottawa*

## **ПОЖЕЖНА НЕБЕЗПЕКА ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ ВОГНЕЗАХИСНИХ МАТЕРІАЛІВ**

Щорічно в Україні збільшується кількість пожеж, кількість знищених та пошкоджених будівель і споруд, а також кількість людей, що загинули та постраждали внаслідок пожежі. Однією з причин цього є застосування в будівництві матеріалів з невідомими показниками пожежної безпеки.

У новому будівництві все більше поширення одержують тришарові конструкції стін, у яких передбачене застосування ефективних утеплювачів як середній шар між несучою або самонесучою стіною й захисно-декоративним облицюванням. Раціональним й ефективним способом підвищення теплозахисту експлуатованих будинків є додаткове зовнішнє утеплення їхніх конструкцій. В новому будівництві використовуються ефективні утеплювачі, як зовні так і у якості середнього шару.

Введення нових, більш жорстких, нормативів з енергозбереження викликало необхідність радикального перегляду принципів проектування й будівництва будинків, тому що застосування традиційних для України будівельних матеріалів і технічних рішень не забезпечує, необхідний за сучасними нормами, термічний опір зовнішніх огорожувальних конструкцій будинків.

У стандарті присутній термін «вогнезахисна система», який означає вогнезахисне покриття (облицювання) та метод його нанесення на металеву будівельну конструкцію.

У певних випадках вогнезахист використовують для залізобетонних конструкцій і конструкцій з природного каменю [1–4].

Проведені дослідження показують, що оздоблювальні та облицювальні матеріали, у тому числі такі, що спеціально призначені для підвищення межі вогнестійкості будівельних конструкцій, можуть бути пожежонебезпечними та сприяти утворенню небезпечних факторів пожежі.

Мета роботи полягає у підвищенні ефективності протипожежного захисту об'єктів будівництва і зниженні негативного впливу небезпечних факторів пожежі шляхом застосування вогнезахисних матеріалів на прикладі мінеральної вати.

Вироби на основі мінеральної вати використовують як заповнювач або ізоляційні вкладиші в легких слоїстих перегородках, зовнішніх огорожуючих конструкціях, для ізоляції корпусів і кожухів устаткування, для пристроїв звукобурних кабін, у звукопоглинаючих екранах і глушниках вентиляційних пристроїв. Високим ступенем ефективності характеризується застосування мінераловатних матеріалів як теплової ізоляція в будівництві. Наприклад, застосування стінових азбестоцементних панелей з мінераловатним утеплювачем замість цегельної кладки зменшує товщину стін в 5,5 рази, вага – більш ніж в 18 разів, трудомісткість виробництва й монтажу – в 2,8 рази.

Технічні властивості скляних волокон і мінеральної вати в ряді випадків уже не відповідають зростаючим технічним вимогам, що висуваються до виробів: невисока температура застосування, підвищена гігроскопічність, низька вібростійкість, мала хімічна стійкість, недостатній термін служби та інші. Відомі високотемпературні неорганічні волокна: каолінові, кремнеземні, на основі добавок бора, цирконію та ін., але всі не мають таких властивостей, як висока температуростійкість, хімічна стійкість, характеризуються високою крихкістю, низькою вібростійкістю, порівняно великою вартістю й складною технологією одержання, тому використовуються обмежено.

Аналіз літературних даних і досвід виробництва в нашій країні й за кордоном показують, що для виготовлення скляних волокон потрібен підбір багатокомпонентних шихт залежно від типу й призначення волокна. При цьому використовуються зростаючі в дефіциті такі сировинні матеріали, як кварцовий пісок, борна кислота, кальцинована сода, сульфат, глинозем і ін. Зростає також дефіцит шлаків, коксу при виробництві мінеральної вати. Крім того, готування шихт для виробництва як скловолокна, так і мінеральної вати вимагає значних трудо- і енерговитрат на готування й змішування компонентів.

Оцінити межу вогнестійкості нових будівельних конструкцій можна за допомогою вогневих випробувань або розрахунковим методом [5, 6]. Розрахунковий метод визначення меж вогнестійкості має ряд переваг перед експериментальним методом. Для проведення випробувань потрібні значні матеріальні витрати, а для розрахунку необхідно знати властивості досліджуваних матеріалів і способи їхнього одержання [7, 8].

На теперішній час у світовій практиці існує понад 200 методів оцінки пожежної небезпеки будівельних матеріалів. Ці методи призначені для визначення таких показників пожежної небезпеки як: горючість, займистість, тепловиділення, здатність чинити опір відкритому полум'ю, поширення фронту полум'я по поверхні матеріалів, димоутворення, токсичність продуктів горіння.

Система оцінки пожежної небезпеки будівельних матеріалів, що прийнята у Великобританії базується на стандарті BS 476. Спочатку проводяться випробування для оцінки горючості матеріалів. В подальшому для горючих матеріалів визначаються займистість, тепловиділення, швидкість поширення полум'я по поверхні матеріалів, димоутворення, токсичність продуктів горіння.

У Німеччині пожежна небезпека будівельних матеріалів визначається згідно зі стандартом DIN 4102. В основу класифікації покладено розподілення матеріалів на негорючі та горючі. Горючі матеріали класифікуються за займистістю. Крім вказаних показників передбачається оцінка матеріалів за димоутворенням та токсичністю продуктів горіння.

У Франції система оцінки пожежної небезпеки будівельних матеріалів базується на стандарті NFP 92-501-507. В залежності від товщини матеріалів (термічно товстих або тонких) передбачається проведення різних випробувань. Також окрема класифікація і методи випробувань передбачені для матеріалів, які плавляться.

В США система оцінки пожежної небезпеки будівельних матеріалів застосовує методи випробувань з визначення температури займання та самозаймання, поширення полум'я поверхнею матеріалів, димоутворення, токсичності продуктів горіння. Найбільш поширеним у США є стандарт NFPA 255, згідно з яким матеріали класифікують за поширенням полум'я поверхнею.

Таким чином, системи оцінки пожежної небезпеки будівельних матеріалів, що існують в розвинених країнах, передбачають визначення в основному таких показників пожежної небезпеки, як горючість, займистість, поширення полум'я поверхнею, димоутворювальна здатність, токсичність продуктів горіння.

В роботі визначено сферу застосування виробів з мінеральної вати як вогнезахисних оздоблювальних матеріалів з урахуванням сучасних нормованих вимог у сфері пожежної безпеки. Проведено літературний огляд методів отримання теплоізолюючих матеріалів як в Україні так і в інших країнах світу.

Таким чином, вивчення властивостей базальтових теплоізоляційних матеріалів у процесі їхнього нагрівання до високих температур, є досить важливою складовою частиною для рішення загальної проблеми вогнестійкості нових будівельних конструкцій.

Подальше дослідження будуть направлені на проведення аналізу методів оцінювання вогнезахисної здатності і показників пожежної небезпеки утеплювачів для будівельних конструкцій, а також методів досліджень, які застосувались для досягнення поставленої мети.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Гавриков Н.Ф., Никитин А.К. Огнестойкость перегородок с обшивками из листовых материалов. Огнестойкость строительных конструкций и безопасность людей при пожаре. Сб. науч. тр. М.: ВНИИПО МВД СССР, 1991. С. 3–8.
2. Круковский П.Г. Разработка и исследование методов решения обратных и инверсных нелинейных нестационарных задач теплопроводности для некоторых высокофорсированных процессов теплообмена: Дис... канд. техн. наук: 01.04.14. К., 1979. 202 с.
3. Майборода Р.І., Отрош Ю.А., Ромін А.В. Проблемні питання захисту цивільного населення від небезпечних чинників артилерійського та ракетного вогню під час воєнних (бойових) дій: матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». Харків: НУЦЗ України, 19 травня 2022: URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/15422> (дата звернення: 28.08.2022).
4. Maiboroda R., Otrosh Y., Rashkevich N., Shcholokov E. Ensuring the protection of the civilian population against the dangerous factors of artillery and rocket fires during combat actions. Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Eurasian Scientific Discussions», 1–3.08.2022 р. Барселона, Іспанія. С. 49–53.
5. Kovalov A. I., Otrosh Y. A., Vedula S., Danilin O. M., Kovalevska T. M. Parameters of fire-retardant coatings of steel constructions under the influence of climatic factors. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 2019. Vol. 3. P. 46–53. URL: <https://doi.org/10.29202/nvngu/2019-3/9>.
6. Kovalov A., Otrosh Y., Chernenko O., Zhuravskij M., Anszczak M. Modeling of non-stationary heating of steel plates with fire-protective coatings in ansys under the conditions of hydrocarbon fire temperature mode. In Materials Science Forum. 2021. Vol. 1038 MSF. P. 514–523. Trans Tech Publications Ltd.
7. Ковальов А.І., Отрош Ю.А., Томенко В.І., Данілін О.М., Безугла Ю.С., Карпець К.М. Оцінювання вогнезахисної здатності реактивних покриттів сталевих конструкцій. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2020. № 2(32). С. 44–55.
8. Kovalov A., Slovinskyi V., Udianskyi M., Ponomarenko I., Anszczak M. Research of fireproof capability of coating for metal constructions using calculation-experimental method. In Materials Science Forum. 2020. Vol. 1006 MSF. P. 3–10. URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1006.3>.

*A. Stepanko, master's degree, National University of Civil Defence of Ukraine,  
Y. Otrosh, D.Sc. in Engineering, professor, National University of Civil Defence of Ukraine,  
A. Kukuzenko, master's degree, National University of Civil Defence of Ukraine,  
O. Rashkevich, Head of State Emergency Service of Ukraine in Kharkiv region,  
N. Rashkevich, Ph.D, National University of Civil Defence of Ukraine,  
Augusto Gerolin, Ph.D, Faculty of Sciences University of Ottawa*

## FIRE SAFETY OF THERMAL INSULATION FIRE PROTECTION MATERIALS

The work defines the scope of application of mineral wool products as fire-resistant finishing materials, taking into account modern standardized requirements in the field of fire safety. A literature review of methods of obtaining heat-insulating materials both in Ukraine and in other countries of the world was conducted.

*Толкунов І.О., к.т.н., доцент,*

*Попов І.І., к.т.н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ БОРОТЬБИ З ДИМОМ В ЗОНАХ ЗАДИМЛЕННЯ ПРИ ПОЖЕЖАХ В ГЕРМОЗАМКНУТИХ ПРИМІЩЕННЯХ**

Серед небезпечних факторів пожеж в гермозамкнутому приміщенні є наявність диму у концентраціях, що перевищують безпечні порогові значення. Так, під час пожежі вагова концентрація дисперсної фази в димі, що утворився, лежить в широкому діапазоні і складає зазвичай до  $(6-7) \cdot 10^{-3}$  кг/м<sup>3</sup>, а розмір часток дисперсної фази коливається в межах 0,01-1 мкм [1].

Взагалі, під зоною задимлення розуміють частину простору, яка примикає до зони горіння, у котрій неможливе перебування людей без засобів захисту органів дихання та в якій утруднені дії підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту ДСНС України, внаслідок обмеженої видимості. Особливо складною буде обстановка в зонах задимлення при пожежі у будівлях підвищеної поверховості, підвальних приміщеннях та на об'єктах з масовим перебуванням людей.

Погіршення видимості є головною небезпекою, яку слід враховувати при організації димовидалення як в аварійних ситуаціях з використанням пересувних засобів димовидалення, так і при проектуванні та будівництві таких систем. Це має особливого значення для мешканців тих приміщень, які не знаходяться безпосередньо в зоні горіння. В літературних джерелах представлені діапазони допустимих рівнів видимості. Для людей, які знайомі з плануванням будівлі та знають шляхи евакуації, допустимий рівень видимості складає 3-5 м, а для тих, хто погано орієнтується, цей рівень не повинен бути менше ніж 25 м [2]. Вплив решти джерел небезпеки (токсичних газів, високої температури, пониженого рівня кисню) суттєвий для тих людей, які знаходяться поблизу від осередку пожежі або в хмарі диму.

Коли дим від пожежі, яка виникла в певному гермозамкнутому приміщенні будівлі, починає розповсюджуватися у суміжні приміщення, виникає загроза для безпечної евакуації людей. Цю загрозу в першу чергу слід приймати до уваги як при організації гасіння пожежі та рятування людей із будівлі, а також враховувати при проектуванні та оснащенні її системами безпеки, особливо системами димовидалення. Протипожежні заходи повинні обмежувати виникнення диму та його розповсюдження, забезпечувати надійний спосіб димовидалення.

Для забезпечення видимості під час ліквідації пожеж можна використовувати традиційний метод – видалення диму. Однак, не дивлячись на зовнішню простоту реалізації даного методу (особливо для випадку, коли його технічне рішення закладено в проекті) він має суттєві недоліки. Основний полягає в тому, що при реалізації вищезазначеного методу видалення диму не враховуються фізико-хімічні процеси розвитку пожежі.

Так, під час пожежі існує масовий баланс: рівномірне (природне, шляхом конвекції) видалення диму сприяє рівномірному підсосу повітря. Якщо збільшується інтенсивність відведення диму, то, як наслідок, збільшується приток повітря, що, в свою чергу, сприяє інтенсифікації процесу горіння осередку.

Виходячи з аналізу методів осадження диму, найбільш перспективним, на наш погляд, методом осадження диму осередків пожежі є метод електричного осадження шляхом використання рециркуляційних електрофільтрів (РЕФ). Даний метод електричного осадження дозволяє в значній мірі знизити концентрацію диму осередків пожежі в приміщенні, не порушує масовий баланс під час пожежі, не забруднює навколишнє середовище, осаджує аерозолі з розмірами часток 0,01-100 мкм, має мінімальне енергоспоживання [3,4].

На даний час існують різні методи боротьби з димом, кожен з яких має свої певні

переваги й недоліки в порівнянні з іншими (рис.1).



Рис. 1 – Методи боротьби з димом

Одним із основних показників, що характеризують роботу РЕФ є ступінь очищення  $\eta_{\phi}$ , яка вимірюється в відносних одиницях або у відсотках. Цей показник залежить від фізико-хімічних властивостей частинок диму. Ступінь очищення повітря може бути розрахована за наступною формулою та ілюструється графіком, зображеним на рис.2:

$$\eta_{\phi} = \frac{n_1}{n_2},$$

де  $n_1$  – рахована концентрація диму в повітрі, що надходить в апарат очищення,  $\text{м}^{-3}$ ;  
 $n_2$  – рахована концентрація диму в повітрі, що виходить з апарату очищення,  $\text{м}^{-3}$ .

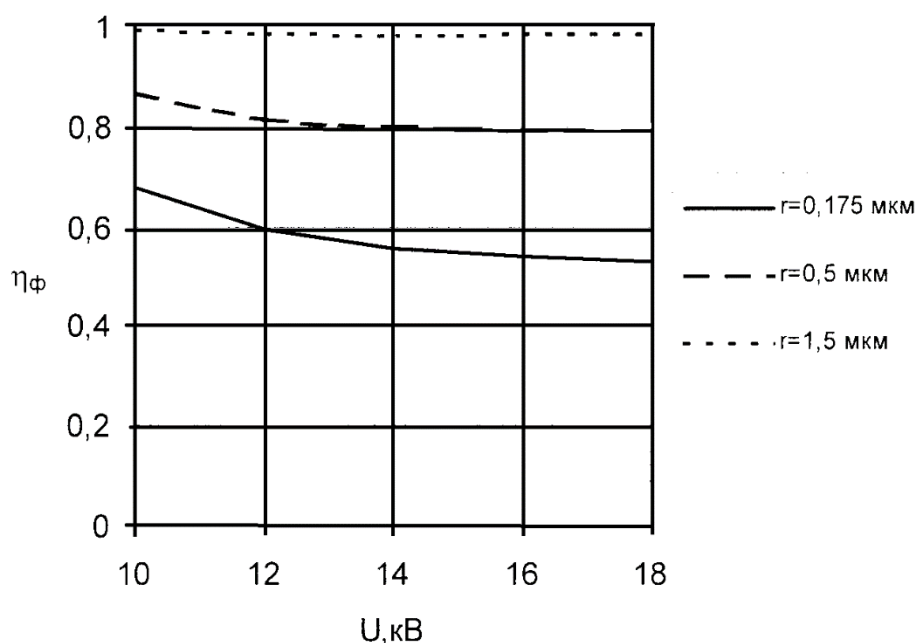


Рис. 2 – Залежність ступеня очищення повітря в РЕФ від напруги  $U$  (кВ) на ньому при різних значеннях радіусу  $r$  (мкм) димової частки.

Різноманітні підходи, які застосовуються окремо або в комплексі, здатні обмежити шкідливий вплив диму на людей, знижуючи його виділення або змінюючи напрям його руху. Зниження рівня димоутворення досягається шляхом встановлення автоматичних спринклерних систем та обмеженим використанням в будівлі горючих матеріалів. Крім того, можуть широко використовуватися система пасивного захисту, наприклад, шляхи евакуації можуть певним чином виділятися із загальної конструкції будівлі – обмежуватися вогнезахисними та димозахисними конструкціями. Однак такі підходи не завжди можливо реалізувати внаслідок їх інженерної складності та високої вартості. Особливо це стосується важкодоступних осередків пожеж в ущільнених умовах, в герметизованих приміщеннях з обмеженим або відсутнім повітрообміном. Тому для захисту від диму людей, які знаходяться в палаючій будівлі в таких умовах найчастіше використовуються тимчасові способи димовидалення, наприклад, застосовуються переносні димососи, які мають механічний, електричний або інший привід.

В роботі розглянуто один з таких високо ефективних способів, що полягає у використанні ефекту «іонного вітру». Прилади, основані на цьому ефекті мають високу ефективність, прості у використанні, відносно дешеві у реалізації, мають низьке енергоспоживання та інші переваги, однак в їх конструкції використовується високовольтне джерело живлення та вони потребують подальшого вдосконалення для вирішення означеної вище складної інженерно-технічної задачі.

## ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їх визначення. Класифікація. – К.: ДП «УкрНДНЦ», чинний з 01.01.2020. – 78 с.
2. ДБН В.1.2-4:2019. Інженерно-технічні заходи цивільного захисту (цивільної оборони). – К.: чинний з 01.08.2019. – 35 с.
3. Силенко Р.М., Пономар В.В., Попов І.І. Дослідження шляхів удосконалення методів та засобів боротьби з димом в осередках пожеж в замкнених спорудах. // Проблемы пожарной безопасности – Харків: УЦЗУ. – Вип. 23. – 2008. – С. 168-174.
4. Исследование дымоосаждающей и охлаждающей эффективности устройств УДП ГИБК.065289.001 / Мірошніченко В.Н. и др. // Науковий вісник УкрНДНЦ. – 2001. – Вип. 4. – 148 с.

*I.O. Tolkunov, Ph.D. Ph.D., associate professor,  
I.I. Popov, Ph.D., associate professor  
National University of Civil Defense of Ukraine*

## **STUDY OF WAYS TO COMBAT SMOKE IN SMOKE ZONES DURING FIRES IN HERMETICALLY SEALED ROOMS**

According to the results of the study, one of the highly effective methods for combating smoke during a fire in a hermetically sealed room is proposed, which consists in the use of the «ionic wind» effect. Devices based on this effect have high efficiency, are easy to use, relatively cheap to implement, have low energy consumption and other advantages, however, their design uses a high-voltage power source and they need further improvement to solve the above-mentioned complex engineering and technical problem.

*Д.Г. Трезубов, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України,  
Харків, Україна*

*Є.Д. Слепужніков, к.т.н., Національний університет цивільного захисту України,  
Харків, Україна*

## **ФОРМУВАННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РЕЧОВИН**

Вибухові процеси застосовують у військовій справі, у промисловості, а також вони стають небажаними наслідками необережного поводження з певними речовинами. Відповідно, прогнозування та попередження таких процесів є важливою та актуальною справою.

Вибухове перетворення можна розглядати як самоспалахування внаслідок різкого самоприскорення реакцій окиснення. Виникнення горіння шляхом самоспалахування розглядають як тепловий вибух, який відбувається за найгірших теплових умов. Тоді за критичної температури ініціюється повільна реакція окиснення з синхронним накопиченням тепла у кожній точці суміші. Це призводить до стрибкоподібного збільшення температури. Такий процес схожий на «кооперативний» з миттєвим, стрибкоподібним налаштуванням надмолекулярної будови речовини. Тобто, першим етапом хімічного вибухового процесу можна прийняти формування проміжного надмолекулярного нестійкого утворення, яке надалі кооперативно розкладається з виникненням більш дрібних молекулярних продуктів.

Зниження температури самоспалахування ( $t_{cc}$ ) та збільшення теплоти згорання  $Q_H$  у гомологічному ряду алканів від метану до пентану працюють протифазно на пожежну небезпеку: за більшої  $t_{cc}$  та за меншої  $Q_H$  прогрів наступного шару перед фронтом полум'я та його запалювання ускладнюється. Це проявляється як найменша нормальна швидкість полум'я  $u_H$  та найбільша мінімальна енергія запалювання  $E_{min}$ , що властиво метану серед найближчих гомологів. Збільшення молярної маси молекул працює на ускладнення згорання, оскільки при цьому потрібна більша витрата кисню для повного окиснення. Тому для стехіометричної метано-повітряної суміші на відміну від інших алканів спостерігаються найменші дифузійні ускладнення внаслідок наближеного до оптимального співвідношення між горючою речовиною та киснем повітря і, відповідно, найшвидше згорання. Внаслідок комплексу цих факторів тиск вибуху та швидкість зростання тиску вибуху в метану більші ніж в етану, але менші ніж в пропану. Відповідно, за звичайних умов й здатність метану до прискорення фронту полум'я до детонації менша, ніж в пропану.

Значення  $t_{cc}$  за збільшених тисків різко зменшується і для деяких речовин досягає температур навколишнього середовища [1]. Ініціація ударом виконує роль локального центру підвищення тиску. Модулюючим параметром для  $t_{cc}$  є еквівалентна довжина молекули  $l_{екв}$ . Тоді для аналізу процесів вибухового перетворення речовин необхідно аналізувати довжину надмолекулярних структур. Така довжина враховує усі атоми карбону у безперервному ланцюзі для молекул, що складають загальний кластер.

Для твердого та рідкого стану речовини відмічено її існування не у вигляді молекул, а у вигляді кластерів, індикатором наявності яких може бути значення температури плавлення  $t_{пл}$  [2]. Виникає можливість опору у розрахунках на  $t_{пл}$ , як на параметр, що корелює з надмолекулярною будовою речовини. За умов дослідження розвитку детонації для таких вибухонебезпечних речовин, як метан та нітрометан, розглядають їх стан у хвилі стиснення як рідину або тверду речовину [3]. При цьому звертають увагу, що для ініціації детонації недостатньо одних температурних ефектів.

Якщо не враховувати осциляційність  $t_{пл}$ , то залежність між  $\Delta t = (t_{кип} - t_{пл})$  та кількістю атомів карбону  $n_C$  у молекулі алкану у гомологічному ряду має чіткий лінійний характер [2], якому не підкоряються лише метан та етан (для метану  $\Delta t = 21$  К, для пропану  $\Delta t = 145,6$  К). Це пояснюється тим, що якщо  $t_{пл}$  усіх алканів корелює з наявністю димерних структур, то для метану працює модель гесамеру, для етану – тримеру [2]. Лінійність залежності  $\Delta t(n_C)$  свідчить про зберігання кластерної будови алканів у рідкому стані, але з однаковим принципом надмолекулярної організації речовини. Відхилення від даної



залежності для метану та етану свідчить про зміну надмолекулярної будови за умови фазового переходу на димерний принцип.

Найбільш чітко кластерна будова проявляється для твердого стану речовини. Раніше нами було розроблено показник «легкість плавлення»  $n_M = n_{\text{Секв}} M^{0,2}$  для твердих речовин на підставі значення довжини кластеру  $n_{\text{Секв}}$  (до  $n_{\text{Секв}} = 15$ ) та еквівалентної молекулярної маси  $M$ , що дозволило створити залежність для розрахунку  $t_{\text{пл}}$  вуглеводнів:  $t_{\text{пл}} = 101,85 \ln(n_M) - 452,37$  [4].

Найпростішою вуглеводневою вибуховою речовиною (ВР) є нітрометан. Для аналізу таких речовин впроваджено показник вибухонебезпеки на підставі показника «легкість плавлення»  $K_p = n_M/\mu$  або  $K_{\text{Рекв}} = n_M/\mu_{\text{екв}}$  (де  $\mu$  та  $\mu_{\text{екв}}$  – молекулярна маса мономера і базису мономера кластера без функціональних груп  $\text{NO}_2$ ). На даному етапі аналізу прийнято, що у разі  $K_p > 1$  – речовина має певні вибухові властивості, а якщо  $K_p < 1$ , то – не має таких властивостей.

Для встановлення координаційного числа кластеру  $K$  користувалися відповідністю обраного числа ланок у кластері до  $n_{\text{Секв}}$  за розрахунком. Критерієм успішності добору  $n_{\text{Секв}}$  обрано алгоритм: з формули  $t_{\text{пр}} = 101,85 \ln(n_M) - 452,37$  за відомою  $t_{\text{пл}}$  знаходимо  $n_M$ , далі за поточним варіантом  $K$  визначаємо  $M$  кластеру та з формули  $n_M = n_{\text{Секв}} M^{0,2}$  встановлюємо відповідну  $n_{\text{Секв}}$ . Якщо отримане число в межах похибки 5 % співпадає з обраним при розрахунку  $M$ , то відповідний  $K$  та  $n_{\text{Секв}}$  приймаємо для подальшого аналізу як властиві для даної речовини (якщо не співпадає – обираємо  $K$  більше або менше прийнятого раніше та повторюємо розрахунок). Розглянуто різні варіанти базисів молекул вибухових речовин, здебільшого схожих на нітрометан. Для тестування працездатності показнику вибухонебезпечності його порівнювали з показником швидкості детонації. На підставі проведених розрахунків отримано наступні показники (також наведено довідкові дані щодо швидкості детонації [5]):

нітрометан –	$n_{\text{Секв}} = 18, K_p = 1,43, U_{\text{дет}} = 6500 \text{ м/с};$
метилнитрит –	$n_{\text{Секв}} = 21, K_p = 1,61, U_{\text{дет}}$ (немає даних);
метилнитрат –	$n_{\text{Секв}} = 12, K_p = 1,22, U_{\text{дет}} = 6300 \text{ м/с};$
тринітрометан –	$n_{\text{Секв}} = 30, K_p = 1,53, U_{\text{дет}}$ (немає даних);
тетранітрометан –	$n_{\text{Секв}} = 25, K_p = 1,36, U_{\text{дет}} = 6360 \text{ м/с};$
тетранітрат пентаеритриту –	$n_{\text{Секв}} = 72, K_p = 2,58, U_{\text{дет}} = 8500 \text{ м/с};$
тетранітрат еритриту –	$n_{\text{Секв}} = 36, K_p = 2,5, U_{\text{дет}} = 8100 \text{ м/с};$
піроксилін –	$n_{\text{Секв}} = 104, K_p = 2,01, U_{\text{дет}}$ (немає даних);
метан –	$n_{\text{Секв}} = 6, K_p = 0,15, U_{\text{дет}}$ (немає даних);
пропан –	$n_{\text{Секв}} = 6, K_p = 0,15, U_{\text{дет}}$ (немає даних);
диметилперекис –	$n_{\text{Секв}} = 16, K_p = 1,68, U_{\text{дет}}$ (немає даних).

Відзначимо, що розроблена модель на підставі лише  $t_{\text{пл}}$  та  $M$  дозволяє прогнозувати еквівалентну довжину кластеру, а з нею і ступінь кластеризації. Так, для метилнитрату базисом кластеру прийнято частину молекули довжиною «2». Можна запропонувати, що як і для алканів [4] кластеризація відбувається по ланцюгу карбонів або базису С-О, тоді нітрогрупи виявляються боковими. З іншого боку у метилнитраті виявлено міжмолекулярні зв'язки N-O з утворенням тримеру [6]. Але застосована нами модель не дозволила отримати збіжність розрахунків для такої будови: значення довідкової  $t_{\text{пл}}$  досягнуто для гексамеру. До того ж, вказане дослідження присвячено метилнитрату у рідкому стані, у той час, як поточне дослідження спирається на параметр  $t_{\text{пл}}$ . Тим не менш, залишаємо ймовірність базису молекули N-O. Передбачаємо у розрахунку для кластерів лінійну регулярну будову, аналогічну полімерам.

Якщо розглядати полімери як стійкі кластери, то мономер полімеру є такою ж базовою характеристикою речовини як молекула у кластері. Тому проведено спробу розрахувати показник вибухонебезпеки піроксиліну (нітроцелюлози) за ц принципом.

Порівняння показнику вибухонебезпеки обраних ВР з відомими довідковими даними щодо швидкості детонації [5] показує наявність певної кореляції: більшому  $K_p$  відповідає більша швидкість детонації: речовини з  $K_p < 1$  не здатні до детонації за короткочасного впливу (наприклад, метан та пропан, але вони здатні до детонації у довгих трубах після декількох стадій прискорення полум'я).

Більшість розглянутих речовин за стандартних умов є рідинами або газами. Але наявність завищеної  $t_{пл}$  для даної молекулярної маси визначає наявність надмолекулярної будови. Можна припустити, що у хвилі стиснення з газу утворюється квазірідина з певною кластерною будовою. Тобто у фронті ударної хвилі відбувається фазовий перехід. У фазовому переході приймає участь уся кластерна одиниця речовини, навіть якщо за нових умов вона перестає існувати. Така пропорційність властива азеотропним сумішам. За законом Дальтона виходить, що у всьому діапазоні температур з такого розчину випаровує кластер повної будови, а відповідно і конденсується.

Розроблений показник вибухонебезпечності можна розраховувати двома шляхами: 1) по відношенню до молекулярної маси молекули; 2) по відношенню до молекулярної маси базису кластеру як довжиноутворюючої частини молекули. Маленьке значення показника «1» за великого значення показника «2» частково свідчить про чутливість вибухової речовини; показник «2» відбиває вибухову силу речовини (швидкість детонації). Для даного дослідження більш цікавим виявилось співвідношення «2», але здатність повітряних горючих сумішей до детонації воно не відбиває.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Тарахно О.В., Трегубов Д.Г., Жернокльов К.В., Коврегін В.В. Основні положення процесу горіння. Виникнення процесу горіння. Харків: НУЦЗУ, 2020. 408 с.
2. Трегубов Д., Тарахно О., Соколов Д., Трегубова Ф. Осциляційність характерних температур n-алканів внаслідок кластерної будови речовини. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2020. № 32. С. 14–30. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/11691>.
3. Каїм С.С., Каїм С.Д., Рок П. Генерація «гарячих точок» у фронтах детонаційних хвиль. *Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології*. 2009. Т. 7, № 4. С. 1201–1226.
4. Трегубов Д.Г., Шаршанов А.Я. Соколов Д.Л., Трегубова Ф.Д. Прогнозування найменших надмолекулярних структур алканів нормальної та ізомерної будови. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2022. № 35. С. 50–71.
5. Meyer R., Köhler J., Homberg A. *Explosives*. Weinheim: Wiley-VCH, 2007. 421 p.
6. Reichel M., Krumm B. et al. *Solid-State and Gas-Phase Structures and Energetic Properties of the Dangerous Methyl and Fluoromethyl Nitrates*. *Angewandte Chemie International Edition*. 2019. №58(51). P. 18557–18561.

*D.G. Tregubov, Ph.D., Associate Professor, National University of Civil Defence of Ukraine, ,  
Kharkiv, Ukraine*

*E.D. Slepuzhnikov, Ph.D., National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

#### FORMATION OF EXPLOSIVELY DANGEROUS PROPERTIES OF SUBSTANCES

The explosion processes of an explosive substance and the combustion occurrence by the autoignition are compared. It is proposed to calculate the cluster average length of an explosive substance to predict its danger, which has an analogy in the calculation of the autoignition temperature. The predicting technique of the melting temperature of a solid substance based on the calculation of the equivalent length of the smallest supramolecular structure in the cluster form was used. The parameter "ease of melting" was used to develop the indicator of substances explosiveness. Calculations of the expected equivalent length of the cluster and the substances explosivity index for the simplest explosive – nitromethane and similar to it – were carried out. The correlation of the developed indicators with the detonation speed is shown.

*В.В. Тригуб, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,*

*Р.І. Майборода, викладач, НУЦЗУ,*

*Д.О. Пехов, здобувач вищої освіти, НУЦЗУ*

## **НЕОБХІДНІСТЬ ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ СТАЛІ ЗГІДНО ЄВРОКОДІВ**

При новому будівництві та реконструкції будинків та споруд особлива увага приділяється вогнезахисту металу і металоконструкцій. Несучі металеві конструкції в умовах пожежі повинні максимально довго нести свою головну функцію – утримувати будівлю і як можна довше запобігати обваленню. Але метал міцний доки його температура порівнянна з температурою довкілля, а при попаданні в середу високих температур метал стає пластичним і гнучким. Згинаючись і плавлячись, він ушкоджує конструкцію будівлі або споруди, відбувається обвалення, коли ще люди не встигли евакуюватися, що спричиняє за собою загибель величезної кількості життів. Тому роботи по вогнезахисту є найважливішим конструктивним елементом безпеки усїєї будівлі.

Існує безліч рішень, що забезпечують вогнестійкість конструкції і знижують клас її пожежної небезпеки. Це може бути, наприклад, додавання нового елемента в конструкцію, який виконує вогнезахисну і теплоізоляційну функцію. Застосування вогнезахисних фарб, лаків та емалей може запобігти займанню матеріалів і затримати поширення полум'я по поверхні. Будучи захисним шаром, вогнезахисні склади поглинають тепло, а розкладаючись, вивільняють воду. Склади поділяються на ті, що спучуються і не спучуються. Склади, що спучуються збільшуються при нагріванні в кілька десятків разів. Вони вважаються більш ефективними.

Якісне проведення вогнезахисту сталевих конструкцій залежить від двох основних складових: правильності обраних технічних рішень при складанні проекту проведення вогнезахисних робіт та правильного вибору вогнезахисного матеріалу. Способи та засоби вогнезахисту сталевих конструкцій визначаються при складанні проекту проведення вогнезахисних робіт на конкретний об'єкт будівництва з урахуванням наступних основних вимог:

- класу вогнестійкості конструкцій, який визначається відповідно ступеню вогнестійкості будівлі, до якого необхідно довести будівельний елемент;
- розрахованим коефіцієнтам конструкцій (профільного або коробчастого перерізу);
- розрахованим критичним температурам сталевих елементів.

Критична температура елемента сталеві конструкції – температура, за якої очікується руйнування сталеві конструкції при рівномірному розподілі температури для заданого рівня навантаження.

В Україні в якості основної критичної температури сталевих конструкцій з вогнезахисними покриттями і облицюванням згідно [1] використовується температура близько 500 °С. Імплементация в Україні європейських стандартів [2, 3] дозволяє застосовувати диференційний підхід до визначення критичної температури сталевих елементів і розрахунку вогнестійкості сталевих конструкцій відповідно до Єврокодів 3.

Для використання методу розрахунку критичної температури потрібне виконання наступних умов та припущень:

- не враховується критерій деформацій;
- в конструкції повністю виключена втрата стійкості.

Ці правила обмежують застосування розглянутого методу конструкціями, несуча здатність яких визначається тільки критерієм міцності. Прикладами таких конструкцій можуть бути: всі розтягнуті елементи, балки з постійним розкріпленням по довжині і т. п.

Для перерізів Класу 4 допускається без розрахунку приймати 350 °С.

Для конструкцій із поперечними перерізами 1, 2 або 3 Класу та для всіх розтягнутих конструкцій, у яких не настає втрата стійкості, необхідно визначити ступень

використання несучої здатності  $\mu_0$  за формулою ( $\mu_0$  приймається не менше 0.013):

$$\mu_0 = \frac{E_{f,i,d}}{R_{f,i,d,0}}. \quad (1)$$

За винятком випадків, коли необхідно враховувати критерій деформації або втрату стійкості, критична температура сталі при рівномірному розподілі температури по конструкції, виконаної з вуглецевих сталей S235-S460 по ДСТУ EN 10025 та всіх марок по ДСТУ EN 10210 та ДСТУ EN 10219, в момент часу  $t$  може бути визначена на підставі ступеня використання несучої здатності  $\mu_0$  в момент часу  $t = 0c$  із використанням наступної формули:

$$\Theta_{a,cr} = 39.19 \cdot \ln \left[ \frac{1}{0.9674 \cdot \mu_0^{3.833}} - 1 \right] + 482. \quad (2)$$

Необхідно зазначити, що у відповідності до Єврокодів існує три способи визначення розрахункової критичної температури сталі. Проведені дослідження показали, що розрахунок по кожному з цих способів показав прийнятні результати, похибка при цьому складає не більше 2%. Однак, у зв'язку з тим, що приймають, як правило, найгірший результат – найменше значення критичної температури, то при визначенні критичної температури сталі в конкретному випадку, необхідно проводити усі три розрахунки та визначати остаточну розрахункову критичну температуру сталі по ним.

Таким чином, використання в Україні сталої величини критичної температури сталі багато років не давало ефективно використовувати вогнезахист металевих конструкцій будівель і споруд. Після імплементації в Україні Єврокодів з'явилась можливість застосовувати диференційний підхід до визначення критичної температури сталевих елементів, що привело до підвищення ефективності застосування відповідного вогнезахисту будівель та споруд.

### ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ Б В.1.1-4-98. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. Зі зміною №1.
2. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010. Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість.
3. ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016. Проектування сталевих конструкцій. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість.

*V.V. Tryhub, PhD, Associate Professor, National University of Civil Defence of Ukraine,*

*R.I. Maiboroda, teacher, National University of Civil Defence of Ukraine,*

*D.O. Pehov, student, National University of Civil Defence of Ukraine*

### **THE NEED TO DETERMINE THE CRITICAL TEMPERATURE OF STEEL ACCORDING TO EUROCODES**

The use of a constant value of the critical temperature of steel in Ukraine for many years prevented the effective use of fire protection of metal structures of buildings and structures. After the implementation of Eurocodes in Ukraine, it became possible to apply a differential approach to determining the critical temperature of steel elements, which led to an increase in the effectiveness of the application of appropriate fire protection of metal structures.

*В.В. Тригуб, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,*

*М.С. Матушкін, здобувач вищої освіти, НУЦЗУ*

## **КРИТИЧНА ТЕМПЕРАТУРА СТАЛІ І ВОГНЕЗАХИСТ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ**

У будівельній світовій практиці знайшли широке поширення сталеві конструкції. Проблема забезпечення необхідних меж вогнестійкості розглянутих будівельних конструкцій є особливо актуальною. Для розрахунку їх міцності розроблені національні норми ДБН і ДСТУ, які гармонізовані з Європейськими стандартами групи А (Єврокодами).

Для розрахунку сталевих конструкцій при нормальній температурі розроблено Єврокод 3 частина 1-1, а при високих температурах пожежі проводять за Єврокодом 3 частина 1-2.

Вогнестійкість – здатність конструктивної системи, частини конструктивної системи або окремої конструкції відповідати обов'язковим вимогам (несуча здатність та/або огорожувальна здатність) для визначеного рівня навантаження, визначеного вогневого впливу та визначеного проміжку часу [1].

Кількісною характеристикою вогнестійкості конструкцій є межа вогнестійкості, яка визначається часом (у хвиликах) від початку вогневої дії пожежі із стандартним температурним режимом до настання одного з граничних станів конструкції.

Основним показником вогнестійкості для нормування класів вогнестійкості несучих сталевих конструкцій є показник втрати несучої здатності конструкцій і вузлів R.

Межа вогнестійкості більшості незахищених сталевих конструкцій надзвичайно мала і в залежності від наведеної товщини металу становить 10-15 хв.

В результаті теплового впливу настає граничний стан сталеві конструкції за ознакою втрати несучої здатності (R). Значення R при інших рівних умовах залежить від коефіцієнту перерізу і критичної температури сталеві конструкції.

Існує кілька варіантів обчислення коефіцієнтів перерізу сталевих конструкцій, але всі вони знаходяться в прямій або зворотній залежності між собою – профільний, коробчастий коефіцієнти перерізу, приведена товщина металу і т.д.

Вогнезахист – зниження пожежної небезпеки матеріалів та конструкцій шляхом спеціальної обробки або нанесення покриття [2]. У більш широкому сенсі, вогнезахист є системою заходів, спрямованих на забезпечення пожежної безпеки будівель і споруд.

Оцінювання вогнезахисної здатності вогнезахисних покриттів металевих несучих будівельних конструкцій полягає в отриманні залежності мінімальної товщини вогнезахисного покриття від наведеної товщини металу (коефіцієнту перерізу) і нормованої межі вогнестійкості для заданої критичної температури металу. Значення критичної температури визначається проектною документацією залежно від марки сталі та проектних навантажень на конструкцію.

В Україні тривалий час в якості основної критичної (проектної) температури сталевих конструкцій з вогнезахисними покриттями і облицюванням згідно [3] використовувалася температура близько 500 °С.

Однак, прийняття в Україні стандартів [4] і [5] дозволяє застосовувати диференційний підхід до визначення критичної температури сталевих елементів і розрахунку вогнестійкості сталевих конструкцій відповідно до Єврокодів 3.

У разі пожежі повинен бути забезпечений достатній запас несучої здатності протягом необхідного періоду часу.

Аналіз несучої конструкції з точки зору протипожежного захисту слід проводити з застосуванням встановлених для заданих розрахункових ситуацій моделей термічних та механічних впливів, а також параметрів несучої конструкції при підвищених температурах.

У випадках, коли потрібне забезпечення механічної міцності в умовах пожежі, сталеві конструкції повинні бути запроєктовані та змонтовані таким чином, щоб вони могли виконувати свою несучу функцію протягом відповідного часу дії пожежі.

Вогнестійкість підтверджується виконанням наступних умов:

- у часових параметрах

$$t_{fi,d} \geq t_{fi,requ};$$

- у міцнісних параметрах

$$R_{fi,d,t} \geq E_{fi,d,t};$$

- у температурних параметрах

$$\Theta_d < \Theta_{cr,d},$$

де  $t_{fi,d}$  – розрахункова межа вогнестійкості;  $t_{fi,requ}$  – нормативна межа вогнестійкості;  $R_{fi,d,t}$  – розрахункова несуча здатність елемента при пожежі у момент часу  $t$ ;  $E_{fi,d,t}$  – розрахунковий результат впливу при пожежі у момент часу  $t$ ;  $\Theta_d$  – розрахункова температура матеріалу;  $\Theta_{cr,d}$  – розрахункова критична температура матеріалу.

Порівняння за часовими параметрами напряму, як правило, застосовується тільки у випадку використання уточнених методів (просунутих методів) розрахунку вогнестійкості конструкцій. Непрямо у спрощених методах розрахунку воно використовується для визначення необхідності у вогнезахисті елемента.

При розрахунку за параметрами міцності визначається зменшена несуча здатність через необхідний проміжок часу. На цьому критерії ґрунтується спрощений метод розрахунку для сталевих елементів, схильних до втрати стійкості. Він використовується у комбінації з порівнянням за температурними та часовими параметрами.

Порівняння за температурними параметрами є найбільш поширеним методом згідно Єврокоду 3, коли визначається критична температура сталеві конструкції для встановленого рівня навантаження. Воно застосовується в спрощених методах розрахунку.

Розрахункова оцінка вогнестійкості, будівельних конструкцій об'єкту проводиться у такій послідовності:

1. шляхом розв'язку задачі теплопровідності визначається температурне поле у перерізі елемента конструкції, що дозволяє визначити час досягнення на необігрівній стороні огорожувального елемента температури настання граничного стану теплоізолювальної здатності;

2. за отриманими температурними розподілами у перерізі елемента у мінімальний час, обумовлений класом вогнестійкості, визначається можливість настання граничного стану втрати цілісності за цей час. За отриманими даними щодо часу настання зазначених граничних станів визначається клас вогнестійкості огорожувального елемента конструкції;

3. для розрахунків при розв'язку міцнісної задачі визначаються температурні розподілення по перерізах елементів несучих конструкцій, що підлягають оцінці класу вогнестійкості. Для розрахунку використовується кінцево-різницький метод вирішення рівняння теплопровідності;

4. для оцінки класу вогнестійкості як основний використовується спрощений табличний метод відповідний до [1] та [4];

5. якщо табличним методом необхідний клас не підтверджується то для розрахунку межі вогнестійкості елементів конструкцій застосовуються основний метод – зонний метод.

Даний метод регламентований чинними стандартами України [1] та [4];

6. отримавши значення фактичної межі вогнестійкості, визначається фактичний клас вогнестійкості шляхом вибору найближчого меншого значення по відношенню до значення межі вогнестійкості для граничного стану, що настає якнайшвидше;

7. у випадку коли фактичний клас вогнестійкості досліджуваних елементів є меншим за необхідний, виконується розрахункове обґрунтування проєктних технічних вимог щодо системи вогнезахисту даних елементів;

8. для перевірки отриманих результатів використовується один з альтернативних методів, що наведений у [4].

**Висновок.** За результатами виконаних досліджень можна стверджувати, що розраховані критичні температури сталевих конструкцій, за винятком конструкцій з 4 класом поперечного перерізу (для перерізів Класу 4 алгоритм значно спрощується, оскільки допускається без розрахунку приймати критичну температуру сталі – 350 °C), перевищують значення загальноприйнятої критичної температури (500 °C).

Використання розрахункових значень критичної температури сталі при проєктуванні вогнезахисної обробки дозволяє значно знизити витрати вогнезахисного матеріалу, а відповідно і витрати, які пов'язані з роботами по його нанесенню. Таким чином визначення критичної температури граю дуже важливу роль у проєктуванні вогнезахисту сталевих конструкцій, і відповідно у підвищенні пожежної безпеки будівель та споруд.

#### ЛІТЕРАТУРА

4. ДСТУ-Н EN 1991-1-2:2010. Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-2. Загальні дії. Дії на конструкції під час пожежі. (EN 1991-1-2:2002, IDT)

5. ДСТУ 2272:2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять.

6. ДСТУ Б В.1.1-4-98. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. Зі зміною №1.

7. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010. Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість. (EN 1993-1-2:2005, IDT)

8. ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016. Проєктування сталевих конструкцій. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість.

*V.V. Tryhub, PhD, Associate Professor, National University of Civil Defence of Ukraine,  
M.S. Matushkin, student, National University of Civil Defence of Ukraine*

#### **CRITICAL TEMPERATURE OF STEEL AND FIRE PROTECTION OF METAL STRUCTURES**

Evaluating the fire-resistant ability of fire-resistant coatings of metal load-bearing building structures consists in obtaining the dependence of the minimum thickness of the fire-resistant coating on the specified metal thickness (section coefficient) and the normalized limit of fire resistance for a given critical temperature of the metal. The value of the critical temperature is determined by the project documentation depending on the grade of steel and design loads on the structure. In Ukraine, for a long time, a temperature of about 500 °C was used as the main critical (design) temperature of steel structures with fire-resistant coatings and cladding.

The implementation of European standards in Ukraine allows applying a differential approach to determining the critical temperature of steel elements and calculating the fire resistance of steel structures in accordance with Eurocodes 3.

*С.М. Щербак, к.т.н., доцент,  
Національний університет цивільного захисту України*

### ВТРАТИ НАПОРУ У ПЛОСКОЗГОРНУТИХ РУКАВАХ РІЗНОГО ДІАМЕТРУ

Використання пожежних кран-комплектів (ПКК) для гасіння пожежі в початковій її стадії у висотних житлових і громадських будинках висотою понад 47 м регламентується рядом нормативних документів [1 – 3].

На можливість подавати вогнегасну речовину у кількості, що необхідна для успішного гасіння пожежі в початковій її стадії, впливає не тільки напір у мережі, а ще ряд факторів, які треба враховувати особливо коли осередок пожежі знаходиться на значній відстані від місця розташування ПКК.

Для визначення втрати напору плоскозгорнутих рукавів, якими комплектуються ПКК, необхідно провести ряд дослідів зі змінами діаметра рукава, тиску в мережі та відстані точки підключення рукава до точки розташування ствола.

Дослідження втрат напору для рукава діаметром 19 мм, показали, що на результат дослідів значно впливають тиск в мережі та віддаленість осередку пожежі від точки встановлення ПКК, при цьому втрати напору в рукаві можуть змінюватись від 1,1 м до 2,4 м.

Для визначення втрат напору у рукаві діаметром 25 мм довжиною 15 м проведений трьохфакторний дворівневий експеримент. Межі змін факторів приймалися виходячи з вимог нормативних документів, пропозицій виробників відповідного обладнання, умов реального використання ПКК в квартирах висотних житлових будівель та умов лабораторії. Обробка результатів вимірювань дозволила визначити коефіцієнти рівняння регресії. Після оцінки їх значимості модель втрат напору в рукаві у можна записати:

$$y = 0,15172 + 0,00207x_1 - 0,05875x_2 + 0,01482x_3 + 0,15116x_1^2 + 0,16864x_2^2 + 0,10206x_3^2 - 0,0675x_1x_2 - 0,2375x_1x_3 - 0,1725x_2x_3, \quad (1)$$

де  $y$  – втрати напору у рукаві, м;  $x_1$  – тиск в мережі, м,  $x_2$  – відстань між манометрами, м;  $x_3$  – діаметр насадка розпорошувача, мм.

Аналіз (1) показав, що втрати напору в рукаві діаметром 25 мм довжиною 15 м в залежності від тиску в мережі та відстані від точки підключення рукава до точки розташування ствола під час гасіння пожежі, можуть знаходитися в межах (0,04 ÷ 1,16) м. Відстань між манометрами впливає на втрати напору в мережі наступним чином:

- при мінімальному напорі в мережі вплив відстані між манометрами найзначніший – втрати напору змінюються від 0,12 м до 0,92 м;
- при середньому напорі в мережі (фактор  $x_1$  знаходиться на нульовому рівні) втрати напору мінімальні – від 0,16 м до 0,72 м;
- при напорі в мережі 22 м (максимальне значення фактора  $x_1$ ) зі збільшенням відстані від точки підключення рукава до точки розташування ствола втрати напору зменшуються від 1,16 м до 0,04 м.

Аналіз впливу тиску в мережі на втрати напору показав, що при визначенні  $y$  для трьох значень відстані між манометрами втрати напору змінюються від 0,08 м до 1,24 м на кожному рівні дослідження:

- при мінімальному розгортанні рукава втрати напору найзначніші – знаходиться в межах (0,16 ÷ 1,24) м;
- при середньому розгортанні рукава втрати напору складають (0,26 ÷ 0,8) м;
- при максимальному розгортанні рукава втрати напору складають (0,08 ÷ 1,16) м.



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  $(1,1 \div 2,4)$  м, а втрати напору у рукаві діаметром 25 мм можуть змінюватися в межах  $(0,04 \div 1,16)$  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].

## ALTERNATIVE WATER SOURCE ASSESSMENT

In several publications related to the water supply for firefighting purposes, the term alternative water supply is used. This term refers to an alternate source of water that could be used for the purpose of pumping water for firefighting. In the process of assessing the suitability of an alternative water source, it is necessary to consider a parameters and conditions that can be significantly influenced by climatic conditions [3].

The priority that follows from the conditions of the water source is ensuring safe access and location of firefighting equipment from the point of view of safe operation. The most important thing is to have an overview of the state of the access roads to the source, the state of the terrain near the possible place for the creation of a pumping post and the distance from the intervention site [2, 3].

After the arrival of the fire brigades at the intervention site and the selection of the water source, its parameters must be considered to subsequently ensure a steady water supply. The goal is to secure the continuous supply of water with a certain flow rate to the place of intervention to achieve effective fire extinguishing. To fulfill this goal, the water source must have a certain capacity. Trouble-free pumping of water also depends on other parameters such as temperature, speed of flowing water, suction height, and others [2, 3, 6, 7].

As the alternative water resources mostly have the character of natural water resources, it is necessary to identify the parameters and conditions for this type of water sources. In accordance with legal regulations and technical standards, the natural source of water must have [2, 8]:

- access to a water source with the possibility of creating a pumping station for mobile firefighting apparatuses,
- the depth of the water source is at least 1 meter and the distance from the surface to the surface of the pumping station is at most 6.5 meter,
- must not be threatened by landslide of the bank of the water source.

For the site of water source to comply with the option of creating the pumping post, it is necessary for the site to [2, 8]:

- have a minimum dimension of 8 m by 5 m and be passable for vehicles weighing 12 t,
- enable water suction by a fire pump with suction hoses no longer than 10 m
- have concrete or other barriers at its end against the vehicle running into a water source,
- to have a modified access routes in such a way as to allow the arrival and placement of mobile fire apparatuses,
- be maintained under all climatic and meteorological conditions.

Water quality is another important factor that must be considered in the water source assessment. Two points of view are considered. The first is the safety of firefighters during drafting operations, and at the same time during using water as an extinguishing agent. Water should preferably not contain chemicals or other dangerous substances. When extinguishing, chemical reactions in the form of an explosion or the release of substances harmful to health could occur. The second view is the service life of firefighting apparatuses. Water quality lies mainly in its purity. The pumped water should not be cloudy, as this could damage the equipment. In addition, the parameters of the water source have a direct effect on service life because they can incite the emergence of cavitation [2, 6].

## CONCLUSION

Water is thanks to its availability, low cost, and wide applicability for fire extinguishing one of the most used extinguishing agents. From this point of view, the issue of the use of water resources for the needs of fire brigades is considered an actual topic. As we mentioned in the article, the process of assessing a water source depends on some facts that result from the source's surroundings, access to its location, as well as from the parameters describing the source from the

point of view of water pumping process. This paper is a starting point for a gradual solution to the problem, the outputs of which will be aimed at improving the current situation. One of the main goals of future research can be considered the draft of alternative water sources assessment.

## REFERENCES

[1] *Decree of the Ministry of the Interior of the Slovak Republic no. 699/2004 Coll. on securing buildings with water for extinguishing fires.*

[2] HOLUŠA, J., M. KOREŇ, R. BERČÁK, K. RESNEROVÁ, J. TROMBIK, J. VANĚK, R. SZCZYGIEL a I. CHROMEK, 2021. A simple model indicates that there are sufficient water supply points for fighting forest fires in the Czech Republic [online]. In: *International Journal of Wildland Fire* 30(6). p 428-439. Available: [https://www.researchgate.net/publication/352310815\\_A\\_simple\\_model\\_indicates\\_that\\_there\\_are\\_sufficient\\_water\\_supply\\_points\\_for\\_fighting\\_forest\\_fires\\_in\\_the\\_Czech\\_Republic](https://www.researchgate.net/publication/352310815_A_simple_model_indicates_that_there_are_sufficient_water_supply_points_for_fighting_forest_fires_in_the_Czech_Republic)

[3] GALIMIDI R., FITZGERALD B., AND WATTS, D. 2020. *Inquiry on alternate water sources for firefighting*. New Zeland: Prepared by Morphum Enviromental. 2020. pages 22-25. Available online:

[https://www.fireandemergency.nz/assets/Documents/Files/Report\\_177\\_Inquiry\\_on\\_alternate\\_water\\_sources\\_for\\_firefighting.pdf](https://www.fireandemergency.nz/assets/Documents/Files/Report_177_Inquiry_on_alternate_water_sources_for_firefighting.pdf)

[4] KROČOVÁ, Š., 2014. Safety of fire water supplies from water supply systems. 1st edition. Ostrava: Association of fire and safety engineering in Ostrava, 2014. ISBN 978-80-7385-153-8

[5] WANG, C. and B. SHIH, 2018. Research on the Integration of Fire Water Supply.

In 2017 8th International Conference on Fire Science and Fire Protection Engineering (on the Development of Performance-based Fire Code) [online]. Portál ScienceDirect. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817363026>

[6] MONOŠI, M., KAPUSTNIAK, J. 2015. *Problémové miesta hasenia lesných požiarov*. [online] Zborník medzinárodnej vedeckej konferencie, Bratislava, december 4. 2015. Žilina: Strix, 2015. ISBN 978-80-89753-01-7. Dostupné z: [https://www.sszp.eu/wp-content/uploads/2015\\_conference\\_SES\\_\\_p-112\\_\\_Mono%C5%A1i-Kapusniak\\_.pdf](https://www.sszp.eu/wp-content/uploads/2015_conference_SES__p-112__Mono%C5%A1i-Kapusniak_.pdf)

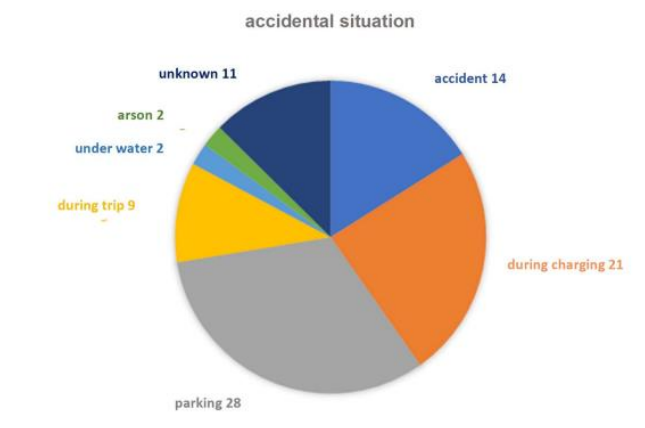
[7] MONOŠI, M., DERMEK, M., BALLAY, M. 2016. *Technika a technické prostriedky hasičských jednotiek*. Žilina: EDIS-vydavateľské centrum ŽU, 2016. 180s. ISBN 970-80-554-1231-3.

[8] *Slovak technical standard No. 73 6639: 1960, Fire water sources.*

*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

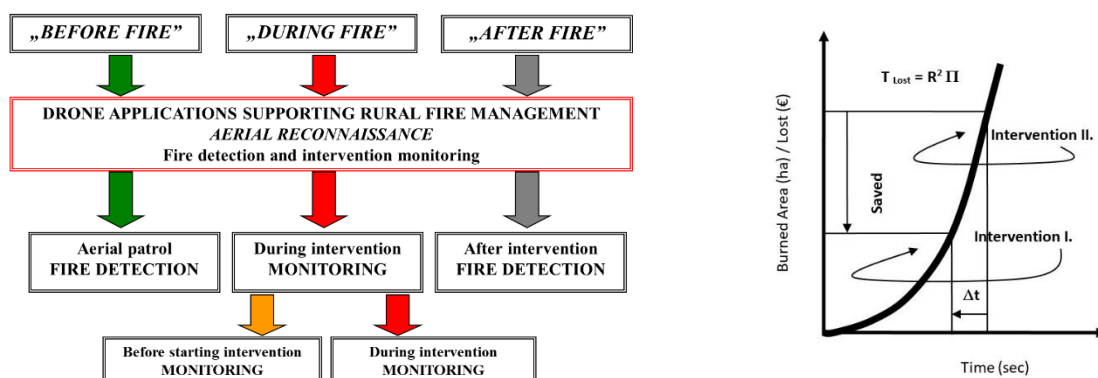
[8] *Elektro teč na elektromobily a plug-in hybridy*, [online], link: <https://www.minv.sk/?elektro-tec-na-elektromobily-a-plug-in-hybridy>

[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].

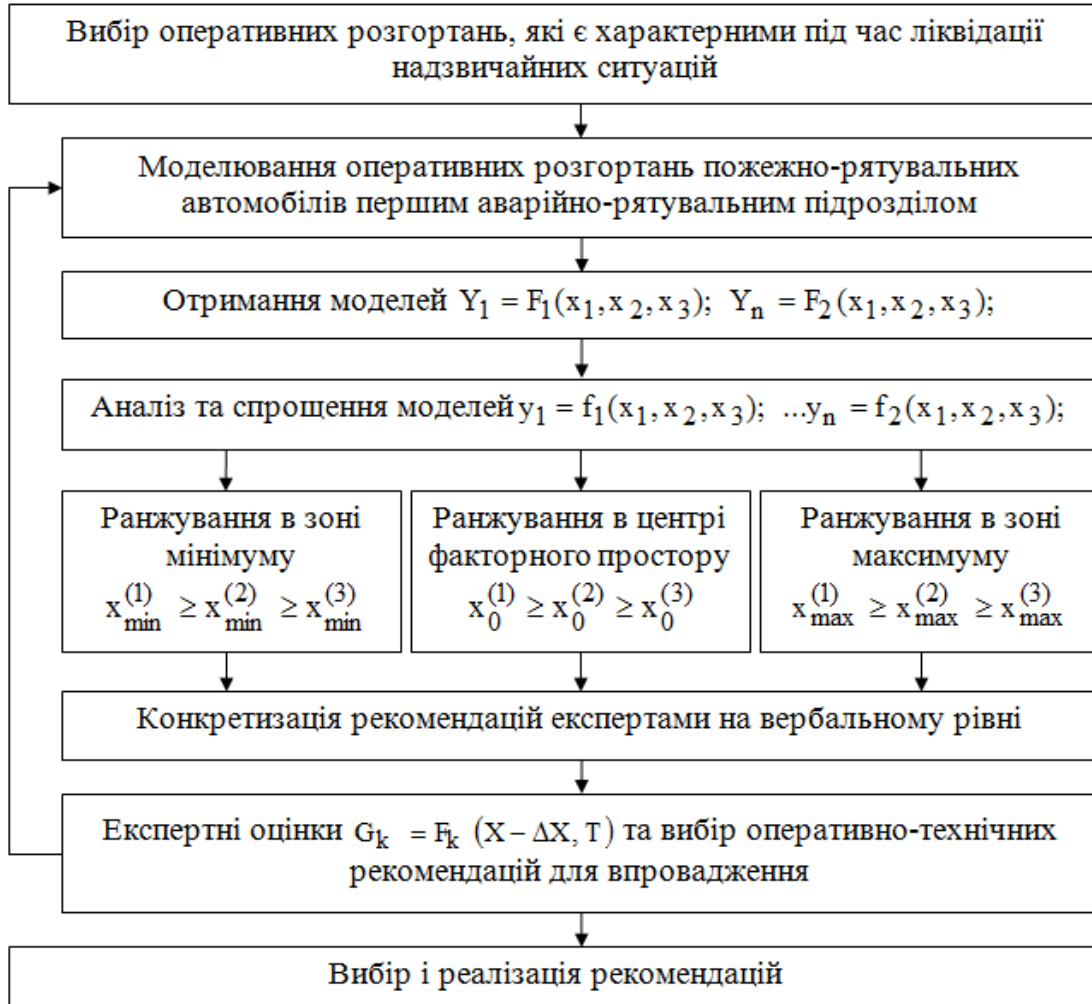
Аналіз особливостей моделювання дій аварійно-рятувального підрозділу показав, що вони базуються на тому, що оперативне розгортання уявляє собою процес функціонування системи «рятувальник – оперативно-рятувальна техніка – надзвичайна ситуація» [2]. При цьому у якості вихідних перемінних математичної моделі 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:

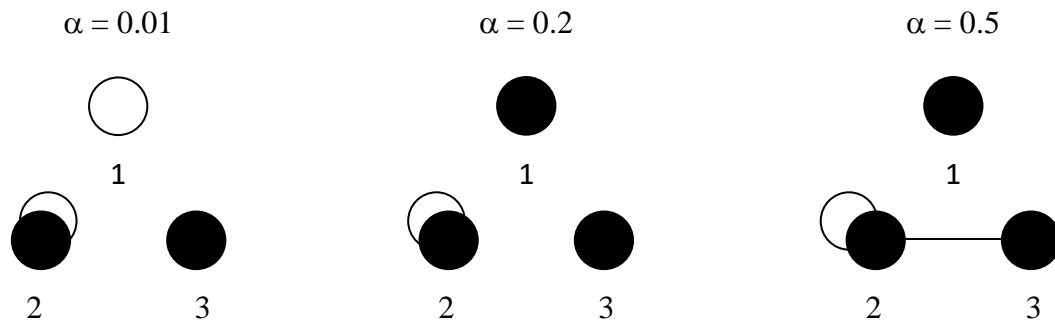
$$y = 0,6275 - 0,0361 x_1 + 0,0002 x_1^2 - 0,0082 x_1 x_2 - 0,0028 x_1 x_3 - \\ - 0,3855 x_2 - 0,1075 x_2^2 + 0,0266 x_2 x_3 - \\ - 0,1161 x_3 - 0,0014 x_3^2, \quad (1)$$

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.

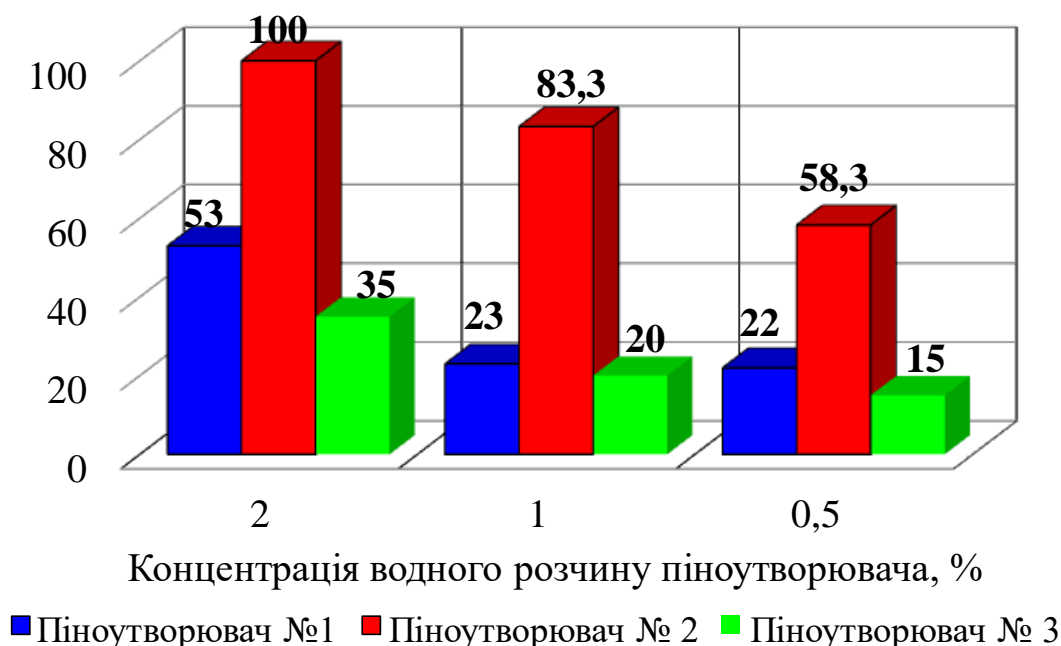


Рис. 1. Фітотоксичні ефекти розчинів піноутворювачів за льоном

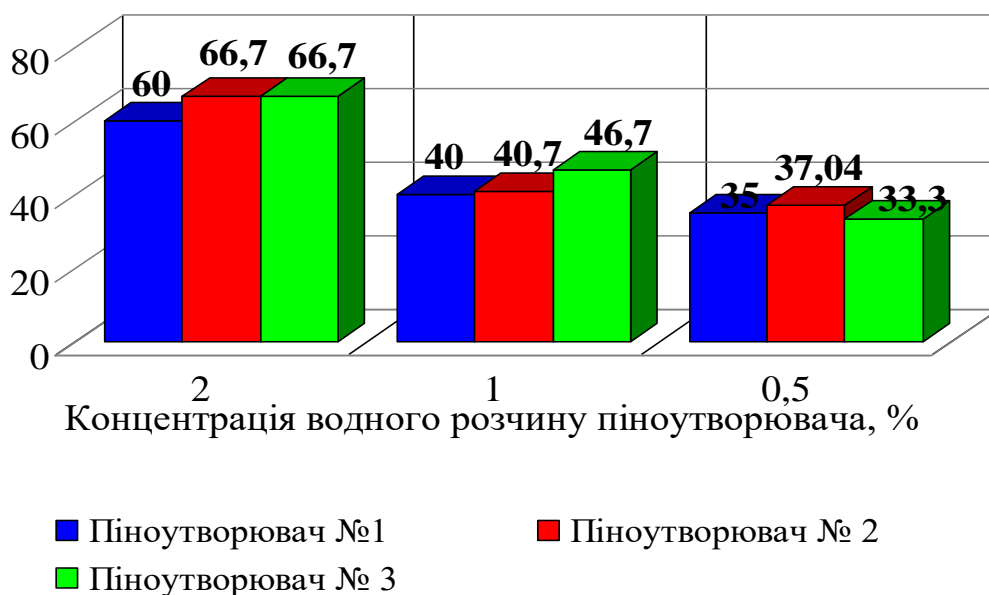


Рис. 2. Фітотоксичні ефекти розчинів піноутворювачів за крес-салатом

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 небезпечними 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'янця 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*

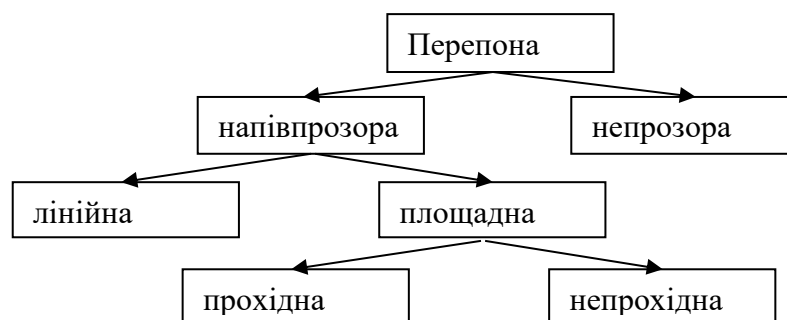
*А.Б. Феценко, к.т.н., доцент, ст. викл. каф., НУЦЗУ*

## **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 плоскості 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:

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

де  $P_T$ , дБ/Вт – потужність передавача радіостанції;  $G_T, G_R$ , дБ – коефіцієнти підсилення антен передавача й приймача по потужності;  $K_{BП} = 39,8 + 20 \lg(D) - 20 \lg(\lambda)$ , дБ – втрати потужності сигналу у вільному просторі;  $K_{TP} \approx 0$ , дБ – втрати РРХ в атмосфері (для малих відстаней можна знехтувати);  $K_{П}$ , 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:

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

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

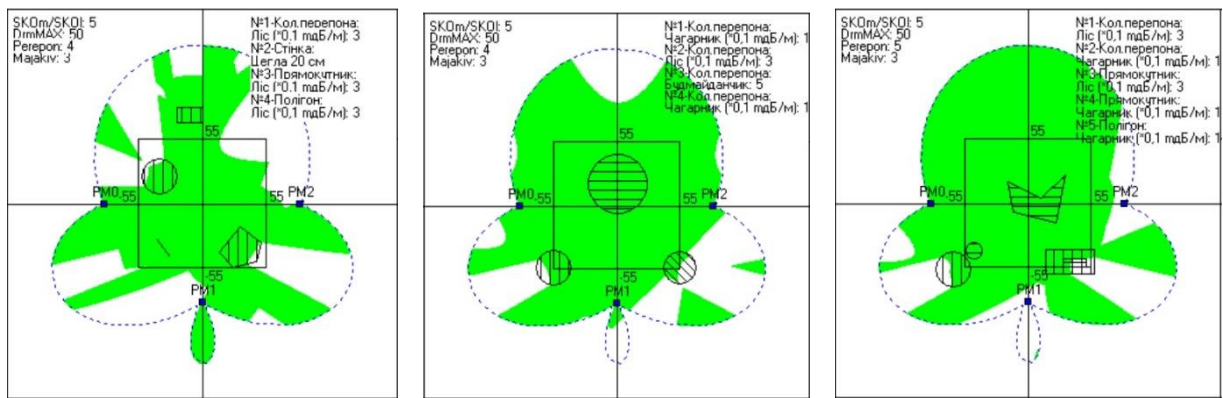
$$K_{П} = k_{nрп} \cdot D_{nрп}, \quad (4)$$

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

$k_{nрп}$  - 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, 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., Коломенов 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 залишилася 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

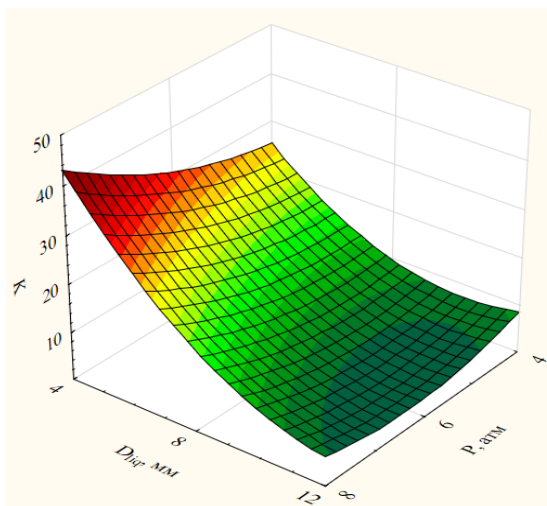


Рис. 1. Залежність кратності компресійної піни  $K$  від тиску компресора на виході та розміру рідинного  $D_{liq}$  сопла

. 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 рідини 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].

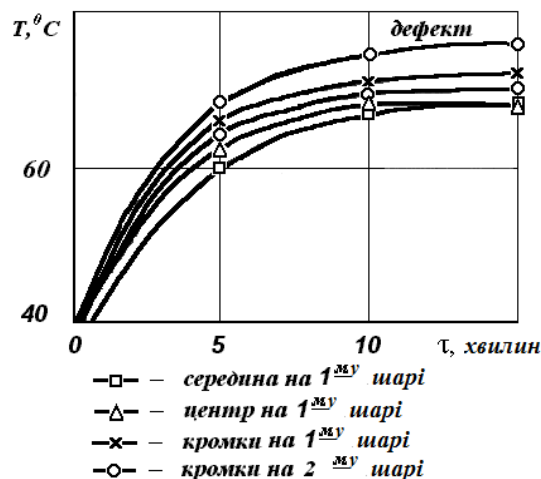


Рис. 1 Розподіл температур по шарам шини 205/70R14 ІД-220

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.

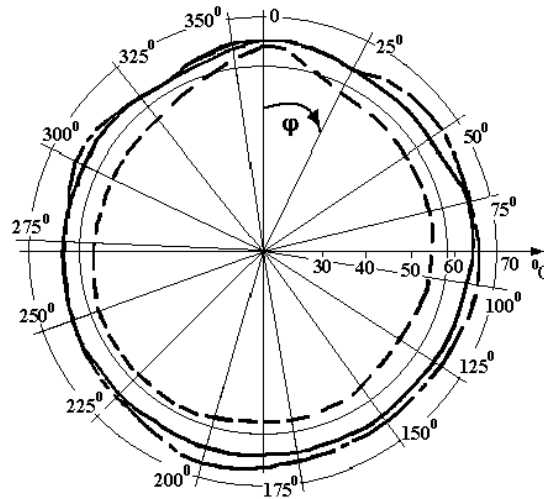


Рис. 2. Розподіл температури на поверхні шини 205/70 R 14: \_\_\_\_\_ 80 хв. котіння;  
 \_\_\_\_\_ 140 хв. котіння; \_\_\_\_\_ 320 хв. котіння

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]

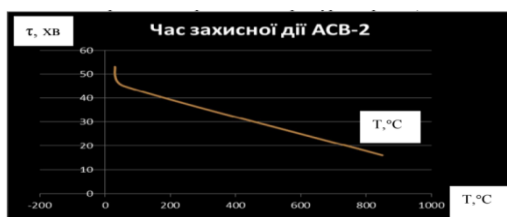


Рисунок 1 – Час захисної дії АСВ-2 в залежності від температури.

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 демонстрація 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).

Безпілотної 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.

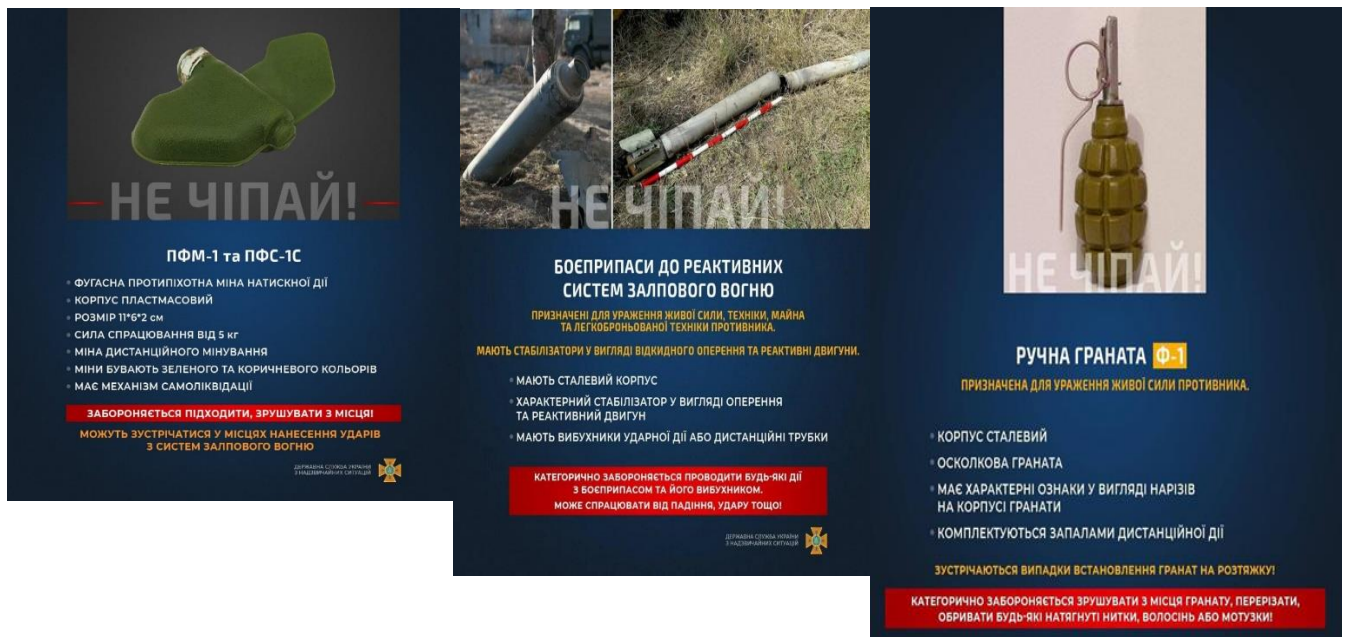


Рисунок 1. Зразок міни, снаряду, гранати.

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, перевірених 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 розсіянні, 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).

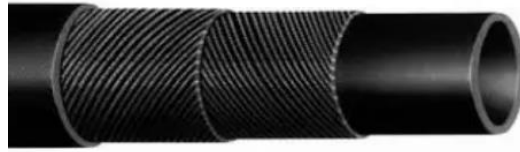


Рис. 1. Типові рукави високого тиску



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]

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

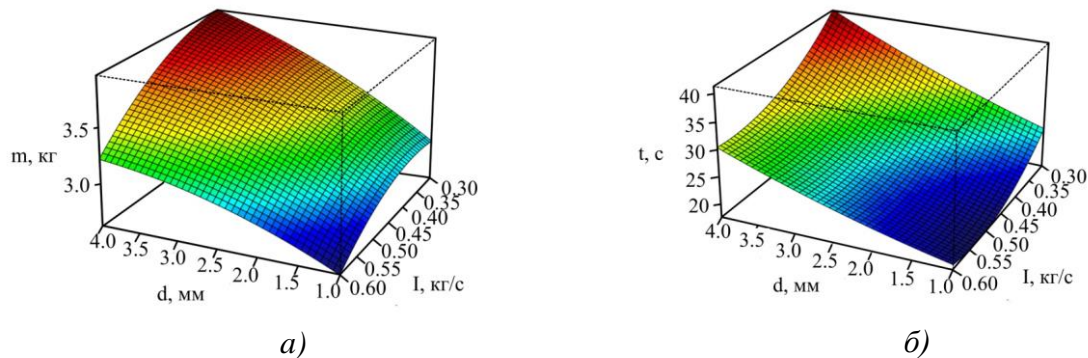
В наведених залежностях, які графічно зображено на рис. 2, параметр  $x_1$  – діаметр



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

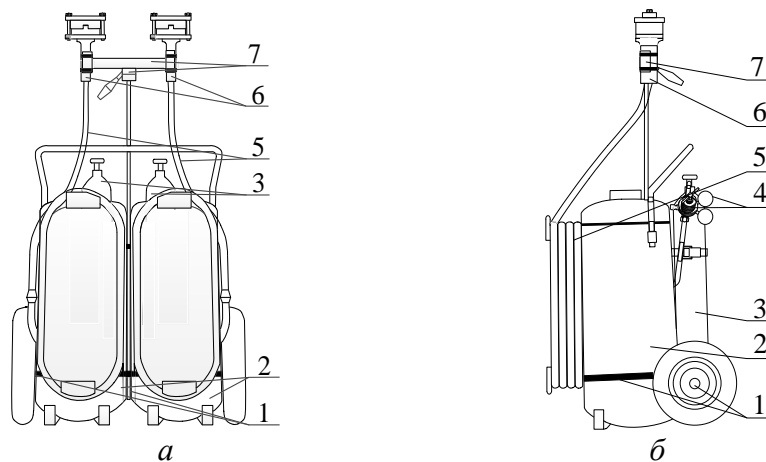
Встановлено, що організація гасіння пожеж із застосуванням гелеутворюючих сполук (ГУС) є перспективним напрямом підвищення ефективності гасіння, особливо в багатоповерхових будівлях і спорудах різного функціонального призначення.

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 рятувальника 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;**

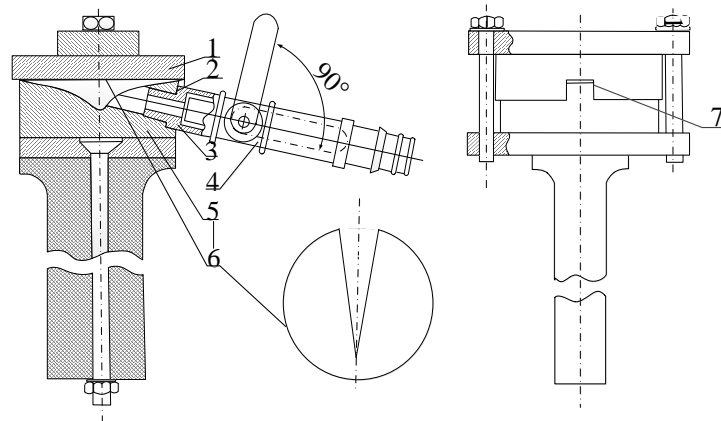
Комплектуючі частини до установки АУГГУС – М: 1 – рама візка установки;

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 носять 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/10.20535/2411-1031.2017.5.1.120552](https://doi.org/10.20535/2411-1031.2017.5.1.120552), 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. Медведєва, 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 доступу 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 доступу 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 доступу 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.

*Ю.М. Сенчихін, канд. техн. наук, професор, НУЦЗУ*

*В.Г. Аветисян, канд. техн. наук, доцент, НУЦЗУ*

*Ю.І. Гапоненко, НУЦЗУ*

## **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).

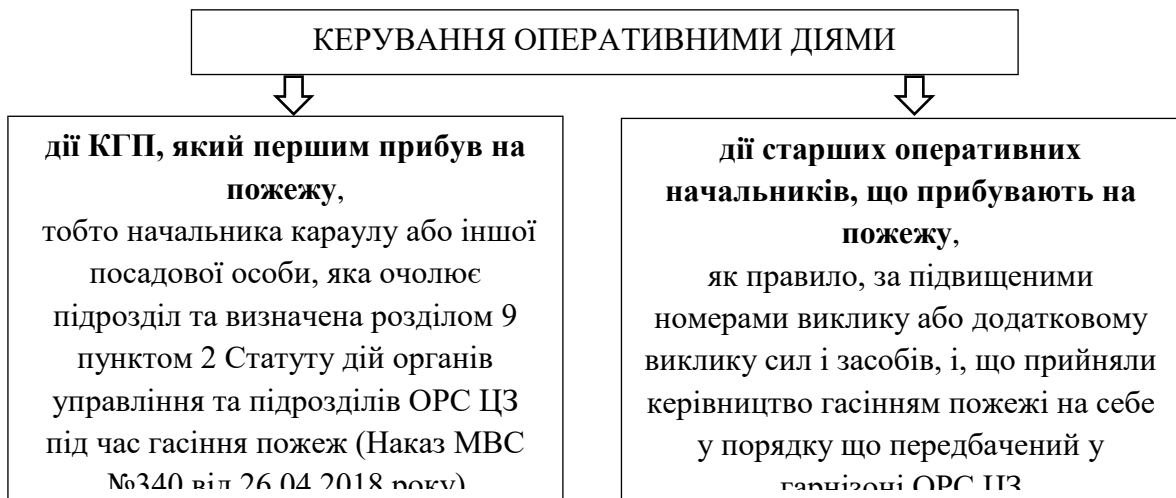


Рис. 1. Періоди діяльності КГП

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 шпилью 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 (затимлення, заповишеність, 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 відбилася і що пройшла) визначатиметься коефіцієнтом відображення (1):

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

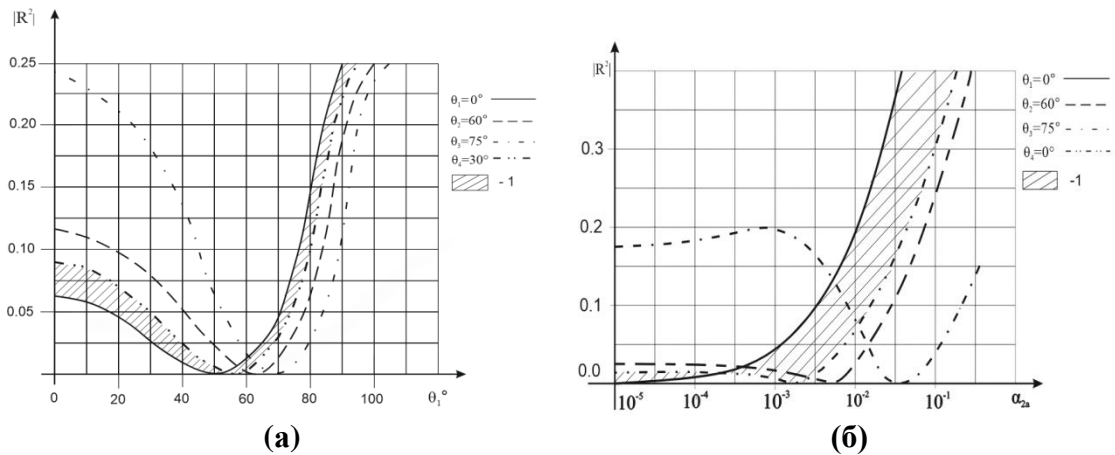
де

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

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

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  $b(i)$ .

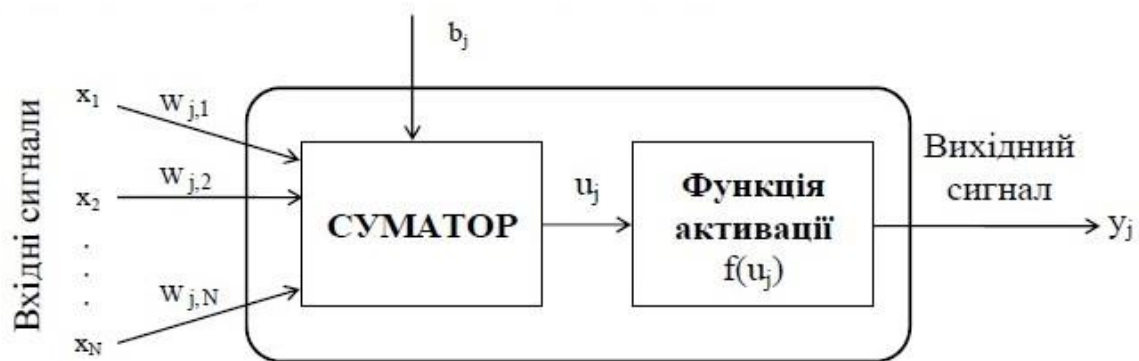


Рис. 1. Схема штучного нейрона

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 нейромереж 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

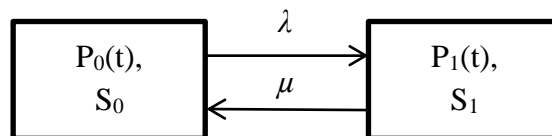
Підвищення оперативності та якості прийняття рішень при організації ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, аварій, катастроф, стихійного лиха, гасіння пожеж, рятування людей у підрозділах ДСНС України обумовлює використання новітніх комп'ютерних технологій, відомчої цифрової телекомунікаційної мережі (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.

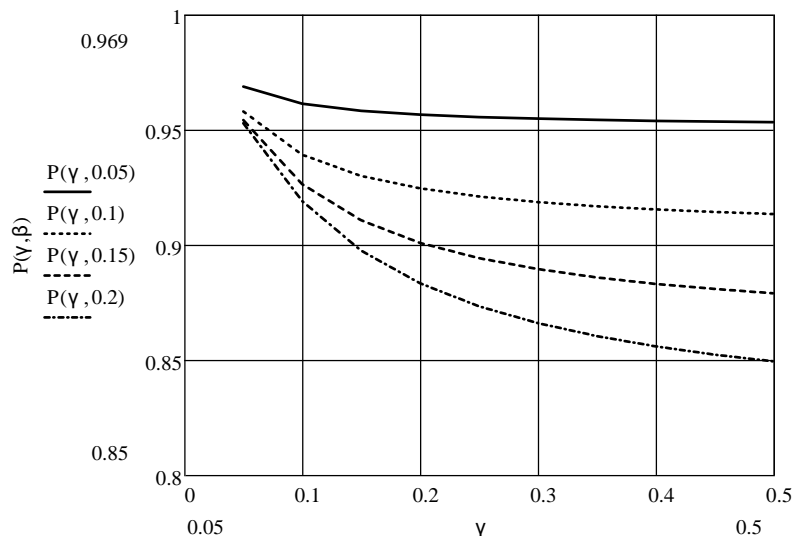


Рис. 2. Графік залежності імовірності безвідмовної роботи елемента ВЦТМ

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 розповсюдження 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 прокласти 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.

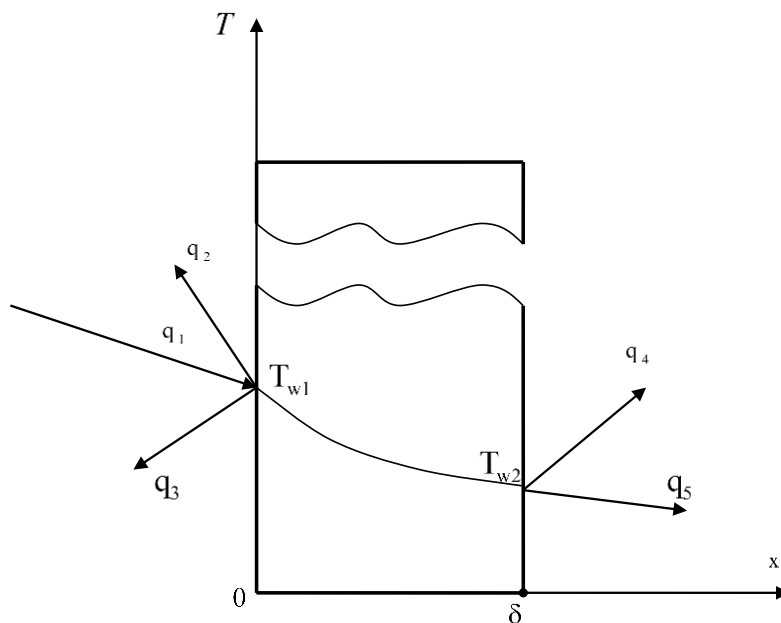


Рис. 1. Нагрів сухої стінки резервуара під тепловим впливом пожежі

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



$$\left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=0} = -\frac{c_0 \varepsilon_f \varepsilon_w}{\lambda} \left[ \left( \frac{T_f}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{out}}{100} \right)^4 \right] \varphi + \frac{c_0 \varepsilon_w}{\lambda} \left[ \left( \frac{T_{out}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 \right] (1 - \varphi) + \frac{\alpha_{out}}{\lambda} (T_{out} - T_0). \quad (8)$$

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

$$\left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=\delta} = -\frac{c_0 \varepsilon_w}{\lambda} \left[ \left( \frac{T_{in}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 \right] - \frac{\alpha_{in}}{\lambda} (T_{in} - T_0). \quad (11)$$

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-Ампт [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 сирої 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).

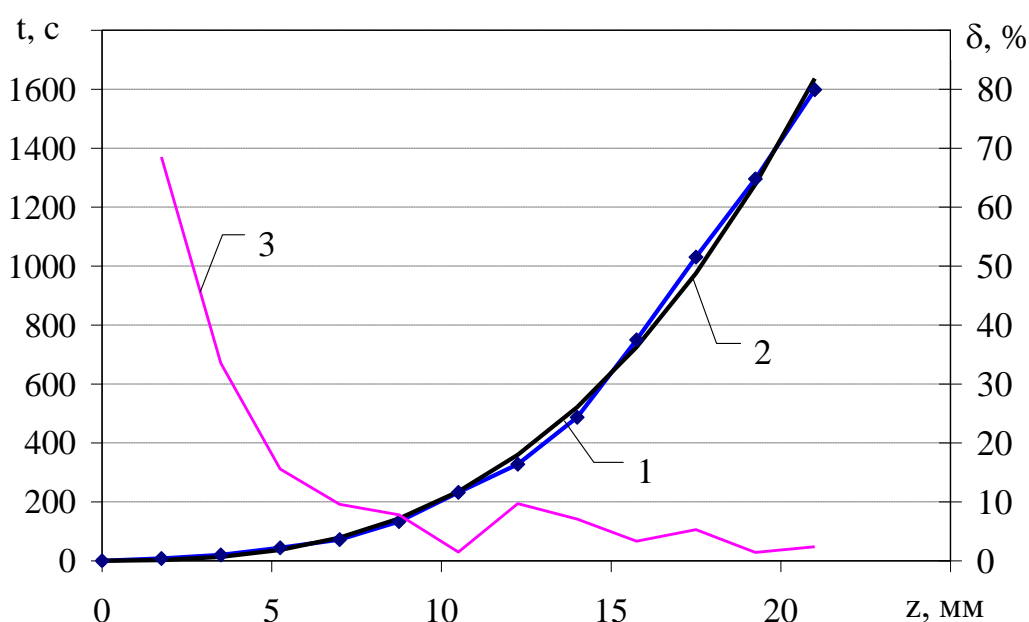


Рис. 1. Залежність часу від глибини просочення: 1 – експеримент; 2 – апроксимація у вигляді (3); 3 – відносна похибка апроксимації (по правій вісі)

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.



## ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЄМКІСНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ВИКРИТТЯ АЕРОЗОЛЬНИХ ПРОДУКТІВ ГОРІННЯ

Поява нових будівельних та оздоблювальних матеріалів, які при згорянні можуть утворювати тверді частки різної дисперсності та з різними електричними властивостями, призводить до необхідності використання нових методів для викриття аерозольних продуктів горіння. На сьогоднішній день при побудові димових сповіщувачів використовуються оптико-електронний та радіоізотопний метод [1]. Обидва ці методи мають певні переваги та недоліки, а другий метод останнім часом використовується все менше, тільки для автономних димових сповіщувачів. Тому перспективним є застосування ємкісного методу, який дозволить позбутися недоліків радіоізотопного методу пов'язаних з потенційною небезпекою для навколишнього середовища та необхідності утилізувати елементи сповіщувача в спеціалізованих сховищах.

Ємкісний метод засновано на вимірюванні зміни ємкості конденсатора при потраплянні аерозольних часток між його пластинами [2]. Якщо конденсатор включити в ланцюг коливального контуру, то концентрацію часток диму можна визначати за різницею частот між власними коливаннями контуру та еталонною частотою.

Використання даного методу дозволить враховувати електричні властивості часток диму. Якщо тверді частки можуть проводити електричний струм, то при їх появі між пластинами конденсатора, не тільки зміниться ємкість, але й інші параметри коливального контуру.

При появі твердих часток диму між пластинами конденсатора, завдяки поляризаційному поверхневому заряду пластин, наводиться додатковий заряд:

$$\Delta q = \frac{p}{l},$$

де  $l$  – відстань між пластинами конденсатора;  $p$  – електричний дипольний момент, що визначається виразом

$$p = x \cdot E \cdot V_D,$$

де  $x$  – коефіцієнт електричної поляризації;  $E$  – напруженість електричного поля;  $V_D$  – об'єм частки диму.

Якщо частка диму має малий опір, то ємкість конденсатора зміниться на де яку величину:

$$\Delta C = \frac{x \cdot V_D \cdot C_0}{\varepsilon_0 \cdot V},$$

де  $V$  – вільний об'єм між пластинами конденсатора;  $\varepsilon_0$  – діелектрична проникливість повітря;  $C_0$  – ємкість конденсатора при відсутності диму.

Якщо електричний опір частки диму великий, але не дорівнює нескінченності, то необхідно враховувати діелектричні втрати в частці диму, що змінюють добротність конденсатору, а відповідно і коливального контуру. До конденсатору, що вимірює, паралельно підключений елемент ланцюга з активним опором  $R$  та додаткова ємкість  $C$ . Повний комплексний опір між точками підключення конденсатора дорівнює:

$$Z = \frac{1+i\omega \cdot C \cdot R}{\omega \cdot [i \cdot (C+C_0) - \omega \cdot C \cdot C_0 \cdot R]}, \quad (1)$$

де  $\omega$  – частота коливань контуру.

Якщо  $\omega \cdot C \cdot R \ll 1$ , то вираз (1) можна записати наступним чином:

$$Z = \frac{1}{\omega \cdot i \cdot (C + C_0)} + \frac{C^2 \cdot R}{(C + C_0)^2}$$

Еквівалентна ємкість ланцюга збільшується за рахунок додаткової ємкості частки диму. При цьому також збільшується активний опір:

$$\Delta R = \frac{R \cdot C^2}{(C + C_0)^2}$$

Якщо  $\omega \cdot C \cdot R \gg 1$ , то вираз (1) можна представити у вигляді:

$$Z = \frac{1}{\omega \cdot i \cdot C_0} + \frac{1}{\omega^2 \cdot R \cdot C_0}$$

В цьому випадку резонансна частота коливального контуру змінюється на незначну величину, а активний опір збільшується, додаючи енергетичні втрати та погіршує добротність конденсатора.

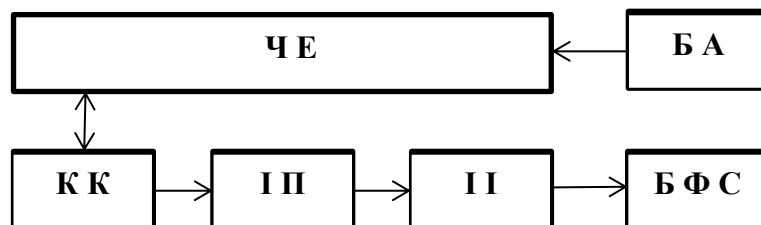
У випадку, якщо частка диму має діелектричні властивості, тоді еквівалентна схема коливального контуру буде складатися з двох конденсаторів ємкістю  $C$  та  $C_0$ , що включені паралельно. Тоді повний комплексний опір конденсатора буде мати тільки уявну складову:

$$Z = \frac{1}{\omega \cdot i \cdot (C + C_0)}$$

В такому випадку поява часток диму призведе до тільки до зсуву резонансної частоти:

$$\Delta\omega = \frac{\omega \cdot C}{2 \cdot C_0}$$

Таким чином, частка диму, яка не проводить електричний струм, при потраплянні між пластинами конденсатора змінює тільки частоту контуру, а частка, що проводить, змінює частоту та добротність коливального контуру. Якщо виміряти зміну вказаних параметрів, то можна визначити концентрація часток диму, що проводять і не проводять електричний струм.

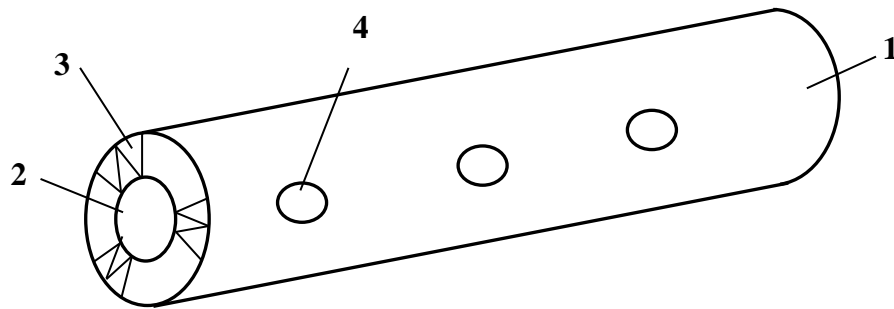


**Рис. 1 – Структурна схема димового пожежного сповісвача з використанням ємкісного метода**

Таким чином, принципово можливо розробити димовий пожежний сповісвач з використанням нового метода викриття твердих аерозольних часток (див. рис. 1). Він буде складатися з ємкісного чутливого елемента (ЧЕ), підключеного до коливального контуру

(КК), імпульсного підсилювача (І П), індикатора імпульсів (І І), блоку аерації (БА) повітря через чутливий елемент та блоку формування уніфікованого вихідного сигналу (БФС).

Ємкісний чутливий елемент (рис. 2) являє собою трубку з діелектричного матеріалу (1), внутрішня поверхня якої, виконана з матеріалу, що проводить, і виконує функцію однієї з обкладинок конденсатора. Всередині трубки, на фіксованій відстані, розташовано металевий провідник (2), який є другою обкладинкою конденсатора. Відстань між обкладинками конденсатора задається за допомогою пластикових фіксуючих елементів (3), розташованих радіально з кутом  $120^\circ$ . По всій довжині чутливого елемента виконані круглі отвори (4) через які здійснюється забір повітря з навколишнього середовища. Один бік чутливого елемента обладнаний контактами для його підключення до ланцюга коливального контуру. З іншого боку до ЧЕ приєднується блок аерації повітря, за допомогою якого здійснюється примусовий забір повітря, що містить частки диму, з оточуючого середовища.



**Рис. 2 – Зовнішній вигляд фрагменту чутливого елемента димового пожежного сповіщувача з використанням ємкісного метода**

Використання описаного чутливого елемента дозволить створити лінійний димовий пожежний сповіщувач, який можна використовувати для захисту складних об'єктів, наприклад, кабельних споруд, складів та сховищ зі стелажним зберіганням горючих матеріалів, об'єктів культурної спадщини.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Христич В. В., Бондаренко С. М., Дерев'янко О. А. та інші. Системи пожежної та охоронної сигналізації. Х.: УЦЗУ, 2008. С. 206. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/407>
2. Клименко А.П. Методы и приборы для измерения концентрации пыли. М., Химия, 1978.

*S. Bondarenko, PhD, Assoc. Prof. of Department, National University of Civil Defence of Ukraine*

*A. Radul, National University of Civil Defence of Ukraine*

## RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF USING THE CAPACITY METHOD FOR THE DETECTION OF AEROSOL COMBUSTION PRODUCTS

A study of the possibility of applying the capacitive method for the detection of solid particles formed at the early stage of fire development was carried out. The possibility of creating a linear smoke detector using the capacitive method has been proven. The structural diagram of the fire detector is given. The structure of the capacitive sensitive element is considered.

*О.А. Бурменко, к.т.н.,  
Національний університет цивільного захисту України  
А.А. Рубан, здобувач вищої освіти,  
Національний університет цивільного захисту України*

## ІНДИВІДУАЛЬНІ СТРАХУВАЛЬНІ СИСТЕМИ

**Індивідуальні страхувальні системи (ІСС)** являються засобом індивідуального захисту рятувальника-верхолаза у випадку його падіння з висоти при виконанні висотно-рятувальних робіт. ІСС поділяють на пояси: запобіжні лямокві (ПЛ), запобіжні безлямкові (ПБ).

При виконанні висотних робіт необхідно завжди використовувати пояс запобіжний лямковий.

ІСС повинні забезпечувати виконання наступних функцій:

- захист при зриві («твердий» зрив із ривком, руйнування опорного канату або зрив рятувальника-верхолаза, який закріплений нижньою страховкою);
- утримання (захист від зриву при виконанні висотно-рятувальних робіт або рух вздовж вертикалі із верхньою страховкою);
- позиціонування (утримання рятувальника-верхолаза у визначеному місці робочої зони).

### Вимоги до конструкцій та умови експлуатації.

ІСС виготовляються з поліамідних або поліефірних стрічок. Металеві пряжки повинні мати радіус закруглення кутів не менш 3 мм і не розташовуватися під пахвами, та між ніг. Гострі країки повинні бути притуплені. Всі з'єднуючі шви повинні бути виконані контрастною ниткою. Стрічки повинні зшиватися нитками з того ж матеріалу, що й самі стрічки. Стрічка, будь-якою частиною перехідна в петлю, призначену для з'єднання з карабіном, страхувальним канатом, круглою металевою пряжкою або кільцем, обов'язково повинна бути забита за принципом коуша. На всіх місцях з'єднання петель ІСС із канатом неприпустимі потертості стрічок, розлохмачування, надриви стрічки або швів. У такому вигляді страхувальна система не повинна застосовуватися для виконання робіт.



а)



б)

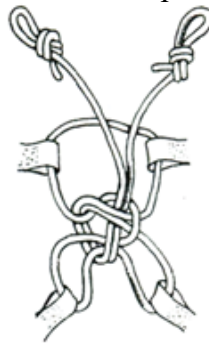
**Рисунок 1 - Індивідуальні страхувальні системи: а) грудна; б) поясна (бесідка).**

Індивідуальні страхувальні системи повинні мати несучі петлі для кріплення страхувального канату, а для забезпечення зручності виконання робіт – допоміжні петлі для кріплення додаткового спорядження та устаткування. Допоміжні петлі повинні витримувати навантаження не менш 5 кг.

**Грудна обв'язка** – охоплює грудну клітку працівника. Міцність грудної обв'язки повинна бути не менш 10 кН (рис. 1. а).

**Поясна обв'язка (бесідка)** – складається з поясу та петель, що охоплюють таз і стегна. Поясна обв'язка повинна витримувати навантаження не менш 12 кН без ушкоджень (рис. 1. б).

Поясна та грудна обв'язки для зручності роботи та рівномірного розподілу динамічного навантаження у випадку зриву працюючого повинні бути з'єднані між собою блокувальним фалом (рис. 2.). Використання карабіна для блокування бесідки із грудною системою та петель грудної системи зі страхувальним канатом неприпустимо. Страхувальний канат повинен закріплюватися карабіном за блокувальний фал.



**Рисунок 2 - З'єднання грудної та поясної систем.**

Універсальна страхувальна система – складається із з'єднаних між собою грудних та поясних обв'язок і являє собою єдину конструкцію, що забезпечує високий ступінь безпеки рятувальника-верхолаза, у випадку падіння з висоти. Міцність такої системи повинна бути не менш 15 кН.



**Рисунок 3 - Система страхувальна універсальна (комбінована).**

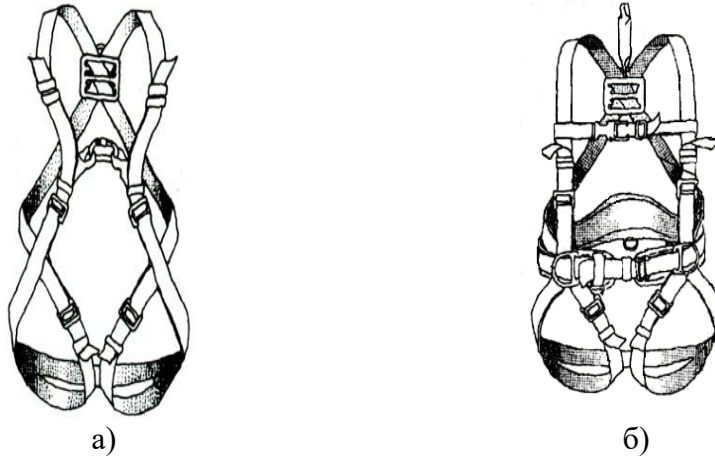
На рис. 3. зображена універсальна страхувальна система. Конструктивно страхувальна система складається із трьох стрічок і шести пряжок. У системі повністю відсутні шви, що є її відмінністю та істотною перевагою перед іншими аналогічними конструкціями. Конструкція системи виключає використання такого додаткового елемента, як блокувальний фал, його роль виконує цільна подвійна стропа.

Подвійна стропа на тілі людини фіксується поясом і грудним ремнями, що створює єдину систему. Пояс, розташований на грудях та талії рятувальника-верхолаза, забезпечує комфортне положення тіла та безпеку. Пряжка, установлена на спині, забезпечує кріплення страхувального каната при виконанні робіт у закритих емностях, бічні пряжки-півкільця дозволяють фіксувати положення рятувальника-верхолаза при виконанні робіт на висоті.

Існує деяка відмінність між страхувальними системами, що випускаються для спелеологів та альпіністів, від систем, призначених для виконання ВРР, яка полягає у розміщенні точки кріплення страхувального каната. У першому випадку точка кріплення

розташовується спереду, на рівні грудей (рис. 4. а), а у другому випадку передбачена можливість кріплення позаду на спині (рис. 4. б).

Альпіністські системи у ряді випадків є кращими для застосування, тому що в екстремальних ситуаціях забезпечують не тільки більш «комфортне» і безпечне зависання, але й більш зручне положення рятувальника-верхолаза для організації подальшого виходу із зависання без сторонньої допомоги.



**Рисунок 4 - Приклади конструкції комбінованих страхувальних систем: а) система, що використовується у спелеології; б) система, що використовується при проведенні робіт на висоті.**

**Безпека праці із страхувальними системами.** Страхувальна система повинна щільно облягати фігуру рятувальника-верхолаза, забезпечувати вільне дихання при експлуатації виробу. Конструкція страхувальних систем повинна бути такою, щоб рятувальник-верхолаз після зриву міг без болісних відчуттів висіти у системі не менше 10 хвилин, зберігаючи можливість вільно рухати руками та ногами. Місце підвіски системи, щоб уникнути перекидаючого моменту, не повинно бути нижче грудини. При зриві навантаження на корпус рятувальника-верхолаза, повинно розподілятися приблизно у таких співвідношеннях: 1/3 – на грудну обв'язку та 2/3 – на поясну обв'язку.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Наказ МВС №1470 від 20.11.2015 року «Про затвердження нормативів виконання навчальних вправ з підготовки осіб рядового і начальницького складу служби ЦЗ та працівників ОРС ЦЗ ДСНС України до виконання завдань за призначенням».
2. Наказ МНС України № 312 від 7.05.2007 року «Про затвердження Правил безпеки праці в органах і підрозділах МНС України».
3. Наказ Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду № 62 від 23.03 2007 року «Про затвердження правил охорони праці під час виконання робіт на висоті».

*O.A. Burmenko, candidate of engineering sciences,  
National University of Civil Defence of Ukraine  
A.A. Ruban, student, National University of Civil Defence of Ukraine*  
**INDIVIDUAL SAFETY SYSTEMS**

Individual safety systems (ISS) are a means of individual protection of a rescuer-climber in the event of a fall from a height while performing rescue work at height. ISS are divided into belts: safety straps (SS), safety belts without straps (SB).

*С.А. Вавренюк, доктор наук з державного управління, професор кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій,  
Національний університет цивільного захисту України*

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИГВИНЧУВАННЯ ПІДРИВНИКА УЛЬТРАЗВУКОМ**

Відомо, що найбільш раціонально знешкоджувати міну шляхом вигвинчування підричника [1]. Але при цьому має місце значне навантаження на міну і привід, що обумовлено значним моментом сил тертя в різьбовому з'єднанні підричника з корпусом міни. Це знижує безпеку розмінування, а також зменшує економічність і довговічність приводу. Розроблено метод випробування ультразвукового пристрою для витягання детонатора із міни. Показано, що зменшення вібраційного навантаження на міну, підричник і п'єзоелектричний привід шляхом обмеження напруги п'єзоелементів після зрушення детонатора відносно корпуса міни підвищує безпеку розмінування.

Розроблено пристрій для витягання детонатора, що містить переносну панель з блоком управління, батарею живлення і електропривід, пов'язаний з закріпленим на ковпачку детонатора приводним елементом у вигляді хрестовини, причому електропривід виконаний у вигляді закріплених по різні боки хрестовини двох п'єзоелектричних елементів, електроди яких підключені до генератора електричних коливань.

Такий пристрій дозволяє зменшити момент сил тертя в різьбовій парі ультразвуком і цим підвищити безпеку розмінування. Але тут окрім крутного моменту має місце вібраційне навантаження, котре в процесі вигвинчування підричника нарощується ультразвуковим генератором до максимального значення. При цьому не враховується перехід від тертя-спокою до тертя-ковзання: вібраційне навантаження на міну, підричник та привід навіть після зрушення підричника відносно корпуса міни продовжує зростати.

Непродуктивне нарощування напруги на п'єзоелементах ультразвуковим генератором після зрушення підричника призводить до його перегрівання, що є дуже небезпечним. При цьому також зменшується економічність і довговічність п'єзоелектричного приводу.

Поставлено задачу дослідити пристрій для витягання детонатора ультразвуком зі зменшеним вібраційним навантаженням на міну, підричник і п'єзоелектричний привід шляхом обмеження зростаючої напруги п'єзоелементів після зрушення підричника відносно корпуса міни.

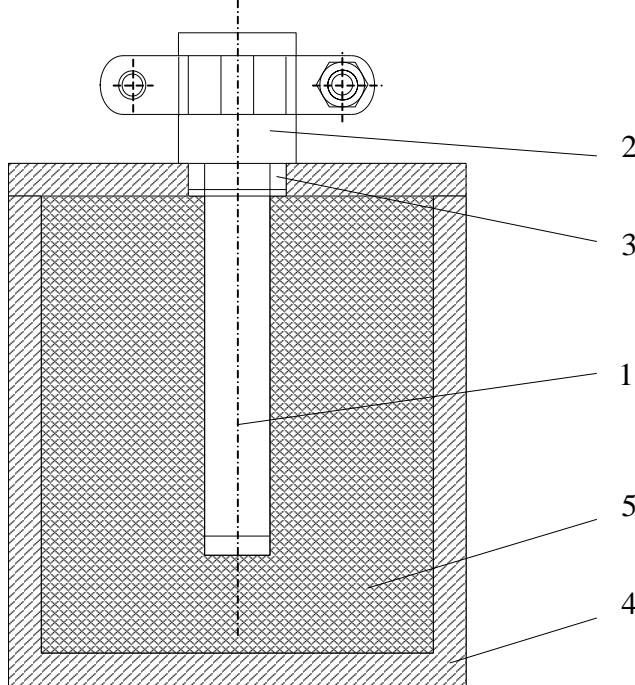
Поставлена задача вирішується тим, що в пристрої для витягання детонатора із міни, який містить переносну панель з блоком управління, батарею живлення і електропривід, виконаний у вигляді двох підключених до генератора електричних коливань п'єзоелектричних елементів, розміщених по різні боки хрестовини, закріпленої на ковпачку детонатора, додатково введено програмний регулятор напруги п'єзоелектричних елементів, котрий знаходиться під дією датчика зсування хрестовини відносно корпуса міни.

Таке виконання пристрою дозволяє в процесі вигвинчування підричника ультразвуком зростаючої інтенсивності обмежити вібраційне навантаження на міну і п'єзоелектричний привід. Це підвищує безпеку розмінування, а також збільшує економічність приводу та його довговічність[2].

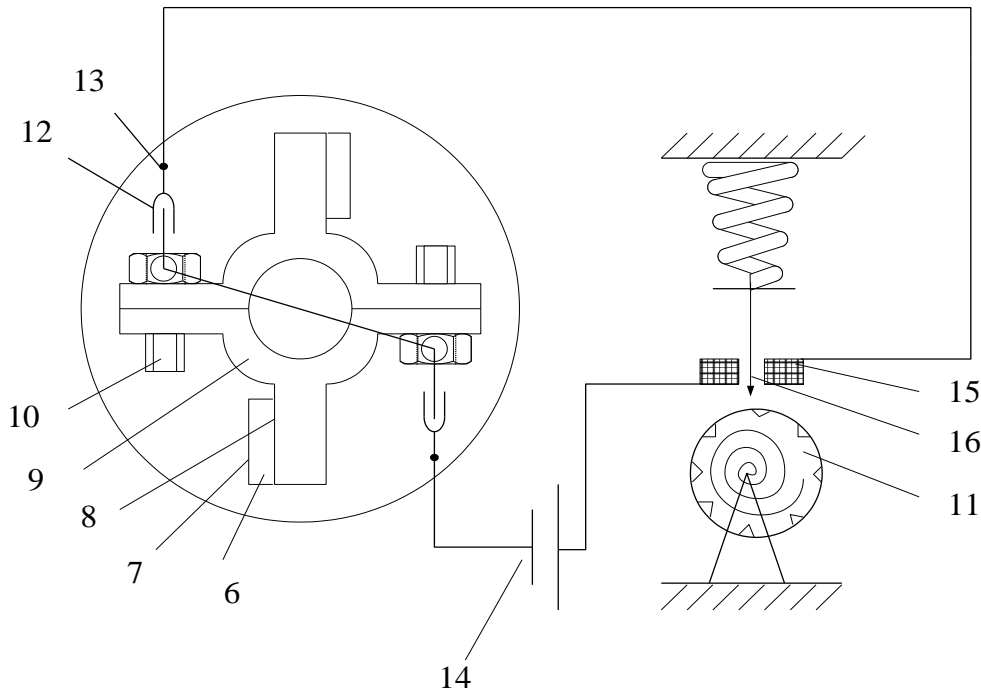
На рис. 1 подано переріз міни з пристроєм для витягання детонатора, на рис. 2 – схему програмного регулятора напруги п'єзоелементів з датчиком зсуву.

Пристрій для витягання детонатора 1 з ковпачком 2 (на якому нарізана різьба 3) із різьбового гнізда корпуса міни 4(спорядженою вибухівкою 5) містить переносну панель з блоком управління (не показано), батарею живлення і електропривід, виконаний у вигляді двох підключених до генератора електричних коливань п'єзоелементів 6 (з електродами 7, 8), розміщених по різні боки хрестовини 9, закріпленої на ковпачку детонатора гвинтами

10. Генератор електричних коливань оснащений програмним регулятором 11 напруги п'єзоелементів, котрий знаходиться під дією датчика зсування хрестовини відносно корпусу міни. Датчик зсування побудований на розривному контакті 12, який механічно (наприклад клеєм) з'єднаний з хрестовиною і корпусом міни (елемент кріплення 13). Розривний контакт 12 включений в електричний ланцюг, котрий складається з елемента живлення 14 та котушки 15, всередині якої знаходиться втягнутий магнітним полем котушки підпружинений якір 16.



**Рисунок 1 – пристрій для витягання детонатора із міни**



**Рисунок 2 – схема пристрою для витягання детонатора із міни**

Робота пристрою для витягання детонатора із міни полягає в наступному[3].



Сапер з укриття запускає годинниковий механізм програмного регулятора 11 напруги  $U$  п'єзоелементів 6. В п'єзоелементах 6 електричні коливання перетворюються в механічні коливання ультразвукової частоти, котрі надходять в різьбове з'єднання 3, зменшуючи там момент сил тертя. При цьому програмний регулятор 11 поступово підвищує напругу  $U$  на п'єзоелементах до моменту зсування хрестовини 9 відносно корпусу міни 4, тобто до моменту спрацювання розривного контакту 12 (на осцилограмі рис. 3 цей момент часу означений  $t_0$ ). Після спрацювання датчика зсування електричний ланцюг елемента 14 розривається: якір 16 під дією пружини виходить із котушки 15 та гальмує подальший рух годинникового механізму регулятора 11, тобто припиняє зростання напруги на п'єзоелементах 6.

Випробування відповідного пристрою для витягання детонатора із різьбового гнізда М 10x1 за допомогою двох п'єзоелементів (матеріал ЦТБС-3) діаметром 10 мм завтовшки 5 мм, підключених до генератора УЗГІ-0,1/22, довели, що в процесі вигвинчування нагрівання підрильника зменшується майже вдвічі.

Зворотна дія датчика зсуву хрестовини відносно корпусу міни на регулятор напруги  $U$  п'єзоелементів значно зменшує вібраційне навантаження на підрильник, що підвищує безпеку процесу розмінування. Одночасно зростає економічність та довговічність п'єзоелектричного приводу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Безпека життєдіяльності : навч. посіб. / М. В. Нечипорук, Г. В. Мигаль, О. Ф. Протасенко ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т". - Харків. - Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т", 2011. - 124 с.

2. Методы обезвреживания взрывателей артиллерийских боеприпасов при их утилизации / А. В. Бетин, Н. В. Нечипорук, В. Н. Кобрин, С. А. Вамболь [и др. ] ; Национальный аэрокосмический университет им.Н.Е.Жуковского "ХАИ", г.Харьков, Украина // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии : сб. науч. трудов / МОНУ, Нац. аэрокосмический ун-т им. Н.Е. Жуковского "ХАИ" . - Х.,2007. - Вып. 34. - С. 201-207 . - 7 назв.

3. Обеспечение параметров безопасности при разборке боеприпасов методом развинчивания / В. Н. Кобрин, В. В. Вамболь, Н. В. Нечипорук, С. А. Вамболь ; Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ", г.Харьков, Украина // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии : сб. науч. трудов / МОНУ, Нац. аэрокосмический ун-т им. Н.Е. Жуковского "ХАИ" . - Х.,2009. - Вып. 41. - С. 157-161 . - 3 назв.

*Vavreniuk S, Doctor of Sciences (Public Administration), Professor of the department of fire and technogenic safety of facilities and technologies, National University of Civil Defense of Ukraine*

### **Experimental study of the process of challenging the blower with ultrasound**

A method of testing an ultrasonic device for extracting a detonator from a mine has been developed. It is shown that reducing the vibration load on the mine, the detonator and the piezoelectric drive by limiting the voltage of the piezoelectric elements after the detonator moves relative to the mine body increases the safety of demining. Such a device allows you to reduce the moment of friction forces in the threaded pair using ultrasound and thereby increase the safety of demining.

*T. Vovchuk, O. Shevchenko, Ph.D., R. Shevchenko Doctor of Technical Sciences., prof.  
National University of Civil Defence of Ukraine Kharkiv, Ukraine*

## **FORMATION OF INFORMATION BASIS ON THE ORGANIZATION OF EMERGENCY MONITORING AT CHEMICAL FACILITIES**

Today, civil protection, like some other modern areas of research that has been actively developing in recent decades, unfortunately has no stable methodological basis. The existing methodological apparatus of civil protection is based, on the one hand, borrowed from other directions approaches, on the other hand, additional contradictions of a synergistic nature are added to it, which is the result of complex processes of their combination within the study of theoretical aspects of civil protection. An additional factor is the accumulation of applied research, which, in turn, formation of systematic approaches to the methodology of research in the field of civil protection.

The existing technogenic emergency organization in chemical production requires a radical technical reorganization in terms of civil protection measures dictated by technological, economic and urban features of today. The most difficult stage in this process is the formation of a single methodology for preventing such emergencies, based on the modern capabilities objects of chemical industry.

Considering this, prevention of emergencies at chemical facilities is an urgent and timely problem of civil protection.

Despite the diverse measures that aim to prevent man-made emergencies, their number is steadily increasing.

In [1], the main methodological assumptions about the possibility of constructing information systems for the study of the mechanisms of distribution of a man-made nature. At the same time, the issue of formation of analytical support systems of the process of management of a given nature remained outside the study.

In [2] the conditions of formation of systems of analytical support of a general nature are considered and the conclusion was made about the possibility of creating modern information technology in the field of research. At the same time, these conditions are not generalizing in nature and are quite complex for their further harmonization to the information space of the European community.

In the work [3], the features of informatization of different conditions separately technogenic, natural and social environment are considered. However, the issue of assessment of the mutual influence of individual factors on the course of the process of emergence and spread of the emergency and, accordingly, organization of management of the process of overcoming the consequences of the latter, within the framework of information and analytical technology remained.

In [4], certain possibilities of informatization of the process of overcoming the consequences of the NA in the conditions of the dominant urban nature of the environment are considered. At the same time, the question of the formation of the target system of analytical support for the process of management of the emergency in the dominant urban conditions remained outside the study.

In [5], the authors pay special attention to the information and communicative nature of the environment of managing the effects of a technogenic nature. However, the issues of taking into account the peculiarities of such interpretation of the area of dissemination of the NA to the formation of information technology of supporting the actions of the head of the emergency of the emergency remain.

In [6] it is noted that the peculiarity of the modern environment leads to the concentration of centers of emergency events primarily of man-made origin, in the territory or objects that borders with residential buildings and objects with mass stay of people, which requires the creation of modern notification systems about danger Taking into account the possibilities of modern

information technologies. However, the algorithmization of actions in case of threat and its purposeful accessibility of available information remains out of the study.

In [7], there is an attempt to take into account when creating information technology individual anthropogenic factors of emergence of emergencies. It has been clearly proven that the latter is a kind of catalyst that accelerates and enhances the impact of natural and man-made danger factors. However, the question of the possibility of forming relevant databases and algorithms for processing the information obtained remained out of the study.

[8] deals with the issues of computer modeling of the process of dissemination of emergencies on chemically dangerous objects. However, the issues of automation of the process and, accordingly, development of proposals to prevent such scenarios for events, remained.

In [9], this attempt is to take into account the process of anthropogenic multiminishing the danger when creating information technology. However, the proposed decisions are general, which, in our case, should be supplemented with specific conditions that occur at chemically hazardous objects.

In [10], the range of modern opportunities for the use of information technologies for the management of NA of different nature is determined. However, the received recommendations are given in accordance with the nature of the emergency, technogenic, natural, etc., which in turn requires additional research and analysis in the context of information technologies in specific objects.

In [11], the authors convincingly prove the effectiveness of the use of methods and methods of information and technical influence at different stages of management of the emergency process. However, the issues of further practical implementation of these technologies are left unresolved.

In [12], the authors determine the range of application of QR-technologies in the conditions of overcoming the emergency of a medical and biological nature, however, the issue of automation of the process, especially the creation of specialized management information technology.

In [13], the authors emphasize that information systems based on QR capabilities should fully meet the needs of emergency and rescue units (ARP). However, the authors see their application only during the accident.

[14] emphasizes the need to ensure the necessary level of confidentiality of information when applying QR technologies. It is the absence of the latter that is able to cause negative social consequences. However, the authors do not provide effective mechanisms that should ensure a reliable level of targeted access to special purpose information in order to eliminate the possibility of interfering with measures to prevent measures.

Thus, an unattended part of the problem is the lack of a single methodology that is implemented within the framework of the information-analytical system of support for management decisions.

## REFERENCES

1. Mohan Rao, P. V. J. (2013). Industrial accidents impact on environment. *Global Journal of Engineering, Design and Technology*, 2(4), 41–42.
2. Togashi, E., Baum, J. D., Mestreau, E., Löhne, R., & Sunshine, D. (2012). Numerical simulation of long duration blast wave evolution in confined facilities. *Shock Waves*, 20, 409–424. <https://doi.org/10.1007/s00193-010-0278-7>.
3. Canada's most shameful environmental secret must not remain hidden. <https://www.theguardian.com/commentisfree/2017/nov/14/canadas-shameful-environmental-secret-tar-sands-tailings-ponds/>.
4. Mosa, A., & Duffin, J. (2017). The interwoven history of mercury poisoning in Ontario and Japan. *CMAJ: Canadian Medical Association journal/journal de l'Association medicale canadienne*, 189(5), 213–215. <https://doi.org/10.1503/cmaj.160943>.

5. Third death in sewage treatment plant mishap at Delhi hotel. <https://indianexpress.com/article/cities/delhi/third-death-in-sewage-treatment-plant-mishap-at-hotel-5167360/>.
6. NHRC seeks report on death of 5 people at sewage treatment plant in Delhi. <https://www.indiatoday.in/mail-today/story/nhrc-seeks-report-on-death-of-5-people-at-sewage-treatment-plant-in-delhi-1337309-2018-09-11s>.
7. Yak vykorystovuvaty QR-code?. <http://www.mobiticket.ru/index.php?page=253>.
8. Zasadna, Kh. O. (2014). QR-koduvannia ta alternatyvni tekhnolohii. *Finansovyi prostir*, 3(15), 103–108.
9. Butyrska, I. V. (2015). Tekhnolohiia QR-kodu yak instrument pidvyshchennia efektyvnosti funktsionuvannia servisnykh system. *Matematychni metody, modeli ta informatsiini tekhnolohii v ekonomitsi*, 1(57), 165–171.
10. QR kod v Ukrainy. <http://umg.ua/news/49-qr-kod-v-ukraine.html>.
11. Emergency Workers Scan QR Codes to Quickly Access Health Information. [https://www.pcworld.com/article/256550/\\_emergency\\_workers\\_scan\\_qr\\_codes\\_to\\_quickly\\_access\\_health\\_information.html](https://www.pcworld.com/article/256550/_emergency_workers_scan_qr_codes_to_quickly_access_health_information.html).
12. SOS QR. <https://www.nhs.uk/apps-library/sos-qr/>.
13. Mercedes-Benz Rescue Assist. <https://www.mercedesbenzcary.com/rescue-assist-video.html>.
14. Evaluation and implementation of QR Code Identity Tag system for Healthcare in Turkey. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5005258/>.

*Т. Вовчук, О. Шевченко, к.т.н., Р. Шевченко д.т.н., проф.*

*Національний університет цивільного захисту України м. Харків, Україна*

## **ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО БАЗИСУ З ОРГАНІЗАЦІЇ МОНІТОРИНГУ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ОБ'ЄКТАХ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

Розглянуто розв'язання завдання з розробки інформаційної технології аналітичної підтримки процесу попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах хімічної промисловості в умовах надлишкового техногенного навантаження, з урахуванням сучасних можливостей технологій QR-кодування. В рамках поставленого наукового завдання проаналізовано сучасний стан питання щодо застосування технологій QR - кодування у практиці попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій різного характеру прояву. Визначено умови інтеграції існуючих вітчизняних підходів до попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах хімічної промисловості в умовах надлишкового техногенного навантаження в інформаційно-аналітичний простір країни Європейської спільноти. Розроблено інформаційну технологію аналітичної підтримки управління надзвичайною ситуацією техногенного характеру на об'єктах хімічної промисловості в умовах надлишкового техногенного навантаження, яка базується на методичному апараті з урахуванням сучасних можливостей QR – кодування та визначається двома групами граничних умов, які формуються як відповідні обмеження похідних наслідків надзвичайної ситуації, а саме наслідків першої похідної групи, як-то: кількості жертв, кількості постраждалих, кількості осіб з порушеними умовами життєдіяльності до території та часу поширення зони надзвичайної ситуації, наслідків другої похідної групи, а саме: прямих і непрямих збитків по відношенню до території, часу поширення та наслідкам першої похідної групи надзвичайної ситуації. Доведено, що інформаційна технологія аналітичної підтримки QR - управління надзвичайною ситуацією техногенного характеру на об'єктах хімічної промисловості в умовах надлишкового техногенного навантаження може використовуватися у вигляді інформаційного забезпечення персональних комп'ютерів у аварійних службах різного ієрархічного рівня підпорядкування.

*С.А. Горносталь, к.т.н., доцент, Горбань Д.Г., здобувач вищої освіти,  
Національний університет цивільного захисту України*

## **ЗАХОДИ ПО ПОПЕРЕДЖЕННЮ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ, ПОВ'ЯЗАНОЇ З НАДХОДЖЕННЯМ В ВОДОЙМУ НЕДОСТАТНЬО ОЧИЩЕНИХ СТІЧНИХ ВОД**

Умови воєнного стану, в яких опинилася Україна з лютого 2022 року, внесли корективи до роботи усіх сфер господарчої діяльності. Важко оцінити негативні наслідки, які спричиняють обстріли, вибухи, відсутність нормальних умов для існування, відпочинку. В деяких регіонах громадяни не мають доступу до їжі, питної води, ліків, не можуть дістатися до місця роботи. Усі ці проблеми повною мірою відчували на собі комунальні підприємства, які забезпечують питне водопостачання, займаються прийомом та очищенням стічних вод, що надходять від населення та підприємств. Треба відзначити, що як тільки з'являється мінімальна можливість відновити роботу, комунальні підприємства намагаються забезпечити громадян питною водою, світлом, газом, відвести та очистити стічні води. Все це відбувається навіть незважаючи на проблеми з кадрами, матеріальними та технічними ресурсами.

Для виконання своїх посадових обов'язків та забезпечення роботи очисних споруд персонал повинен обходити територію, відбирати проби, передавати їх до лабораторії. Щоб знизити екологічні наслідки від можливого потрапляння неочищених або недостатньо очищених стічних вод в умових воєнного стану, необхідно так організувати роботу споруд, щоб мінімізувати присутність обслуговуючого персоналу в небезпечних умовах. Тому метою дослідження є підвищення ефективності роботи споруд біологічного очищення стічних вод для попередження надзвичайної ситуації, пов'язаної з надходженням в водойму недостатньо очищених стічних.

Для досягнення поставленої мети сформульовано наступні задачі:

- проаналізувати стан очищення стічних вод, які надходять від населення та виробництва;
- визначити фактори, які впливають на процес очищення;
- запропонувати заходи по підвищенню ефективності роботи споруд біологічного очищення стічних вод.

В роботі розглянуто біологічне очищення стічних вод, яке відбувається в системі «аеротенк – вторинний відстійник». Аеротенк представляє собою прямокутний в плані залізобетонний резервуар. В перший коридор аеротенка - зосереджено подається активний мул від мулової насосної станції. Освітлені стічні води після механічного очищення подають зосереджено на початку другого коридора аеротенка. Далі суміш активного мулу і освітленої рідини повільно рухається по коридорах. На шляху руху суміш постійно аерується. Стиснене повітря подають від компресорної станції. Наприкінці третього коридору суміш надходить у відповідний канал і самопливом поступає на розподільчі чаші вторинних відстійників. Після очищення в системі «аеротенк – вторинний відстійник» вода потрапляє в водний об'єкт. В подальшому його використовують для відпочинку, розведення та ловлі риби, господарських та виробничих потреб.

Проведено аналіз особливостей процесу біологічного очищення стічних вод, який показав, що на дозу мулу на виході з першого коридору аеротенка впливають витрата і концентрація активного мулу, якій надходить на регенерацію. За вказаними параметрами визначені межі варіювання факторів. За результатами розрахунків отримано рівняння регресії.

Для дотримання екологічних вимог при роботі системи «аеротенк – вторинний відстійник» пропонується алгоритм вибору режиму роботи аеротенка [1]. Перший блок передбачає аналіз вихідних даних по концентрації активного мулу, інтенсивності аерації та якості стічних вод, що поступають після механічного очищення. Для цього виконують необхідні лабораторні дослідження. Результат, отриманий при розрахунку, фіксують в другому блоці алгоритму. Він включає значення концентрації активного мулу на виході з

регенератора аеротенка та концентрацію забруднюючих речовин в очищеній воді на виході зі споруд очищення. В третьому блоці необхідно порівняти розрахункові результати з нормативними значеннями та тими, що передбачені регламентом роботи споруд очищення. В четвертому блоці алгоритму представлено завершальний етап: необхідно проаналізувати дані з третього блоку та зробити висновок стосовно необхідності зміни режиму роботи споруд для розглянутих умов.

Перевагами запропонованого алгоритму дій є можливість оперативно регулювати співвідношення «стічна рідина - активний мул - повітря». При цьому виконавець має змогу за короткий час подивитися різні варіанти розвитку подій в залежності від характеристик стоків, що поступають на очищення, та обрати оптимальний режим роботи споруд. Завдяки цьому досягається отримання на виході зі споруд концентрації забруднюючих речовин не вище гранично допустимих значень та виконання екологічних вимог.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці заходів по вибору режиму очищення стічних вод, при якому буде забезпечено дотримання екологічних вимог [2]. Запропоновані заходи доцільно використовувати: при експлуатації діючих споруд або при реконструкції та проектуванні нових аеротенків. Перевагами запропонованих заходів є можливість без проведення додаткових експериментів визначити необхідний технологічний режим надійної роботи споруд біологічного очищення, який забезпечує дотримання показників викидів та знижує негативний екологічний вплив на навколишнє середовище. Запропоновані заходи дозволяють зменшити необхідність присутності обслуговуючого персоналу безпосередньо на території, що особливо важливо під час повітряної небезпеки.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Горносталь С. А., Горбань Д. Г., Молчан А. П. Заходи по покращенню якості очищення міських стічних вод. Збірник матеріалів I Міжн. наук.-практ. конф. «Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022», (26–27 травня 2022 року, Полтава – Львів). Полтава: НУПП, 2022. С. 194-197.

2. Gorban D., Molchan A., Gornostal S. Proposals to improve the technology of urban wastewater treatment facilities. Sectoral research XXI: characteristics and features: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the III International Scientific and Theoretical Conference, Chicago, 2022. 22 April, 2022. Chicago USA: European Scientific Platform. Vol. 2. P. 72-75.

*Stella Gornostal, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,*

*Daryna Gorban, student, National University of Civil Defence of Ukraine*

#### **MEASURES TO PREVENT AN EMERGENCY SITUATION RELATED TO THE ENTRY OF INSUFFICIENTLY TREATED WASTEWATER INTO THE RESERVOIR**

The features of the operation of biological wastewater treatment facilities in the features of the wartime state are analyzed. The main factors affecting the operating mode and the cleaning process have been determined. Based on the results of processing laboratory analyses, regression equations were obtained that describe the processes of biological purification. An algorithm for selecting the operating mode of an aeration tank from four blocks has been developed. Measures to prevent an emergency situation related to the entry of insufficiently treated wastewater into the reservoir are proposed.

*Н. В. Григоренко, кандидатка наук з державного управління, доцентка кафедри управління та організації діяльності у сфері цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України*

## **ОСОБЛИВОСТІ НАДАННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ КОМПЕНСАЦІЇ РИЗИКУ НАСЕЛЕННЯ, ЯКЕ ПРОЖИВАЄ НА ТЕРИТОРІЇ ЗОНИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ**

Наявність механізмів публічного управління ризиками служить однією з основних умов існування соціальної політики, що відповідає реальній ринковій економіці та принципам соціальної держави.

Публічне управління соціальними ризиками це комплексний процес, що включає прийняття й виконання державними органами управлінських рішень різних рівнів, що зводять до мінімуму або усувають несприятливі впливи на населення тих або інших факторів соціального ризику (невизначеності вибору), які полягають у забезпеченні здоров'я, благополуччя, безпеки й охорони навколишнього середовища шляхом стимулювання економічного росту, розвитку інновацій, конкурентоспроможності й створення нових робочих місць.

В процесі управління соціальними ризиками застосовуються такі основні управлінські дії, як попередження (виключення джерела ризику), зниження (імовірнісні усунення джерел ризику) і компенсація збитків. Ефективність системи соціального управління ризиками визначається роботою адміністративно-організаційної, нормативно-правової і соціально-економічної підсистеми. Зазначені підсистеми координують основні системні компоненти: адміністративне управління, бюджетування (фінансове забезпечення), підготовку стандартів, нормативів, вимог технологій і якості надаваних соціальних послуг і програм на основі законів і інших нормативних правових актів, конституційних прав і гарантій [3].

У статті 12 Закону України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» закріплено право для населення територій, на яких розміщуються підприємства з видобування і переробки уранових руд, ядерні установки, об'єкти, призначені для поводження з радіоактивними відходами, на соціально-економічну компенсацію ризику від їх діяльності, що, зокрема, включає:

використання частини коштів, що інвестуються в будівництво підприємства з видобування і переробки уранових руд, ядерних установок і об'єктів, призначених для поводження з радіоактивними відходами, на будівництво об'єктів соціального призначення;

створення та підтримання у справному стані об'єктів спеціальної соціальної інфраструктури; забезпечення засобами індивідуального захисту;

пільги з оплати за спожиту електричну енергію для населення, яке постійно проживає в 30-кілометровій зоні атомних електростанцій;

виконання заходів з поліпшення умов проживання та праці населення, яке мешкає на означених територіях, у межах отриманих коштів за напрямами, передбаченими програмами економічного і соціального розвитку відповідних адміністративно-територіальних одиниць тощо.

Для Волинської, Дніпропетровської, Запорізької, Миколаївської, Рівненської, Херсонської та Хмельницької областей України прийняті умови розподілу субвенції з державного бюджету на соціально-економічну компенсацію ризику населення [2].

Кошти від збору на соціально-економічну компенсацію ризику населення, яке проживає на території зони спостереження, спрямовуються у вигляді субвенції із спеціального фонду Державного бюджету України до спеціальних фондів бюджетів обласних, районних, міських рад монофункціональних міст - супутників ядерних установок і підприємств з видобування і переробки уранових руд, на територію яких поширюються

відповідні зони спостереження платників збору, і розподіляються між цими бюджетами у такому співвідношенні: обласні бюджети - 30 відсотків; бюджети районів та міст обласного підпорядкування зон спостереження (за винятком монофункціональних міст - супутників ядерних установок і підприємств з видобування і переробки уранових руд) - 55 відсотків; бюджети монофункціональних міст - супутників ядерних установок і підприємств з видобування і переробки уранових руд - 15 відсотків [1] .

Розподіл коштів збору між спеціальними фондами бюджетів обласних, районних та міських рад міст обласного підпорядкування здійснюється з урахуванням питомої ваги чисельності населення, яке проживає в зонах спостереження цих адміністративно-територіальних одиниць, та пропорційне до обсягу товарної продукції підприємств ліцензіата, розташованого на відповідній території.

Одним із визначальних елементів у регулюванні суспільних відносин у соціальній сфері є додержання принципу пропорційності між соціальним захистом громадян та фінансовими можливостями держави, а також гарантування права кожного на достатній життєвий рівень.

Аналіз розміру субвенцій за 2016-2020 р.р. показав, що фінансування заходів соціально-економічної компенсації ризику населення, яке проживає на території зони спостереження є менший, ніж розмір надходжень до державного бюджету у вигляді збору на соціально-економічну компенсацію ризику населення, яке проживає на території зони спостереження.

Таке положення пояснюється тим, що при складанні проекту Державного бюджету України на відповідний рік визначається розмір субвенції на соціально-економічну компенсацію ризику населення, яке проживає на території зони спостереження з урахуванням фінансових можливостей держави на підставі основних прогностичних макропоказників економічного і соціального розвитку України, загального рівню доходів, видатків і кредитування бюджету (включаючи загальний обсяг державних капітальних вкладень на розроблення та реалізацію державних інвестиційних проектів).

Загалом, соціально-економічні права залежать від економічного потенціалу держави. В реалії, держава зобов'язана регулювати економічні процеси, встановлювати й застосовувати справедливі та ефективні форми перерозподілу суспільного доходу з метою забезпечення добробуту всіх громадян, але механізм реалізації цих прав може бути змінений державою, зокрема, через неможливість їх фінансового забезпечення шляхом пропорційного перерозподілу коштів з метою збереження справедливого балансу між інтересами окремих осіб та інтересами всього суспільства.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку: Закон України від 8 лютого 1995 р. №39/95-ВР.
2. Про затвердження Порядку та умов надання субвенції з державного бюджету місцевим бюджетам та фінансування заходів соціально-економічної компенсації ризику населення, яке проживає на території зони спостереження: Постанова Кабінету Міністрів України від 15 лютого 2012 р. №91.
3. Управление рисками в системах нормативного регулирования – Организация Объединенных Наций – Нью Йорк и Женева.: 2014 г.

*N. Grigorenko, PhD Department of Management and Organization of Activity in the Field of Civil Defence, National University of Civil Defence of Ukraine*

### **SPECIAL FEATURES OF THE SOCIO-ECONOMIC RISK COMPENSATION PROVIDING TO THE POPULATION ON THE OBSERVATION TERRITORY ZONE**

The core, procedure and terms of the socio-economic risk compensation providing to the population on the observation territory zone was cleared; its financing problem was defined.



*Заєць Д.С., НУЦЗ України  
НК – Дурєєв В.О., канд. техн. наук, доцент НУЦЗ України*

## **УРАХУВАННЯ ДІАПАЗОНУ НЕЧУТЛИВОСТІ ДЛЯ РЕАЛЬНОГО РЕГУЛЯТОРИ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ ПОЖЕЖОГАСІННЯ**

Для зниження витрат і раціонального використання дорогих вогнегасних речовин і компонентів, в АСБ застосовуються клапанні виконавчі механізми, що працюють в імпульсному режимі. Алгоритм і режим їх спрацювання визначається тривалістю імпульсу, який формується керуючим вхідним сигналом, та залежить від інтенсивності протікання пожежі.

Вважається, що на сталому режимі роботи АСБ характеристики пропорційного регулятора (П-регулятора) відповідають розрахунковим, а для роботи системи автоматичного регулювання (САР) достатньо заданого значення регулюючого фактору (РФ). Проте на практиці з'ясовано, що динаміка САР суттєво міняється як на перехідних режимах, так і на режимах стабілізації, внаслідок нелінійності статичних характеристик реальних П-регуляторів [1].

Важливу потребу складає математичне моделювання роботи реального П-регулятора з урахуванням нелінійних особливостей його статичних характеристик.

Аналіз динаміки роботи САР на сталих режимах представлено в [2]. Показано, що робота регулятора відповідає розрахунковим характеристикам і на сталому режимі РФ дорівнює заданому. Проте статична характеристика реального П-регулятора може містити нелінійні особливості: зона нечутливості – гістерезис і розриви першого роду – східчаста зміна РФ.

Таким чином, існує проблема розробки перспективних адаптивних систем безпеки, з урахуванням особливостей роботи пропорційних регуляторів.

В [1, 2] наведено результати випробувань САР, в яких основна увага приділялася контрольним настроювальним точкам регулятора. Показано, що нелінійність характеристик П-регулятора може призводити до розвитку автоколивань і до нестійкої роботи САР, тому потрібно визначити динамічні параметри реального П-регулятора для попередження розвитку автоколивань. Перевірка статичних характеристик регуляторів в [3] не проводилася.

Розглянемо систему автоматичного регулювання 3-го порядку, що описує адаптивну систему протипожежного захисту, яка складається з інерційного П-регулятора, з характерними особливостями (гістерезис і розрив характеристики), інерційного пропорційного виконавчого механізму (ВМ) і інерційного пропорційного об'єкту управління (ОУ).

Передаточна функція лінійного П-регулятора [1]:

$$W_{\text{РЕГ}} = \frac{K_{\text{РЕГ}}}{T_{\text{РЕГ}}p + 1}, \quad (1)$$

де  $K_{\text{РЕГ}}$  – коефіцієнт підсилення регулятора;  $T_{\text{РЕГ}}$  – постійна часу регулятора, с.

Статична характеристика реального регулятора складніша, оскільки містить явно виражений гістерезис, обумовлений наявністю сил тертя в гідроприводі ВМ. Гістерезис в математичній моделі враховується ланкою зони нечутливості.

Відносно величину зони нечутливості можна розрахувати по формулі:

$$\Delta m_{\text{ГІС.Д}} = \frac{\Delta m_{\text{ГІС.Д}}}{m_{\text{БАЗ}}}, \quad (2)$$

де  $\Delta m_{ГІС.Д}$  – дійсна величина гістерезису статичної характеристики реального П-регулятора;  $m_{БАЗ}$  – базисна величина регулюючого фактору.

Статична характеристика реального П-регулятора може бути ще складніше і містити одно- і двосторонні розриви першого роду – стрибкоподібна зміна регулюючого фактору  $m$  в досліджуваній точці.

Практичний інтерес представляє виявлення області допустимих значень коефіцієнта підсилення  $K_{рег}$  і величини гістерезису  $\overline{\Delta u}_{ГІС.Д}$ , що забезпечують відсутність автоколивань.

Визначено залежність дійсної мінімальної відносної величини гістерезису від коефіцієнта підсилення регулятора, при  $K_{ВМ}=0,155$ .

Аналіз результатів показує, що чим більше коефіцієнт посилення регулятора  $K_{рег}$ , тим більша дійсна величина гістерезису  $\overline{\Delta u}_{ГІС.Д}$  забезпечує відсутність розвитку автоколивань.

Визначено, що на схильність систем автоматичного регулювання третього порядку до розвитку автоколивань впливають динамічні параметри регулятора.

Встановлена залежність величини гістерезису від коефіцієнта підсилення регулятора, що забезпечує відсутність автоколивань систем автоматичного регулювання.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Литвяк О. М., Дурєєв В. О., Малярів М. В., Чигрин В. С. Експериментальне дослідження характеристик регулятора оборотів вільної турбіни насос-регулятора типу НР-3. Матеріали доповідей міжнарод. науково-практ. конф. «Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering». Харків: НАУ ім. М. Є. Жуковського «ХАІ». 2019. Том. 2. С. 76 – 79.
2. Kachanov P., Lytviak O., Derevyanko O., Komar S. Development of an automated hydraulic brake control system for testing aircraft turboshaft gas turbine engines. Eastern European Journal of Enterprise Technologies. 2019. 6/2 (102). P. 52 – 57. DOI:10.15587/1729-4061.2019.185539.
3. Дерев'янка О. А., Литвяк О. А., Дурєєв В. О. Дослідження застосування широтно-імпульсного управління інерційними об'єктами в сучасних адаптивних системах безпеки. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2020. № 31. С. 68 – 77. (ISSN 2524-0226). Режим доступу: <http://pes.nuczu.edu.ua/images/arhiv/31/6.pdf>.

*D. Zaec, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
V. Durieiev, PhD, Associate Professor of the Department, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

## CONSIDERATION OF THE RANGE OF INSENSITIVENESS FOR A REAL REGULATOR OF AN ADAPTIVE FIRE EXTINGUISHING SYSTEM

The structural dynamic scheme of the real proportional regulator is presented, taking into account the nonlinear features, as well as the results of the study of the influence of the nonlinear features of the real proportional regulator on the dynamics of automatic regulation systems of promising adaptive fire protection systems

**Keywords:** fire protection system, adaptive security system, automatic regulation system.

*Я.Ю. Кальченко, д.філос., НУЦЗУ*  
*Д.В. Прогнімак, курсантка, НУЦЗУ*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ФОРМУВАННЯ ТЕПЛООВОГО ВПЛИВУ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ВИПРОБУВАНЬ ПОЖЕЖНИХ СПОВІЩУВАЧІВ**

Система протипожежного захисту є невід'ємною частиною оснащення підприємства для забезпечення пожежної безпеки будь-якого об'єкта. Така система складається з комплексу технічних засобів та програмного забезпечення, що своєчасно повідомляють про первинні ознаки пожежі та дозволяють зберегти життя людей та запобігти пошкодженню та знищенню вогнем матеріальних цінностей. Одним із елементів системи протипожежного захисту є пожежна сигналізація, що представляє собою складний апаратний комплекс і складається зі спеціалізованого обладнання та програмного забезпечення, який може в автономному режимі забезпечувати протипожежний захист об'єкта.

Підвищити ефективність функціонування систем пожежної сигналізації можливо шляхом правильного вибору та розміщення пожежних сповіщувачів, збільшення швидкості виявлення та передачі сигналу про пожежу та удосконалення їх систем експлуатації. Таким чином, виникає необхідність у підвищенні ефективності системи експлуатації теплових пожежних сповіщувачів, та, зокрема, методів їх випробувань.

В [1] показано, що ефективність роботи теплових пожежних сповіщувачів багато в чому визначається ефективністю їх систем експлуатації. Такі системи повинні проводити випробування сповіщувачів для визначення їх основних характеристик.

Визначено, що одним із головних недоліків при проведенні об'єктових випробувань є значний час проведення випробувань, незручність їх проведення та те, що, під час проведення випробувань перевіряється лише здатність сповіщувачів спрацьовувати при підвищенні температури навколишнього середовища, а технічні характеристики не вивчаються.

Ці недоліки було усунуто у методі випробувань теплових пожежних сповіщувачів, що оснований на законі Джоуля-Ленца [2]. При цьому параметри формування теплового впливу на терморезистивний чутливий елемент при проведенні випробувань таким методом залишаються не визначеними.

Відповідно до методу планування експерименту було сплановано експеримент та проведені експериментальні випробування, для визначення параметрів формування теплового впливу, а саме електричної напруги  $U$  та сили струму  $I$ , що подається на терморезистивний чутливий елемент теплового пожежного сповіщувача.

За результатами проведеного експерименту була побудована математична модель залежності температури терморезистивного чутливого елемента теплового пожежного сповіщувача при пропусканні через нього постійного електричного струму, яка представлена у вигляді

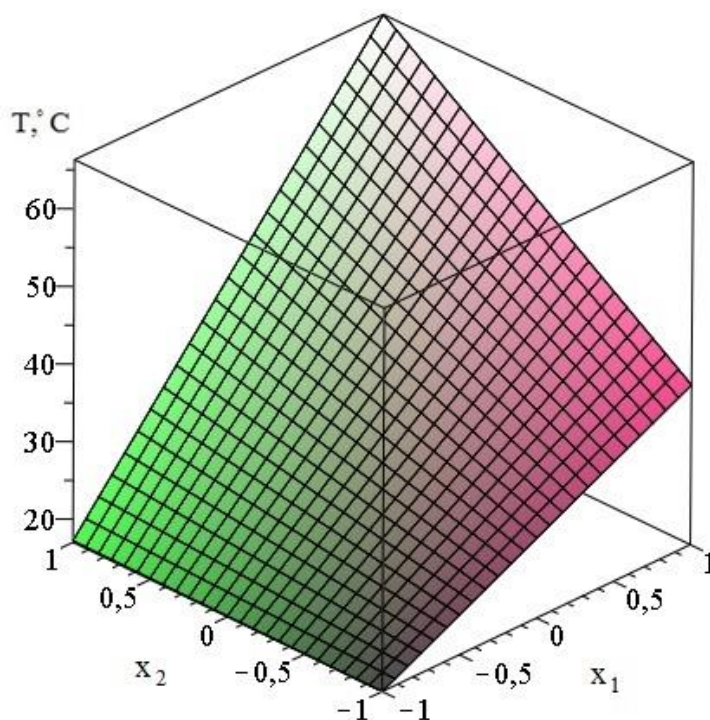
$$T = f(x_1, x_2) = 34,52 + 17,42x_1 + 7,22x_2 + 7,12x_1x_2, \quad (1)$$

де  $x_i, i = \overline{1, 2}$  – кодовані змінні, що зв'язані з фізичними величинами  $U, I$  наступним чином

$$x_1 = \frac{U - U_0}{\delta U}, \quad x_2 = \frac{I - I_0}{\delta I}, \quad (2)$$

де  $U_0, I_0$ , – значення факторів на нульовому рівні;  $\delta U, \delta I$  – інтервали варіювання факторів.

За моделлю (1) було побудовано графік залежності температури терморезистора від електричної напруги та сили струму поданої на нього, який представлений на рис. 1.



**Рис. 1. Графік залежності температури терморезистора від поданої на нього електричної напруги та електричного струму**

Визначено, що мінімальне значення електричної напруги, що необхідно подати на терморезистивний чутливий елемент теплового пожежного сповіщувача, для розігрівання його до температури 54 °C складає 22 В, при цьому значення електричного струму повинно бути 27,24 мА.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Abramov Yu., Kalchenko Y., Liashevskaya O. Determination of dynamic characteristics of heat fire detectors. Eureka: Physics and Engineering. 2019. №3. P. 50–59. doi: 10.21303/2461-4262.2019.00898
2. Абрамов Ю.О., Кальченко Я.Ю. Теоретичні основи випробувань теплових пожежних сповіщувачів. Харків, 2020. 199 с.

*Y. Kalchenko, PhD, NUCDU*  
*D. Prognimak, cadet, NUCDU*

#### DETERMINATION OF THERMAL IMPACT FORMATION PARAMETERS FOR TESTING FIRE DETECTORS

Experimental studies have been carried out to determine the parameters of the formation of thermal effects on the thermoresistive sensitive element of thermal fire detectors during tests using a method based on the Joule-Lenz law. According to the results of the experiment, a mathematical model of the dependence of the temperature of the thermistor on the electric current and the electric voltage applied to it during the tests.

*Карпов А. А., НУЦЗ України,*

*Кустов М. В., д.т.н., доцент, НУЦЗ України*

## **АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ СПОСОБІВ ВИЯВЛЕННЯ ТА ЗНЕШКОДЖЕННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ**

Новітні досягнення науково-технічного прогресу у оборонно-промисловому комплексі, несуть за собою зростання різновидів та смертоносності засобів ураження. Одну із найдавніших історій має мінна зброя. Кілька століть тому, людина вперше почала використовувати порохову енергію вибуху. Її використовують для вбивства та каліцтва живої сили, ушкодження та подальше виведення з ладу техніки, шляхом впливу вибуху та осколками. Як показує практика, під час військових конфліктів, мінна зброя несе за собою не лише втрати для військових підрозділів, а й для мирного населення, серед яких значну частину становлять діти.

Унаслідок повномасштабного вторгнення РФ в Україну майже половина території нашої держави потенційно була забруднена мінами та вибухонебезпечними предметами (ВНП). Площа території, яка потребує очищення від ВНП, складає 185 тисяч квадратних кілометрів. Оперативне розмінування доріг та населених пунктів буде здійснено впродовж року, втім на повне розмінування піде багато часу. Аналіз досвіду застосування ВНП у локальних війнах і збройних конфліктах показує, що застосуванню мін притаманні такі характерні риси: замість протяжних мінних полів, зазвичай встановлюються невеликі групи мін і навіть окремі міни; мінні групи й окремі міни найчастіше ставлять безсистемно і не фіксують у документах, розповсюджується установка керованих мін; мінні поля; використовується величезна кількість мін, детонаторів і вибухових речовин кустарного та саморобного виготовлення, небезпечних у виробництві і застосуванні для самих виробників. Такі способи використання ВНП ускладнюють їх подальше розмінування.

Що стосується технічних засобів виявлення ВНП, слід зазначити, що інженерні війська ЗСУ і підрозділи ДСНС оснащені морально застарілими технічними засобами розробки ще радянських часів: магнітні шукачі МБИ-1, МБИ-2, ИНМ (ПР-506); бомбошукачі ИМБ; міношукачі переносні ИМП, ИМП-2 (ПР507), МИВ (для водолазів-розвідників), РВМ «ВЕРЕСК», РВМ-2, РВМ-2М (ПР-504А), ММП «ЦИКЛОП» для пошуку протитанкових і протипіхотних мін з корпусами з будь-якого матеріалу. Всі ці прилади відносяться до ручного способу розмінування, тому особовий склад має безпосередньо використовувати ці металодетектори, оскільки дистанційні засоби виявлення ВНП відсутні, що призводить до втрат особового складу інженерно-саперних підрозділів ЗСУ і піротехніків ДСНС. Так, за період виконання завдань у районах проведення АТО/ООС з 2014 по 2019 р. втрати інженерно-саперних підрозділів ЗСУ становили 125 осіб: загинули — 36, отримали поранення різного ступеня тяжкості — 89. [1]

У багатьох країнах світу вже прийнято на озброєння робототехнічні комплекси (РТК), а також ведуться розробки щодо підвищення їх ефективності та функціональних можливостей.

На озброєнні США стоїть MarkV-A1 або Mark5-A1 — це робот-знищувач бомб, розроблений компанією [Northrop Grumman](#) для роботи з ВНП та мінами без ризику для життя. Це частина лінійки Remotec ANDROS, яка включає інші РТК EOD (Explosive Ordnance Disposal). Служби швидкого реагування в усьому світі покладаються на MarkV для боротьби з ВНП поза небезпечною зоною. Як правило, поліцейські сили та департаменти у великих містах мають спеціалізований вибуховий загін або підрозділ для роботи з ВНП, а також небезпечними матеріалами чи загрозами; MarkV — це технологічний подвиг, який деякі з цих підрозділів мають у своєму арсеналі саме з цієї причини. [2]

Робот оснащений такими ключовими функціями:

- Кольорова камера спостереження з підсвічуванням, масштабуванням 72:1, панорамуванням/нахилом, можливістю перемикання при слабкому освітленні

- Захват із постійним обертанням - для роботи із захватом можна додати багато аксесуарів

- Швидкоз'ємне кріплення камери

- 24-дюймовий подовжувач камери

- Рука маніпулятора може досягати висоти до 8 футів

- Двосмугова аудіосистема з динаміком, що захищає від погодних умов, і мікрофоном, встановленими на роботі

- Живлення від 24 В постійного струму - дві спіральні батареї на 65 ампер/год 12 В постійного струму

Для роботи Remotec Andros MarkV-A1 має блок керування, який містить 15-дюймовий РК-екран. У залежності від часу, роботом можна керувати виключно за допомогою візуального зворотного зв'язку, який надають його камери. Загалом MarkV-A1 має чотири кольорові відеокамери, у тому числі камеру, встановлену на одному зі стовпів, що стирчать із верхньої частини робота. Він також має кілька мікрофонів, освітлення та ряд інших датчиків. MarkV-A1 можна керувати одним із трьох таких способів:

На озброєнні Німеччини стоїть дистанційно керована машина пошуку вибухових пристроїв RCDV оснащена двома системами пошуку мін: з металошукачем та ґрунтовим радіолокатором. Використання цих систем дозволяє з високою точністю визначати місце та глибину залягання міни або ВНП. RCDV розроблено на базі ББМ «Візель-1». З машини було знято озброєння, а верхню частину корпусу модифіковано та обладнано новим дворежимним сенсором, підповерхневим радаром (ППР) у поєднанні з металодетектором (МД) для виявлення мін та ВНП.[3]

При роботі «Візель-1» їде на максимальній швидкості 6 км/год. Дана система пошуку мін розташована в кормовій частині машини RCDV, внаслідок чого під час пошуку мін та вибухонебезпечних предметів вона рухається заднім ходом. За непотрібністю або під час транспортування ППР/МД забираються на дах.

Управління машиною здійснюється механіком-водієм або оператором дистанційно за допомогою пульта з корпусу CCV.

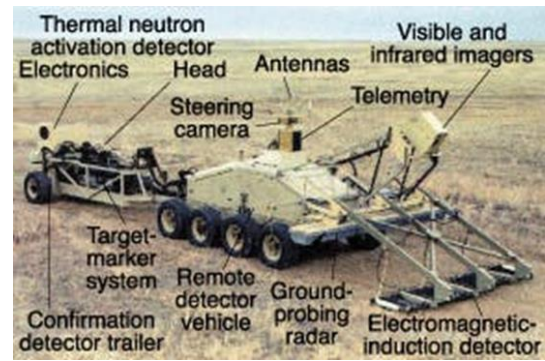
Максимальна швидкість руху RCDV шосе 85 км/год; потужність двигуна 90 л. с; запас ходу паливом 200 км; бойова маса 2,75 т; довжина (без систем пошуку хв) 3,6 м, ширина 1,82 м, висота 1,85 м

Яскравим прикладом сучасного, дистанційно керованого засобу знаходження ВНП та мін є розробка дослідників з Оборонного науково-дослідного інституту Саффідл та інших лабораторій Міністерства оборонних досліджень і розробок Канади (DRDC). [4]



Рис.2. RCDV на базі Wiesel 1

Для знаходження ВВП використовуються 4 датчики. Водночас збираються дані електромагнітних перешкод, фіксуються як теплові, так і видимі зображення. Над масивом датчиків електромагнітних перешкод розташований водонепроникний контейнер, у якому розміщено ІЧ-камеру та ССD-камеру видимого світла. Після мультиплексування цих зображень вони передаються через бортову телеметричну систему з розширеним спектром і систему передачі відео на станцію керування автомобілем, розташовану в сотнях метрів від автомобіля виявлення. За кріпленням ІЧ/видимого світла камери розташована антена георадарного детектора. Георадар сигналізує про місцезнаходження цілі відносно положення її антени та рівень достовірності цілі, що вказує на те, наскільки "міноподібним" георадар сприймає та класифікує потенційну ціль.



**Рис.3. Автоматизована система**

Після підтвердження підозрілої цілі використовується четвертий метод виявлення. На трейлері позаду автомобіля-детектора встановлено детектор активації теплових нейтронів. Оскільки всі вибухові речовини містять від 15% до 40% азоту, виявлення високих рівнів азоту дає вказівку на наявність наземної міни. Використовуючи 100-мкГ джерело нейтронів Каліфорній-252, система досліджує область інтересу для нейтронного випромінювання. Дані передаються до процесора керування транспортним засобом, де вони об'єднуються з даними інших датчиків.

Враховуючи, що темпи розвитку мінної зброї значно перевищують темпи розвитку протимінних засобів, зростає невідповідність між потребою у засобах розмінування та їх недостатньою наявністю, що висунуло на передній план питання підтримання бойових спроможностей підрозділів в умовах ведення мінної війни, за рахунок створення засобів розвідки та розмінування місцевості.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Світова глобальна проблема розмінування: український вектор : [зб. наук. пр.] / відп. ред. В. П. Горбулін. Вид-во Нац. академії наук України, 2022. – 117 с. : іл. – (Вісник / Нац. академії наук України; № 2(2022)).
2. Brian Fung, Meet the Remotec Andros Mark V-A1, the robot that killed the Dallas shooter <https://www.washingtonpost.com/news/the-switch/wp/2016/07/11/meet-the-remotec-andros-mark-v-a1-the-robot-that-killed-the-dallas-shooter/>.
3. Комплекс разминирования армии Германии RCP, World Of Man Dreams <https://wofmd.com/2020/10/31/kompleks-razminirovaniya-armii-germanii-rcp/>
4. Andrew Wilson, Multiple sensors detect land mines <https://www.vision-systems.com/factory/manufacturing/article/16738969/multiple-sensors-detect-land-mines>

*Karpov A. A., NUCDU*

*Kustov M. V., D. Sc, Assoc. Prof., NUCDU*

### **Analysis of existing technical methods of detection and disposal of explosive objects**

Given that hostilities have been taking place on the territory of Ukraine for nine years, the issue of demining the territory is acute. In order to improve the preparedness of engineering-mining and pyrotechnic units in Ukraine, the use of remote reconnaissance and demining is proposed. Existing methods and technical means for remote detection and disposal of explosive objects are analyzed.

Коваль Н.Ю., НУЦЗ України  
 НК – Дурєєв В.О., канд. техн. наук, доцент НУЦЗ України

### СТАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РЕАЛЬНОГО РЕГУЛЯТОРА АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ ПОЖЕЖОГАСІННЯ

Розглянемо систему автоматичного регулювання 3-го порядку, що описує адаптивну систему протипожежного захисту, яка складається з інерційного П-регулятора, з характерними особливостями (гістерезис і розрив характеристики), інерційного пропорційного виконавчого механізму (ВМ) і інерційного пропорційного об'єкту управління (ОУ) [1].

Статична характеристика реального регулятора складна, оскільки містить явно виражений гістерезис, обумовлений наявністю сил тертя в гідроприводі ВМ. Гістерезис в математичній моделі враховується ланкою зони нечутливості.

Відносну величину зони нечутливості можна розрахувати по формулі:

$$\overline{\Delta m}_{\text{ГІС.Д}} = \frac{\Delta m_{\text{ГІС.Д}}}{m_{\text{БАЗ}}}, \quad (1)$$

де  $\Delta m_{\text{ГІС.Д}}$  – дійсна величина гістерезису статичної характеристики реального П-регулятора;  $m_{\text{БАЗ}}$  – базисна величина регулюючого фактору.

Насправді статична характеристика реального П-регулятора може бути ще складніше (рис. 1) і містити одно- і двосторонні розриви першого роду – стрибкоподібна зміна регулюючого фактору  $m$  в досліджуваній точці [1].

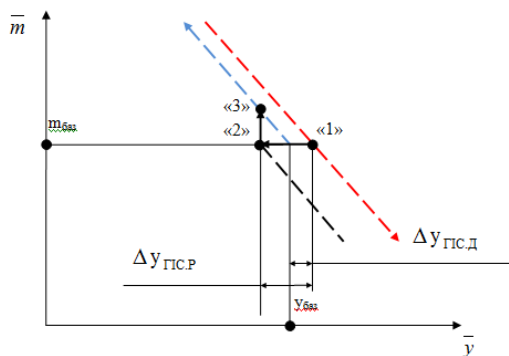


Рис. 1. Статична характеристика реального П-регулятора

Нелінійні особливості реального П-регулятора врахуємо у виді: сили сухого тертя – ширина зони нечутливості вимірювального пристрою (гістерезис); розриви характеристики першого роду із-за можливих відхилень розмірів, дефектів, засмічення і зносу – східчастої добавки до помилки регулювання.

Передаточна функція ВМ:

$$W_{\text{ВМ}} = \frac{K_{\text{ВМ}}}{T_{\text{ВМ}}p + 1}, \quad (2)$$

де  $K_{\text{ВМ}}$  – коефіцієнт підсилення ВМ;  $T_{\text{ВМ}}$  – постійна часу ВМ, с.

Передаточна функція ОУ:



$$W_{Oy} = \frac{K_{Oy}}{T_{Oy}p + 1}, \quad (3)$$

де  $K_{Oy}$  – коефіцієнт підсилення ОУ;  $T_{Oy}$  – постійна часу ОУ, с.

В якості дії, яка збудує систему та приводить до короткочасної (впродовж 1 с) зміни РП, приймемо одиничний імпульсний сигнал.

Для порівняльного аналізу впливу параметрів регулятора на динаміку САР, вибрані середні значення динамічних параметрів досліджуваної САР:  $T_{РЕГ} = 1$  с;  $K_{РЕГ} = 15 \div 31$ ;  $T_{ВМ} = 0,7$  с;  $K_{ВМ} = 0,155$ ;  $T_{Oy} = 0,5$  с;  $K_{Oy} = 2,5$ ;  $\overline{\Delta u}_{ГИС.Р} = 0 \div 0,01$ ;  $\varepsilon_d = 0 \div 0,21$ ; [2].

Статична характеристика реального регулятора може мати яскраво виражений гістерезис. Величина гістерезису визначається силами сухого тертя (проміжками) в гідроприводі і залежить від багатьох чинників.

Згідно розрахунків відбувається зменшення гістерезису статичної характеристики регулятора, викликаного зменшенням сил тертя в гідроприводі, збільшує схильність САР до коливань. Зі зменшенням величини гістерезису діапазон нечутливості зменшується і при нульовому гістерезисі реальна САР "вироджується" в лінійну.

Практичний інтерес представляє виявлення області допустимих значень коефіцієнта підсилення  $K_{рег}$  і величини гістерезису  $\overline{\Delta u}_{ГИС.д}$ , що забезпечують відсутність автоколивань. А чим більше коефіцієнт посилення регулятора  $K_{рег}$ , тим більша дійсна величина гістерезису  $\overline{\Delta u}_{ГИС.д}$  забезпечує відсутність розвитку автоколивань.

## ЛІТЕРАТУРА

4. Дерев'янюк О. А., Литвяк О. А., Дурєєв В. О. Дослідження застосування широтно-імпульсного управління інерційними об'єктами в сучасних адаптивних системах безпеки. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2020. № 31. С. 68 – 77. (ISSN 2524-0226). Режим доступу: <http://pes.nuczu.edu.ua/images/arhiv/31/6.pdf>.
5. Kachanov P., Lytviak O., Derevyanko O., Komar S. Development of an automated hydraulic brake control system for testing aircraft turboshaft gas turbine engines. Eastern European Journal of Enterprise Technologies. 2019. 6/2 (102). P. 52 – 57. DOI:10.15587/1729-4061.2019.185539.

*N. Koval, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*  
*V. Durieiev, PhD, Associate Professor of the Department, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

## STATIC CHARACTERISTICS OF THE REAL REGULATOR OF THE ADAPTIVE FIRE EXTINGUISHING SYSTEM

The structural dynamic scheme of the real proportional regulator is presented, taking into account the nonlinear features, as well as the results of the study of the influence of the nonlinear features of the real proportional regulator on the dynamics of automatic regulation systems of promising adaptive fire protection systems

**Keywords:** fire protection system, adaptive security system, automatic regulation system.

*T. Kostenko, Doctor of Technical Sciences, Professor*

*S. Tsvirkun, PhD, Associate Professor*

*V. Melnyk, PhD*

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

## **DISTRIBUTION OF INDICATOR GASES FROM THE SOURCE OF SELF-IGNITION OF COAL IN MINING**

Underground fires in coal mines significantly complicate mining operations, lead to the loss of mineral reserves and expensive coal mining equipment prepared for extraction. They also cause enormous economic damage associated with fire extinguishing. Extinguishing endogenous fires caused by spontaneous combustion of coal in hard-to-reach places is especially complicated.

A significant proportion of endogenous fires, from 33% to 70%, occur annually in the worked-out areas, which makes it difficult to detect them at an early stage of development, and locate the foci coordinates. Due to the lack of reliable data on the state and location of fire, the efficiency of supplying fire-extinguishing substances is sharply reduced, and the insulation methods or insulation-based combined methods are used for extinguishing.

Because of the onset of hostilities in Donbas, the situation at the coalmines in the territory controlled by Ukraine became more complicated due to the fact that the equipment for assessing the propensity of layers to spontaneous combustion, for conducting operational forecast of coal self-heating and for other studies has been left in Donetsk. In this regard, the task of protecting Ukrainian mines from the threat of self-heating and spontaneous combustion of coal has become particularly urgent.

The idea of the study is to substantiate the possibility of expanding the capacity of existing gas protection systems of mines in relation to the location, primarily, foci of self-heating and spontaneous combustion of coal, as well as other sources of fire gases.

The task of the study does not provide for the development of own software package. The scientific basis of most CFD models used is the simulation of turbulent flows based on the averaged Navier-Stokes equations. They are quite accurate, publicly available, are not computationally expensive, and are widely used to solve engineering problems.

Engineering software packages such as ANSYS, FlowVision are a commercial product, and the license costs much more than the cost of one calculation work.

Based on the specifics of the study, it was decided to use the software package Fire Dynamics Simulator (FDS) based on the LES method. This approach will allow developing both separate models for hazards of gas, dust and fires, taking into account the effects of ventilation, and complex ones, e.g. for simulating hazards of gas, dust, fires in gas pollution of workings. With the advent of sources of self-heating and spontaneous combustion, the most informative (indicator) is the dynamics of formation and distribution of carbon monoxide (CO). This process is the subject of this study.

Gas pollution of workings is determined by several factors, the main of which being as follows: form of working, its cross-section area, consumption of ventilation air and fire gases, and length of working.

Currently, up to 98% of underground mine workings have a vaulted cross-section. Thus, at the first stage of studies, it is expedient to consider simulating dynamics of motion of gases in horizontal working of vaulted cross-section.

The most common are the workings with a cross-section area of about 12 to 18 m<sup>2</sup>. Workings with a cross-section of about 22 m<sup>2</sup> are carried out for intensive ventilation of mining faces. Three main dimensions are considered in the simulation, namely: 12.8; 18 and 22.5 m<sup>2</sup>.

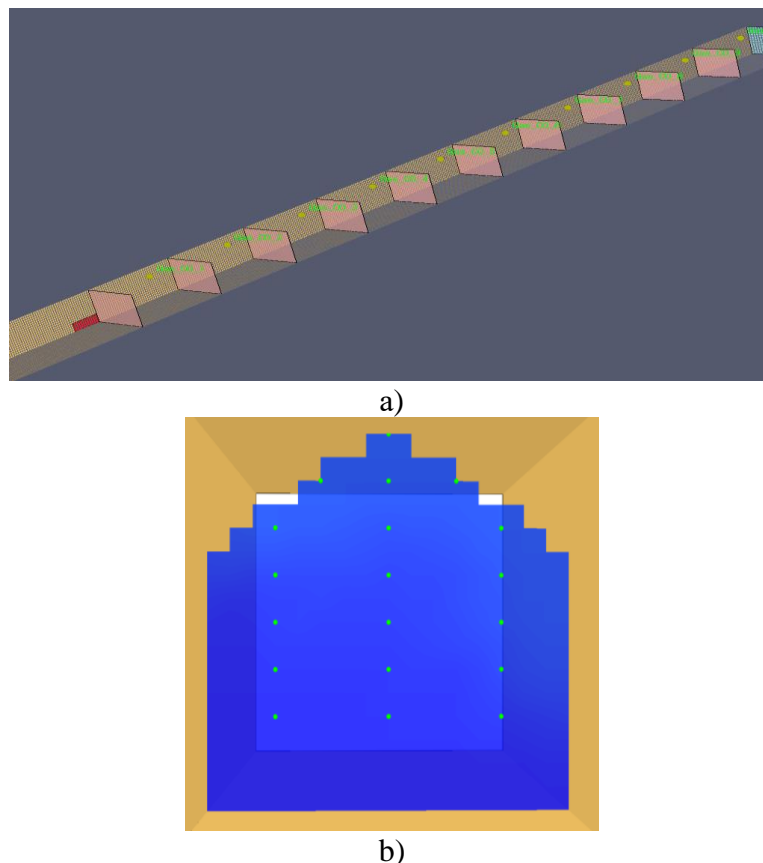
From practical experience it is known, that most often the range of air consumption in actual preparatory workings makes up 500 to 1,500 m<sup>3</sup>/min, therefore, three basic options are considered in the simulation, namely: 500; 1000 and 1,500 m<sup>3</sup>/min. It is difficult to detect the

location of foci in workings filled with such equipment as conveyors, substations, hydraulic equipment, etc. The possibility of finding sources in a limited area up to 100 m is considered.

Data for simulating the source of coal spontaneous combustion are accepted for typical indicators of coal of the average stage of metamorphism [1].

Based on the initial data, three variants of the 3D model corresponding to a 200 m fragment of workings of different cross-section plane were made, with three options of ventilation considered for further use in configuration and further use as design areas. It was specified that the source of spontaneous combustion is located in the middle of the working on the left side in the direction of airflow.

Measuring sensors were installed along the length of the mine every 10 m from the source of spontaneous combustion under the roof, as well as along the cross-section of the mine (**Figure 1**)

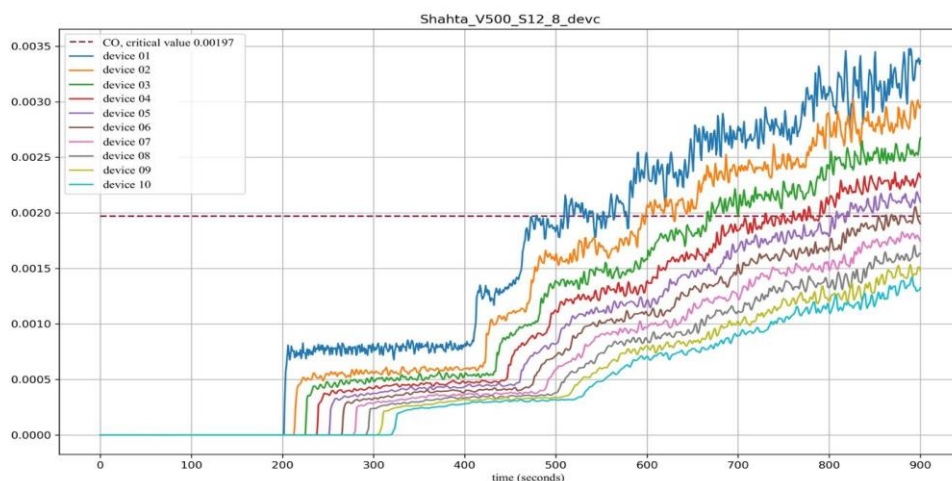


**Figure 1: Schemes of arrangement of measuring cross-sections on length (a) and sensors in cross-section (b) of the working.**

The general picture of the motion of fire gases in the mine resembles the picture of the smoke coming out of the chimney, and its subsequent motion in the wind flow. Fire gases have a higher temperature than the ventilation air, and, therefore, a lower density, thus, they move to the vault of the mine where they move in a separate flow, slowly dissolving in the air.

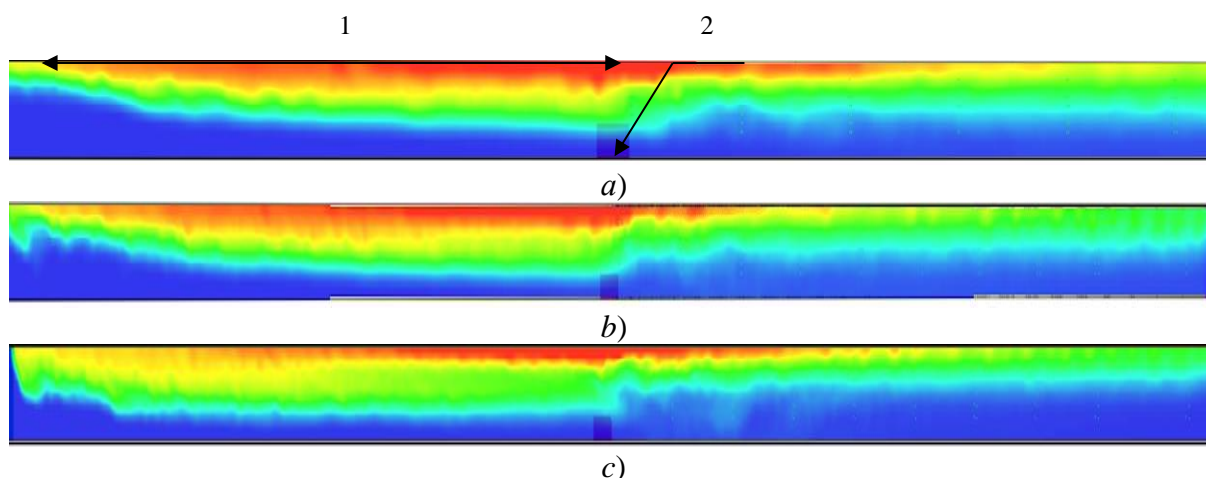
With the help of the FDS program, it is possible to consider the dynamics of gas distribution, namely CO, along the working over a period for each of the proposed scenarios. A specific example of a calculation for sensors installed at the top of the vault is given below (**Figure 2**).

It is clearly seen that the more the distance from the source of spontaneous combustion, the less is CO content in the air surrounding the sensor. This can be explained by the gradual dissolution of fire gases in the environment due to turbulent diffusion. This phenomenon is the basis for establishing the dependence that allows to establish the location the fire gases come from to the working, thus, finding the source of spontaneous combustion.



**Figure 2: Dynamics of CO at the site 0 to 95 m from the source of the fire in the working with an area of 12.8 m<sup>2</sup> and airflow of 500 m<sup>3</sup>/min as evidenced by the sensors located at the top of the vault. The dashed line indicates the CO level that exceeds the MPC at the workplace**

It is established that at an airflow rate of 500 m<sup>3</sup>/min, the CO concentration begins to increase from the fire source in the opposite direction of air supply (**Figure 3**). The bifurcation of gas flows is formed in the working when a part of fire gases counters ventilation flow practically without mixing. In a certain place fire gases, giving off part of heat, go down and start to move together with a ventilation flow.



**Figure 3: Formation of bifurcation flow 1,200 s into the fire and air supply of 500 m<sup>3</sup>/min in the workings with area of, m<sup>2</sup>: a – 12.8; b – 18; c – 22.5. 1 - bifurcation zone; 2 - source.**

As the simulation results show, the length of the bifurcation zone depends on the cross-section area of the working, other indicators being equal. Thus, with an air supply of 500 m<sup>3</sup>/min twenty minutes into the fire, the length of the bifurcation zone was about 48 m in the working with a cross-section of 12 m<sup>2</sup> (**Figure 3a**), the zone size was about 90 m with a cross-section area of 18 m<sup>2</sup>, and 95 m with 22 m<sup>2</sup>. However, in workings with a larger cross-section (**Figure 3 b,c**) a decrease in the concentration of gases of relatively smaller cross-section was observed (**Figure 3 a**).

## LITERATURE

Ryabtsev, N.I. (1960): Natural and artificial gases. Moscow, 339.

*Ляшевська О.І., к.н.з держ.упр., доцент кафедра управління та організації діяльності у сфері цивільного захисту НУЦЗ України*

## **ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИЙ СИТУАЦІЯМ ТА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ**

Воєнно-політична ситуація, що виникла сьогодні в Україні через дії терористів, вимагає не лише переосмислення підходів для забезпечення національної безпеки України, комплексного перегляду питань, які стосуються безпеки та оборони держави, але й змушує керівників всіх ланок ДСНС України розглянути сучасні критерії до прийняття управлінських рішень в умовах надзвичайних ситуацій.

Сьогодні перед оперативно-рятувальною службою цивільного захисту постає багато нестандартних завдань: крім порятунку людей та реагування на надзвичайні ситуації (НС) різного характеру, це також і заходи з інженерно-технічного облаштування оборонних рубежів; проведення аварійно-рятувальних робіт із відновлення систем життєзабезпечення та інфраструктури; роботи із гуманітарного розмінування місцевості, об'єктів та водних акваторій на територіях, звільнених від терористів; надання кваліфікованої екстреної психологічної допомоги, як населенню, що перебуває в зоні АТО, так і переселенцям.

Під прийняттям управлінського рішення розуміють процес їх розробки та вибору. Управлінське рішення є результатом обрання суб'єкта управління способу дій, які спрямовані на вирішення конкретної проблеми управління. Основною метою управлінського рішення є забезпечення координуючого впливу на об'єкт управління для досягнення поставлених цілей.

Прийняття рішень, поряд з координацією і комунікацією, є одним з найважливіших внутрішньоорганізаційних процесів, а особливість цього процесу полягає в тому, що він безпосередньо спрямований на досягнення цілей організації або органу управління. На процес прийняття управлінських рішень впливає безліч різноманітних факторів [1]. До найважливіших з-поміж них належать такі:

*Ступінь ризику.* Ризик є невід'ємною ознакою процесу прийняття та реалізації управлінських рішень, під час якого існує вірогідність неправильної інтерпретації даних, використання недостовірної інформації, помилок персоналу, внаслідок чого виникає ймовірність прийняття неадекватного управлінського рішення з усіма негативними наслідками. Ця вірогідність зростає в умовах надзвичайної ситуації через брак часу, швидку зміну обстановки та високий рівень невизначеності. Крім того, з підвищенням рівня прийняття рішення надзвичайно зростає вартість негативних наслідків у разі його неадекватності ситуації, що склалася.

*Інформація.* Тобто збір первинної інформації, її обробку та розподіл між підлеглими залежно від обов'язків, які на них покладаються; надання керівнику інформації, яка необхідна для прийняття управлінського рішення; виконання потрібних зв'язків між суб'єктом та об'єктами управління; накопичення, кодування, зберігання, передачу і застосування інформації довгострокового зберігання. Помилка, яка допускається однією ланкою структури управління неодмінно призводить до порушення нормальної діяльності решти взаємопов'язаних із нею ланок. Вони призводять до зниження якості рішень, а при повторному розгляді ситуації неодмінно буде несвоєчасне їх прийняття і реалізації в умовах не прогнозованих змін, що відбуваються під час виникнення та розвитку надзвичайної ситуації.

*Час.* Надзвичайні ситуації розвиваються дуже швидко, в результаті суттєво зменшується час на обробку інформації, прийняття необхідних рішень та їх реалізацію. За цих обставин, управлінське рішення приймається у реальному часі з урахуванням певних ресурсних обмежень так, як воно повинно реалізовуватися значно швидше, ніж можлива зміна обстановки. За таких умов вирішальним фактором у цьому процесі прийняття рішення є діяльність єдиної урядової інформаційно-аналітичної системи з питань надзвичайних ситуацій. Вона дозволяє отримувати та відображати повну інформацію про існуючий в даний момент часу стан із надзвичайними ситуаціями в країні. На основі

отриманих оперативних даних розробляються рішення та плани дій для запобігання виникнення надзвичайних ситуацій, локалізації та ліквідації їх наслідків.

*Особисті якості керівника.* Процес прийняття управлінського рішення істотно пов'язане із особистими якостями керівника, його знаннями та вміннями, професіоналізмом та досвідом, характером, темпераментом, а також його емоційним станом, самопочуттям, настроєм тощо. Необхідно відзначити, що кінцева результативність прийнятих рішень істотно буде залежати від якості їх реалізації, а також слід врахувати те, що не висока якість реалізації виконавцями поставлених завдань досить часто зумовлена помилками керівників, відповідальних за їх реалізацію. Тому на всіх рівнях та ланках управління в таких ситуаціях цьому необхідно приділяти підвищену увагу. Незалежно від того, яким чином керівники здійснюють реалізацію управлінських рішень, вони повинні вміти приймати вірні рішення.

Прийняття управлінського рішення під час ліквідації НС, наприклад, при виникненні пожеж, катастроф, стихійних лих, впливає не лише на збереження життя та здоров'я людей, навколишнього природного середовища та майна, але й дозволяє оптимально використовувати матеріальні та фінансові ресурси.

Саме виникнення НС викликає необхідність організувати для ліквідації їх наслідків значні матеріальні, фінансові та людські ресурси, за умови оперативного та ефективного їх використання. За вищенаведених причин важливість питання щодо дієвого управління процесом із ліквідації наслідків НС є беззаперечною.

Керівники вищої ланки управління, на яких покладається прийняття рішень на рівні держави, вимушені признати те, що НС, локальні військові конфлікти та кризові ситуації потенційно можуть відбутися у будь-якій сфері їх відповідальності. Кризові явища також потребують чималих зусиль, щоб мінімізувати масштаби збитків для людей, зменшити ризики знищення їх майна та заподіяти шкоди навколишньому середовищу.

Функціональні обов'язки структурних підрозділів ДСНС України в умовах НС значно відрізняються від повсякденної діяльності - перед особами рядового та начальницького складу постають нові завдання та виклики, змінюються звичні процедури, пріоритети і розподіл обов'язків. Особливість функціонування систем управління в умовах НС полягає у тому, що проблема (надзвичайна ситуація) розвивається несподівано, раптово та часто не прогнозовано. Коли вона виникає, перед системою управління постають задачі, не властиві повсякденному режиму роботи та її минулому досвіду.

В таких умовах виникає істотний дефіцит часу, що не дозволяє з'ясувати, хто є відповідальним за вирішення проблеми. У зв'язку з цим, вирішальне значення має ступінь готовності до дій за подібних обставин, заздалегідь визначення обов'язків та розподіл відповідальності. Високий ступінь готовності забезпечує сприйняття значно ширшого кола викликів і потенційних загроз порівняно із своїм наявним досвідом. Існуюча тенденція до зростання масштабів НС змушує вчасно й обґрунтовано виробляти контрзаходи для попередження НС та їхньої ліквідації.

Аналіз розвитку НС і прийняття оперативного рішення ускладнюється оцінкою їх основних факторів і ефективності прийнятих управлінських рішень. Керівним органам звичайно доводиться діяти в умовах гострого дефіциту часу, обмеженої кількості і достовірності інформації. Як наслідок, це призводить до прийняття нераціонального і навіть помилкового рішення, а отже, і до великих втрат. Тому удосконалення систем управління, орієнтованих на прогноз і попередження НС, а також захист населення і територій має особливо актуальне значення.

При нормальному розвитку подій відносно значення цієї небезпеки зростає. Тому керівництво і загалом система управління, повинна бути створена в інтересах попередження і ліквідації НС, відповідати покладеним на неї завданням. Причому нова історична реальність, що склалась на Сході України змушує прогнозувати наслідки рішень на більше число «ходів», діяти швидко і точно. Це приводить до необхідності розробки сценаріїв різних НС, пошуку найкращих рішень. Захищаючи себе від ризиків природного і

техногенного характеру, від соціальних не стабільностей, треба мати набагато більший обсяг «заготовок» вищої якості.

Від ступеня готовності до дій за таких умов і від їх ефективності й результативності може залежати репутація установи та її керівництва. У цьому відношенні критична ситуація не тільки ставить перед управлінцями нові загрози, але й відкриває перед ними нові можливості (ефективні дії за умов НС можуть допомогти кар'єрному зростанню та авторитету керівника) [3].

Надзвичайні ситуації можна класифікувати за різними параметрами. Найбільш важливим з них є масштаб НС. Чим більший масштаб має НС, тим вищі вимоги до системи управління, і тим більше кінцевий результат ліквідації ситуації залежить від ефективності управління.

Це дослідження ставить собі за мету удосконалення процесу прийняття управлінських рішень органами управління ДСНС України, яка є складовою частиною Єдиної державної системи цивільного захисту, що спрямовані на підвищення ефективності діяльності із збереження життя і здоров'я людей, які постраждали внаслідок надзвичайної ситуації.

Встановлено, що процес обґрунтування, прийняття і реалізації управлінських рішень має об'єктивні і суб'єктивні складові, чітку формалізацію та потребує інтуїції, навичок і знань особи, яка приймає управлінські рішення.

Для упорядкування процесу прийняття управлінських рішень як сукупності формальних і неформальних процедур раціонально використовувати технологію прийняття рішення, що дозволить провести аналіз раніше прийнятих рішень та прийняти оптимальне управлінське рішення.

Важливим моментом процесу опрацювання управлінських рішень з подолання наслідків НС є оцінювання ефективності прийнятих управлінських рішень.

Отже, проведення оцінювання якості пропонованих управлінських рішень необхідно проводити, спираючись на інформаційно-аналітичне забезпечення, що передбачає збір та обробку оперативних даних із зони НС та попередні розробки варіантів управлінських рішень з використанням математичного моделювання. Звісно, що досягнення найкращих результатів у процесі опрацювання управлінських рішень з ліквідації наслідків НС можливе лише за умови поєднання методів, які визначаються рівнем проблеми та характером завдань, що потребують вирішення.

Підсумовуючи слід зазначити, що опрацювання управлінських рішень у процесі ліквідації наслідків НС, зокрема в нових умовах які склалися на Сході України, потребує удосконалення не тільки завдяки використанню сучасних інформаційних технологій і потужного математичного апарату, а особливо аналізу вітчизняного досвіду ліквідації НС та створення оперативних планів реагування на виникнення НС на всіх рівнях системи державного управління.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Гевко І.Б. Методи прийняття управлінських рішень: Підручник / І.Б. Гевко. – К.:Кондор, 2009. – 187 с.
2. Приймак В.М. Прийняття управлінських рішень: Навчальний посібник. – К.: Атіка, 2008. – 240 с.
3. Артюшин Л. М. Праця в особливих умовах. / Л. М. Артюшин, С. П. Мосов, О. Р. Охрименко. - К.: Хімджест, 2004. – 94 с.

*Liashevskaya O.I., PhD, public administration, Associate Professor, Department of management and organization of activity in the defence National University for Civil Defence of Ukraine*

### **PREVENTION OF EMERGENCY SITUATIONS AND DECISION-MAKING**

The military and political situation that has arisen today in Ukraine due to the actions of terrorists requires not only a rethinking of approaches to ensuring the national security of Ukraine, a comprehensive review of issues related to the security and defense of the state, but also forces the leaders of all branches of the State Emergency Service of Ukraine to consider modern criteria for adopting administrative decisions in emergency situations.

Today, the operational and rescue service of the civil defense faces many non-standard tasks: in addition to rescuing people and responding to emergency situations (Emergencies) of various nature, these are also measures for the engineering and technical arrangement of defensive lines; carrying out emergency and rescue work to restore life support systems and infrastructure; work on humanitarian demining of terrain, objects and water bodies in territories liberated from terrorists; provision of qualified emergency psychological assistance, both to the population living in the ATO zone and to displaced persons.

Making a management decision during emergency liquidation, for example, in the event of fires, disasters, natural disasters, affects not only the preservation of life and health of people, the natural environment and property, but also allows optimal use of material and financial resources. The very occurrence of emergencies makes it necessary to organize significant material, financial and human resources to eliminate their consequences, provided they are used promptly and effectively. For the above reasons, the importance of the issue of effective management of the process of liquidation of the consequences of emergency situations is indisputable. The leaders of the highest level of management, who are entrusted with decision-making at the state level, are forced to recognize that emergencies, local military conflicts and crisis situations can potentially occur in any area of their responsibility. Crisis phenomena also require considerable efforts to minimize the extent of damage to people, reduce the risks of destruction of their property and damage to the environment.

The functional responsibilities of the structural units of the State Emergency Service of Ukraine in the conditions of an emergency are significantly different from everyday activities - new tasks and challenges are faced by rank-and-file and senior staff members, the usual procedures, priorities and division of responsibilities change. The peculiarity of the functioning of management systems in emergency situations is that the problem (emergency situation) develops unexpectedly, suddenly and often unpredictably. When it arises, the management system faces tasks that are not typical of the daily work routine and its past experience.

Therefore, the evaluation of the quality of the proposed management solutions must be carried out based on information and analytical support, which involves the collection and processing of operational data from the emergency zone and the preliminary development of management solution options using mathematical modeling. Of course, achieving the best results in the process of working out management solutions to eliminate the consequences of emergencies is possible only if the methods are combined, which are determined by the level of the problem and the nature of the tasks that need to be solved.

Summing up, it should be noted that the development of management decisions in the process of liquidation of the consequences of natural disasters, in particular, in the new conditions that have developed in the East of Ukraine, requires improvement not only thanks to the use of modern information technologies and powerful mathematical apparatus, but especially the analysis of the domestic experience of natural disaster liquidation and the creation of operational response plans on the occurrence of emergencies at all levels of the state administration system.



*М.В. Маляров, канд. техн. наук, доцент, НУЦЗУ*

## **ВИКОРИСТАННЯ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ У ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ**

Пожежа, це, безумовно, один із найпотужніших факторів, що впливають на природні екосистеми. Вони призводять до повної загибелі флори та фауни або їх часткових руйнувань. Оцінка економічних та екологічних наслідків таких надзвичайних ситуацій потребує своєчасного отримання об'єктивних даних про стан природних екосистем. Такі дані в даний час виходять, як правило, епізодично в ході наземних обстежень, що охоплюють, в силу трудомісткості використовуваних методів і слабкої доступності, незначну частину природних екосистем, що ушкоджуються під час надзвичайних ситуацій. Наявність таких обмежуючих чинників спонукає до розвитку альтернативних методів моніторингу та оцінки стану природних екосистем, наприклад, з урахуванням даних дистанційного зондування з супутникових систем.

Застосування інформації з супутникових систем космічного моніторингу дозволяє реалізувати такі завдання [1]:

- виявлення та моніторинг пожеж в природних екосистемах в динаміці;
- оптимізація витрат на заходи щодо охорони природних екосистем;
- оцінка площі, яка пошкоджена у результаті надзвичайної ситуації;
- попередня оцінка ушкоджень насадженням від надзвичайної ситуації;
- зіставлення даних наземних, авіаційних та космічних спостережень, що включає зворотний зв'язок зі службами безпосередньо на місцях;
- інтеграція в одному ГІС-інтерфейсі комплексної інформації з метою підтримки управлінських рішень у галузі моніторингу надзвичайних ситуацій про стан природних екосистем.

На даний час в Україні за ініціативою Національного центру управління та випробувань космічних засобів у Харківському регіоні створено науково-практичний кластер "Регіональний центр космічного моніторингу Землі "Слобожанщина", який працюватиме як об'єднувальний простір для учасників, котрі будуть докладати своїх знань та зусиль у вирішенні проблем боротьби з техногенними надзвичайними ситуаціями [2].

Як зазначено у [2], напрацювання регіонального центру стануть корисними і у вирішенні екологічних проблем, адже проводиться моніторинг об'єктів повітряної оборони, сільськогосподарських угідь, лісових пожеж, археологічних пам'яток, зон видобутку корисних копалин, піску й бурштину, будівництва автодоріг тощо.

Насьогодні, інформація геоінформаційних систем, до яких може отримувати доступ Україна, надається за потреби міністерствам та відомствам України та може бути використовувана у їх роботі. Основні напрямки по моніторингу наведені на порталі дистанційного зондування Землі [3]:

**Температура підстильної поверхні (Land Surface Temperature)**ю. Фахівцями Центру проводиться моніторинг температури підстильної поверхні (земної поверхні, водної поверхні, верхнього шару хмарного покриву). Під температурою земної поверхні зазначається радіаційна температура поверхні що усереднена по індивідуальному полю зору пікселя й спектральному діапазону радіометричних вимірювань. Температура позначається в градусах по шкалі Цельсія.

**Поверхнева температура Азово-Чорноморського басейну.** Карта поверхневої температури Азово-Чорноморського басейну, створена за методикою Морського гідрофізичного інституту НАН України, призначена для науково - методичного і технологічного забезпечення використання аерокосмічних технологій дистанційного зондування Землі в практиці господарської і управлінської діяльності для рішення тематичних задач моніторингу морських і океанських акваторій.

**Прогноз дощу.** З метою попередження виникнення надзвичайних ситуацій формуються тематичні карти прогнозування атмосферних опадів на території України за прогностичними даними Українського гідрометеорологічного інституту УкрГМІ (<https://www.uhmi.org.ua>). Тематична карта дає можливість наглядно оцінити прогнозований рівень опадів і скоординувати роботу відповідних служб України з метою попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій.

**Прогноз снігу.** З метою попередження виникнення надзвичайних ситуацій формуються тематичні карти прогнозування атмосферних опадів на території України за прогностичними даними Українського гідрометеорологічного інституту УкрГМІ. Тематична карта дає можливість наглядно оцінити прогнозований рівень опадів і скоординувати роботу відповідних служб України з метою попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій.

**Прогноз пожежонебезпеки.** Прогнозування пожежонебезпечних зон на території України. З метою попередження виникнення пожеж на території України в Центрі створюються прогностичні карти пожежонебезпечних зон з використанням коефіцієнту горючості В. Г. Нестерова. Прогноз надає можливість координувати роботу підрозділів ДСНС.

**Прогноз посухи.** З метою попередження виникнення надзвичайних ситуацій формуються тематичні карти прогнозування посухи на території України за прогностичними даними Українського гідрометеорологічного інституту УкрГМІ. Тематична карта дає можливість наглядно оцінити прогнозовані посухи й скоординувати роботу відповідних служб України з метою попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій.

**Індекс посухи нормалізовано-різницевий (NDDI).** Цей показник дозволяє оцінити стан посухи на рівнинах з використанням даних MODIS. Перевагою цього індексу є його швидкий розрахунок. Чим більше значення індексу від 0,2, тим більша посуха.

**Моніторинг стану посухи на території України.** Для вивчення посухи за супутниковими даними використовувався індекс посухи ID (Index of Drought). Розрахований за даними сенсора MODIS супутника TERRA для виявлення можливого просторового зміщення екосистем та їх прогнозування в межах існуючих ландшафтно-кліматичних зон України під впливом подальшого глобального і регіонального потеплення.

**Температурні аномалії на території України.** На підставі Законів України "Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року" від 21.12.2010 №2818-VI "Про загальнодержавну цільову програму захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2013-2017 роки" від 7 червня 2012 року № 4909-VI», для щоденного моніторингу пожежного стану, проводиться оперативне оброблення даних ДЗЗ з ШСЗ серії NOAA (AVHRR), TERRA (MODIS) та SUOMI NPP (VIIRS) по виявленню температурних аномалій на території України.

Інформація наводиться у вигляді карти, де за допомогою піктограм (геометричних різнокольорових фігур) у лівому нижньому кутку демонструється ймовірність настання температурних аномалій.

**Вегетаційний індекс (NDVI) на території України.** NDVI (Нормалізований відносний індекс рослинності) — простий кількісний показник кількості фотосинтетичний активної біомаси (що зазвичай називається вегетаційним індексом). Він активно використовується для регіонального картування і аналізу різних типів ландшафтів, оцінці ресурсів і площ біосистем. Однак частіше розрахунок NDVI вживається на основі серії різночасових (різносезонних) знімків, дозволяючи отримувати динамічну картину процесів зміни кордонів і характеристик різних типів рослинності (місячні варіації, сезонні варіації, річні варіації). Перевагою є чітко пророблена градація індексу за кольорами і безкоштовне користування даним інструментом.

**Індекс вологовмісту (NDWI) по території України.** NDWI - індекс, який визначає кількість води в ґрунті та листі рослин, яка взаємодіє з поступаючим сонячним випромінюванням. Дозволяє виявити варіації рослинного покриву, що пов'язані з умовами зволоження. Показник NDWI чутливий до змін у кількості води в рослинності. Він менш чутливий до атмосферних впливів ніж Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).

**Нормалізований різницевий сніговий індекс (Normalized difference snow index)** - показник покриття території снігом, призначений для виявлення снігу на земній поверхні за даними дистанційного зондування Землі. Призначення карт снігового покриву: визначення та аналіз термінів встановлення і сходу снігового покриву; визначення тривалості залягання снігового покриву; моніторинг негативних природних процесів, таких як вимерзання посівів.

Інформація наводиться у вигляді карти, яку розмальовано від темно-блакитного до червоного кольорів у залежності від висоти снігового покриву.

**Моніторинг стану сніготанення та прогноз сніготанення** на території України. Проводиться регулярний сезонний моніторинг танення снігового покриву та весняного водопілля на території України за даними інформації дистанційного зондування Землі.

Для Державної служби України з надзвичайних ситуацій, корисною може бути інформація по наступних напрямках: моніторингу стану посухи на території України (розраховується за даними сенсора MODIS супутника TERRA, для виявлення можливого просторового зміщення екосистем та їх прогнозування у межах існуючих ландшафтно-кліматичних зон України, під впливом подальшого глобального і регіонального потепління) та температурних аномалій на території України (для щоденного моніторингу пожежного стану, проводиться оперативне оброблення даних ДЗЗ з ШСЗ серії NOAA, TERRA та SUOMI NPP (VIIRS) по виявленню температурних аномалій на території України).

Отже використання інформації дистанційного моніторингу, що проводиться одночасно декількома однотипними космічними апаратами в інтересах служб та підрозділів ДСНС, призводить до оперативного отримання в глобальному масштабі даних з необхідним дозволом та проведення періодичного спостереження та отримання інформації про актуальний стан природних екосистем.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Ірина Кравець. Український державний геопортал дистанційного зондування Землі [електронний ресурс] назва з екрану. — Режим доступу: <https://agroelita.info/ukrayinskyj-derzhavnyj-geoportal-dystancijного-zonduvannya-zemli/>
2. Створення кластера космічного моніторингу Землі <http://www.hups.mil.gov.ua/stvorennya-klastera-kosmichnogo-monitoringu-zemli/>
3. Геоінформаційний портал дистанційного зондування Землі. [електронний ресурс] назва з екрану. — Режим доступу: <http://portal.dzz.gov.ua/>

*M. Maliarov, Ph.D, associate professor, NUCDU*

## USE OF EARTH REMOTE SENSING SATELLITE SYSTEMS FOR MONITORING AND PREVENTION OF EMERGENCY SITUATIONS IN NATURAL ECOSYSTEMS

Fires are one of the most powerful factors affecting natural ecosystems. They lead to the complete death of flora and fauna or their partial destruction. The assessment of the economic and ecological consequences of such emergency situations requires the timely acquisition of objective data on the state of natural ecosystems and encourages the development of alternative methods of monitoring and assessing the state of natural ecosystems, for example, taking into account remote sensing data from satellite systems.

## **СУЧАСНІ ПІДХОДИ СКАНУВАННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ҐРУНТУ ПРИ ПОШУКУ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ**

З початку військової агресії на території України, гостро постало питання щодо розмінування імовірно забруднених територій. Найбільш забруднені територія мають такі області, як: Житомирська, Київська, Чернігівська, Сумська, Харківська, Луганська, Донецька, Запорізька, Херсонська, Миколаївська та Автономна республіка Крим. З 24 лютого по теперішній час обстежено підрозділами ДСНС 1029 км<sup>2</sup> було знайдено та знешкоджено майже 151 тисяча вибухонебезпечних предметів. Для цього наші підрозділи залучалися 19 323 рази.

Методи виявлення вибухонебезпечних предметів (далі – ВНП), які застосовуються в Україні на даний час, є малоефективними з огляду на масштаби імовірно забруднених територій. Отже, необхідна розробка більш ефективних методів виявлення і знешкодження ВНП на основі сучасних досягнень технологічного прогресу.

На сьогоднішній день для виявлення ВНП переважно використовують фізичні методи, які представлені активним електромагнітним зондуванням поверхневого шару ґрунту, електромагнітними імпульсами та синусоїдальними полями (металодетектори 20 кГц – 50 кГц, георадар 100 МГц – 900 МГц), сейсмічною хвилею і нейтронним випромінюванням, реєстрацією аномалій електропровідності та щільності ґрунту, вимірюванням інфрачервоного та гравітаційного полів та інше [2].

Метод механічного зондування ґрунту реалізується за допомогою проколювання зондом шару ґрунту, де з'ясовується характер та тип знайденого ВНП. Такими зондами оснащуються сучасні міношукачі. Сьогодні це найефективніший спосіб пошуку ВНП, однак, не позбавлений недоліків, а саме [1]:

- низька швидкість пошуку (100-150 м<sup>2</sup>/год);
- складність;
- лише пошук ВНП, встановлений на глибині до 10-15 см;
- ризик для сапера.

Оптичне видиме випромінювання (0,4 ... 0,76 мкм) при механічному зондуванні ґрунту, у більшості випадків (за винятком чистої річки або морської води) не проникає в середовище видимості приладу. Однак виявлення ВНП у верхніх шарах ґрунту може здійснюватися відповідно до непрямих ознак – порушення структури природного фону навколишнього середовища на місці встановлення цього об'єкта (колір рослинності або ґрунту, мікрорельєф тощо). Фізично даний метод реалізується, як правило, відображаючи контраст у коефіцієнтах окремих хвилях оптичного випромінювання, сонця чи штучного освітлення (елементи фону). Можливі методи пошуку в цьому випадку: візуальний (включаючи використання оптичних засобів); мультиспектральний; фотографічний (аерофотографічний); телебачення; лазер.

Загальна характеристика електромагнітного методу виявлення ВНП полягає, в реєстрації спотворень первинного електромагнітного поля при попаданні в нього ВНП – внаслідок контрасту електромагнітних характеристик між ВНП і шаром ґрунту. Слід враховувати, що електромагнітне поле може бути природного або штучного походження. Електромагнітний метод виявлення ВНП в поверхневих шарах ґрунту включає [1]:

- електричний контактний метод виявлення;
- магнітометричний метод виявлення;
- індукційний метод виявлення;
- радіохвильовий метод виявлення;
- зондування радіолокації напівпровідників.

Недолік даного методу, як і у інших електричних контактних методах – велика трудомісткість. Механізувати пересування зондів досить важко, жорстке закріплення їх на рамі неможливе, оскільки потрібен різний механічний тиск на зонди для правильного занурення їх в ґрунт. Проте технічна реалізація методу нескладна.

Магнітометричний метод виявлення дозволяє зафіксувати просторові спотворення магнітного поля, що створюються феромагнітним об'єктом пошуку. Виявлення діелектричних, а також діамагнітних об'єктів з використанням цього методу неможливе. В той же час використання переносної апаратури із застосуванням цього методу усередині або поблизу сучасних споруд (будівель, мостів, аеродромних покриттів і т. д.) ускладнено із-за впливу сталевих елементів їх конструкцій (арматури, балок, труб і т. д.), що таким чином негативно впливає на виявлення ВВП. Іноді і в гірській місцевості, багатій металовмісними рудами (мінералізований ґрунт), використання магнітометрів складне або взагалі неможливе.

Індукційний метод виявлення металевих об'єктів є найбільш поширеним. Він широко використовується для виявлення саморобних вибухових пристроїв, що виконані з металу або мають окремі металеві елементи у своїй конструкції, причому метал може бути як феромагнітним, так і діамагнітним. Індукційний метод виявлення металевих об'єктів, ґрунтується на реєстрації вторинних полів вихрових струмів, які виникають в об'єктах під дією на них низькочастотного магнітного поля, яке утворює індукційний прилад. Магнітне поле приладу створюється за допомогою котушок, що живляться змінних елементів живлення або АКБ. Висока чутливість міношукача призводить до того, що на одну виявлену міну доводиться до 1001000 неправдивих сигналів, джерелами яких стають осколки і кулі, що знаходяться в землі. Це робить практично неможливим подальше використання приладу і примушує сапера використовувати саперний щуп і сантиметр за сантиметром прощупувати верхній шар ґрунту попереду.

Сьогодні існують три основні системи, які є найбільш поширеними та дозволяють сканувати поверхневі шари ґрунту це Geonics EM-38, Veris та Top Good Mapper.

Сканер EM-38 працює за допомогою принципу електромагнітної індукції. Сканер має дві котушки: одна для створення магнітного поля (котушка передавача), а інша для відстеження зовнішнього магнітного поля (котушка приймача). Первинне магнітне поле створюється в котушці передавача. Це поле проникає в ґрунт (і в будь-який інший об'єкт який знаходиться в ньому) і викликає там вихрові струми. Як результат, створюється «друге» магнітне поле, яке потім приймається котушкою приймача, яка розташована на іншому кінці пристрою. Для того, щоб сканувати таким сканером імовірно забруднену територію, його потрібно встановити на спеціальну платформу, а потім прикріплювати до транспортного засобу.

Сканер Veris надає більше можливостей, ніж EM-38. Він дозволяє визначити електропровідність на двох різних глибинах, при різній органічності речовини, кислотності ґрунту та катіонному метаболізмі.

Електропровідність визначається за допомогою шести дисків, які розміщуються в передній частині сканера. Два зовнішні диски призначені для сканування на глибині до 90 см. Чотири внутрішні диски скануються на глибині 30 см, при проведенні пошуку ВВП диски занурені в ґрунт. На основі даних, які отримуються під час сканування – будується карта електропровідності, яка допомагає виявити контури ВВП в ґрунті з різними фізичними властивостями. Вміст органіки в ґрунті визначається оптичним датчиком, який працює в червоних та інфрачервоних діапазонах, вимірювання проводяться на глибині 3-10 см. При цьому дані потрібно калібрувати, вибираючи зразки ґрунту в контрольних точках.

Topsoil Mapper – даний пристрій був розроблений австрійською компанією GeoProsports. Сьогодні Mapper Top Gox – це найсучасніший та зручний сканер. Система дозволяє вимірювати ущільнення, структуру та вологість ґрунту в режимі реального часу при цьому дані надсилаються на термінал транспортного засобу, який сканує. Mapper Top Gdoil дозволяє визначити властивості ґрунту на глибині до 1 м, його не потрібно

буксирувати - його встановлюють за допомогою спеціального кріплення на транспортному засобі. Також встановлюється захисний екран композитного матеріалу, який блокує електромагнітні коливання з транспортного засобу, він використовується для того, щоб уникнути впливу втручання на результати сканування [4].

Перевагою даної системи також є контролювання глибини обробки ґрунту під час роботи. Зібрані дані в режимі реального часу передаються безпосередньо на транспортний засіб на бортовий комп'ютера, а потім до блоку, що перебуває у ґрунті. Основна перевага Mapper Top Gode полягає в тому, що він безконтактний. Це дозволяє зменшити навантаження на ґрунт, а також значно прискорити процес сканування. Інші системи мають електродні диски, які потребують контакту з землею або рухаються на спеціальній платформі за транспортним засобом.

Також серед сучасних новітніх приладів для сканування ґрунту є система Groundshark, або «Земляна акула». Прилад – ергономічний, легко підлаштовується під сапера. Прилад сканує ґрунт на два метри в глибину. Має монітор, де візуалізовані результати ехолокації. Тобто, ми бачимо обриси предмету, щільність ґрунту, тощо. Цей прилад знаходить металеві та пластикові предмети, його можна налаштувати на певний клас чи розмір предметів, а ще він авторизує сапера, зчитує геолокацію, фіксує дані про потенційно небезпечні знахідки. Прилад працює автономно впродовж доби [3].

Отже, на сьогодні вивчено велику різноманітність методів виявлення ВВП у верхніх шарах ґрунту. До них належать електромагнітні методи, один з яких (РЛС, що проникає в землю) працюючи у тандемі з металозукачами. Акустичними методами можна відчутти порожнину, утворену оболонкою ВВП. Сенсори були розроблені для виявлення витоків пари від інженерних боєприпасів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Вибухонебезпечні предмети як елемент гібридних загроз: виклики та протидія. Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 27 квітня 2021 р.). Київ, НУОУ ім. Івана Черняхівського. 2021. 244 с.
2. Звезинський С.С. Метод магнітометричного виявлення вибухонебезпечних предметів. URL: [hcyberleninka.ru](https://hcyberleninka.ru) (дата звернення 04.09.2022 р.).
3. Розмінування Донбасу: Нацгвардія готує саперів. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/2752038-rozminuvanna-donbasu-nacgvardiya-gotue-saperiv.html> (дата звернення 04.09.2022 р.).
4. Сканери ґрунту. URL: <https://aggeek.net/ru-blog/skanery-pochvy--tochnye-sistemy-povysheniya-effektivnosti-zemledeliya> (дата звернення 04.09.2022 р.).

*V.V. Matukhno, PhD, NUCD of Ukraine*

*D.V. Світличний, NUCD of Ukraine*

## MODERN APPROACHES TO SCANNING THE SURFACE LAYERS OF THE SOIL IN THE SEARCH OF EXPLOSIVE OBJECTS

The methods of detecting explosive objects (hereinafter referred to as explosive ordnance detection) currently used in Ukraine are ineffective considering the scale of the allegedly contaminated areas. Therefore, it is necessary to develop more effective methods of detection and disposal of GNP based on modern achievements of technological progress.

Today, a wide variety of methods for detecting GNP in the upper layers of the soil have been studied. Among the most promising, there are three main systems that are the most common and allow scanning the surface layers of the soil, these are Geonics EM-38, Veris and Top Good Mapper.

*R.G. Meleshchenko, doctor of technical sciences, professor,  
National University of Civil Defence of Ukraine*

## **RISK OF DISRUPTION OF NORMAL CONDITIONS**

World experience in the field of protection of the population and territories from emergency situations (ES) indicates that the costs of measures to prevent emergencies are significantly lower than the costs of restoring the damage they cause. Prevention of emergencies is usually implemented by early implementation of a set of measures (preventive measures). The main ones are aimed at reducing the risk of emergencies, preserving the living conditions of people, as well as reducing damage to the environment. However, processes in the technogenic sphere (objects of energy, industry, transport, etc.) inevitably lead to the risk of emergencies and disruption of normal living conditions for the population. According to long-term global monitoring, the amount of harmful chemical compounds and substances emitted into the atmosphere by technical facilities is doubling approximately every ten years. At the same time, these statistics do not take into account accidents and emergencies, in the event of which the air pollution increases many times over. Therefore, the study of violations of normal living conditions in the event of an emergency due to the presence of pollutants in the air is one of the urgent problems at the present stage.

It is known that most of the objects of the technical sphere systematically pollute not only the atmospheric air, but also the surrounding areas with a variety of hazardous substances. At the same time, many catastrophic pollutions are caused by emergencies and accidents at facilities. Emergencies, for example, can also occur as a result of a sharp change in weather or climate as a result of anthropogenic activities, leading to an excess of the maximum permissible concentrations (MPC) of harmful impurities in the air. Such changes can be caused due to temperature inversion over cities, "oxygen" hunger in cities, the formation of an extensive zone of acid precipitation, the destruction of the ozone layer of the atmosphere, a significant change in the transparency of the atmosphere, and other factors. Atmospheric pollution has no territorial boundaries and can often be a source of emergencies, both instantaneous and delayed impact on humans. The greatest danger to human life and the environment is air pollution by substances such as nitrogen and carbon oxides, aldehydes, formaldehydes, the family of polycyclic hydrocarbons and other aromatic compounds related to toxic substances [1].

It should be noted that according to the World Health Organization (WHO), the levels of atmospheric air pollution (AP) exceed the recommended MPC for 92% of the world's population [2], and compared to all other environmental pollution (for example, water and soil), pollutants causes the highest number of deaths [3]. It is noted in [1] that due to climate change, an increase in general air pollution and the growth of new technologies in industry, the likelihood of emergencies increases significantly. In this regard, reducing the risk of dangerous pollutants is a particularly urgent problem. This paper indicates that in order to reduce mortality from pollutants, it is necessary to develop a reliable system for classifying emergencies. The validity and acceptability of the classification of emergencies is considered in [4].

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Wang-Kun Chen. Managing emergency response of air pollution by the expert system // *Air pollution – a comprehensive perspective*. 2012. P. 319–336. doi: 10.5772/50080
  2. World Health Organization (WHO). *Ambient (outdoor) air quality and health*. 2017. Available online: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en>
  3. Landrigan P.J., Fuller R., Acosta N. J. R., Adeyi O., Arnold R., Basu N., Baldé A. B., Bertollini R., Bose-O'Reilly S., Boufford J.I. *The Lancet Commission on pollution and health* // *The lancet*. 2017. V. 391 (10119). P. 462–512.
- Mladjan D., Cvetković V. M. *Classification of emergency situations* // *In Thematic Proceedings of International Scientific Conference «Archibald Reiss Days»*. 2013. P. 275–291.

Мельниченко А.С., НУЦЗУ  
Кустов М.В., доктор технічних наук, доцент, НУЦЗУ

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ДОСТОВІРНОСТІ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ МАСШТАБІВ ХІМІЧНОГО УРАЖЕННЯ

Відповідно до методики планування та проведення експериментів [1], дослідження по встановленню впливу осадження газу на динаміку його просторового розповсюдження проводились по три виміри при всіх однакових умовах. Якщо не спостерігалось у трьох вимірах суттєвих викидів, то для подальшого аналізу обиралося середнє значення. При виявленні викидів значень більше 25%, це значення не враховувалось та проводився додатковий вимір. Дисперсність водяного потоку складала 1 мм. При дослідженні варіювались два параметри – швидкість потоку повітря та інтенсивність подачі дисперсного потоку. З метою забезпечення безпеки роботи із небезпечними отруйними речовинами експериментальні дослідження проводились у засобах індивідуального захисту та у лабораторних умовах із постійним відводом забрудненого повітря (рис. 1).



Рис. 1. Заходи безпеки при проведенні експериментальних досліджень

З метою вирішення цієї задачі проведено експеримент типу  $2^2$ . Для побудови полінома другого порядку користувалися методом Бокса-Вільсона [1], відповідно до якого використали ортогональні плани першого порядку як ядро, на якому потім добудовували конструкцію плану другого порядку. Переведення натуральних змінних у кодовані представлено у табл. 1.

Табл. 1. Кодування даних

Рівень та інтервал зміни факторів	Швидкість повітряного потоку, м/с	Інтенсивність дисперсного потоку, л/с
Нульовий рівень, $x_i=0$	3	1,2
Інтервал зміни, $\delta_i$	2,5	1
Верхній рівень, $x_i=1$	5,5	2,2
Нижній рівень, $x_i=-1$	0,5	0,2
Кодове позначення	$X_1$	$X_2$



Нижній рівень значень швидкості повітряного потоку та інтенсивності дисперсного потоку пояснюється необхідністю забезпечення проведення досліджень при значеннях у «зіркових» точках, які становлять  $\pm \sqrt{2}$ .

Верхнє значення швидкості повітряного потоку пов'язане із результатами аналізу погодних умов на території України, згідно до якого  $\sim 80\%$  періоду року швидкість повітря не перевищує 5,5 м/с. Верхнє значення інтенсивності дисперсного потоку відповідає тактико-технічним характеристикам пристроїв для подачі рідини, що є в розпорядженні аварійно-рятувальних підрозділів.

Матриця двофакторного експерименту по визначенню впливу осадження газу на динаміку його просторового розповсюдження наведена в таблиці 2. Для порівняння результатів експериментів в табл. 2 також наведені результати чисельних розрахунків за тими ж параметрами.

**Табл. 2. Результати досліджень по осадженню аміаку**

Експеримент	X <sub>1</sub> (v)	X <sub>2</sub> (I)	Концентрація газу (експеримент) q <sub>e</sub> , г/м <sup>3</sup>	Концентрація газу (розрахунок) q <sub>m</sub> , г/м <sup>3</sup>
Планування типу 2 <sup>2</sup>	-1	-1	0,71	0,68
	+1	-1	0,65	0,67
	-1	+1	0,04	0,05
	+1	+1	0,11	0,09
Нульова точка	0	0	0,27	0,32

Графічна інтерпретація отриманих експериментальних даних із співставленням з результатами розрахунків за моделлю [2] представлено на рис. 2.

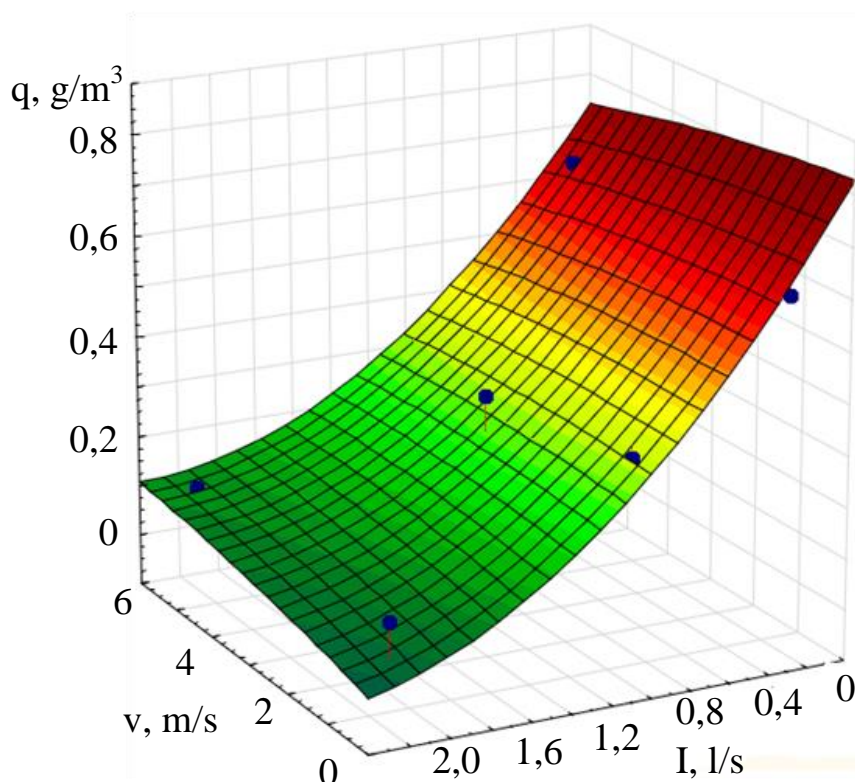
$$q = 0,106 \cdot I^2 - 0,001 \cdot v^2 - 0,6 \cdot I - 0,006 \cdot v + 0,013 \cdot I \cdot v + 0,827, \quad (1)$$

Перевірка адекватності моделі проводилась за критерієм Фішера:

$$F = \frac{s_{ad}^2}{s_0^2} \leq F_{(0.05; f_{ad}; f_y)}, \quad (2)$$

де  $s_{ad}^2 = \frac{\sum_{u=1}^m (y_u^- - y_u)^2}{n - k - 1}$ ;  $s_0^2$  – дисперсія нульової гіпотези;  $y_u$  – розрахункове значення відклику в  $u$ -му досліді;  $F_{(0.05; f_{ad}; f_y)}$  – критерій Фішера за 5% – го рівня значущості;  $f_{ad}$  – число ступенів свободи дисперсії адекватності;  $f_y$  – число ступенів свободи дисперсії відтворення.

$$F = 1,976 < F_{(0.05; f_{ad}; f_y)} = 2,164. \quad (3)$$



**Рис. 2.** Розподіл концентрації аміаку при різній швидкості повітряного потоку ( $v$ ) та інтенсивності дисперсного потоку рідини ( $I$ ): поверхня – розрахункові данні за моделлю [2]; крапки – експериментальні данні.

Відповідно перевірка адекватності моделі прогнозування масштабів хімічного ураження за умов осадження небезпечної хмари [2] дала позитивний результат.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Freeman, L., Ryan, F., Kensler, J., Dickinson, R., Vining, G. (2013). A Tutorial on the Planning of Experiments. *Quality Engineering*, 25(4), 315–332. doi: 10.1080/08982112.2013.817013
2. Melnichenko, A., Kustov, M., Basmanov, O., Tarasenko, O., Bogatov, O., Kravtsov, M., Petrova, O., Pidpala, T., Karatieieva, O., Shevchuk, N. (2022). Devising a procedure to forecast the level of chemical damage to the atmosphere during active deposition of dangerous gases. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(10(115)), 31–40. doi: 10.15587/1729-4061.2022.251675

*Melnichenko A.S., National University of Civil Protection of Ukraine.*

*Kustov M.V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, National University of Civil Protection of Ukraine.*

#### EXPERIMENTAL VERIFICATION OF THE RELIABILITY OF THE CHEMICAL INJURY SCALE PREDICTION MODEL

Annotation. An experimental verification of the adequacy of the theoretical model of the spread of hazardous gases in the air stream during its intensive deposition by dispersed jets was carried out. The comparative analysis of the results of the performed experiments is included in the confidence interval calculated according to the Fisher test with a reliability of 0.95. This proves the reliability of previously developed mathematical models of sorption of dangerous gases. The results of the experiments confirmed the high intensity of ammonia sorption by the water stream and demonstrated that the use of water curtains can significantly reduce the extent of damage to the atmosphere by hazardous gases.

*A Myroshnychenko, R. Shevchenko Doctor of Technical Sciences, prof.  
National University of Civil Defence of Ukraine Kharkiv, Ukraine  
M. Divivzinyuk Doctor of Physical and Mathematical Sciences, prof.  
Institute of Environmental Geochemistry of the NAS of Ukraine*

## **METHODOLOGICAL BASIS OF THE FORMATION OF A MATHEMATICAL APPARATUS FOR WARNING OF EMERGENCY SITUATIONS AT CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES**

One of the most important elements of the critical infrastructure of any country is the transport infrastructure [1]. Ukraine is no exception. Moreover, the high percentage of technical neglect and the lack of appropriate amounts of funding for infrastructure renewal processes lead to the acceleration of dangerous phenomena at these facilities [2]. A special role is played by the factors of anthropogenic influence on the safety of objects of the critical infrastructure of railway transport. The latter include possible terrorist acts [3].

Analysis of the consequences of emergency situations of a terrorist nature at railway transport facilities, both in the leading countries of the world and in developing countries and Ukraine, prove that the course of the emergency situation in the event of the discovery of an explosive device at the facility is determined by the following chronology of interdependent events, namely: search and identification of an explosive device, localization and disposal of an explosive device, actions after the end of work, which in the event of an emergency situation are accompanied by additional measures to eliminate it.

On the other hand, the analysis of the existing technical equipment of the special services of Ukraine for the neutralization of terrorist devices at railway transport facilities shows the absence today of both effective engineering and technical means and, accordingly, methodological support, namely a set of methods for preventing emergency situations of a terrorist nature with using explosive devices at railway transport facilities [4].

Therefore, there is a problem with the formation of effective methodological approaches, mathematical models and methods, with the prevention of emergency situations of a terrorist nature at railway transport facilities.

The level of the terrorist threat in the world is currently quite high. It affects both countries where armed conflicts continue (primarily in the Middle East and Africa) and Western countries, which until recently were considered quite safe due to the developed system of law enforcement agencies and special services.

In the work [5], the authors emphasize that countering this threat is becoming more and more difficult, given that international terrorism is a phenomenon that has no geographical boundaries and not only poses a danger to individual countries, but also calls into question the stability of the international legal order and the ability to face challenges from international terrorist organizations. Despite the rather clear tasks, the authors ignore the possibility of forming unified approaches to the prevention of the existing threat.

The work [6] examines the peculiarities of terrorist activities inherent in quasi-state entities that claim an independent role in the system of international relations. However, general conclusions regarding the formation of a system of warning against such threats at critical infrastructure facilities are not given in the work.

In the work [7], the authors consider operational actions related to the localization of explosive objects from the point of view of the analysis of the existing combat work algorithms of the personnel of the pyrotechnic unit. However, the peculiarities of the actions of personnel in railway tunnels remained out of the attention of researchers.

Instead, work [8] considered the issue of explosive damage to pyrotechnicians in the zone of liquidation of a possible emergency in a railway tunnel. However, the given recommendations refer only to the determination of the dangerous distance of work, which does not allow their

application in the formation of technical conditions for the creation of means of collective protection.

In work [9], we are talking about the effectiveness of the use of personal protective equipment for sappers of different classes. However, the issue of using the obtained data during work in railway tunnels remains neglected.

In work [10], the authors emphasize that today the greatest difficulties arise during the detection and neutralization of an explosive device in a railway tunnel. However, the range of various issues of working with specialized protective devices of collective protection are not considered.

The authors in work [11] note that the use of explosives around the world during terrorist acts has revived interest both in the study of explosions and in the study of ways to prevent or mitigate harm from the use of explosives. However, the fact that most information falls into the category for official use hinders the creation of commonly used methodological approaches.

In the work [12], the authors rely on empirical research methodology. However, this approach does not allow obtaining a fairly significant array of data, due to the difficulties of the process of regeneration of experimental equipment during explosive experiments. Thus, the collection of statistical data for generalization is a rather serious separate scientific task.

The work [13] presents theoretical studies in the field of explosion protection, namely, the authors investigate how loads from explosive and shock waves spread when they pass through an environment that has a different physical composition. However, the conditions arising in the railway tunnel environment are not considered in the work.

The work [14], which presents theoretical studies in the field of explosion protection taking into account various geometric shapes of the reflective surface, is quite close in content to the previous work. However, as in the previous work, the geometric surfaces inherent in railway tunnels are not considered in the work.

In work [15], the authors considered the issue of warning from another angle. Namely, mitigating mechanisms for minimizing impact damage and explosive load were investigated. However, the recommendations refer to already existing protection systems, which does not allow their application in the development of innovative collective protection systems.

Thus, it was noted in [16] that the basis of specific operational recommendations should, as a rule, be the results of mathematical modeling of complex explosion scenarios. At the same time, most of the existing mathematical models presented in the work are based on the solution of Euler's conservation equation for mass, energy and momentum.

At the same time, each time a new package of applied programs is actually created to solve the developed mathematical model, which in turn illuminates the unsolved part of the previously mentioned problem, namely, related to the creation of a unified mathematical apparatus for researching the processes of preventing terrorist emergencies at critical objects infrastructure, namely directly in railway tunnels.

## REFERENCES

1. Wray, C. (2017). Keeping America Secure in the New Age of Terror. *Statement Before the House Homeland Security Committee*. Washington, D.C. November 30, 2017. Retrieved from: <https://www.fbi.gov/news/testimony/keeping-america-secure-in-the-new-age-of-terror>.
2. Gus, M. (2017). *Understanding Homeland Security*. Los Angeles : SAGE, 456 pp.
3. Lundberg, R. (2019). Archetypal Terrorist Events in the United States. *Studies in Conflict & Terrorism*. 42:9, 819–835. doi: <https://doi.org/10.1080/1057610X.2018.1430618>.
4. Mauroni, A. (2019). The rise and fall of counter proliferation policy. *The Nonproliferation Review*. 26:1-2, 127–141. doi: <https://doi.org/10.1080/10736700.2019.1593691>.
5. Skilling, L. & Zapasnik, M. (2017). Addressing the Explosive Hazard Threat in Northern Syria: Risk Education on Landmines, UXO, Booby Traps, and IEDs. *Journal of Conventional Weapons Destruction*. Vol. 21. Iss. 2. Article 14. Retrieved from: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss2/14>.

6. Xiao, T., Horberry, T. & Cliff, D. (2015). Analysing mine emergency management needs: a cognitive work analysis approach. *International Journal of Emergency Management (IJEM)*. Vol. 11. No. 3, 191–208. Retrieved from: <http://www.inderscience.com/offer.php?id=71705>.
7. Toan, D. Q. (2015). Train-the-Trainer Trauma Care Program in Vietnam. *Journal of Conventional Weapons Destruction*. Vol. 19. Iss. 1. Article 9. Retrieved from: <http://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol19/iss1/9>.
8. Smith, A. (2017). An APT Demining Machine. *Journal of Conventional Weapons Destruction*. Vol. 21. Iss. 2. Article 15. Retrieved from: <http://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss2/15>.
9. Hadjadj, A. & Sado, O. (2013). Shock and blast wave mitigation. *Shock Waves*. Vol. 23, 1–4. doi: <https://doi.org/10.1007/s00193-012-0429-0>.
10. Tyas, A., Rigby, S. E. & Clarke, S. D. (2014). Preface on special edition on blast load characterization. *International Journal of Protective Structures*. Vol. 7. Iss. 3, 302–304. doi: <https://doi.org/10.1177/2041419616666340>.
11. Blakeman, S. T., Gibbs A. R. & Jeyasingham, J. (2012). A study of mine resistant ambush protected (MRAP) vehicle as a model for rapid defence acquisitions. *MBA Professional Report Monterey Naval School*. Retrieved from: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a493891.pdf>.
12. Sherkar, P., Whittaker, A. S. & Aref, A. J. (2012). Modeling the effects of detonations of high explosives to inform blast-resistant design. *Technical Report MCEER-10-0009*. Retrieved from: <http://mceer.buffalo.edu/pdf/report/10-0009.pdf>.
13. Armor Thane Reduces the Impact from Bombs and Bullets. Retrieved from: <https://www.armorthane.com/protective-coating-applications/blast-mitigation-protection.htm>.
14. Togashi, E., Baum, J. D., Mestreau, E., Löhner, R. & Sunshine, D. (2012). Numerical simulation of long duration blast wave evolution in confined facilities. *Shock Waves*. Vol. 20, 409–424. doi: <https://doi.org/10.1007/s00193-010-0278-7>.
15. Snyman, I. M., Mostert, F. J. & Olivier, M. (2016). Measuring pressure in a confined space. *27th international symposium on ballistics*, 22–26.
16. Anthistle, T., Fletcher, D. I. & Tyas, A. (2016). Characterization of blast loading in complex, confined geometries using quarter's symmetries per mental methods. *Shock Waves*. Vol. 26(6), 749–757. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00193-016-0621-8>.

*А. Мирошніченко, Р. Шевченко д.т.н., проф.*

*Національний університет цивільного захисту України м. Харків, Україна*

*М. Дівізніюк д.ф.-м.н., проф..*

*Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України*

## **МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО АПАРАТУ ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

Встановлена необхідність усунення наявних виявлених обмежень математичного апарату. А саме необхідно запропонувати варіанти нормативів для оцінювання оперативних дій піротехніків у літній та зимовий час та за наявності додаткових ускладнюючих факторів небезпеки, на шталт можливості хімічного, радіаційного або бактеріологічного ураження.

Визначено, що отримані результати дозволяють у подальшому розробити низку практичних рекомендацій по вдосконаленню діючих стандартних оперативних процедур з локалізації надзвичайних ситуацій терористичного характеру в тунелях залізничного транспорту з метою недопущенню переростання їх до більш високого рівня небезпеки.

*Несен І.О., ад'юнкт ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЗЦ України; Єлагін Г.І., к.х.н., с.н.с., інженер НДЛ інновацій у сфері цивільної безпеки ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЗЦ України; Алексеева О.С., канд. техн. наук, доцент, провідний н. сотр. НДЛ інновацій ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЗЦ України, Алексеев А.Г., к.х.н., доцент, професор кафедри ОЗЦЗ ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЗЦ України; Копитін Д.Е., науковий співробітник НДЛ інновацій у сфері цивільної безпеки ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля; Ножко І.О., канд. пед. наук, науковий співробітник відділу організації наукової діяльності ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЗЦ України*

## **РОЗРОБКА ЗАСОБІВ ДЛЯ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПОШИРЕННЯ ПОЖЕЖ НА ТОРФОВИЩАХ**

На відміну від минулих століть, в теперішній час вважається, що болота не можна бездумно осушувати. В них необхідно зберігати певний баланс вміщення вологи, навіть штучно. На жаль, болота, що висохли природним шляхом або осушені людиною, займають значні території у всіх частинах світу. Осушені болота з акумуляторів вуглекислого газу перетворюються на потужне джерело його утворення, забруднюючи атмосферу. Ще більшої шкоди завдає неконтрольоване горіння торфу, яке дуже важко і складно гасити. Попередження поширення такої пожежі, або своєчасне придушення її, набуває особливого значення.

На сьогоднішній день основні рекомендації з попередження поширення пожеж торф'яників зводяться до трьох моментів: робота з населенням, обладнання протипожежних розривів і заводнення торф'яників. Робота з населенням помітних успіхів не приносить. Обладнання протипожежних розривів і заводнення торф'яників вимагають дуже великих зусиль і коштів. До того ж, їх необхідно періодично, кожні два-три роки відновлювати або повторювати.

Розробка відносно недорогих і екологічно безпечних засобів попередження поширення пожеж на торфовищах – завдання актуальне з усіх точок зору.

Виникає питання, як попередити поширення пожежі, якщо вона часто поширюється під поверхнею. Але, виникає вона, як вважають більшість спеціалістів, майже завжди на поверхні, і виникає частіше усього з вини людини. Самозаймання тут є маловірогідним, та й то можливе воно лише в місцях торфорозробок, де торф осушений і подрібнений. Тобто, в загальному випадку спочатку вогонь виникає в певному осередку на поверхні, а вже потім поширюється і по поверхні і в глибину. Іншими словами, фізико-хімічний механізм виникнення тут пожежі полягає не в самоспалахуванні, а в спалахуванні примусовому. І первинний осередок пожежі розташований на поверхні.

Це означає, що для попередження поширення такої пожежі її треба придушити в самому початку і придушити саме на поверхні. Постійно тримати поверхню зволоженою, особливо в спекотну погоду, практично неможливо. Необхідно застосувати інший спосіб захисту поверхні, причому такий, який не вимагатиме постійної участі обслуговуючого персоналу, був би відносно недорогим і екологічно безпечним. Гіпотетично, в якості профілактики можна було б розсіяти на поверхні торфовища певну кількість вогнегасного порошку. Але всі вогнегасні порошки являють собою композицію, основною діючою речовиною якої є водорозчинна сіль. Отже, перший же дощ, або перша ж роса виміє цю сіль у нижчі шари, залишивши поверхню без захисту.

В Черкаському інституті пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля протягом останніх років розробляються засоби для гасіння пожеж рідин, розлитих на поверхні водойми, які діють за фізико-хімічним механізмом інгібування [1-10]. Засоби являють собою вогнегасні солі, іммобілізовані тонким шаром на внутрішній поверхні високопористого носія. В якості носія використовуються спучений вермікуліт, або тирса деревини. В якості вогнегасячої компоненти-амоній та діамонійфосфат. Співвідношення носій:сіль обрано таким, щоб засіб мав насипну масу, меншу за 0,8-0,9 г/см<sup>3</sup>, і завжди залишався на поверхні рідини, тобто в зоні горіння.

Той же принцип використання високопористого носія з іммобілізованими в порах вогнегасячими компонентами - покладено в основу засобів для попередження поширення пожеж на торфовищах, які розробляються останніми роками. Ситуація тут навіть простіша: не треба піклуватися про регулювання насипної маси, можна ввести стільки вогнегасячої компоненти, скільки носій здатен іммобілізувати. Знаходження вогнегасної компоненти у вузьких порах носія перешкоджає вимиванню її дощовою водою і, в той же час, забезпечує вихід цієї компоненти на поверхню носія за рахунок десорбції при підвищенні температури. Передбачається, що такий засіб треба буде вносити один раз на три-чотири роки в період після танення снігового покриву, тобто в березні-квітні. Він буде досить довгий час залишатися на поверхні торфу, попереджаючи поширення горіння. Крім усього іншого, компоненти такого засобу екологічно нешкідливі. Спучений вермікуліт використовується у сільському господарстві для структурування ґрунтів, деревна тирса є природним матеріалом, а вогнегасячі солі (амоній фосфат і ін.) є, по суті, мінеральними добривами.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Г.І.Єлагін, М.А.Кришталь, Р.А.Палагін. Вогнегасний засіб. Деклараційний патент на корисну модель №91400. Опубл. 10.07.2014 р. Бюл. № 13/2014.
2. Г.І.Єлагін, М.А.Кришталь, Р.А.Палагін. Спосіб виробництва вогнегасного засобу. Деклараційний патент на корисну модель №91399. Опубл. 10.07.2014 р. Бюл. № 13/2014.
3. Г.І.Єлагін, І.О. Ющук, Є.О.Тищенко, О.С.Алексєєва. Вогнегасний засіб. Деклараційний патент на корисну модель №136531. Опубл. 27.08.2019 р. Бюл. № 16/2019.
4. Г.І.Єлагін, І.О.Ющук, Є.О.Тищенко, О.С.Алексєєва. Спосіб виготовлення вогнегасного засобу. Деклараційний патент на корисну модель №136533. Опубл. 27.08.2019 р. Бюл. № 16/2019.
5. Г.І.Єлагін, О.М.Нуянзін, Є.О.Тищенко, О.С.Алексєєва, В.В.Наконечний. Вогнегасний засіб. Деклараційний патент на корисну модель №141869. Опубл. 27.04.2020 р. Бюл. № 8/2020.
6. Г.І.Єлагін, О.М.Нуянзін, Є.О.Тищенко, О.С.Алексєєва, В.В.Наконечний. Спосіб виготовлення вогнегасного засобу. Деклараційний патент на корисну модель №141870. Опубл. 27.04.2020 р. Бюл. № 8/2020.
7. Г.І.Єлагін, Є.О.Тищенко, О.С.Алексєєва, В.В.Наконечний, А.Г.Алексєєв. Спосіб виготовлення генератора вогнегасного аерозолу Деклараційний патент на корисну модель №147259. Опубл. 21.04.2021. Бюл. № 161/2021.

*Nesen I. O., Yelagin H. I., Candidate of chemical science, senior researcher officer, Alekseeva O. S., Candidate of technical sciences, docent, Alekseev A. G., Candidate of chemical science, dotsent, Nozhko I. O., Candidate of pedagogic sciences, Kopytin D. E., Cherkasy Institute of Fire Safety named after Heroes of Chernobyl of the National University of Civil Defense of Ukraine*

#### **DEVELOPMENT OF TOOLS FOR PREVENTING THE SPREAD OF FIRE IN PEATLANDS**

In contrast to past centuries, nowadays it is believed that swamps cannot be thoughtlessly drained. It is necessary to maintain a certain balance of moisture content in them, even artificially. Unfortunately, swamps that have dried up naturally or have been drained by humans occupy large areas in all parts of the world. Drained swamps from carbon dioxide accumulators turn into a powerful source of its formation, polluting the atmosphere. Even more damage is caused by uncontrolled burning of peat, which is very difficult and difficult to extinguish.

**STUDY OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE MATERIAL FROM WHICH CAPSULES ARE MADE FOR THE DISCRETE DELIVERY OF FIRE-EXTINGUISHING SUBSTANCES**

Study of the mechanical properties of the material from which capsules for discrete delivery of fire-extinguishing[1] substances are made is an important problem to be solved. The research methodology is shown in Fig. 1.

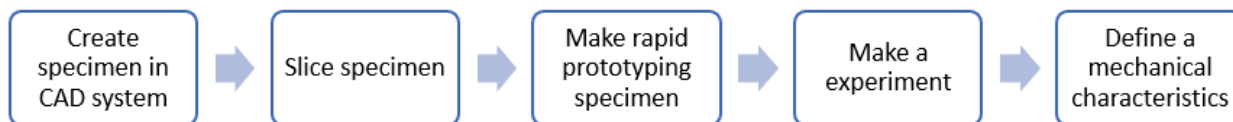


Fig.1 The research methodology

1. On the first step specimen was created in CAD system due to standards and save it in .STL format.
2. Using the special software (CURA) make a slice model of specimen.
3. Make rapid prototyping of specimens due to FDM technology in 3D-printer.
4. Make a series of experiments of tensile test.
5. Define a mechanical characteristic of material due to results of experiment.

PLA-plastic (polyactide) - biodegradable plastic for 3D printing by layer-by-layer deposition. The basis of the material are natural ingredients: corn, sugar cane, starch, cellulose. In its natural form, PLA-plastic is transparent. It can be painted in any color, if desired - while maintaining transparency.

The sketch of specimen for CAD- model with main dimensions is shown on fig.2.

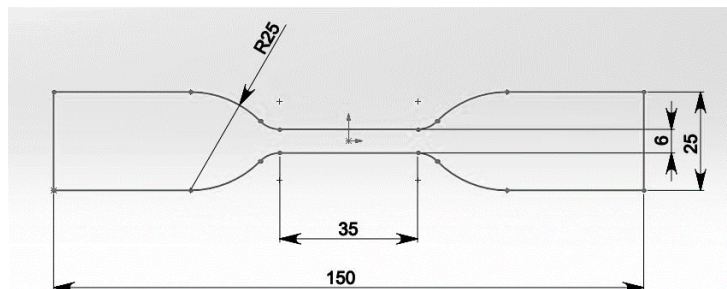


Fig.2 The sketch of specimen

Specimen of the form in Fig.2 has a total length of 150 mm, the width of the working part 6 mm, the length of the working part 35 mm and the thickness of the specimen 2 mm.

On the next stage 3D model is converted into sliced model for 3D-printer. Mechanical properties of object are depended on way of slicing model. The way of slicing is controlled density of final physical model. In that research is chosen full-filled model with linear longitudinal filling. Sliced model in CURA software is shown on fig.3.

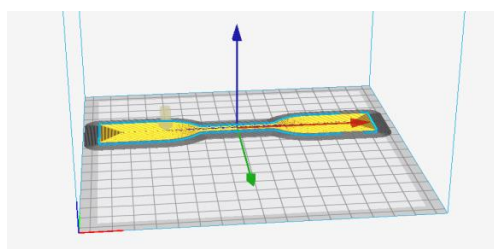


Fig.2 The sliced model of specimen



The characteristics for 3D print are shown in table 1.

Parameter	Value
Temperature of table	60 <sup>0</sup> C
Temperature of extruder	200 <sup>0</sup> C
Speed of print	50 mm/c
High of slice	0.2 mm

Table 1. The characteristics of 3D print

The tensile test was carried out according to ISO 527-2: 2012 Plastics - Determination of tensile properties - Part 2: Test conditions for molding and extrusion plastics. In this case, the following parameters are determined:

1. Breaking stress  $\sigma_p$  and yield stress  $\sigma_T$ , which are calculated as the ratio of the corresponding forces to the initial cross-sectional area  $F_0$  of the specimen;

2. Elongation at break  $\varepsilon_p$  and relative elongation corresponding to the yield point  $\varepsilon_T$  in percent, defined as the ratio of the corresponding absolute deformations to the initial length  $l_0$  of the working part of the specimen.

The load, which determines the yield point, is measured at the first moment of the increase in deformation, which occurs without a noticeable increase in the load.

The tests were carried out on a FP 100/1 testing machine (Fig.4). The speed of movement of the movable gripper was 30-40 mm / min. The tests were carried out at a temperature of 20-22<sup>0</sup> C.

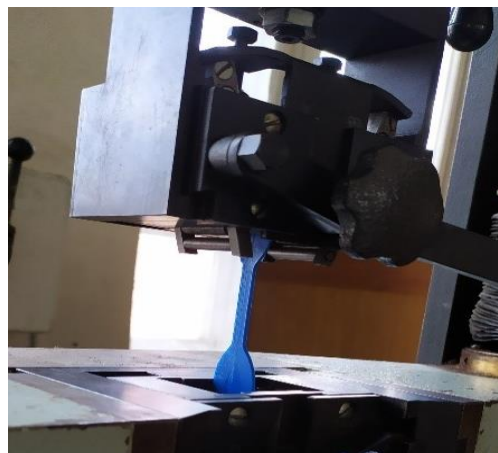


Fig.4 FP 100/1 testing machine

During the stretching of the specimen, a recorder diagramming device recorded a diagram in the coordinates "load-elongation" on a scale for deformation of 10: 1 at a load scale of 0-2000 N. At the same time, the values of the loads (by the force meter) and the corresponding deformations were counted for the characteristic points. Based on the data obtained, the mechanical characteristics are calculated.

As a result of a series of 10 tests, identical curves were obtained. The fracture of the specimens is transverse, in the working zone from above, occurred at a load value equal to 730 N.

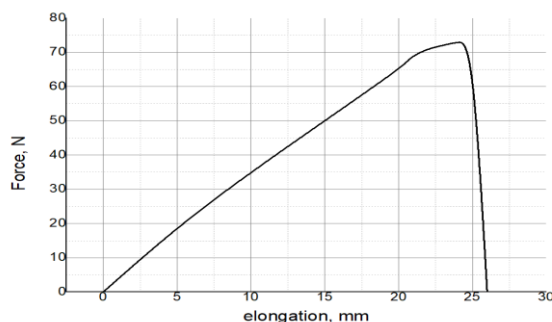


Fig.5 Tensile diagram



Fig.6 Specimen after experiment

Mean value of maximum stress  $\sigma_{\max} \approx 60.8 \pm 2,1$  MPa, relative elongation  $\varepsilon \approx 5.7\%$ .

The work investigated the tensile strength of a series of 10 samples in the form of a double-sided blade, printed on a 3D printer with the following characteristics: filling - 100%, extruder temperature - 200 °, table temperature - 60 °, layer thickness - 0.2 mm, speed - 50 mm / from. Typical dimensions of the working part of the sample: length - 35 mm, width - 6 mm, thickness - 2 mm. The break for all samples is transverse in the working zone from above. Tension diagrams are obtained. The average value of the maximum stress  $\sigma_{\max} \approx 60.8 \pm 2.1$  MPa, elongation at break  $\varepsilon \approx 5.7\%$ .

## References

1.Larin, O., Potopalska, K., Polivanov, O., Nazarenko, S., Kalynovskyi, A. (2021). Probabilistic modelling of Container for Discrete Delivery of Extinguishing Agents based on a set of computational simulations // IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek) P. 634-638 doi: 10.1109/KhPIWeek53812.2021.9570100

*О.Г.Поліванов, ад'юнкт, Національний університет цивільного захисту України*  
**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛУ, З ЯКОГО  
 ВИГОТОВЛЕНО КАПСУЛИ ДЛЯ ДИСКРЕТНОЇ ДОСТАВКИ ВОГНЕГАСНИХ  
 РЕЧОВИН**

**Анотація.** Технології адитивного виробництва продовжують розвиватися надзвичайно швидко. Своєю можливістю відтворення будь-якої заданої складної геометричної форми вони перевершують традиційні технології виробництва. Незважаючи на швидкий розвиток і розповсюдження, все ще є області, які вимагають особливої уваги для вивчення поведінки матеріалів для 3D-друку з яких можливо виготовлювати капсули для дискретної доставки вогнегасних речовин в осередок пожежі. У цій роботі представлено метод визначення механічних властивостей PLA пластику для 3D-друкованих деталей. Для цього був проведений повномасштабний експеримент із зразками, створеними методом 3D-друку. Після проведення випробування на розтягування була визначена діаграма розтягування.

Пономарьов К.А., НУЦЗ України  
НК – Дурсев В.О., канд. техн. наук, доцент НУЦЗ України

## ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕГУЛЯТОРА АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ ПОЖЕЖОГАСІННЯ

Застосування систем протипожежного захисту (СПЗ) дозволяє знизити час на виявлення, локалізацію та ліквідацію пожежі. Необхідність використання в СПЗ спеціальних вогнегасних речовин, добавок, піноутворювачів і особливих газових вогнегасних складів може значно подорожчати або ускладнити ліквідацію пожежі чи її наслідків в повному обсязі, особливо якщо запас таких компонентів обмежений.

Так, збільшення зони горіння призводить до спрацювання додаткових органів системи пожежогасіння, що вимагає як зміни режиму роботи основного водоживлювача, так і додаткового збільшення подачі піноутворювача і добавок до вогнегасної речовини системою дозування.

Застосування адаптивних систем безпеки (АСБ) дозволяють забезпечити ліквідування пожежі при менших витратах вогнегасної речовини та зменшити наслідки її застосування за рахунок зворотного зв'язку за результатами пожежогасіння.

Для зниження витрат і раціонального використання дорогих вогнегасних речовин і компонентів, в АСБ застосовуються клапанні виконавчі механізми, що працюють в імпульсному режимі. Алгоритм і режим їх спрацювання визначається тривалістю імпульсу, який формується керуючим вхідним сигналом, та залежить від інтенсивності протікання пожежі.

Розглянемо систему автоматичного регулювання 3-го порядку, що описує адаптивну систему протипожежного захисту, яка складається з інерційного П-регулятора, з характерними особливостями (гістерезис і розрив характеристики), інерційного пропорційного виконавчого механізму (ВМ) і інерційного пропорційного об'єкту управління (ОУ) [1].

Розглянемо рух робочої точки при випадковій зміні регульованого параметру (РП), у разі одностороннього розриву статичної характеристики регулятора.

Вважаємо, що точка "1" відповідає рівноважному режиму. Тоді, при випадковому зменшенні РП, рівноважний режим зміщується горизонтально від "1" до "2", проходячи зону нечутливості відповідно до розрахункової величини гістерезису  $\Delta u_{ГІС.Р}$ . У точці "2" РФ змінюється східчасто і набуває значення, що відповідає новій лінії "прямого" ходу характеристики регулятора (точка "3").

Ступінчасту зміну (кидок) РФ визначимо по формулі:

$$\Delta m_k = [\Delta u_{ГІС.Р} - \Delta u_{ГІС.Д}] \cdot K_{РЕГ} \cdot \frac{m_{баз}}{y_{баз}}, \quad (1)$$

де  $\Delta u_{ГІС.Р}$  – розрахункова величина гістерезису;  $\Delta u_{ГІС.Д}$  – дійсна величина гістерезис;  $u_{БАЗ}$  – базисна величина регульованого параметру.

Розрив характеристики регулятора і "кидок" РФ моделюється формуванням ступінчастою еквівалентною добавкою до помилки регулювання:

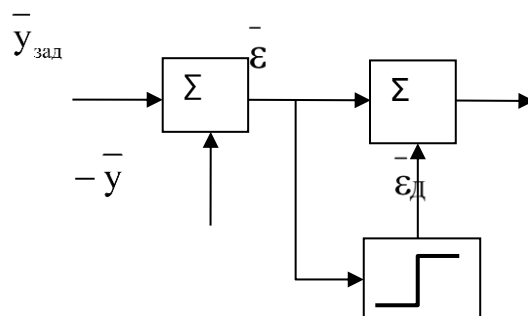
$$\varepsilon_{Д} = \frac{\Delta u_{ГІС.Р} - \Delta u_{ГІС.Д}}{y_{баз}} = \overline{\Delta u}_{ГІС.Р} - \overline{\Delta u}_{ГІС.Д}, \quad (2)$$

де  $\overline{\Delta u}_{\text{ГІС.Р}}$  – відносний розрахунковий гістерезис регулятора;  $\overline{\Delta u}_{\text{ГІС.Д}}$  – відносний дійсний гістерезис регулятора реального ВМ.

Для одностороннього розриву характеристики, "добавка" формується при односторонньому виході робочої точки із зони нечутливості, а при двосторонньому розриві "добавка" формується при виході робочої точки із зони нечутливості в обидві сторони.

Для одностороннього розриву характеристики, "добавка" формується при односторонньому виході робочої точки із зони нечутливості, а при двосторонньому розриві "добавка" формується при виході робочої точки із зони нечутливості в обидві сторони.

На рис. 1. показано релейний блок, що моделює розрив характеристики регулятора.



**Рис. 1. Структурно-динамічна модель урахування розриву характеристики регулятора**

Остаточно, нелінійні особливості реального П-регулятора врахуємо у виді: сили сухого тертя – ширина зони нечутливості вимірювального пристрою (гістерезис); розриви характеристики першого роду із-за можливих відхилень розмірів, дефектів, засмічення і зносу – східчастої добавки до помилки регулювання

## ЛІТЕРАТУРА

1. Дерев'янка О. А., Литвяк О. А., Дурєєв В. О. Дослідження застосування широтно-імпульсного управління інерційними об'єктами в сучасних адаптивних системах безпеки. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2020. № 31. С. 68 – 77. (ISSN 2524-0226). Режим доступу: <http://pes.nuczu.edu.ua/images/arhiv/31/6.pdf>.

*K. Ponomariov, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*  
*V. Durieiev, PhD, Associate Professor of the Department, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

## DETERMINATION OF ADAPTIVE FIRE EXTINGUISHING SYSTEM REGULATOR PARAMETERS

The structural dynamic scheme of the real proportional regulator is presented, taking into account the nonlinear features, as well as the results of the study of the influence of the nonlinear features of the real proportional regulator on the dynamics of automatic regulation systems of promising adaptive fire protection systems

**Keywords:** fire protection system, adaptive security system, automatic regulation system.

*О.В. Поступна, доктор наук з державного управління, професор, ННВЦ НУЦЗ України*

*О.В. Степанко, кандидат наук з державного управління, НУЦЗ України*

## **ЗАХИСТ ОСВІТИ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ: НОВІ ВИКЛИКИ ТА ЗАГРОЗИ**

Початок другого десятиріччя ХХІ століття формує нові характеристики української освіти (гнучкість, відкритість, адаптивність), які суттєво змінюють її та дозволяють функціонувати в нових реаліях. Першим викликом для освіти стало введення карантину на всій території України у зв'язку з поширенням гострої респіраторної хвороби COVID-19 (коронавірусної пандемії), спричиненої в результаті чого було змінено режим навчання з очного на дистанційний. Другим викликом стала відкрита російська збройна агресія проти України, в результаті якої було припинено або змінено звичний формат навчання для здобувачів освіти. Отже, і в першому, і в другому випадку заклади освіти та освітні установи вимушені функціонувати в умовах надзвичайних ситуацій (далі – НС).

Хотілось би зауважити, що у ст. 2 Кодексу цивільного захисту України (далі – Кодекс) надається визначення терміну «надзвичайна ситуація» та розглядається, 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... небезпечною подією, що призвела (може призвести) до виникнення загрози життю або здоров'ю населення, великої кількості загиблих і постраждалих, завдання значних матеріальних збитків...» [2]. Серед видів НС у ст. 5 Кодексу визначено соціальні і воєнні.

Соціальними НС вважаються розповсюджені в державі НС, що загрожують життю і здоров'ю людей. Виходячи з визначення та класифікації НС, до соціальних можна віднести коронавірусну пандемію, в результаті якої, за даними МОЗ України, станом на 15 лютого 2022 р. в нашій країні померло 105 229 людей [7], а значна кількість людей, які перехворіли на COVID-19, мають важкі довготривалі наслідки, пов'язані зі здоров'ям. Причому не можна стверджувати, що в 2022 р. Україна справилась з даною епідемією. Навпаки, МОЗ України сьогодні фіксує нові випадки захворювання та, на жаль, летальні випадки. Отже, коронавірусна інфекція нікуди не зникла, відбувається її модифікація, яка пробиває імунітет людини, навіть тих, хто вже хворів на цю хворобу. Тож суспільству потрібно бути готовими до нової хвилі епідемії, у тому числі й закладам освіти.

Нагадаємо, що з початку оголошення пандемії українська освіта вимушена була швидко зреагувати на виклики. Так, у березні 2020 р. в Україні було оголошено карантин та заборонено відвідування здобувачами закладів освіти. Освітній процес було переведено в дистанційний формат, який передбачає використання цифрових технологій усіма його учасниками. Однак, на практиці українська освіта виявилась не готовою до цих викликів. Вже першій період карантину дозволив виявити певні проблеми: цифрова нерівність (відсутність, низький рівень якості доступу до комп'ютерної мережі, виходу до мережі Інтернет); матеріальна, соціально-психологічна невідповідність здобувачів освіти до навчання в умовах онлайн-освіти; відсутність мотивації й самоорганізації у більшості здобувачів освіти; виникнення психологічних наслідків у результаті тривалої соціальної ізоляції; неготовність працівників освіти до використання цифрових технологій, можливостей кейсового навчання; неоднакові можливості батьків допомагати у навчанні своїм дітям; втрата можливості отримувати безкоштовне харчування дітям-пільговикам тощо [6]. Інші періоди дозволили всім учасникам освіти зайнятися самоосвітою, оволодіти та/або удосконалити свої знання, вміння та навички з цифрової грамотності.

Що стосується збереження свого життя і здоров'я, то можна зазначити, що в Україні 24 лютого 2021 р. розпочалася вакцинація від коронавірусу. Проводилась роз'яснювально-інформаційна робота щодо ефективності щеплення, в тому числі у закладах освіти та в ЗМІ. В результаті більше 15 млн людей вакцинувались добровільно й безоплатно. Однак, слід зауважити, що не всі люди відповідально поставилися до коронавірусної епідемії, деякі

взагалі заперечували її існування, не дотримувались правил, встановлених МОЗ України, а отже заперечували існування соціальної НС та наражали на небезпеку і себе, й інших.

Щодо воєнних НС. У ст. 7 Кодексу одним із основних принципів здійснення цивільного захисту зазначено гарантування та забезпечення державою конституційних прав громадян, виконання у воєнний час норм міжнародного гуманітарного права. На жаль, роз'яснення змісту поняття «воєнних надзвичайних ситуацій» в Кодексі не надається. Однак, зазначимо, що право на освіту є базовим правом людини, яке гарантується державою. Внаслідок нападу РФ на Україну 24 лютого 2022 р. це право було порушено. Значна частина дітей і молоді, рятуючись від інтенсивних бомбардувань й обстрілів, вимушені були виїхати на більш безпечну територію країни та/або за кордон.

В 1998 р. у постанові Кабінету Міністрів України «Про порядок класифікації надзвичайних ситуацій» (зараз не чинна) вводився термін «надзвичайні ситуації воєнного характеру», у якому роз'яснювалось, що це ситуації, що «пов'язані з наслідками застосування зброї масового ураження або звичайних засобів ураження, під час яких виникають вторинні фактори ураження населення внаслідок зруйнування атомних і гідроелектричних станцій, складів і сховищ радіоактивних і токсичних речовин...» [5]. Проте можна стверджувати, що це визначення не відповідає сучасним реаліям, в якій живе наша країна та потерпає від збройної агресії сусідньої держави ще з 2014 р.

Якщо проаналізувати наказ МВС України 2018 р. «Про затвердження Класифікаційних ознак надзвичайних ситуацій», то про такий вид НС, як воєнні, взагалі нічого не сказано. Однак, серед кваліфікаційних ознак НС соціального характеру визначено збройний напад, захоплення та утримування будівель органів державної влади, правоохоронних органів, телерадіоцентрів та вузлів зв'язку, державних закладів тощо [3]. Всі перелічені ознаки характеризують воєнні НС, які виникають в результаті війни (воєнного конфлікту), яка і визначається, як «збройна боротьба, що являє собою сукупність воєнних дій різного масштабу, які ведуться... для досягнення політичної і воєнно-стратегічної цілей» [1].

Реалії війни в Україні показали, що мішенями військової агресії стають як учасники освітнього процесу, так і освітні заклади й установи. Так, з початку повномасштабної війни РФ проти України заклади освіти перетворилися на об'єкт військової агресії. Внаслідок обстрілів та бомбардувань з боку країни-агресора вони зазнають різного характеру руйнувань: від розбитих вікон до повного фізичного знищення приміщень та будівель. На окупованій території російські війська використовують приміщення закладів освіти та установ у своїх цілях – розміщують там свої бази, штаби, казарми, центри затримання, військові госпіталі та інше. Також на цих територіях тортурам (фізичним, сексуальним) піддаються педагогічний персонал та здобувачі освіти, нав'язується чужа культура та етнічна ідентичність. Саме тому велика кількість людей виїхала за кордон. За підрахунками МОН України сьогодні за кордоном перебуває 24 тис. вчителів та 640 тис. учнів. Але, звичайно, що ці дані не точні, оскільки в умовах війни точно підрахувати дуже важко, особливо це стосується окупованих територій.

В умовах НС під час війни державні органи влади України допомагають педагогічним і науково-педагогічним працівникам з організацією освітнього процесу. Зокрема, на державному рівні були розроблені пропозиції щодо реалізації державної політики у сфері освіти, забезпечення прав здобувачів та педагогічних працівників, фізичної безпеки учасників освітнього процесу, зокрема під час дороги до закладу освіти; методичні рекомендації щодо організації освітнього процесу в школах у 2022/2023 навчальному році; алгоритм дій вчителя при оголошенні сигналу «Повітряна тривога» тощо [4]. Для покращення взаємодії між учасниками освітнього процесу з 1 вересня було введено безоплатний державний електронний журнал. Проте, першочерговими питаннями для нормального функціонування освіти, звичайно, є розв'язання проблем для організації безпечного та якісного навчання, забезпечення прав людини на освіту, навіть тих, хто виїхав за кордон.

Що стосується загроз для Української держави під час війни, то це, насамперед,

вимушений відтік талановитої молоді та академічно-наукової спільноти за кордон, порушення циклів навчання, зниження якості та доступності освіти, труднощі з добром педагогічного та науково-педагогічного персоналу через їх від'їзд з території постійного проживання тощо.

Все вище зазначене дає підстави для твердження, що нормативно-правові документи, у яких визначені різні види НС за характером джерела, потребують перегляду та уточнення, виходячи з реалій сьогодення. Це стосується насамперед таких видів, як соціальні та воєнні. Також необхідно розробити чіткий алгоритм дій для учасників освітнього процесу під час цих видів НС, виходячи із практичного досвіду України. Вважаємо, що вкрай необхідним є введення на всіх рівнях освіти вивчення дисциплін, що стосуються правил поведінки під час воєнних НС, у тому числі надання першої медичної допомоги.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Війна. *Енциклопедія сучасної України*. URL: [https://esu.com.ua/search\\_articles.php?id=34448](https://esu.com.ua/search_articles.php?id=34448).
2. Кодекс цивільного захисту України. Кодекс № 5403-VI від 2 жов. 2012 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>.
3. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Класифікаційних ознак надзвичайних ситуацій» № 658 від 28 сер. 2018 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0969-18/#Text>.
4. Освіта в умовах воєнного стану. *Офіційний сайт освітнього омбудсмена України*. URL: <https://eo.gov.ua/osvita-v-umovakh-voiennoho-stanu/2022/04/11/>.
5. Постанова Кабінету Міністрів України «Про порядок класифікації надзвичайних ситуацій» № 1099 від 15 лип. 1998 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1099-98-%D0%BF#Text>.
6. Поступна О.В. Механізми публічного управління регіональними освітніми системами в Україні: дис. д-ра наук з держ. упр.: спец. 25.00.02. Харків, 2021. С. 148.
7. COVID-19 в Україні. Дані станом на 15 лютого 2022. *Радіо Свобода*. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/ukraine-coronavirus-map/30525116.html>.

*O.V. Postupna, Doctor of Science in Public Administration, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management of Educational-scientific-production center, National university of civil defence of Ukraine;*

*O.V. Stepanko, PhD in Public Administration, Head of Department for Material and Technical Support, National university of civil defence of Ukraine.*

#### PROTECTING EDUCATION IN THE CASES OF EMERGENCY: NEW CHALLENGES AND THREATS

The organizational and legal aspects of the protection of education in emergency situations were analyzed, and new challenges of the second decade of the 21st century and the future threats to education were identified. It is concluded that the normative legal documents, which define different types of emergency situations according to the nature of the source, need to be revised and clarified, taking into consideration today's realities (primarily social and military ones). It is proposed to develop a clear algorithm of actions for participants in the educational process during a military emergency, which should be based on the practical experience of Ukraine. We believe that it is absolutely necessary to introduce some disciplines including the provision of first aid related to human behavior during military emergencies into the educational process.

С.Ю. Рагімов, к.т.н., доцент

Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ПРИ РАДІАЦІЙНИХ АВАРІЯХ

Масштаб, характер та склад викидів забруднюючих речовин в атмосферу можуть бути різними, як незначними, локального характеру, так і глобальними, з катастрофічним наслідками, наприклад, при аварії на Чорнобильській атомній електростанції. Здатність різних шарів атмосферного повітря рухатися з великою швидкістю в різних напрямках призводить до ризику забруднення значних площ шкідливими і токсичними речовинами, що вимагає проведення оперативного тропосферного контролю, для визначення умов проведення ліквідації надзвичайної ситуації та необхідності евакуації населення із зараженої місцевості [1].

В роботі [2,3], наведений аналіз використання для цілей моніторингу стану атмосферного повітря переобладнаних цивільних літаків: надлегких та легкомоторних, а також літаків 3 та 4 класів. Показано, що при ліквідації аварій на комбінаті «Маяк» у 1957 р., на ЧАЕС у 1986 р., на Сибірському хімічному комбінаті в 1993 р. та на АЕС «Фукусіма-1» у 2011 р. найбільш ефективним засобом отримання оперативної інформації про стан забруднення атмосфери виявився комплекс приладів (дозиметричних та газоаналітичних) встановлених на літальному апараті. Наприклад, при ліквідації аварії на ЧАЕС повноцінний атмосферний та радіаційний контроль (включаючи відбір проб аерозолі) було розпочато через добу після аварії за допомогою літака-лабораторії Ан-24рр (радіаційний розвідник), після цього такі польоти стали регулярними.

Головними недоліками використання переобладнаних цивільних літаків (як правило: надлегких, легкомоторних, 3 та 4 класів) в якості атмосферно-радіаційної лабораторії - розвідника є: висока вартість виготовлення та експлуатації, відсутність технічної можливості зберігати статичне положення в атмосфері під час проведення вимірів та можливість суттєвого радіаційного опромінення пілотів.

В роботі [4], наведений аналіз використання для цілей атмосферного та радіаційного контролю, фотозйомок і відеоспостереження гелікоптерів сил самооборони Японії, а також великого американського військового розвідника – Global Hawk (рис. 1) при ліквідації аварії на АЕС «Фукусіма-1».

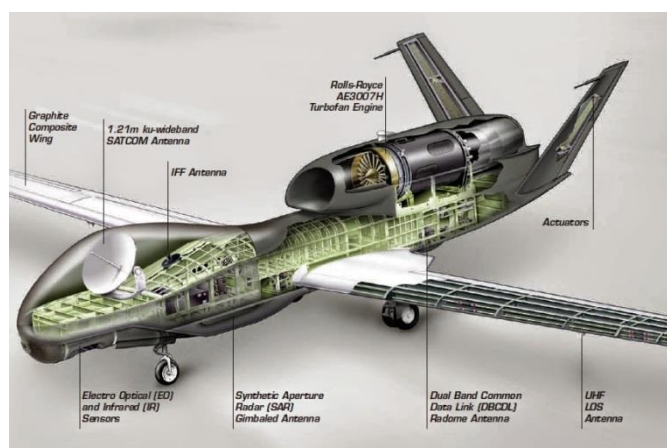


Рис. 1. БПЛА Global Hawk.

Global Hawk є автономним реактивним безпілотним літальним апаратом (БПЛА) з пакетом датчиків, що включає в себе синтетичну апертуру, а також електрооптичні та інфрачервоні датчики з телескопічними можливостями для знімків з високим розрізненням. Інфрачервоні датчики робили зображення в пошкоджених частинах АЕС. Він допоміг



японським фахівцям збирати в режимі реального часу зображення руйнувань на Фукусіма-1, що дало змогу пришвидшити усунення катастрофи.

З урахуванням досвіду ліквідації аварії на АЕС «Фукусіма-1» в ДУ НВО «ТАЙФУН» (РФ) вдосконалені існуючі та розроблені нові апаратно-програмні комплекси для моніторингу радіоактивного забруднення на базі літака-лабораторії ІЛ-114-100 [5].

Головними недоліками використання для моніторингу стану атмосферного повітря військових літаків-розвідників, таких як Global Hawk, Mirage F.1CR, та ін. [6] а також та спеціальних геофізичних літаків, таких як DLR G550, HALO погодна розвідка, М-55 ГЕОФІЗИКА та ін., є: висока вартість виготовлення та експлуатації, відсутність технічної можливості зберігати статичне положення в атмосфері під час проведення вимірів, а також значна відстань від об'єкта при проведенні вимірів.

Дослідження проведені в роботах [7,8] вказують на високу ефективність використання малих БПЛА із засобами моніторингу стану атмосфери для визначення рівня забруднюючих речовин у атмосферному повітрі.

Збільшення ефективності та мініатюризація систем управління і контролю надало суттєвий поштовх до розвитку безпілотної авіації, широке розповсюдження отримали малі безпілотні літальні апарати (БПЛА) – літаки, гелікоптери, коптери, які мають від трьох і більше повітряних гвинтів.

Наявність легких та компактних фото-відеокамер з високою роздільною здатністю, встановлених на БПЛА «Air Photo Service», дозволило зробити карту руйнувань на АЕС «Фукусіма-1» 11 березня 2011 р. Застосування малих БПЛА, що мають змогу зависати у просторі, дало змогу визначати реальну обстановку в різних точках на АЕС "Фукусіма-1", прилеглої до неї зони і підвищити безпеку відновлювальних робіт. Саме тому Японія закупила три БПЛА гелікоптерного типу, французької компанії Helipse, та чотири комплекси типу RQ-16 T-Hawk (рис. 3) компанії Honeywell (США).

БПЛА T-Hawk, масою близько 8 кг з тунельним вентилятором і можливістю вертикального зльоту і посадки, може працювати до 40 хв на відстані до 10 км від пункту керування. Оснащений бензиновим двоциліндровим двотактним двигуном потужністю 4 к.с., має функцію дистанційного наведення і збільшення зображення, що дало змогу пілотам детально вивчати пошкоджені ділянки реактора і передавати дані співробітникам аварійних служб у режимі реального часу. Використання прямої передачі відеоданих надало можливість коригувати курс польоту T-Hawk відповідно до найбільш складних ділянок пошкоджених реакторів. Пілоти у свою чергу могли контролювати відеокамери літального апарата, задаючи потрібні кути перегляду для найбільш чіткого відображення пошкодженого обладнання.

Усі чотири БПЛА T-Hawk, що працювали на АЕС "Фукусіма-1", були оснащені апаратурою для вимірювання рівня радіації та оцінки стану атмосферного повітря, були отримані дані про радіаційний фон та наявність домішок у повітрі на різних висотних відмітках. При польотах над реактором 1-го блока АЕС "Фукусіма-1" два T-Hawk втратили керування і вибухнули на даху реактора, причини втрати керування компанія Honeywell (США) не надала.

У даний час рівень радіації та стану атмосферного повітря на АЕС "Фукусіма-1" контролюють за допомогою спеціальних БПЛА розроблених МАГАТЕ. Дані БПЛА мають округлу форму (рис. 4) і приводиться в дію шістьма електричними двигунами (секстикоптер), а також обладнані вбудованими камерами, кількома дозиметрами, газоаналізаторами і можуть літати в повністю автономному режимі.

Головним недоліком малих БПЛА при використанні їх як засобів атмосферного та радіаційного контролю є короткий час роботи в зоні локального забруднення, тому моніторингові польоти повинні організовуватися та проводитися по заздалегідь визначеному методу, з визначенням часу та маршрутів слідування БПЛА.



Рис. 3. БПЛА Т-Hawk.



Рис. 4. Секстикоптер МАГАТЕ.

#### 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. Using A Drone in Environmental Monitoring : Particulate Matter Measurement Gnawali, Netra (2018) Режим доступу: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2018122022616>
4. 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).
5. 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
6. Грядунув 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.
7. Tomas Lazna, Petr Gabrlík, Tomas Jilek, Ludek Zalud (2018). Cooperation between an unmanned aerial vehicle and an unmanned ground vehicle in highly accurate localization of gamma radiation hotspots // International Journal of Advanced Robotic Systems Volume: 15 issue: 1, January 1, 2018 <https://doi.org/10.1177/1729881417750787>
8. Kim Nam Ho (2018). Development of atmospheric environment information collection system using drone // Smart Media Journal, Volume 7 Issue 4, Pages.44-51

*S.Y. Ragimov*

*Ph.D., Associate Professor*

#### **FEATURES OF THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN RADIATION ACCIDENTS**

An analysis of the liquidation of the consequences of resonant accidents, as well as the designs and characteristics of unmanned aerial vehicles used in their liquidation, was carried out. Modern types and characteristics of measuring equipment that can be installed on board unmanned aerial vehicles and used for atmospheric monitoring are considered.

## **ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ НА ОБ'ЄКТАХ БУДІВНИЦТВА**

Пожежна профілактика при проектуванні та будівництві промислових підприємств включає здійснення наступних заходів:

- підвищення вогнестійкості будівель та споруд;
- зонування території;
- застосування протипожежних розривів;
- забезпечення безпечної евакуації людей на випадок виникнення пожежі;

Будівельні майданчики є об'єктами підвищеної пожежної небезпеки. У зв'язку з цим, виникає необхідність дослідження комплексу питань, пов'язаних із забезпеченням пожежної безпеки об'єктів, що будуються, враховуючи особливості їх пожежної небезпеки. Пожежна небезпека будь-якого об'єкта — це сукупність умов, що сприяють виникненню пожежі на цьому об'єкті та визначають масштаби можливої шкоди. Причинами підвищеної пожежної небезпеки об'єктів, що будуються, є:

- наявність будівельних лісів, тимчасових стін, перегородок, виконаних з горючих матеріалів;
- наявність незахищених будівельних конструкцій зі зниженими межами вогнестійкості; проведення вогневих робіт у приміщеннях з горючими матеріалами (особливо у передпусковий період);
- використання горючих газів та рідин при малярних, газозварювальних роботах тощо; велика щільність зосередження працюючих у приміщеннях об'єкта;
- наявність незавершених робіт на шляхах евакуації.

Крім того, на будівельному майданчику, є зони, де можуть розміщуватися і використовуватися горючі матеріали і, навіть матеріали, що мають вибухопожежонебезпечні властивості.

Основною проблемою пожежної безпеки будівель є приведення спочатку пожежонебезпечних об'єктів у такий стан, при якому унеможливується пожежа на об'єкті, а у разі виникнення пожежі забезпечується захист людей та матеріальних цінностей від небезпечних факторів пожежі. Пожежна безпека об'єкта та його складових частин повинна забезпечуватись на всіх етапах їх існування, як при будівництві, експлуатації, так і у разі реконструкції, ремонту чи аварійної ситуації. В силу виробничих причин, на об'єктах, що будуються, відбувається відставання монтажу окремих елементів систем забезпечення безпеки від процесів безпосереднього зведення цих об'єктів.

Тому, для запобігання пожежам на будівельних майданчиках, особливий контроль необхідно звертати на зони, де можливо:

1. Виникнення.
2. Виникнення контакту пального середовища з окислювачем.
3. Утворення джерел запалювання.

Сучасні будівлі та споруди обладнуються складними системами протипожежного захисту (СПЗ), які складаються з великої кількості елементів захисту. Виникнення пожежі, в зоні безпосереднього зведення об'єкта, через те, що в цій зоні система протипожежного захисту об'єкта ще не функціонує повною мірою, та визначає особливу небезпеку НС за участю пожежі на будівництві

Поряд із підвищенням вогнестійкості будівельних конструкцій і таким чином підвищенням ступеня вогнестійкості будівель та споруд проводять при проектуванні зонування території підприємства. Зонування території полягає у групуванні при генеральному плануванні підприємства в окремі комплекси об'єктів, споріднених за функціональним призначенням та ознакою пожежної небезпеки. При цьому споруди з підвищеною пожежною небезпекою мають у своєму розпорядженні з підвітряного боку.

Повинне бути забезпечене правильне розташування воріт, які повинні забезпечувати зручний проїзд пожежних автомобілів до будівель. Одна із сторін підприємства повинна примикати до дороги загального користування або повідомляти її проїздами.

Порушення при проектуванні будинків робляться проектувальниками несвідомо у разі недостатнього розуміння вимог будівельних норм, або свідомо «під тиском» забудовника, який намагається якомога більше збагатити себе і не збирається жити в побудованому їм будинку.

До основних порушень на етапі проектування можна віднести наступні:

- недотримання мінімальних протипожежних відстаней між будівлями і спорудами;
- зниження міри вогнестійкості будівель в порівнянні з нормованою;
- невірне визначення умовної висоти будівлі, що призводить до зниження міри вогнестійкості, погіршення умов евакуації людей і так далі;
- недотримання нормованих площ протипожежних відсіків;
- недотримання вимог безпечної евакуації людей;
- не устаткування будівель системами протипожежного захисту і тому подібне.

До основних порушень на етапі будівництва житлових будинків можна віднести наступні:

відхилення в об'ємно-планувальних і / або конструктивних рішеннях від проектною документації;

недотримання технології виконання будівельних робіт;

заміна будівельних виробів матеріалів і обробки, які були вказані в проекті, на інші, які мають гірші показники пожежної небезпеки і тому подібне.

Прикладом недотримання технології виконання будівельних робіт є спорудження будівельних конструкцій монолітно-каркасним способом з порушенням вимог укладання бетону в опалубку без його ущільнення за допомогою вібраційних механізмів, що може привести до утворення порожнин і надалі до зниження проектних навантажень на конструкцію і зниження її класу вогнестійкості.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України від 02 жовтня 2012 року № 5403-VI
2. 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;
3. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.
4. ДБН В.2.2-9:2018 Громадські будинки та споруди. Основні положення
5. ДБН В.2.2-41:2019 Висотні будівлі. Основні положення
6. ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій»

*Ruban A., candidate of sciences in public administration  
National University of Civil Defence of Ukraine*

#### PREVENTION OF EMERGENCY SITUATIONS AT CONSTRUCTION OBJECTS

The main problem of fire safety of buildings is to bring initially fire-hazardous objects to such a state that a fire at the object is impossible, and in the event of a fire, protection of people and material values from dangerous fire factors is ensured. Fire safety of the facility and its constituent parts must be ensured at all stages of their existence, both during construction and operation, as well as in the case of reconstruction, repair or an emergency situation. Due to production reasons, there is a delay in the installation of individual elements of security systems at the facilities under construction compared to the direct construction of these facilities.

*С.Д. Світлична, канд. техн. наук, доцент, НУЦЗУ*  
**ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУЙНУВАННЯ  
ТИПОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ КРІПЛЕННЯ ПІД ЧАС ДЕТОНАЦІЇ**

Для запобігання ураження людей та промислового устаткування під час аварій на об'єктах хімічної промисловості застосовують ряд запобіжних засобів. Один із них базується на використанні захисних контейнерів для зберігання вибухонебезпечних речовин.

Типовий контейнер складається з основної конструкції та кришки загрузочного отвору. Ця кришка фіксується до контейнера кріпильними елементами на основі болтових з'єднань. Для забезпечення нормативної міцності такого з'єднання на етапі проектною розробки проводиться аналіз його динамічної міцності та визначаються критичні навантаження, що спричиняють руйнування конструкції.

Імітаційне моделювання руйнування складених конструкцій на основі болтових з'єднань повинно адекватно відображати комплекс механічних навантажень. По-перше, це статичні навантаження внаслідок збирання болтового з'єднання. По-друге, це високошвидкісні динамічні навантаження внаслідок дії детонаційної ударної хвилі. Для математичного моделювання таких процесів потрібно враховувати вплив швидкості навантаження на механічні властивості металів в болтовому з'єднанні.

Особливо важливу роль в моделюванні процесу руйнування відіграє правильний вибір критерію руйнування матеріалу конструкції. За аналізом попередніх досліджень обрано критерій максимальної пластичної деформації. Для чисельної реалізації розробленої математичної моделі високошвидкісного деформування та руйнування складеної кріпильної конструкції на основі болтового з'єднання з урахуванням нелінійних властивостей механічних характеристик матеріалів та впливу попередніх навантажень під час збирання конструкції обрано метод скінченних елементів.

Розглядається типовий елемент кріплення, що складається з болта або гвинта, бонки, групи шайб та притискного елемента. Використовуються розрахункові моделі для визначення статичного напружено-деформованого стану, що виникає під час затягування болтового з'єднання, і для визначення руйнуючих навантажень внаслідок дії ударної хвилі. За результатами чисельного аналізу обирається діаметр болта та матеріал, що забезпечують цілісність конструкції для нормативного навантаження.

Застосування запропонованої методики на стадії проектування захисних контейнерів дозволяє зменшити кількість експериментальних випробувань і тим самим скоротити час розробки й здешевити її.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

Воробьев Ю.С., Чернобрышко М.В., Меша Ю.В. Термоупругопластическое деформирование составной оболочки при детонационном нагружении. *Механіка та машинобудування*. 2005. № 1. С. 75- 82.

*S. Svetlichna, candidate of technical sciences, docent, National University of Civil Defence of Ukraine*

#### **SIMULATION MODELING OF DESTRUCTION OF TYPICAL FASTENING ELEMENTS FOR DETONATION**

A method for numerical analysis of the dynamic strength and destructive of typical fastening elements based on a bolted joint is proposed. The method is based on a complex consideration of the static stress-strain state as a result of assembly the bolted joint. Also dynamic loading as a result of the action of the detonation shock wave is considered. The criterion of local destruction of the material is the maximum plastic strain. Mathematical modeling is carried out on finite element method.

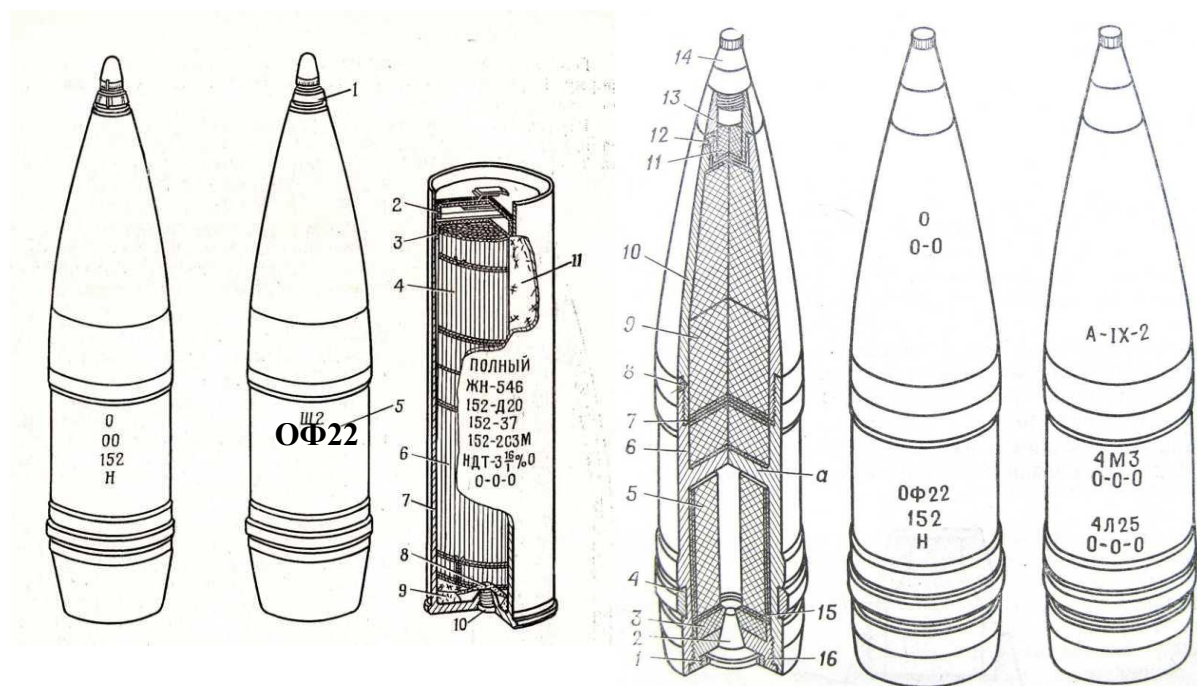
О.М. Смирнов, ст. викладач, НУЦЗУ

## РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ РОЗБИРАННЯ 152 ММ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ ПОСТРІЛІВ ІНДЕКСУ ВОФ27, ЯК ЗАПОРУКА ЗАПОБІГАННЮ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ

Досліджені питання удосконалення національної системи утилізації ракет і боєприпасів. Визначено, що технологічна політика утилізації боєприпасів насамперед має забезпечити техногенну та екологічну безпеку під час організації і виконання всіх необхідних робіт.

Пропоную конкретну технологію розрядження 152 мм артилерійських пострілів індексу ВОФ27 з активно-реактивними снарядами (АРС) індексу ОФ22 «Крен» до 152 мм Гармати-Гаубиці (ГГ) Д-20, САУ 2С3 (Акація), МЛ-20М зрз. 37 р. та 2А65, 2С19, а саме шляхом їх розбирання на елементи.

152 мм ВОФ27 особливо недоцільно утилізувати методом підриву (рис. 1).



**Рис. 1 – Загальний вид пострілу ЗВОФ27 з повний змінним бойовим зарядом індексу ЖН-546 (по ВБК – 54-БН-546) вагою 8,31 кг: 1 – В-429 (53-В-025У); 2 – посилена кришка У№12 з тасьмою залита сумішшю ПП-95/5; 3 – нормальна кришка НШ №8; 4 – верхній пучок = 2,15 кг і 6 – нижній пучок = 5,4 кг. та 11 – додатковий рівноважний пучок = 0,43 кг з пороху марки НДТ-3 16/1 = 7,98 кг; 5 – снаряд ОФ22 = 42,892 кг без підричника; 7 – гільза індексу 54-Г-540 (ЛК-75-05) = 7,5 кг, тільки для 2С3 і ГГ МЛ-20, Д-20 або 4Г4 ст. (Ст1 ІЮА) = 6,35 кг для ГГ МЛ-20, Д-20; 8 – запальник з ДРП-1 = 0,15 кг.; 9 – полум'ягасник з пороху марки 8/1УГ = 0,18 кг; 10 – КВ-4 (54-К-001)**

### Розбирання 152-мм ВОФ27 (ОФ22) на елементи

Дійсний комплект документів визначає порядок організації і проведення робіт з розбирання ВОФ27 із закінченим гарантійним терміном зберігання на ділянці, обладнаній у виробничому приміщенні цеху.

Перед початком роботи місця з розбирання ВОФ27 мають бути оснащені: справним обладнанням, інструментом, засобами пожежогасіння й індивідуального захисту [2].

Роботи з утилізації ВОФ27, шляхом їх розбирання на елементи, доцільно виконувати в послідовності операцій [3]: **№ 1** Подача ящиків із ВОФ27 з автомобілю до цеху та укладання на технологічний стіл (візок). **№ 2** Видалення стопорних вилок, відкривання

замків та кришки ящика. Видалення з ящика: верхніх вкладишів; парафінованого паперу; снарядів ОФ22 та гільз з бойовими зарядами. № 3 Контроль ящиків на повноту вилучення пострілів, вкладання вкладишів і парафінованого паперу, закривання порожніх ящиків. № 4 Видалення мастила з поверхні снаряду ОФ22. Контроль снарядів по партіям (номенклатурам) на придатність до розбирання на елементи. № 5 Закріплення снарядів ОФ22 у пристосуванні, вигвинчування В-429 або холостої пробки. Вилучення детонатора (тетрилової шашки). Укладання підричників та детонаторів у зборку. № 6 Закріплення снарядів у пристосуванні, вигвинчування втулки та укладання їх у зборку. № 7 Закріплення снарядів у пристосуванні, вигвинчування головної частини. № 8 Установка головних частин снарядів у пароводяну ванну, нагрів до 80°C та виймання з ванни. № 9 Вилучення з головних частин 4-х пресованих шашок вибухової речовини А-ІХ-2, укладання шашок у зборку. Контроль корпусів снарядів на повноту видалення вибухової речовини. При необхідності очистка корпусів від залишків вибухової речовини. № 10 Закріплення корпусів снарядів у пристосуванні, вигвинчування кільця, дна, сповільнювача 4Л25, соплового блоку. Вилучення вкладиша та прокладки. Укладання елементів у зборку. № 11 Видалення із корпусів снарядів шашок заряду реактивного двигуна індексу МЗ, укладання шашок у зборку. № 12 Закріплення корпусу снарядів у станку та зняття мідного ведучого пояса. № 13 Пакування елементів після розбирання снарядів у штатні ящики. Закривання, пломбування та маркування ящиків з елементами. № 14 Контроль пакування елементів у ящиках. Видача елементів (після розбирання артилерійських снарядів) у пристосованих ящиках до місця зберігання. № 15 Видалення мастила з поверхні гільз Г-540 із зарядами. Контроль зарядів по партіям (номенклатурам) і придатність до розбирання на елементи. № 16 Закріплення гільз Г-540 із зарядами у пристосуванні та вигвинчування КВ-4 з гнізда гільзи. № 17 Через отвір під КВ-4, за допомогою підвищеного тиску, вилучення посиленої та нормальної кришок. № 18 Розбирання бойового заряду на елементи та укладання їх за видами у зборку. № 19 Контроль гільз Г-540 на повноту видалення пороху. За необхідністю очистка гільз від залишків пороху. Укладання гільз Г-540, однакової кількості, у пристосоване закупорювання. № 20 Зважування пороху (елементів зарядів) та пакування елементів зарядів, однакової кількості, у справне закупорювання. № 21 Закривання, пломбування та маркування закупорювання з елементами бойових зарядів. № 22 Контроль пакування елементів бойових зарядів у ящиках. Видача елементів зарядів у штатному закупорюванні з цеху. № 23 Допоміжні операції: Різання паперу і просочення її парафіном. Сортуння парафінованого паперу (б/в). Нарізання пломбувального дроту на шматки необхідної довжини. Виготовлення трафаретів і ярликів.

Для організації потокового методу проведення робіт, під час розбирання 152 мм артилерійських пострілів індексу ВОФ27, всього застосовується 29 складальників боеприпасів [3].

Дозволяється одночасне знаходження в цеху ВОФ27: на пункті обігріву – 100 од., у приміщенні з розряджання – 20 од.

Залишати в кінці робочого дня, елементи зарядів, у пристосованому закупорюванні на пункті видачі.

Час на розбирання одного виробу ВОФ27 – 167,42 чол./год. (відповідно кошторисної калькуляції [4]).

**Під час розбирання 1000 одиниць ВОФ27 зі снарядом ОФ22 отримаємо:**

1) Чорний метал вид 501 (Ст.45Х1, Ст.45Х3, С-60) = 35,38 т – 8 контейнерів; 2) Латунь (ЛК-75-05) = 1000 од. (7,5 т) – 2 контейнера; 3) А-ІХ-2 = 4000 од. (4,785 т) – 160 ящиків по 30 кг; 4) Тетрил = 0,055 т – 5 пеналів; 5) Картон (кришка У№12, НІІ №8, прокладка) – 0,181 т – 8 мішків; 6) Вкладиші марки П-5-2 = 0,375 т – 19 мішків по 20 кг; 7) Свинець = 20 кг – 1 ящик; 8) Полум'ягасник п/м 18/1 УГ = 0,18 т – 9 мішків по 20 кг; 9) Нітрогліцериновий п/м НДТ-3 16/1 = 7,85 т – 395 мішків по 20 кг; 10) ДРП-2 = 0,15 т – 15 пеналів ЯК43 по 10 кг; 11) 4Л25 = 1000 од. (0,35 т) – 33 ящика по 30 од.; 12) В-429 = 1000 од. (0,438 т) – 25 ящиків по 40 од.; 13) ВІК-2Д = 2,24 т – 50 ящиків по 20 од.; 14) КВ-4 =

1000 од. (69,0 кг) – 4 ящика; **або** 1) Мідь (МН-95-5) = 0,526 т – 35 ящиків по 15 кг; 2) Гільза 4Г4 ст. (Ст11ЮА) = 1000 од. (6,35 т) – 2 контейнера.

Таким чином, утилізація ВОФ27 способом розбирання на елементи представляє собою процес послідовного виконання операцій № 1–№ 23 [3].

Особливо шкідливі та небезпечні операції – № 5, 8–11, 13, 18–21 (працювати не більше 6 год. на добу).

**Висновки.** Розроблено порядок виконання операцій під час розбирання 152 мм артилерійських пострілів ВОФ27, які зберігаються на арсеналах, базах і складах із закінченим терміном зберігання.

Під час використання відповідної технології, орієнтовна продуктивність розрядження ВОФ27 буде складати 100 шт. у зміну, що дасть можливість утилізувати боеприпаси, отримати матеріали вторинної сировини, а головне знизити потенційну загрозу виникнення надзвичайної ситуації у місцях зберігання.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Постанова КМ України від 7.06.06 р. № 812 в редакції постанови КМ України від 16.06.10 р. № 469 «Порядок утилізації ракет, боеприпасів і вибухових речовин». – К., 2010 р. – 13 с.;

2. Утилізація та знищення вибухонебезпечних предметів: навч. посіб. Том 3. Організація утилізації та знищення ракет і боеприпасів на арсеналах, базах та складах / О.М. Смирнов, В.В. Барбашин, І.О. Толкунов. – Х.: НУЦЗУ, ФОП Панов А.М., 2018 р. – 416 с.;

3. Комплект документів. Робочий технологічний процес з розбирання 152 мм артилерійських пострілів індексу ВОФ27 з активно-реактивним снарядом (АРС) індексу ОФ22 у остаточно спорядженому стані підрильник В-429 – 70 с.;

4. Кошторисна калькуляція на роботу з розбирання 152 мм артилерійських пострілів індексу ВОФ27 з активно-реактивним снарядом (АРС) індексу ОФ22 у остаточно спорядженому стані підрильник В-429 – 32 с.

*Oleg Smyrnov, senior lecturer, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkov, Ukraine*

## UTILIZATION

I propose a specific technology for discharging 152 mm artillery rounds of the VOF27 index with active-reactive projectiles (ARS) of the OF22 "Kren" index to 152 mm D-20 howitzers, self-propelled guns 2S3 (Acacia), ML-20M zrz. 37 and 2A65, 2C19, namely by disassembling them into elements.

152 mm VOF27, with an expired warranty storage period, it is impractical to dispose of it by blasting.

When using the appropriate technology, the estimated discharge capacity of VOF27 will be 100 pcs. in a change that will make it possible to dispose of ammunition, obtain materials of secondary raw materials, and most importantly, reduce the potential threat of an emergency situation in storage places.



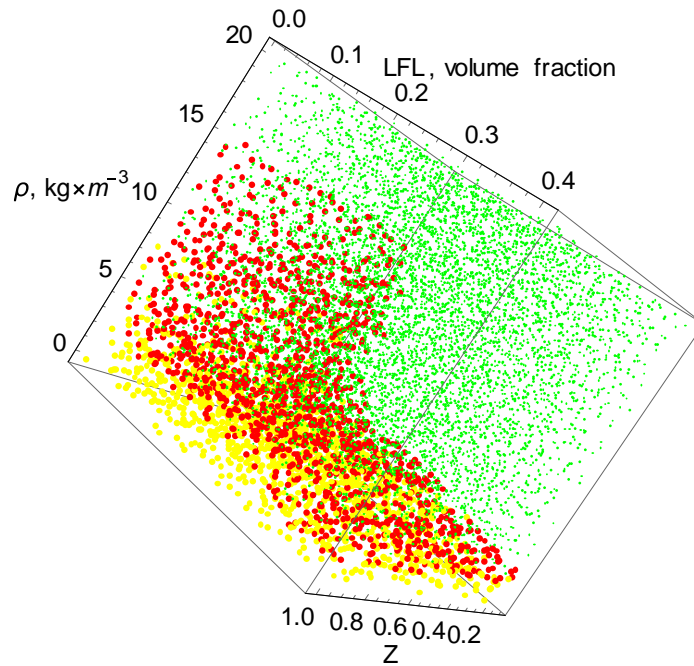
*O.O. Teslenko, Candidate of Physical and Mathematical Sciences,  
associate professor, National University of Civil Defense of Ukraine*

*O.A. Tarasenko, Doctor of Technical Sciences,  
senior research scientist, the National University of Civil Defense of Ukraine*

### **RELIABILITY OF EXPLOSION HAZARD ASSESSMENT METHODS OF PRODUCTION PREMISES USING NATURAL GAS FROM THE POINT OF VIEW OF THEORY OF SETS**

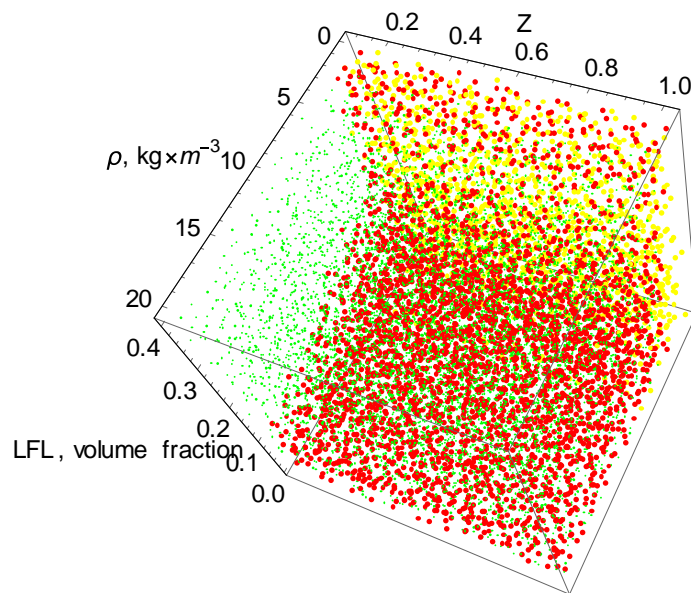
The manufacturing facilities using natural gas are very common. Their hazard is associated with the dangerous properties of natural gas. However, the properties of natural gas are not constant. They vary from well to well and may be different for one and the same well at different times. At consumption facilities the mixtures of gases from different fields can be used. The explosion hazard of such manufactures may depend on the composition of natural gas they use. The article [1] considers the issue of stability of the mathematical algorithm from [2,3,4] for outdoor units. The explosion hazard of a gas processing plant was considered. The reliability of the algorithm for this case is determined. The gas inhomogeneity was not considered. The main goal of this and other previous studies [5,6, etc.] is to make the hazard estimates reliable. The reliability of the algorithm in this work is understood as the property of this algorithm to obtain the correct result for all possible deviations (errors) of the data specified. Within this work an incorrect result is the classification of premises as explosion hazardous, while it does not belong to those ones, and vice versa. The reliability of the estimates is related to the stability of the mathematical algorithm to disturbances in the initial data. The problem solving algorithm is considered computationally unstable if small changes in the input data lead to noticeable changes in final solution. Since the determination of the initial data is carried out with a certain error, computational instability leads to the impossibility of solving a number of problems by some algorithms which, having absolutely accurate calculations and initial data, would give solutions.

In this paper, unlike the previous ones, these problems are considered in a linear multidimensional continuous space of hazardous factors. Hazardous factors are divided into those associated with manufacturing devices and the physico-chemical properties of gases contained in these devices. The actual combustible gases are characterized by numerical discrete properties, such as molecular weight, specific heat, etc. The abstract model space of premises containing gases is represented in the space of hazardous factors by points whose coordinates are the physico-chemical properties of gases. Due to the continuity of the space of hazardous factors, the actual gases will be represented by individual points in this space or by areas in which some properties are continuously changing, such as temperature, density, volume, etc. This made it possible to consider the problem of the danger of combustible gases from some general positions. Using the methodology of p-functions, the space of dangerous factors was divided into dangerous and safe parts. Boundary areas were identified in which the task of determining the device danger is incorrect. This means that some variations in hazards, within the accuracy with which they are known, lead to different, mutually exclusive hazard conclusions. Such areas are called the areas of questionable decisions. Thus, in the area of questionable decisions, the algorithm of a regulatory act may work incorrectly. Intuitively, one can expect that the highest probability of erroneous actuation of a regulatory act will be at the border between the dangerous and safe areas. As one moves away, the probability of erroneous operation will decrease and become almost equal to zero on both sides of the boundary between the dangerous and safe zones. Simulation methods were used to study the location of the dangerous, safe zones and the zone of questionable decisions, which is presented below (Fig. 1).



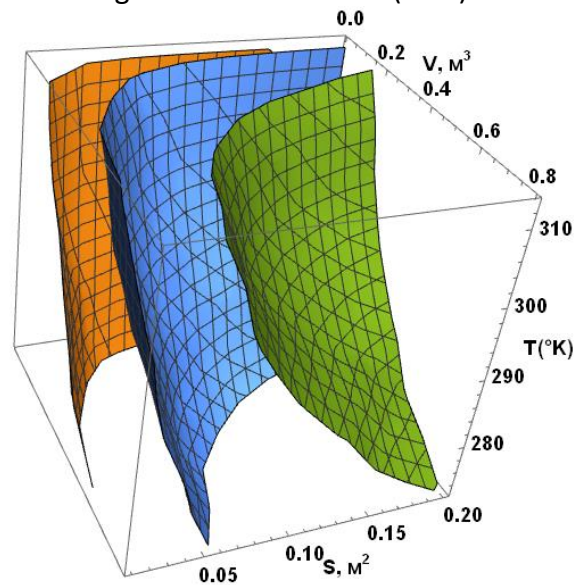
**Fig. 1 - Yellow dots represent dangerous objects, green - safe, red - areas of doubtful decisions:  $\rho$  - gas density,  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ;  $Z$  is the coefficient of gas participation in the combustion reaction; LCLFP - lower concentration limit of flame propagation, vol. fractions.**

Here, the multidimensional space of hazardous factors is projected onto a three-dimensional space in the axes – gas density,  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ;  $Z$  is the coefficient of gas participation in the combustion reaction; LCLFP - lower concentration limit of flame propagation, vol. fractions. In (Fig. 2) it is also shown from a different angle.



**Fig. 2 - The same view from a slightly different angle. Yellow dots represent dangerous objects, green - safe, red - areas of questionable decisions:  $\rho$  - gas density,  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ;  $Z$  is the coefficient of gas participation in the combustion reaction; LCLFP - lower concentration limit of flame propagation, vol. fractions, where yellow dots also represent dangerous objects, green - safe, red - areas of questionable decisions.**

For illustration purposes, one can highlight the very boundaries of the areas of questionable decisions (red and green) and the dangerous and safe area (blue).



**Fig. 3 – The boundaries of dangerous and safe zones (blue). Areas of questionable decisions in the danger zone (in red). Areas of questionable decisions in the safe zone (green).**

The results of numerical experiments show the existence of a wide range of questionable solutions. The very existence of such studies shows that the search for an area of questionable solutions is a uniquely solvable problem. For a successful consideration of regulatory acts algorithms correctness, it is necessary for them to contain the analysis of the area of questionable decisions. The methodology for such analysis has not yet been developed.

## PUBLICATIONS

1. Teslenko A.A. Reliable estimates explosion for externalunitin Russia, Belarus and Ukraine / A.A.Teslenko, A. I. Tokar // Eastern european scientific journal. Dusseldorf. – 2014. – DOI 10.12851/EESJ201410. – P.210-215.
2. Categories definition of premises, buildings and outdoor units for explosion and fire hazard: DSTU B V.1.1-36-2016. — Official edition. — K.: Minregion of Ukraine, 2016. — p. 31 — (Order of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Affairs of Ukraine, dated 15.06.2016 No. 158, effective from 01.01.2017)
3. TCP 474-2013 Categorization of premises, buildings and outdoor units according to explosion and fire hazard.
4. SP 12.13130.2009 Categories definition of premises, buildings and outdoor units for explosion and fire hazard.
5. Teslenko A.A. Methods for assessing the explosion hazard of outdoor units in Russia, Belarus and Ukraine / A.A. Teslenko, A.I. Tokar' // Problems of fire safety Digest of Scientific Tr. NUTSZU. Issue. 36. - Kharkov: NUGZU, 2014.- S.259-265.
6. Teslenko A.A. Methods for assessing the fire hazard of premises in Russia, Belarus and Ukraine / A.A. Teslenko, A.N. Royanov // Problems of fire safety Digest of Scientific Tr. NUTSZU. Issue. 37. - Kharkov: NUGZU, 2015.- S.223-227

*Толкунов І.О., к.т.н., доцент,*

*Іванець Г.В., к.т.н., доцент,*

*Попов І.І., к.т.н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБСТЕЖЕННЯ ЗАМІНОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ**

Проблема розмінування величезних площ, начинених мінами, які широко застосовувалися у численних військових конфліктах за останні півстоліття, набула глобального характеру. За оцінками Організації Об'єднаних Націй, на теперішній час застосовано близько 110 мільйонів різноманітних мін у 64 країнах [1,2]. Найбільш поширеними є міни натискної дії, як протипіхотні, так і протитанкові, які спрацьовують, коли об'єкт наступає або наїжджає на підричник натискної дії (датчик цілі) [3,4]. Крім смертельних поразок вони у тисячу разів частіше викликають втрату ніг та інші важкі поранення. Внаслідок застосування мін великі ділянки землі виведено з господарського обороту. Тому проблема пошуку та виявлення мін надзвичайно актуальна. Особливого значення для нашої держави це набуває зараз, коли на території України ведуться повномасштабні бойові дії та заміновані площі складають понад 300 тис. км<sup>2</sup>.

Як повідомляють у ДСНС України, з початку російської агресії українські рятувальники вилучили понад 176 тисяч вибухонебезпечних предметів на території країни. Однак, незважаючи на зусилля рятувальників, понад 30% території України вважається потенційно забрудненою різними боєприпасами та вибуховими пристроями. Щодня жителі міст і селищ наражаються на небезпеку через залишену або використану ворогом вибухонебезпечну зброю на вулицях, по дорогах, лісах, полях, річках, озерах тощо. Більшість наземних мін і ВНП, як і раніше, виявляються і знешкоджуються вручну при проведенні операцій розмінування [5,6]. При цьому, поряд з характером і масштабами загрози мін і ВНП, матеріально-технічне забезпечення, інфраструктура, безпека, національне законодавство і практика, а також рельєф місцевості належать до факторів, які необхідно враховувати при визначенні того, які методи розмінування слід вважати найбільш ефективними та у яких комбінаціях їх застосовувати для кожного конкретного регіону країни. Так для розмінування українські рятувальники, за наявності, могли б активно залучати сучасні технології та роботів-саперів, в тому числі, наприклад, британські системи TALON та знаменитого американського робота-собаку Spot від Boston Dynamics. Задача дуже важка, оскільки за найоптимістичнішими прогнозами, Україні [знадобиться](#) щонайменше 5-7 років для розмінування всієї території.

У той же час на сьогоднішній день ситуація з пошуком мін виглядає наступним чином:

- пошук мін пов'язаний зі значними матеріальними і фінансовими витратами, порядки яких перевищують витрати з їхньої установки;
- пошук мін небезпечний, а низька вірогідність виявлення міни призводить до людських втрат;
- висока ймовірність «хибної тривоги» призводить до зниження швидкості розмінування;
- відсутні універсальні способи пошуку мін, які застосовуються в усіх умовах;
- кожен технічний спосіб виявлення мін має свої недоліки та потребує відповідної підтримки у вигляді методик дії сапера, способів підготовки міношукача, проведення пошуку, взаємодії із сапером тощо.

Зазначені особливості тісно взаємопов'язані і реальні можливості технічних засобів безпосередньо впливають на специфіку її використання. Це потребує подальшого удосконалення як існуючих, так і впровадження нових більш ефективних способів пошуку мін та вибухонебезпечних предметів.

На теперішній час одним з таких способів може стати обстеження замінованих територій з використанням технологій космічного геоінформаційного моніторингу (КГМ), який включає, у загальному випадку, чотири основні функції: спостереження, аналіз, прогнозування, управління. Не завжди ці функції використовують у повному обсязі, але можливість їх реалізації для обстеження замінованих територій існує. Так, КГМ використовується для вирішення широкого класу завдань, таких як, наприклад, моніторинг міських територій, моніторинг пожежонебезпечних зон, моніторинг надзвичайних ситуацій, моніторинг рухомих об'єктів, екологічний моніторинг, моніторинг екологічного стану ґрунтів, моніторинг транспортних об'єктів та може бути поширений на обстеження замінованих територій. Космічний геоінформаційний моніторинг використовує геодані, які включають фотограмметричні дані, картографічні дані, дані дистанційного зондування. До переваг КГМ належать велика оглядовість космічних засобів, оперативність одержання інформації; можливість спостережень у будь-яких важкодоступних районах; можливість отримання результатів обстеження в широкому діапазоні електромагнітних хвиль, можливість передачі космічної інформації споживачам різних рівнів. З використанням технологій космічних досліджень отримують інформацію у повній зоні спектра електромагнітних хвиль: тепловому, радіолокаційному, оптичному, рентгенівському та на даний час є не сукупністю окремих технологій, а цілісною системою, що дозволяє дублювати та доповнювати інформацію, що отримується по різних каналах [7,8].

Космічний геоінформаційний моніторинг реалізується з використанням існуючого супутникового ресурсу. Найновіші високотехнологічні супутникові сенсори дозволяють отримувати зображення з вищою просторовою роздільною здатністю, надаючи точні, надійні та своєчасні дані, а також широкий спектр переваг для виявлення змін у поверхневому шарі земної поверхні, землеробстві, ліквідації аварійних та надзвичайних ситуацій та інших суміжних галузях. У супутниковій індустрії основна увага приділяється малим супутникам з корисним навантаженням радарів із синтезованою апаратурою (EOS SAR). У цих радарах використовуються переваги властивостей електромагнітних хвиль проникати через хмари, листя та верхні шари земної поверхні. Техніка заснована на конструктивній когерентній обробці відображень електромагнітних хвиль, відбитих від поверхні Землі. В результаті забезпечується обстеження поверхні Землі з високою роздільною здатністю, навіть якщо цільова область прихована, та дає можливість визначення таких предметів, як міни.

Супутники EOS SAR працюють у режимах Stripmap, Spotlight і ScanSAR, які підтримуватимуть широкий спектр програм. Також підтримується інтерферометрична робота. Крім того, поєднання SAR і оптичних зображень збагачує інформаційне наповнення результатів обстеження. Супутники розроблені для досягнення високої оперативної ефективності та дозволяють забезпечення швидкого розгортання одно- та дводіапазонних груп SAR. Дводіапазонна робота (X- та S-діапазон) підвищує універсальність для будь-яких погодних умов і покращує якість отриманої інформації.

Національна космічна програма України своїми пріоритетами передбачає розвиток космічних засобів, ефективне використання космічної геоінформації, наукові космічні дослідження в інтересах безпеки та оборони країни, удосконалення та подальший розвиток космічних технологій, зокрема, вітчизняної системи дистанційного зондування Землі, початок якій поклав запуск 31 серпня 1995 року першого українського космічного апарату (КА) «Січ-1», отримані і оброблені в Євпаторійському центрі геодані з якого успішно використовувалися як вітчизняними, так і закордонними споживачами космічної інформації. При залученні досвіду та відповідних ресурсів зарубіжних країн це створює передумови для отримання ДСНС України космічної геоінформації щодо обстеження замінованих території в регіонах нашої країни, що, в свою чергу, повинно прискорити та забезпечити підвищення безпеки і ефективності всього процесу розмінування.

Таким чином, сучасний космічний геоінформаційний моніторинг, що використовує дані геоінформатики, інструментарій космічних досліджень та методи обробки

інформатики, дозволяє вирішувати широке коло завдань і може розглядатися як перспективний метод обстеження замінованих територій, а його використання в Україні може призвести до суттєвого скорочення часу суцільного розмінування великих площ замінованих територій з одночасним підвищенням рівня безпеки самого процесу розмінування.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Руководство по вопросам противоминной деятельности. / Руководитель проекта: Дэвид Орифичи. Издание второе. – Женева: ЖМЦГР (GICHD), 2005. – 259 с.
2. Закон України №4338-VI від 13.01.2012 р. «Про ратифікацію Імплементативної угоди між Кабінетом Міністрів України та Організацією НАТО з матеріально-технічного забезпечення і обслуговування про утилізацію стрілецької зброї й легких озброєнь, звичайних боєприпасів і протипіхотних мін типу ПФМ-1».
3. Барбашин В.В., Смирнов О.М., Толкунов І.О. Утилізація та знищення вибухонебезпечних предметів: навч. посіб. Том 3. Організація утилізації та знищення ракет і боєприпасів на арсеналах, базах та складах / В.В. Барбашин, О.М. Смирнов, І.О. Толкунов. – Х.: НУЦЗУ, КП «Міська друкарня», 2019. – С.197-232.
4. Барбашин В.В., Назаров О.О., Рютин В.В., Толкунов І.О. Основи організації піротехнічних робіт. Навчальний посібник. / За ред. В.П. Садкового. – Х.: НУЦЗУ, 2011. – С. 262 - 263.
5. Наказ МНС України від 20.09.2010 року №791 «Про затвердження Інструкції з організації та проведення робіт з розмінування місцевості на території України підрозділами та спеціалізованими підприємствами МНС».
6. Патент на корисну модель UA №141181 Україна, МПК F42D 5/04 (2006.01). Спосіб комплексного знищення боєприпасів комбінованим підривом / В.А. Андронов, І.О. Толкунов, Д.В. Бондар, О.О. Царук, І.І. Попов. – Заявник та патентовласник Харківський Національний університет цивільного захисту України. – Заявка № u 2019 09254; заявл. 12.08.2019; опубл. 25.03.2020, Бюл. №6. – К.: 2020. – 10 с
7. Химич Г.П. Дистанційне зондування Землі. Лекційний матеріал для дисциплін «Системи супутникового зв'язку. Системи зв'язку з рухомими об'єктами». – Тернопіль: ТНТУ, 2012. – 58 с.
8. John A. Richards, Xiuping Jia. Remote sensing digital image analysis. – Springer, 2006.

*I.O. Tolkunov, Ph.D. Ph.D., associate professor,  
H.V. Ivanets, Ph.D., associate professor,  
I.I. Popov, Ph.D., associate professor  
National University of Civil Defense of Ukraine*

## RESEARCH OF WAYS OF INCREASE EFFECTIVENESS OF MINE SEARCH IN MINED TERRITORIES

According to the results of the study, the application of space geoinformation monitoring technologies, which uses geoinformatics data, space research tools and informatics processing methods, is proposed, which allow solving a wide range of tasks and can be considered as a promising method of surveying mined areas, and its use in Ukraine can lead to a significant reduction in time continuous demining of large areas of mined territories with a simultaneous increase in the level of safety of the demining process itself.

*В.В. Тютюник, док. техн. наук, професор,  
Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна*  
*О.О. Тютюник, канд. техн. наук, доцент  
Харківський національний університет імені Семена Кузнеця, Харків, Україна*  
*О.А. Яценко, канд. економ. наук, доцент  
Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна*

**ОСОБЛИВОСТІ ОБГРУНТУВАННЯ ЕКСПЕРТАМИ  
СИТУАЦІЙНОГО ЦЕНТРУ ОПТИМАЛЬНИХ АНТИКРИЗОВИХ РІШЕНЬ  
ЩОДО ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ В УМОВАХ  
НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ**

В Україні цілковито відкритими залишаються проблемні питання реалізації, базуючись на уявленнях системного підходу, в єдиній державній системі цивільного захисту (ЄДСЦЗ) функції моніторингу та розробки ефективних управлінських рішень всіх локальних підсистем, спрямованих на запобігання та локалізацію надзвичайних ситуацій (НС), в умовах зародження джерел небезпек різної природи [1, 2].

Це вказує на необхідність термінового розв'язання питань комплексного функціонування системи ситуаційних центрів та ЄДСЦЗ. Для цього в роботі пропонується в діючу систему ЄДСЦЗ по вертикалі від об'єктового до державного рівнів комплексно включити різні функціональні елементи системи моніторингу НС на території держави та складові системи ситуаційних центрів, які жорстко пов'язані між собою на інформаційному та виконавчому рівнях для прийняття ефективних антикризових рішень при розв'язанні різних функціональних задач моніторингу, попередження та ліквідації НС природного, техногенного, соціального та воєнного характеру [3, 4].

З метою розвитку науково-технічних основ створення системи підтримки прийняття антикризових рішень в системі ситуаційних центрів ЄДСЦЗ в роботі представлена методика обґрунтування оптимальних антикризових рішень щодо забезпечення відповідного рівня безпеки життєдіяльності держави при НС різного характеру в умовах невизначеності вхідної інформації для експертів системи ситуаційних центрів (рис. 1).

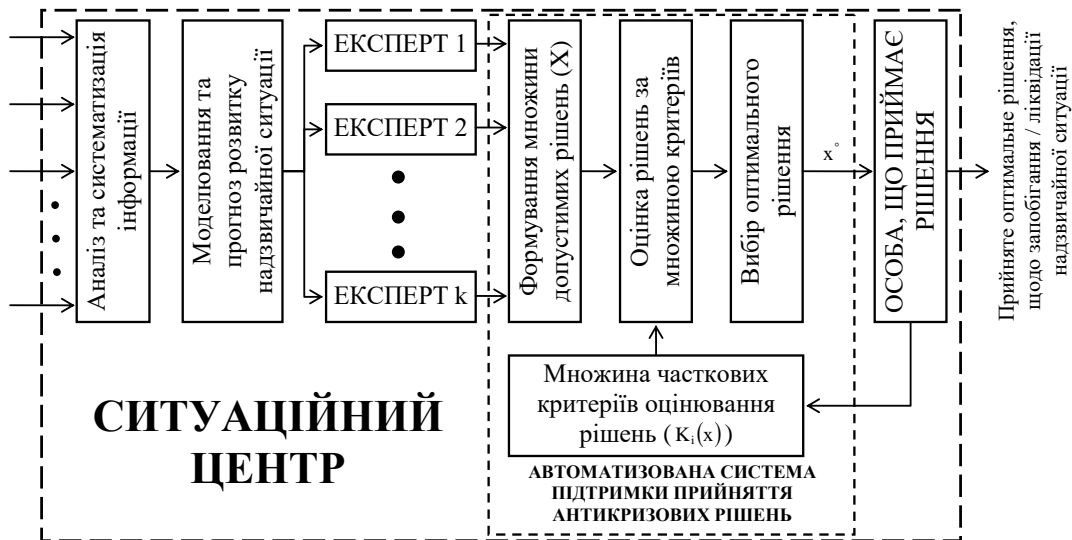


Рисунок 1 – Функціональна схема обґрунтування оптимальних антикризових рішень щодо забезпечення відповідного рівня безпеки життєдіяльності держави при надзвичайних ситуацій різного характеру, в умовах невизначеності вхідної інформації для експертів системи ситуаційних центрів єдиної державної системи цивільного захисту

Функціонування, представленої на рис. 1, схеми в умовах повноти вхідної інформації та наявності одного часткового критерію оцінювання множини допустимих

рішень не представляє труднощів при обґрунтування оптимальних антикризових рішень. З іншого боку, сучасні проблемні ситуації характеризуються неповнотою знань (невизначеністю) вихідних даних та множиною часткових критеріїв оцінювання. Таким чином, традиційний підхід, заснований на декомпозиції проблеми на дві умовно незалежні задачі – багатокритеріальної оптимізації в детермінованій, тобто без урахування невизначеності, постановці і прийняття рішення в умовах невизначеності для скалярної цільової функції в сучасних умовах, не задовольняє вимогам практики за точністю й ефективністю.

Це обумовлено тим, що задача багатокритеріальної оптимізації в принципі є некоректною, тому що дозволяє визначити рішення тільки з точністю до області компромісних рішень, а її регуляризація для визначення єдиного рішення, заснована на розрахунку узагальненої багатофакторної скалярної оцінки, базується на погано структурованих, суб'єктивних експертних оцінках, детермінізація яких призводить до великих похибок. З іншого боку, методи прийняття рішень в умовах невизначеності за скалярною оцінкою і очікуваного ефекту, без урахування його багатокритеріальності, так само не адекватні. Тому викає необхідність розвитку методології комплексного вирішення задачі прийняття рішень з урахуванням багатокритеріальності і неповної невизначеності вихідних даних.

Допустима множина рішень експертів ситуаційного центру ЄДСЦЗ у загальному випадку включає підмножину узгоджених  $X^s$  та неузгоджених (компромісних)  $X^c$  рішень щодо забезпечення відповідного рівня безпеки на відповідному рівні життєдіяльності (об'єктовому, місцевому, регіональному та державному) при НС. Особливістю останньої підмножини є неможливість покращити ні одного часткового критерію  $k_i(x)$ ,  $i = \overline{1, n}$  без погіршення якості хоч би одного іншого часткового критерію. Крім того, ефективне рішення  $x^\circ$  обов'язково належить області компромісів. Це означає, що задача багатокритеріальної оптимізації

$$x^\circ = \arg \underset{x \in X}{extr} \langle k_i(x) \rangle, \forall i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

не має рішення, тобто є некоректною задачею згідно Адамару, оскільки у загальному випадку не забезпечує визначення єдиного оптимального рішення із множини компромісів  $X^c$ . У зв'язку з цим, виникає задача багатокритеріальної оптимізації.

Таким чином, процедура прийняття експертами ситуаційного центру управлінських антикризових рішень ускладнюється тим, що необхідними умовами ефективності рішень є їх своєчасність, повнота й оптимальність. Тому, підвищення ефективності прийнятих рішень пов'язане з необхідністю рішення задачі багатокритеріальної оптимізації в умовах невизначеності. Це потребує розробки формальних, нормативних методів і моделей для комплексного рішення проблеми прийняття рішень в умовах багатокритеріальності й невизначеності при управлінні процесами запобігання та локалізації НС для забезпечення ефективного функціонування ЄДСЦЗ за трьома групами критеріїв, а саме: показники забезпечення відповідного рівня безпеки життєдіяльності; показники функціональної спроможності ЄДСЦЗ; показники фінансових затрат на функціонування цієї системи безпеки [5, 6].

## ЛІТЕРАТУРА

1. Андронов В.А., Дівізінюк М.М., Калугін В.Д., Тютюник В.В. Науково-конструкторські основи створення комплексної системи моніторингу надзвичайних ситуацій в Україні: Монографія. Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2016. 319 с.
2. Кулешов М.М., Садковий В.П., Тютюник В.В. Державна система цивільного захисту. Харків: Друкарня Мадрид, 2020. 232 с.



3. Тютюник В.В., Калугін В.Д., Писклакова О.О. Основоволожні принципи створення у єдиній державній системі цивільного захисту інформаційно-аналітичної підсистеми управління процесами попередження й локалізації наслідків надзвичайних ситуацій. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Полтава: Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2018. № 4(50). С. 168–177.

4. Тютюник В.В., Калугін В.Д., Писклакова О.О. Управлінські основи створення у єдиній державній системі цивільного захисту інформаційно-аналітичної підсистеми управління процесами попередження й локалізації наслідків надзвичайних ситуацій. *Вісник національного університету цивільного захисту України. Серія "Державне управління"*. Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2020. Вип. 1(12). С. 546–571.

5. Рубан І.В., Тютюник В.В., Тютюник О.О. Особливості створення системи підтримки прийняття антикризових рішень в умовах невизначеності вхідної інформації при надзвичайних ситуаціях. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. Київ: Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, 2021. Вип. 1(40). С. 75–84.

6. Тютюник В.В., Яценко О.А., Рубан І.В., Тютюник О.О. Особливості функціонування системи ситуаційних центрів на різних стадіях розвитку надзвичайних ситуацій. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. Київ: Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, 2022. Вип. 1(43). С. 41–52.

*Vadym Tiutiunyk, Doctor of Technical Sciences, Professor  
National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkov, Ukraine*

*Olha Tiutiunyk, Candidate of Technical Sciences, Docent  
Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Kharkov, Ukraine*

*Oleksandr Yashchenko, Candidate of Economic Sciences, Docent  
National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkov, Ukraine*

**FEATURES OF SUBSTANTIATION BY EXPERTS  
OF THE SITUATION CENTER FOR OPTIMAL ANTI-CRISIS SOLUTIONS  
REGARDING THE PREVENTION OF EMERGENCY SITUATIONS UNDER  
CONDITIONS OF UNCERTAINTY OF INPUT INFORMATION**

Creation of an efficient informational and analytical subsystem of prevention management processes and localization consequences of the emergency situations (ES) has been offered. It was made by complex inclusion in the operating Unified State Civil Protection System (USCPS) (from object to government) levels of various functional territorial system elements of monitoring emergency and system components of the situational centers. It was shown that one of the functions of system situational centers at all USCPS management levels is development of efficient response crisis solutions, which is complicated by the fact that necessary conditions of effectiveness decisions is their timeliness, completeness and optimality. For increase in effectiveness of a decision making need of formal development, normative methods and models of a complex solution of the making decision problem in the conditions of the multicriterial and indeterminacy at prevention management processes and consequences emergency localization has been proved. In order to develop the scientific and technical foundations for creating a support system for making anti-crisis decisions in the system of situational centers of the USCPS, the paper presents a methodology for substantiating optimal anti-crisis solutions to ensure an appropriate level of safety of the state in ES of various nature in conditions uncertainty of input information for experts of the system of situational centers.

## **МЕТАЛОГІДРИДНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАПОБІГАННЯ ВИНИКНЕННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ У СИСТЕМАХ ОХОЛОДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАШИН**

Охолодження електромашин, що працюють у вибухонебезпечних приміщеннях, а також охолодження під час роботи турбокомпресорів (ТГ), є найважливішим процесом. Наприклад, для ТГ потужністю до 30 МВт застосовується замкнута система повітряного охолодження. Якщо потужність перевищує 30 МВт, повітряне середовище замінюється водневим.

Використання водню в якості теплоносія дозволяє збільшити коефіцієнт тепловіддачі з поверхонь, що охолоджуються, оскільки теплоємність водню у кілька разів перевищує теплоємність повітря. Також, за заданих розмірах ТГ, відповідно підвищиться і його потужність.

За рахунок того, що водень, яким заповнюється корпус машини, має приблизно в 14 разів меншу густину, ніж повітря, істотно зменшуються втрати на тертя о газ частин, що обертаються. Це особливо важливо для швидкохідних синхронних ТГ. Також поліпшуються умови роботи ізоляції, оскільки вона перебуває у середовищі, позбавленому кисню.

При водневому охолодженні замкненого циклу охолоджувач вбудовується в ТГ і вся система ретельно герметизується. Ущільнення перешкоджають проникненню зовнішнього повітря всередину корпусу машини або витоку охолоджуючого газу в атмосферу. Такі системи застосовуються для інтенсивного охолодження машин, що працюють у вибухонебезпечних приміщеннях та у всіх великих ТГ. Коефіцієнт тепловіддачі в сучасному електромашинобудуванні підвищують пристроєм інтенсивного обдування, яке створює аеродинамічний натиск, що забезпечує спрямований рух охолоджуючого газу.

Недоліком таких пристроїв є високий рівень пожежонебезпечності систем зберігання та подачі водню, а також ймовірність виникнення горючої суміші при пошкодженні ущільнень.

В ПМаш НАН України розроблено серію металогідридних акумуляторів-нагнітачів водню, що забезпечують компактне вибухопожежобезпечне зберігання водню протягом необмеженого часу, з його подальшим очищенням та видачею під заданим підвищеним тиском.

Використання таких пристроїв суттєво спрощує схеми систем охолодження шляхом виключення з них газових балонів, компресорів, очисних колон, регуляторів тиску, що суттєво зменшує ризик виникнення вибухонебезпечної ситуації.

Водень в акумуляторах сорбується за низького тиску металогідридним сорбентом. Використовується переважно інтерметалічне з'єднання (ІМЗ)  $\text{LaNi}_5$ . Десорбцію водню здійснюють за допомогою нагрівання за високого тиску. Розроблений пристрій містить магістралі, що підводять і відводять водень, та з'єднується з сорбційним блоком очищення, що має теплообмінник. Після очищення водню проводиться скидання не поглинутих сорбером домішок водню.

Точність регулювання робочих тисків в нагнітальному і відводному патрубках, що залежать від температури металогідриду (МГ), визначає стабільність видачі водню. Тому важливим

завданням під час проектування вибухобезпечних металогібридних пристроїв охолодження є необхідність визначення фазових діаграм систем метал-водень, тобто співвідношення між тиском сорбції (десорбції), складом та температурою МГ.

Запропонований новий підхід [1] до проблеми розрахунку фазових рівноваг у металогібридах полягає у визначенні властивостей водневої підсистеми гідриду, а також рівноважної з ним молекулярної фази  $H_2$  у рамках єдиного методу – модифікованої схеми теорії збурень (МТЗ) [2].

Термодинамічний опис водневої підсистеми в області неупорядкованих фаз виконано з використанням моделі неідеального (взаємодіючого) решіткового газу атомів водню. При цьому враховано як пряму взаємодію між атомами водню, так і непрямі “деформаційні” внески у потенційну енергію внаслідок розширення решітки при розчиненні водню.

Вихідна кристалічна структура ІМЗ у переважній більшості випадків не відрізняється від структури металевої матриці в гідридних фазах систем ІМЗ–водень в області неупорядкованих  $\alpha$ -,  $\beta$ -фаз. У цьому випадку хімічний потенціал  $\mu_H = G_H/N_H$  водневого компонента гідриду ІМЗ (тобто питома, на атом Н, енергія Гіббса  $\mu_H = G_H/N_H$ ) має вигляд:

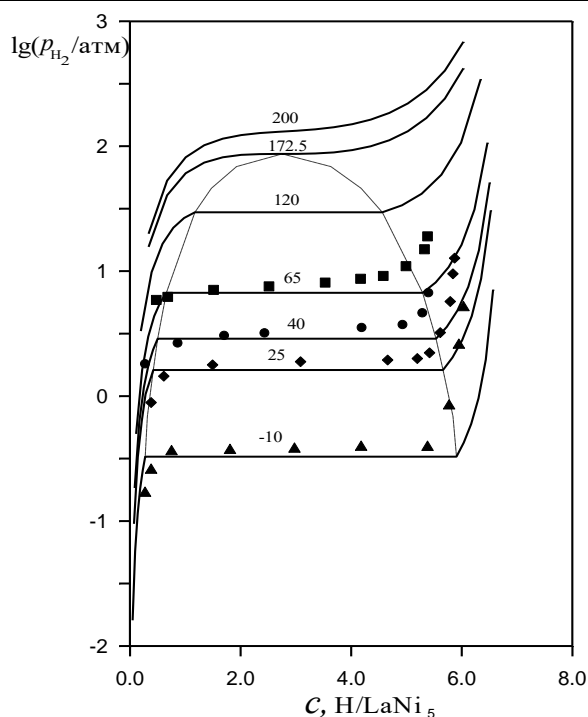
$$\beta\mu_H^+(\theta, T) = \ln \frac{\theta}{1-\theta} + \frac{W_1\theta}{T(1+\alpha c_s\theta)} + \frac{W_2\theta^2}{T^2(1+\alpha c_s\theta)^2}, \quad (1)$$

де  $\beta=1/kT$ ;  $\mu_H^+ = \mu_H - \mu_H^{st}$ ;  $\mu_H^{st}(T)$  – хімічний потенціал у стандартному стані [1];  $\theta=C/C_s$  – відносна концентрація водню (ступінь заповнення міжвузлів, доступних для розчинення Н-атомів);  $C = n_{IMC} \cdot c$  – концентрація водню як відношення Н/ІМЗ, тобто на формульну одиницю ІМЗ;  $n_{IMC}$  – число атомів у формульній одиниці;  $c$  – концентрація Н в одиницях Н/Ме, тобто на один атом матриці;  $\alpha = c^{-1}(\Delta V(c)/V)$  – коефіцієнт дилатації решітки ІМЗ при розчиненні водню. Величини  $C_s$  (сорбційна ємність ІМЗ) та  $c_s$  (максимальна концентрація зайнятих міжвузлів), пов'язані співвідношенням  $c_s = C_s/n_{IMC}$ .

Постійні величини  $W_1$  та  $W_2$ , що описують зв'язок між макроскопічними властивостями розчинів поглинання ІМЗ–водень та мікроскопічними (атомними) характеристиками водневої підсистеми та металевої матриці ІМЗ, рівні:

$$W_1 = 2I_1 n_M (\sigma_1^3 / v_0) E_1 c_s, \quad W_2 = (3I_2 / 4I_1^2) W_1^2, \quad (2)$$

де  $I_1 = -5,585$ ,  $I_2 = 1,262$  – параметри МТЗ для Н-газу [2];  $n_M$  – число атомів матриці в елементарній комірці;  $v_0$  – об'єм комірки при  $C=0$ ;  $E_1 [K]$  та  $\sigma_1 [m]$  – параметри потенціалу (Н–Н)- взаємодії  $u_H(r) = kE_1\phi(r/\sigma_1)$ .



**Рис. 1.** Ізотерми розчинності водню у  $\text{LaNi}_5$ . Температури при розрахункових ізотермах зазначені в  $^{\circ}\text{C}$ . Значки – експериментальні дані про десорбцію.

Зображені на рис. 1 розраховані ізотерми розчинності водню для гідридів  $\text{LaNi}_5$  у широкому діапазоні тисків добре узгоджуються з експериментальними даними.

**Висновки.** Застосування металогідридних охолоджувальних установок електромашин та ТГ дозволяє удосконалити схеми охолодження, виключивши з них вибухонебезпечні газові балони, компресори та очисні колони. Таке вирішення проблем безпечної експлуатації пристроїв охолодження дає можливість запобігати техногенним аваріям.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Marinin V.S. Interacting lattice gas model for hydrogen subsystem of metal hydrides / V.S.Marinin, K.R.Umerenkova, Shmalko Yu.F. // Functional materials – 2002. – Vol. 9, No3. – P. 395–401.
2. Маринин В.С. Теплофизика альтернативных энергоносителей. - Харьков: Форт, 1999. – 212 с.

*Umerenkova K.R., Candidate of Engineering Sci., Associate Professor*

*National University of Civil Protection of Ukraine*

#### **METAL HYDRIDE TECHNOLOGIES TO PREVENT THE APPEARANCE OF EXPLOSIVE FACTORS IN THE COOLING SYSTEMS OF ELECTROMASHINES**

The possibility of using explosion-proof metal hydride cooling systems for electric machines is considered. Methods for calculating the parameters used in the design of such devices are analyzed. Method for calculating the phase equilibria of  $\text{LaNi}_5$  hydrides based on an original statistical-mechanical scheme, a modified perturbation theory, is presented.

*Лапикін К.О., курсант НУЦЗ України*

*Усачов Д.В., викладач, НУЦЗ України*

## **КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕАГУВАННЯ ЕКСТРЕНИХ СЛУЖБ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ**

Для підвищення рівня спроможності у протистоянні будь-яким надзвичайним ситуаціям підрозділам екстрених служб допомагають постійні тренування та відпрацювання взаємодії між всіма галузями, які дбають про безпеку громадян та захищають територію України. Співробітники ДСНС регулярно беруть участь у командно-штабних, тактико-спеціальних навчаннях та тренуваннях, у ході яких відпрацьовуються заходи під час ліквідації різних надзвичайних подій. У ході таких тренувань залучаються усі служби взаємодії: зокрема, поліція, спеціалізовані підрозділи медицини катастроф та інші служби невідкладної допомоги [1].

Такі тренування та спільні навчання щодо попередження виникненню різного роду надзвичайних ситуацій (НС), а також оперативного реагування при виникненні НС тривають і сьогодні, навіть коли на території України проходять військові дії. Адже саме регулярні відпрацювання допомагають виявити слабкі місця та недоліки, а також підсилюють готовність і спроможність підрозділів до дій за призначенням.

З початку повномасштабного вторгнення на територію України навантаження на служби екстреної допомоги населенню різко зросло. Так, середня кількість щоденних екстрених викликів до служб 101 і 102 з часу введення в Україні воєнного стану зросла на 45%. Підрозділи ДСНС виїздили на виклики близько 30 тисяч разів, у тому числі понад 10 тисяч виїздів - на ліквідацію наслідків обстрілів російськими військами населених пунктів та евакуювали з небезпечних територій понад 2 мільйона осіб. У ході ліквідацій НС було виявлено ряд проблем взаємодії між службами, які не дозволяють значно підвищити їх ефективність, а саме:

- відсутність єдиного координаційного центру для обробки викликів за номером 112;
- швидкість взаємодії в ході реалізації пошукових робіт та евакуації постраждалих;
- недосконалість комплексного підходу до надання екстреної допомоги населенню.

Для усунення цих недоліків необхідно запровадити систему швидкого реагування, що скоротить час реагування на небезпечні ситуації та підвищить ефективність підрозділів екстреної допомоги населенню. На сьогодні влада залучає фахівців європейських країн для узагальнення комплексного підходу. У Верховній Раді зареєстрували законопроект №7581 від 22.07.2022 р. щодо вдосконалення системи екстреної допомоги населенню за єдиним телефонним номером 112 [2].

Метою цього проєкту є:

- створення єдиного центру прийняття та обробки екстрених викликів, що дозволить забезпечити належний рівень надання екстреної допомоги населенню в разі загрози виникнення або виникнення екстрених ситуацій;
- організацію прийому звернень до екстрених служб за принципом “єдиного вікна”, що дозволить особі використовувати для виклику єдиний телефонний номер 112;
- забезпечення Служби 112 та оперативно-диспетчерських служб (101, 102, 103, 104) цілодобовим онлайн-доступом до відповідних фактичних даних із результатами фіксації технічними засобами громадських місць та метаданих до них;
- надання екстреним службам права автоматично отримувати інформацію про місцезнаходження абонента (дані геолокації) та впровадження обов'язку постачальників електронних комунікацій надавати екстреним службам таку інформацію.

## КОМПЛЕКСНЕ РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНУ СИТУАЦІЮ

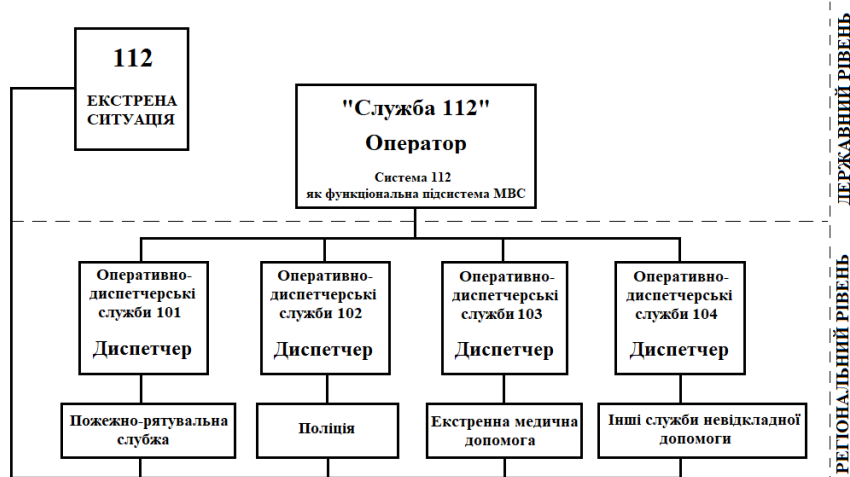


Рисунок 1. – Функціональна структура комплексного реагування на надзвичайну ситуацію.

Відсутність єдиного центру зараз не дозволяє залучати декілька служб у разі виникнення екстрених ситуацій. Проект Закону України «Про внесення змін до деяких законів України щодо вдосконалення системи екстреної допомоги населенню за єдиним телефонним номером 112» розроблено з метою забезпечення населення екстреною якісною та своєчасною допомогою, створення умов для забезпечення доступу до єдиного телефонного номера 112 усім особам, що перебувають на території України, у тому числі особам з інвалідністю та особам, що не володіють державною мовою [3].

Таким чином, очікуваними результатами при впровадженні цієї комплексної системи будуть удосконалення діяльності відповідних служб з залученням новітніх інформаційних, інформаційно-телекомунікаційних систем для віддаленого «бачення» ситуації на місці екстреної події для оперативного задіяння необхідних сил та засобів для вдалої ліквідації НС.

## ЛІТЕРАТУРА

1. «Рятувальники ДСНС відпрацьовують взаємодію між екстреними службами» [Електронний ресурс]. Режим доступу до джерела: <https://dsns.gov.ua/news/ostanni-novini/97358> (Дата звернення 17.08.2022 р.).
2. «Система 112» [Електронний ресурс]. Режим доступу до джерела: <https://mvs.gov.ua/uk/ministry/projekti-mvs/informatizaciya-sistemi-mvs-ukrayini/sistema-112-ukrayini> (Дата звернення 17.08.2022 р.).
3. «В Україні хочуть створити єдину службу екстреної допомоги» [Електронний ресурс]. Режим доступу до джерела: <https://lviv.media/v-ukraini-khochut-stvoryty-iedynu-sluzhbu-ekstrenoi-dopomohy/> (Дата звернення 17.08.2022 р.).

Lapikin K.O., cadet of the National University of Civil Defense of Ukraine

Usachov D.V., lecturer at the National University of Civil Defense of Ukraine

### COMPREHENSIVE APPROACH TO INCREASE THE EFFICIENCY OF RESPONSE OF EMERGENCY SERVICES TO EMERGENCY SITUATIONS

**Abstract:** The report raises issues of interaction of emergency and rescue services, which do not allow to significantly increase the efficiency of liquidation of emergency situations. A comprehensive rapid response system is proposed, which will reduce the time of response to dangerous situations and increase the efficiency of the units of emergency assistance to the population. The functional structure of complex interaction during emergency liquidation is presented.

## ПЕРЕВІРКА ЛИЦЬОВИХ ЧАСТИН ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ

Для забезпечення постійної готовності газодимозахисної служби до виконання оперативних завдань в непридатному для дихання середовищі, особовий склад повинен надійно захищатись від дії небезпечних хімічних речовин (далі НХР). Експлуатація захисних дихальних апаратів та їх обслуговування повинні здійснюватись відповідно до вимог ДСТУ EN 137-2002 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Апарати дихальні автономні резервуарні зі стисненим повітрям. Вимоги, випробування, маркування» та Настанови з організації газодимозахисної служби в підрозділах оперативно-рятувальної служби (далі ОРС) цивільного захисту МНС України [1]. Згідно нормативних документів, керівник гасіння пожежі або керівник аварійно-рятувальних робіт повинен оцінити можливість захисту особового складу апаратами, якими оснащено підрозділи ОРС. При можливості досягнення гранично-допустимої концентрації (далі ГДК) в підмасочному просторі, експлуатація апарату неприпустима.

Задачею дослідження є визначення залежностей концентрації НХР в підмасочному просторі лицьових частин різних типів. Важливим етапом дослідження дієздатності захисних дихальних апаратів є дослідження зони обтюрації, а саме підсосу отруйних речовин в підмасочний простір. Доцільно провести дослідження лицьових частин ізолюючих апаратів різних типів. Було обрано чотири типи масок.

При роботі приладу, навколишнє отруєне середовище моделювалося за допомогою купола. Об'ємна концентрація НХР ( $\text{CO}_2$ ) під куполом підтримувалась постійною 35 %. Дослідження проводилось протягом 3 с. Розрідження в підмасочному просторі підтримувався на рівні  $500 \pm 50$  (Па). Після створення розрідження, фіксувалось значення концентрації отруйної речовини в підмасочному просторі на протязі часу випробування (рис. 1).

Для кожного типу лицьових частин експеримент повторювався 5 разів. Перевірки дисперсії середньоквадратичного відхилення проводилась за критерієм Кохрена для рівня значущості 0,05.

При апроксимації отримана лінійна модель залежності концентрації НХР від часу розрідження в підмасочному просторі та типу лицьової частини (достовірність апроксимації 0,9892).

$$\varphi_{\text{пн}} = A \cdot t, \% \quad (1)$$

де  $A$  – коефіцієнт захисту лицьової частини,  $\text{с}^{-1}$ .

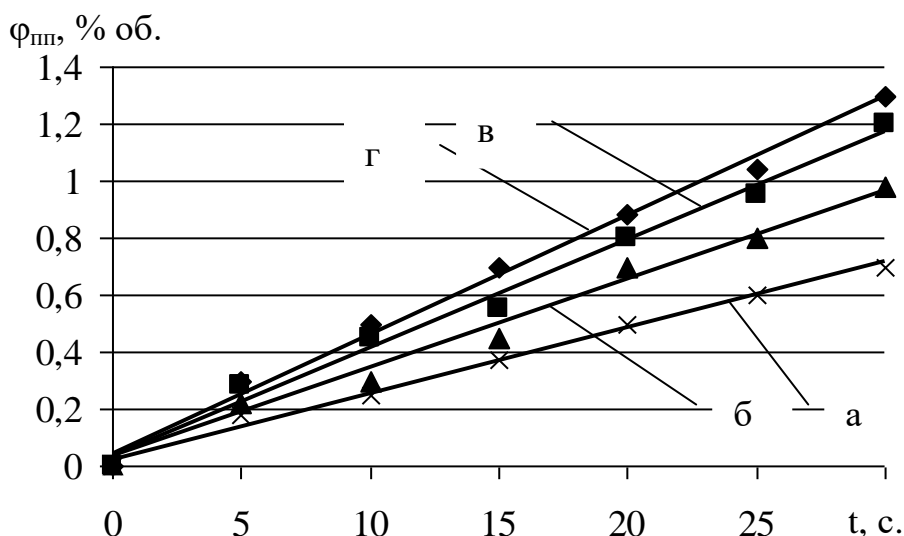
В результаті експериментальних досліджень отримані наступні значення коефіцієнту  $A$  для різних типів лицьових частин. Для лицьової частини, що відповідає рис. 1а,  $A = 0,0419 \text{ с}^{-1}$ ; рис. 1б  $A = 0,0376 \text{ с}^{-1}$ ; рис. 1в  $A = 0,0312 \text{ с}^{-1}$ ; рис. 1г  $A = 0,0231 \text{ с}^{-1}$ .

Якщо припустити, що здатність проникнення в підмасочний простір у різних НХР не нижча ніж у вуглекислого газу, то отримані залежності дозволяють розрахувати можливість захисту особового складу ОРС при дії НХР в режимі нормальної роботи (час розрідження не перевищує 1 с.) та в режимі «паніки» (час розрідження до 10 с. та більше).

Враховуючи, що в нормативних актах ГДК наведена в масовій концентрації ( $C_m$ ),  $\text{мг} \cdot \text{м}^{-3}$ , наведену залежність більш доцільно навести у відповідному вигляді:

$$C_m = A \cdot t \cdot M \cdot V_m^{-1} \cdot 10^4, \text{мг} \cdot \text{м}^{-3}, \quad (2)$$

де  $M$  – молярна маса НХР,  $\text{г} \cdot \text{моль}^{-1}$ ;  $V_m$  – молярний об'єм,  $\text{л} \cdot \text{моль}^{-1}$ .



**Рис. 1 – Концентрація CO<sub>2</sub> в підмасочному просторі для лицьової частини різного типу: а) шолом-маска; б) шолом маска (переговорний пристрій); в) лицьова частина панорамного типу (MSA AUER); г) лицьова частина панорамного типу (ППМ-88).**

З отриманих залежностей можна заключити, що на підсос навколишнього середовища в підмасочну зону впливають складність конструкції та площа обтюратори лицьових частин. Так самою надійною виявилась шолом-маска без переговорного пристрою з великою площею обтюратори, а найбільш небезпечною для використання панорамна маска.

**Висновки.** Встановлено принципи вибору лицьових частин з високим ступенем захисту. Отримано залежність концентрації НХР в підмасочному просторі в залежності від типу лицьової частини і часу розрідження. Для даної залежності виведено коефіцієнти типу лицьової частини апарату. Виведено залежність для отримання масової концентрації НХР в підмасочному просторі, що надає можливість прогнозування та порівняння результату з ГДК НХР.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Чернов С.М. Ізолюючі апарати. Обслуговування та використання // С.М. Чернов, В.В. Ковалишин / Навчальний посібник. – Львів, “СПОЛОМ”, 2002. – 194 с.
2. Стрілець В.М. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Основи створення та експлуатації // В.М. Стрілець / Навчальний посібник. - Х.: АПБУ, 2001.-118с.
3. Рекомендації для вивчення повітряних протигазів “Drager” PA 90 SERIES {PA 92} у підрозділах гарнізонів пожежної охорони. – К.: УДПО МВС України, 1995. – 19 с.

*A. Chernukha, Ph.D., associate professor, National University of Civil Defence of Ukraine*

#### CHECKING THE FACIAL PARTS MEANS OF INDIVIDUAL RESPIRATORY PROTECTION

To ensure the constant readiness of the gas and smoke protection service to perform operational tasks in an environment unsuitable for breathing, the personnel must be reliably protected against the effects of hazardous chemicals (hereafter NKR). The operation of protective breathing devices and their maintenance must be carried out in accordance with the requirements of DSTU EN 137-2002.



*О.Р. Шевчук, кандидат наук державного управління, НУЦЗ України*

*Р.О. Говоруха, НУЦЗ України*

## **АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ПІРОТЕХНІЧНИМИ ПІДРОЗДІЛАМИ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН ДЛЯ ЗНИЩЕННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ**

В сучасному світі досить великої популярності набрали вибухові речовини, вони використовуються для видобування сировини в кар'єрах та рудниках. Крім гірської справи, вибухові речовини знайшли своє застосування в армії. За допомогою них в Збройних Силах України споряджаються боєприпаси, такі як:

- ручні гранати;
- артилерійські боєприпаси;
- ракети;
- морські міни;
- торпеди;
- авіабомби;
- касетні елементи;
- інженерні міни та інші.

У зв'язку з російським воєнним вторгненням на територію України, різко збільшилась кількість виявлених вибухонебезпечних предметів на територіях Сумської, Чернігівської, Київської, Харківської, Полтавської, Херсонської, Запорізької, Миколаївської, Донецької та Луганської областей. Під час відступу окупаційних військ з території Київської, Чернігівської та Сумської областей було залишено велика кількість озброєння, артилерійських боєприпасів, ручних та під ствольних гранат.

Для визначення найбільш популярних вибухових речовин, що використовуються в сучасному озброєнні проведено аналіз боєприпасів, які залишилися на території України під час відступу окупаційних військ з територій України.

На території, де велися активні бойові дії, було знайдено такі боєприпаси:

а) касетні елементи 9Н210 до 220-мм реактивного снаряду 9М27К до РСЗВ «Ураган» та 9Н235 до 300-мм снаряду РСЗВ «Смерч». Для спорядження одного касетного елемента використовується вибухова речовина А-ІХ-І та А-ІХ-ІІ. Вага якої становить 300 грам.

б) протитанкові міни дистанційного мінування типу ПТМ-1, ПТМ-3 та ПТМ-4. Для спорядження ПТМ-1 використовується вибухова речовина пластит ПВВ-12С-1. Вага якої становить 1,1 кг. Для спорядження ПТМ-3 використовується суміш тротилу та гексогену (ТГ-40). Вага вибухової речовини становить 1,8кг. Для спорядження протитанкової міни типу ПТМ-4 також використовують ТГ-40 вага якої становить 1,35кг.

в) фугасні авіаційні бомби вагою 500кг (ФАБ-500). Для спорядження такої бомби знадобиться вибухова речовина, вага якої становить 300кг.



а)

б)

в)

г) ручні гранати типу Ф-1. Для спорядження якої використовується вибухова речовина тротил, маса якої – 55 грам.

д) артилерійські снаряди калібру 76, 85, 122, 125 та 152 міліметрів. Для спорядження снарядів зазвичай використовують тротил та А-ІХ-І.

е) мінометні міни калібру 60, 82, 120 та 160 міліметрів. В них частіше всього використовують вибухову речовину – тротил.



г)



д)



е)

За результатами аналізу використання вибухових речовин у сучасному озброєнні ми можемо виділити, що найпоширенішими вибуховими речовинами являються тротил, А-ІХ-І та пластит:

1) Тротил – це тверда речовина жовтого кольору, яка славиться своєю вибуховою здатністю. Температура плавлення становить всього 81°C, що дає змогу без зайвих труднощів його використання в цілях спорядження боєприпасів. Температура спалаху – 310°C. На відкритому повітрі тротил горить жовтим полум'ям з сильним коптінням без вибуху. Тротил являється мало чутливим до тертя, удару та теплового впливу на нього. При прострелі тротилу кулею ініціація та, в подальшому – детонація, не відбувається.



Також він не вступає в хімічну реакцію з металами, стійкість тротилу дуже висока. Під час його нагрівання до температури 130°C майже не змінює свою вибухову властивості, також тривалий час перебування його у воді ніяк не впливає на його вибухову спроможність. Під час вибуху виділяється велика кількість шкідливих газів, що негативно впливає на природне середовище. Ціна тротилу за кілограм становить 162 гривні 82 копійки.

2) А-ІХ-І – вибухова речовина, що являє собою суміш гексогену (95%) та флегматизатора (5%). Являє собою однорідну, порошкоподібну, негігроскопічну сипучу речовину, оранжевого кольору. Хімічно не взаємодіє з металами. Температура спалаху - 200°C. Чутливість А-ІХ-І більша ніж чутливість тротилу, тому під час пострілу з рушниці вибухова речовина здатна ініціювати, та вибухнути. Застосовується для спорядження бойових частин ракет, артилерійських снарядів, мін та іншого озброєння.

3) Пластит – пластикна вибухова речовина нормальної потужності, яка виготовляється на основі гексогену та пластифікатора. Широко застосовується в інженерних цілях та для спорядження боєприпасів. Нерозчинний в воді, являє собою однорідну тістоподібну речовину світло-коричневого кольору, легко деформується зусиллям рук, що дає змогу виготовляти зарядів потрібної форми. Температура спалаху - 210°C. Ініціювати вибух пластиту можна за допомогою капсуля-детонатора. Під час вибуху виділяються шкідливі речовини, але кількість їх значно менша, ніж при підриві тротилу. Широко застосовується в інженерних цілях та для спорядження боєприпасів.



У зв'язку зі збільшенням численності вибухонебезпечних предметів на території України значно збільшилась кількість залучення піротехнічних підрозділів ДСНС України для знешкодження та знищення боєприпасів які залишились після обстрілів по населеним пунктам та за їхніми межами, і які були залишені під час відступу окупаційних військ.

Для знешкодження та знищення боєприпасів та залишків від них групи піротехнічних робіт ДСНС України використовують найпопулярнішу вибухову речовина у вигляді пресованих шашок, що має назву «шашка-детонатор Т-400г». Кожного дня підрозділами ДСНС опрацьовується понад 500 заявок на знищення вибухонебезпечних предметів. На таку кількість заявок потрібна велика кількість вибухової речовини, що вимагає великих грошових витрат для придбання вибухових речовин, за допомогою яких виконується знищення вибухонебезпечних предметів, також відбувається сильне забруднення навколишнього середовища.

Проблему стосовно великих грошових витрат та сильного забруднення навколишнього середовища можна вирішити за рахунок заміни вибухової речовини «Тротил» в піротехнічних підрозділах ДСНС України на вибухову речовину «Пластит», що дасть змогу заощадити державні кошти та зменшить шкоду на навколишнє середовище.

Після проведення аналізу, приходимо до висновку, що раціональніше використовувати вибухову речовину «Пластит», так як це дасть змогу заощадити державні кошти, та при його використанні потрібен заряд менший ніж при використанні тротилу.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Комащенко, В.И. Взрывные работы [Текст] / В.И. Комащенко, В.Ф. Носков, Т.Т. Исмаилов. – М.: Высш. шк., 2007. – 439 с.
2. Кутузов, Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Ч. 2. Взрывные работы в горном деле и промышленности: учебник [Текст] / Б.Н. Кутузов. – М.: Горная книга, 2008. – 512 с.
3. Правила безпеки під час поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення [Текст]. – Затв. Наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 12.06.2013. – К.: Норматив, 2013. – 127 с.
4. Симанович, Г.А. Руйнування гірських порід вибухом: навч. посібник [Текст] / Г.А. Симанович, В.П. Меліхов. – Дніпропетровськ: НГУ, 2003. – 116 с.
5. Шевцов, М.Р. Руйнування гірських порід вибухом [Текст] / М.Р. Шевцов, П.Я. Таранов, В.В. Левіт, О.Г. Гудзь. – Донецьк: ДонНТУ, 2003. – 248 с.
6. Носков, В.Ф. Буровзрывные работы на открытых и подземных разработках [Текст] / В.Ф. Носков, В.И. Комащенко, Н.И. Жабин. – М.: Недра, 1982. – 321 с.
7. Закон України „Про поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення” (ВВР, 2005, № 6, ст. 138);

*O.R. Shevchuk, candidate of sciences in public administration,  
National University of Civil Defence of Ukraine*

*P.O. Hovoruha, National University of Civil Defence of Ukraine*

#### **ANALYSIS OF THE USE OF EXPLOSIVE SUBSTANCES BY PYROTECHNIC UNITS FOR THE DESTRUCTION OF EXPLOSIVE OBJECTS**

The problem of large monetary costs and severe environmental pollution can be solved by replacing the TNT explosive in the pyrotechnic divisions of the State Emergency Service of Ukraine with the Plastite explosive, which will save state funds and reduce environmental damage.

After conducting the analysis, we come to the conclusion that it is more rational to use the explosive substance "Plastit", as it will save state funds, and its use requires a smaller charge than when using TNT.

*О.С. Щербак, О.А. Дерев'янка, к.т.н., доц., Р.І. Шевченко д.т.н., проф.*  
*Національний університет цивільного захисту України м. Харків, Україна*  
**АНАЛІЗ МЕТОДІВ МОНІТОРИНГУ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ВНАСЛІДОК  
ПОЖЕЖІ В БУДІВЛЯХ З МАСОВИМ ПЕРЕБУВАННЯМ ЛЮДЕЙ**

На сьогоднішній день існує ряд фізико-хімічних методів, за допомогою яких можна вірогідно визначити ознаки осередку й установити причини виникнення надзвичайних ситуацій внаслідок пожежі. Майже усі вони ґрунтуються на можливості реєструвати структурні перетворення.

Зазначимо, що у результаті горіння, що відбувається під час надзвичайної ситуації внаслідок пожежі, матеріали, конструкції, устаткування й окремі предмети, що опинились в зоні дії високої температури, перетерплюють різні руйнування, деформації або знищуються цілком - згорають.

Як правило, руйнування відбувається нерівномірно і цією обставиною часто користуються при установленні осередку надзвичайної ситуації внаслідок пожежі. З місцем найбільшого вигорання, руйнування нерідко зв'язують розташування осередку.

Очевидно, що велика тривалість горіння приведе до великих руйнувань, це може викликати і розвиток більш високої температури у осередку пожежі, що також неминуче позначиться на інтенсивності і ступені руйнувань. Однак така обставина, як тривалість горіння, не є єдиною, а в ряді випадків вона взагалі не може бути причиною найбільшого ушкодження конструкцій і матеріалів на певній ділянці пожежі, у тому числі й у осередку.

Руйнування, що відбуваються на пожежах, залежать не тільки від тривалості горіння, але і від цілого ряду інших факторів і умов, з якими зв'язаний розвиток пожежі, і, насамперед, від температурного режиму в зоні горіння. Розвиток же температури зв'язаний, звичайно, не тільки з фактором часу. Температура на окремих ділянках пожежі залежить також і від кількості і характеру горючих матеріалів, розташованих на цій ділянці, умов їхнього горіння, зокрема від умов газового обміну (доступу повітря), визначається розвитком конвекції, особливостями гасіння пожежі. Усе це буде визначати умови і причини кількарядового вигорання, утворення місцевих осередків горіння або окремих, краще збережених ділянок у зоні пожежі. Як нам уже відомо, навіть у осередку пожежі найменші ушкодження можуть відбуватися також завдяки архітектурно-будівельним особливостям спорудження.

Відкладення кіптяви на конструкціях та предметах присутні практично на будь-якій пожежі – як у зоні горіння, так і в зоні задимлення. В даний час кіптяга вкрай обмежено використовується як об'єкт дослідження і відповідно джерела криміналістично-значущої інформації про надзвичайну ситуацію внаслідок пожежі.

На сьогодні фахівцями [1-5] робилися лише окремі спроби щодо визначення природи згорілих матеріалів за структурою та складом кіптяви, а також встановлення факту наявності в зоні горіння етилованих палив за присутністю в кіптяві окису свинцю та не етилованих нафтопродуктів шляхом виявлення їх кількостей, сорбованих частинками сажі. Завдання визначення умов горіння у різних зонах надзвичайної ситуації внаслідок пожежі та виявлення осередкових ознак пожежі у своїй не ставилися і вирішувалися. Аналіз електричного опору шару кіптяви дозволяє досліджувати закопчення безпосередньо на місці пожежі і, таким чином, виявляти шляхи поширення основних конвективних потоків та осередкову зону.

Слід зауважити, що визначення електроопору проводиться за тією самою, що й дослідження обуглених залишків деревини, за допомогою комплексу, що складається з пресу, прес-форми та мегаметра. Даний метод застосовується тільки для матеріалів, що утворюють, як деревина, твердий вуглистий залишок при піролізі, і не застосовується, наприклад, для деяких сортів пінополіуретанів. Електроопір також є функцією температури та тривалості піролізу (як і у деревини. вплив температури при цьому переважно), і ця обставина дозволяє використовувати електроопір як дуже чутливий та зручний критерій

для оцінки ступеня термічних уражень полімерних матеріалів на місці пожежі. Крім того, величину електроопору проби можна, при необхідності, використовувати для визначення температури, при якій відбувалася карбонізація матеріалу.

Для виявлення зон термічних уражень полімерного матеріалу - покриття підлоги, стін відбирають проби поверхневого шару карбонізованого матеріалу, сушать їх, подрібнюють та визначають величину питомого електроопору. Щоб визначити не просто ступінь термічного ураження, а температуру, при якій карбонізувався вилучений з місця надзвичайної ситуації внаслідок пожежі полімерний матеріал, необхідно взяти зразок такого ж матеріалу, що не зазнав термічного впливу, його окремі навішування нагріти в лабораторних умовах при різних температурах, після чого досліджувати отримані проби і побудувати графік залежності електроопору обвуглених залишків даного матеріалу від температури піролізу.

Цей графік можна використовувати як калібрувальний для визначення температури карбонізації вилучених із місця пожежі проб. Наприклад, якщо привезена з місця надзвичайної ситуації внаслідок пожежі проба карбонізованого ПВХ лінолеуму має питомий опір електроенергії  $P=lgR=5$ , то за відповідним графіком можна встановити, що температура, за якої відбувалася карбонізація даної ділянки лінолеуму на пожежі, становила близько 500 °С. Дані дослідження можна провести на більшості поверхонь безпосередньо на місці осередку надзвичайної ситуації внаслідок пожежі за наявності кіптяви. Виключенням, поки що, стануть лише металеві та пошкоджені поверхні у наслідок неможливості вимірювання достовірних значень електричного опору.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Peter Janku, Zuzana Kominkova Oplatkova, Tomas Dulik, Petr Snopek, Jiri Liba. Fire Detection in Video Stream by Using Simple Artificial Neural Network. MENDEL— Soft Computing Journal, Volume 24, No. 2, 2018
2. Qiao Gaolin, “Research on Image Flame Feature Selection and Recognition Algorithm in Complex Large Space”, Xi'an University of Architecture and Technology, (2015)(in Chinese)
3. Frizzi, S., Kaabi, R., Bouchouicha, M., Ginoux, J., Moreau, E., Fnaiech, F.:Convolutional neural network for video fire and smoke detection. In: IECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, pp. 877–882 (2016).]
4. Xie Zhenping, Wang Tao, Liu Yuan, “A new algorithm for fast detection of flutter analysis of video smoke”, microelectronics and computer, vol. 28, no. 10, (2011), pp. 209-214(in Chinese)
5. Hidenori Maruta, Akihiro Nakamura, Fujio Kurokawa, “Smokedetection in open areas with texture analysis and support vectormachines”, IEEJ Trans Electron Eng, vol. 7, no. S1, (2012), pp. 59–70.

*O.S Shcherbak, O.A Derevyanko, Ph.D., Assoc., R.I. Shevchenko, DrSc., prof.*

*National University of Civil Protection of Ukraine Kharkiv, Ukraine*

#### **ANALYSIS OF EMERGENCY MONITORING METHODS AS A RESULT OF FIRE IN BUILDINGS WITH MASS STAY OF PEOPLE**

The practical bases of the method of research and analysis of soot after a fire are considered to solve such problems of investigation of a fire, such as establishing the location of the fire of the fire and ways of spreading flue flows, temperature in the combustion zone.

The final conclusions about the fire center can only be formed within the framework of fire and technical examination on the basis of the entire complex of information. In addition to the data from the soot electrical support, it can be: the results of visual inspection of the place of fire, the results of the use of other instrumental methods (main and auxiliary), indirect signs of a fire center, testimony of witnesses, as well as other factors and sources of information.

*Р.В. Щербина, курсант,  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України, м. Черкаси  
К.В. Григоренко, старший викладач,  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України, м. Черкаси*

## **РОЛЬ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ У ФОРМУВАННІ СФЕРИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ**

Як відомо цивільний захист – це захист населення, території, навколишнього середовища та природного середовища від виникнення надзвичайних ситуацій та їх ліквідація. Під цивільною обороною розглядають галузь науки, яка вивчає теоретичні, науково-технічні, економічні, екологічні проблеми, які викликають порушення нормальних умов життя та діяльності людей на окремих територіях, внаслідок аварій, катастроф, стихійного лиха або небезпечного випадку, що призвели або можуть призвести до неможливості проживання населення на зазначеній території або об'єкті, проведення там господарчої діяльності, загибелі людей або до значних матеріальних збитків.

Розглянемо роль вищої математики як галузі науки у житті людини, зокрема у функціонуванні сфери цивільного захисту. Вища математика входить до навчальної програми технічних та деяких спеціальних закладів вищої освіти і включає в себе розділи аналітичної геометрії, лінійної та векторної алгебри, математичного аналізу, диференціальне та інтегральне числення, диференціальні рівняння тощо. Метою курсу вищої математики є ознайомлення з її основними методами, необхідних для розв'язання теоретичних та практичних задач з фізики та механіки, виробити навички математичного дослідження прикладних задач, розвинути геометричну інтуїцію та навчити алгоритмам алгебраїчних досліджень. Щоб обчислити ймовірність виникнення події використовують ще один розділ вищої математики. Теорія ймовірностей – це розділ вищої математики, що вивчає закономірності випадкових явищ: випадкові події, випадкові величини, їхні функції, властивості і операції над ними. Теорія ймовірностей є підґрунтям математичної статистики, що широко використовується для опису та вивчення різноманітних технологічних процесів, зважаючи на їх стохастичність (*стохастичність* (від [грец.](#) Στόχος [стохос] – припущення, здогад, означає випадковість). Таким чином, ми можемо обчислити ймовірність пожежної небезпеки на даній території в певний момент часу, кількість можливих постраждалих, ймовірну зону ураження, ймовірність евакуації людей з будівлі чи споруди, розрахункову тривалість евакуації людей з приміщень будівель чи споруд тощо. Наприклад, ймовірність виникнення пожежі (вибуху) в пожежовибухонебезпечному об'єкті визначають на етапах його проектування, будівництва та експлуатації. Для розрахунку ймовірності виникнення пожежі (вибуху) на діючих об'єктах або об'єктах, що будуються, необхідно мати статистичні дані про тривалість існування різних пожежовибухонебезпечних подій. Ймовірність виникнення пожежі (вибуху) на об'єктах, що проектуються, визначається на основі показників надійності елементів об'єкта, що дозволяють розраховувати ймовірність виробничого обладнання, системи контролю й управління, а також інші пристрої, що є на об'єкті, та можуть призвести до різних пожежовибухонебезпечних подій. Під **пожежовибухонебезпечними подіями** розуміють події, що призводять до утворення горючого середовища та появи джерела запалювання.

Чисельні значення, що необхідні для розрахунків ймовірності виникнення пожежі (вибуху) показників надійності різних технологічних апаратів, систем управління, контролю, зв'язку тощо, які використовуються під час проектування об'єкта, або вихідні дані для їх розрахунку вибирають відповідно до нормативно-технічної документації, стандартів і паспортів на елементи об'єкта. Необхідні дані можуть бути отримані в результаті збору і обробки статистичних даних про відмови елементів, що аналізуються в умовах експлуатації.

Математична статистика широко використовує методи теорії ймовірностей для побудови та перевірки математичних моделей. Її методи розширюють можливості наукового передбачення і раціонального прийняття рішення багатьох задач, де параметри не можуть бути з'ясовані чи контрольовані з достатньою точністю.

Володіння знаннями математичного статистичного аналізу та моделювання потрібно для розв'язування спеціалізованих задач та практичних проблем, дослідження процесів і систем стохастичної природи, уміння донести спеціалістам інших галузей результати досліджень. Знання на рівні новітніх досягнень необхідні для дослідницької або практичної діяльності у сфері математики, статистики ті їхніх практичних застосувань. Здатність застосовувати ймовірнісно-статистичні методи у міждисциплінарному кодексі Цивільного захисту, як основа збереження населення та об'єктів інфраструктури в надзвичайних ситуаціях, передбачає захист від катастроф, стихійних лих тощо; пожежна безпека, в свою чергу, передбачає безпеку природного середовища, громадських та житлових будівель, сільськогосподарських угідь, транспортних засобів. У певних частинах, звичайно, ці складові безпеки перетинаються, збагачують та взаємодоповнюють одна одну.

У сфері цивільного захисту вища математика використовується наступним чином:

- статистика використовується органами цивільного захисту для запобігання надзвичайних ситуацій та пожеж шляхом запобігання найгіршої можливості розв'язання проблеми, як то складання оперативних планів та карток, тактичні можливості підрозділів на пожежі згідно з планом залучення сил та засобів по тому чи іншому об'єкту, розрахунок можливого поширення пожежі або розповсюдження наслідків надзвичайної ситуації.

- прораховуються можливі втрати під час пожежі або надзвичайної ситуації органами державного нагляду та контролю, і робиться профілактика по запобігання надзвичайних ситуацій на об'єкті.

- складання експлуатаційних карток на автомобіль (використання паливомастильних матеріалів та засобів пожежогасіння).

Розглянемо деякі прикладні аспекти теорії ймовірностей у пожежній безпеці.

**1. Імовірність евакуації людей  $P_e$**  із будівлі чи споруди розраховують за формулою:

$$P_e = \begin{cases} 0,999 \cdot \frac{0,8 \cdot t_{\text{бл}} - t_p}{t_{\text{не}}}, & \text{якщо } t_p < 0,8 \cdot t_{\text{бл}} < t_p + t_{\text{не}} \text{ ма } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ хв} \\ 0,999, & \text{якщо } t_p + t_{\text{не}} \leq 0,8 \cdot t_{\text{бл}} \text{ ма } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ хв} \\ 0,000, & \text{якщо } t_p \geq 0,8 \cdot t_{\text{бл}} \text{ або } t_{\text{ск}} > 6 \text{ хв} \end{cases}$$

де  $t_p$  – розрахункова тривалість евакуації людей, хв;

$t_{\text{не}}$  – тривалість початку евакуації (інтервал тривалості від виникнення пожежі до початку евакуації людей), хв;

$t_{\text{бл}}$  – тривалість блокування шляхів евакуації (інтервал тривалості від початку пожежі до блокування евакуаційних шляхів у результаті поширення на них НЧП, що мають гранично допустимі для людей значення), хв;

$t_{\text{ск}}$  – тривалість існування скупчень людей на  $i$ -ій ділянці.

**2. Розрахункова тривалість евакуації людей  $t_p$**  із приміщень будівель і споруд визначається на основі моделювання руху людей до виходу назовні одним з наступних способів:

- за спрощеною аналітичною моделлю руху людського потоку;
- за математичною моделлю індивідуально-потокowego руху людей із будівлі чи споруди;
- за імітаційно-стохастичною моделлю руху людських потоків.

Під час визначення розрахункової тривалості евакуації враховуються розрахункові схеми евакуації людей, параметри руху людей різних груп мобільності, а також значення площ горизонтальних проєкцій різних контингентів людей.

Але повернемося до елементарної математики, як то кажуть – від простоти. Начальник караулу має знати основні геометричні формули – площа прямокутника, квадрата, кола, об’єм циліндра, паралелепіпеда, куба. При виїзді на пожежу начальник караулу повинен:

- визначити площу пожежі;
- розрахувати сили та засоби пожежогасіння (чи вистачить води для гасіння пожежі);
- розрахувати час використання води;
- для ланок ГДЗС – розрахувати час підходу до осередку пожежі, час перебування у задимленому приміщенні і час виходу, щоб вистачило кисню у балонах.

Отже, роль вищої математики у формуванні сфери цивільного захисту багатогранна, тому що за допомогою математичних методів розв’язується багато прикладних задач цивільного захисту та пожежної безпеки.

*R.V. Shcherbyna, cadet,*

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

*K.V. Hryhorenko, senior teacher,*

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

## **THE ROLE OF HIGHER MATHEMATICS IN THE FORMATION OF THE SPHERE OF CIVIL DEFENSE**

Abstract: this work examines the role of higher mathematics in the functioning of the field of civil protection, how probability theory and mathematical statistics are used, some applied aspects of probability theory in fire safety are considered.



**СЕКЦІЯ 5. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ**

*Katarína Košútová; PhD. student, University of Žilina, Faculty of Security Engineering, Žilina;*

*Linda Makovická Osvaldová, associate professor, University of Žilina, Faculty of Security Engineering, Žilina;*

*Alena Ďaďová; PhD. student, University of Žilina, Faculty of Security Engineering, Žilina;*

*Katarína Hollá, Vice-dean for international relations and marketing, University of Žilina, Faculty of Security Engineering, Žilina;*

**REGISTERED ACCIDENTS AT WORK AND THEIR CAUSES IN ECONOMIC SECTORS WITH MAXIMUM OF 250 EMPLOYEES**

**ABSTRACT**

Accidents at work are a negative part of occupational safety and health at work. Precisely for this reason, we can see the need to address the given issue. In the contribution, we specifically deal with registered accidents at work in economic sectors that employ up to 250 employees. We also, statistically evaluate the number of registered occupational accidents in the territory of the Slovak Republic in individual regions. Subsequently, we describe in more detail the number of registered accidents at work in economic sectors and their causes.

**Key words:** occupational safety and health at work, registered accidents at work, causes of accidents at work, safety

**INTRODUCTION**

Occupational safety and health at work is a fundamental pillar of every company. It deals with many areas such as protection of life and health of employees, working environment, risk assessment, preventive measures, analysis of work accidents, occupational diseases, industrial accidents and many others. From the point of view of health and safety, employers meet many legislative requirements, which include keeping records of work-related accidents. An important part is also the processing of the analysis and the characterization of preventive measures to prevent the repeated occurrence of accidents at work. The type of accident at work we are investigating is a registered accident at work that causes the employee to be unable to work for more than three days [1-5].

**ACCIDENT AT WORK IN ECONOMIC SECTORS WITH A MAXIMUM OF 250 EMPLOYEES**

The paper focuses on monitoring the number of registered accidents at work in selected economic sectors with a maximum number of 250 employees. Specifically, it covers a time span of 9 years, from 2012 to 2021. The investigated economic sectors include crop and livestock operations, education, retail and wholesale, production of metal structures and ground transportation and transport. First, we will describe the accidents at work that were recorded in the territory of the Slovak Republic in individual regions. By analyzing the documents related to occupational accidents, we obtained the following data, which we presented in Figure 1.

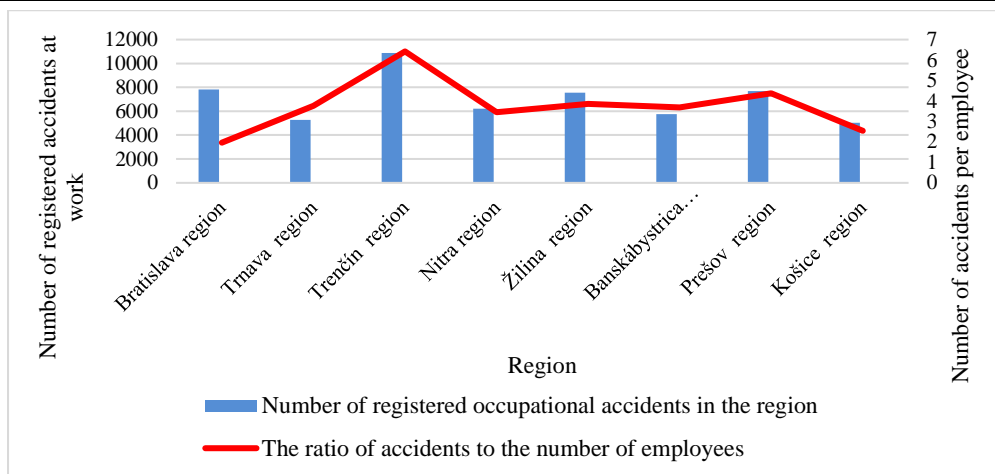


Figure 1 Accidents at work in individual regions of the Slovak Republic

It follows from the figure that for the period from 2012 to 2021, the most occupational accidents occurred in the Trenčín region. Specifically, 10 876 registered accidents at work. The average number of employees in this region was 169 331, while we found that there were almost seven accidents at work per employee. Three regions follow with very close numbers of registered accidents at work: the Bratislava, Žilina and Prešov regions. On average, the Bratislava region has the most employees, namely 398 502, and there are almost two registered occupational accidents per employee. In the Žilina and Prešov regions, there are on average between 170 000 and 196 000 people employed, with 4 registered accidents at work per employee. Subsequently, with the number of 6 210 registered accidents at work, the average number of employees is 179,615, followed by the Nitra Region. Where there are again almost 4 registered accidents at work per one employee. Trnava, Banská Bystrica and Košice regions follow with the number of 5 000 to 5 800 registered accidents at work. On average, they employ between 140 000 and 198 000 people and there are 4 registered accidents at work per one employee. Subsequently, we devoted ourselves in detail to the analysis of registered accidents at work in individual economic sectors. The obtained data are shown in the following figure.

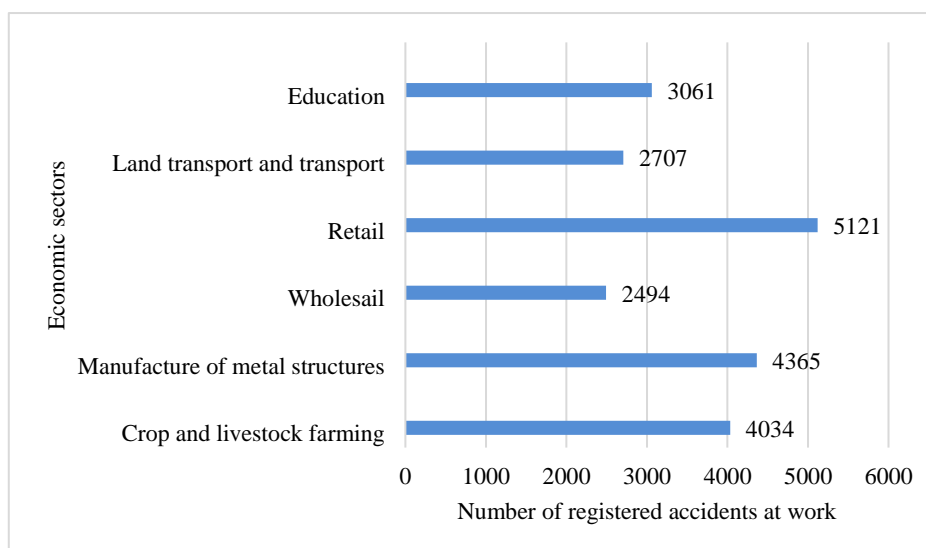


Figure 2 Number of accidents at work in selected economic sectors

In the picture, we can see the economic sectors in which they employ up to 250 employees and their number of registered accidents at work for the period from 2012 to 2021. As we can see, the most registered accidents at work were in the retail sector, with 5 121. The following are the sectors of manufacturing metal structures and crop cultivation and livestock breeding with the number of registered accidents at work ranging from 4 000 to 4 400. Education follows with 3

061, and in the last places are wholesale and land transport and transportation. Among the most frequent causes of registered accidents at work in the given economic sectors is the lack of personal prerequisites, in up to 16 664 cases. Which means that no deficiencies on the part of the employee, employer or other persons or threats from animals have been revealed. The following is the cause of threat to life and health by animals and natural phenomena with the number of 1,367 cases. With the number of 999 cases, cases with unknown causes continue. The given cause is used if it is not possible to obtain any reliable information about the accident and other circumstances of the accident, which means that it is not possible to determine the cause of the accident at work. With the number of 831 cases, the cause of the use of unsafe practices continues. In such a case, it is demonstrable misconduct on the part of the employee. From 653 to 116 cases, the following are the causes of accidents at work, such as threats from other persons, faulty or unfavorable condition of the source of the injury other than the workplace, incorrect organization of work and non-use of prescribed personal protective equipment. With a few dozen cases, they end the list of causes such as deficiencies in lighting, missing, insufficient personal prerequisites and lack of familiarity with safety procedures [1,5-7].

### **CONCLUSION**

The paper deals with the characterization of registered accidents at work in the period from 2012 to 2021. The analysis showed that the most registered accidents at work were in the given period in the territory of the Slovak Republic in the Trenčín region, where logically the most accidents at work occurred per employee, i.e. seven . The findings show that the most frequently registered accidents at work occurred in the retail sector, and the most frequent cause of accidents was insufficient personal assumptions of employees. Which means that the very trigger of registered accidents at work is the human factor. With the intention of preventing the occurrence of such type of work accidents, we propose the elimination of distracting factors that adversely affect the employee and, consequently, his attention and behavior during the performance of work. In conclusion, we can conclude that based on the analysis and characterization of the economic sectors that employ a maximum of 250 employees and their most frequent causes of occupational accidents, it is possible to prevent many of the occupational accidents that have occurred thanks to the increase in preventive measures. Such as safer work procedures, more regular employee training, improved work environment and more frequent security checks.

### **ACKNOWLEDGMENT**

"This research was funded by Slovak research and development agency grant number APVV-20-0603 Development of Risk Assessment Tools for Selected Businesses and Professions in the Slovak Republic in accordance with the EU Requirements"

### **REFERENCES**

- [1] Law no. 124/2006 Coll. on safety and health protection at work and on amendments to certain laws
- [2] Safety and health protection at work [online] Available at: <https://www.ip.gov.sk/bozp/>
- [3] Law no. 311/2001 Coll. Labour Code
- [4] European Union Directive 89/391/EEC
- [5] HORŇÁK, M., CYPRICH, F., GAJDOŠÍK, V., ANDREJKO, B., GECELOVSKÁ, D. *Pracovné úrazy v kocke.* [online] Available on: [https://www.ip.gov.sk/wp-content/uploads/2019/05/Pracovn%C3%A9-%C3%BArazy-v-kocke\\_bro%C5%BE%C3%BAra-NIP.pdf](https://www.ip.gov.sk/wp-content/uploads/2019/05/Pracovn%C3%A9-%C3%BArazy-v-kocke_bro%C5%BE%C3%BAra-NIP.pdf)
- [6] Decree no. 306/2007 Coll., which issues the Statistical Classification of Economic Activities
- [7] Decree no. 500/2006 Coll. which establishes a sample record of a registered occupational accident

Gustavo S. da Rocha, Coimbra University - Portugal; João Paulo C. Rodrigues, Federal University of Minas Gerais – Brazil and Coimbra University – Portugal; Daniel da Silva Gazzana - Federal University of Rio Grande do Sul – Brazil

**EVALUATION OF SOME RISK FACTORS TO ELECTRICAL FIRES**

**1. INTRODUCTION**

Fires caused by electrical failures or breakdowns account for almost one in five (18%) deaths and 11% of injuries in US [1]. In Germany, electrical fires represent approximately 30% and in India more than 70% of all fires [2]. This data indicates the need to improve the risk management that begins at the evaluation of the electrical installation. However, this task could be tough to proceed with and requires specific expertise and special equipment [3], [4]. Intended to help one preliminary evaluation is proposed a visual inspection list to estimate the performance of the facility related to fire safety. To evaluate the behavior of the electrical installation, a mathematical model based on Weight Fuzzy Petri Nets was created to model electrical fire mechanisms, including the interaction of risk factors and faults Fig.1. This approach has already been applied to complex systems for risk analysis simulation [5]–[8].

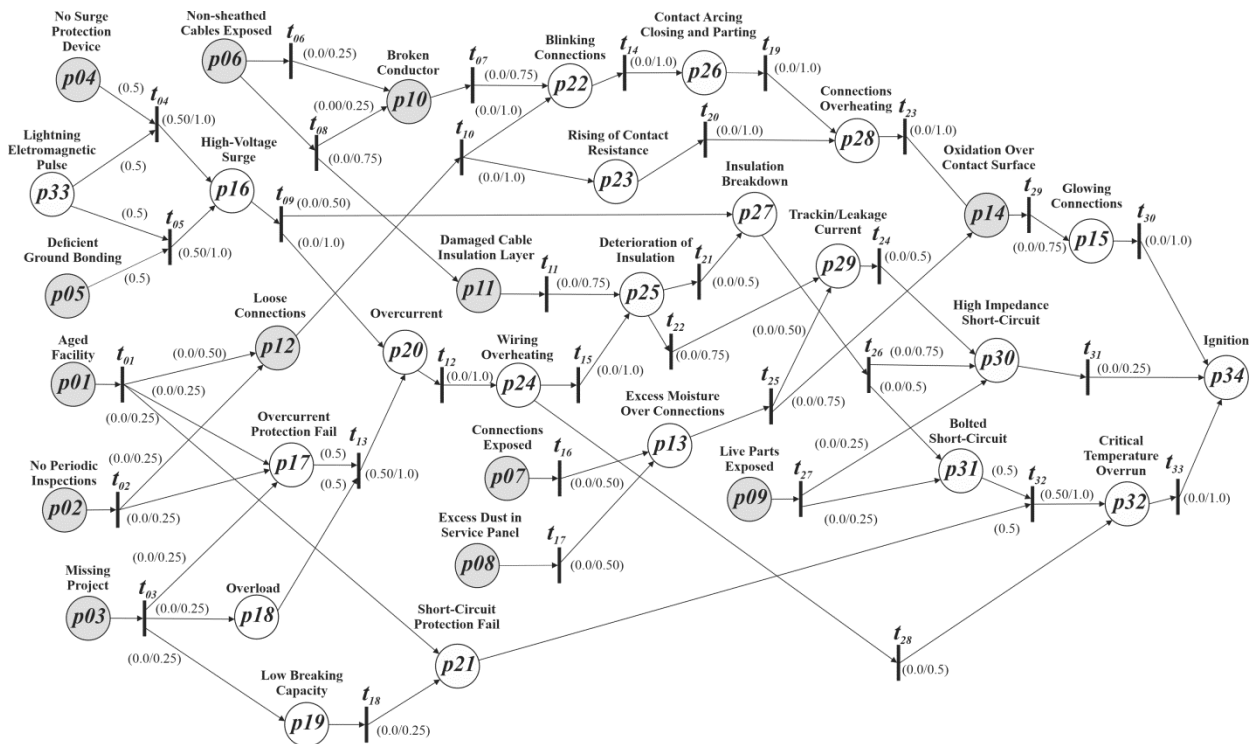


Figure 4 - Fuzzy Petri Net of Electrical Fires Mechanisms

**2. PROPOSED METHODOLOGY**

The uncertain associated to lack of statistical information and was building according the “AND” and “OR” fuzzy productions. The circles represent *Places* that meaning risk factors or electrical faults. To define the net is necessary to determine the Weight ( $w$ ), Threshold ( $\tau$ ), and the Certain Factor ( $\mu$ ). The Certain Factor was used as the probability of advance to the next state. The metric of the probability was defined as Tab.1:

Table 1 - Certain Factor Scale

<b>Certain Factor (<math>\mu</math>)</b>	Unexpected	0.00
	Possible	0.25
	Probably	0.50
	Very probably	0.75
	Imminent	1.00

The Weigh is related to “AND” productions and indicates the relevance of each *Place*. For this model it was used 0.5 for all cases of “AND”. For the “AND” it was used 1. The Threshold is the minimum value to advance for next state. The representation of Weight ( $w$ ), Threshold ( $\tau$ ) and Certain factor ( $\mu$ ) are shown in Fig.2.



Figure 5 - "OR"(a) and "AND" (b) productions

The methodology was applied to 6 hypothetical facilities to compare the performance of each one and evaluation how the factors affect the safety of the building, see Tab. 2. The model was implemented using Matlab®, according to the matrix inference algorithm as shown [9].

The highlighted circles Fig.1 are the risk factors and electrical faults or malfunctions possible to identify during a visual inspection. Altogether are 14 items to verify, as shown in Tab. 2. If the risk factor is identified it is using the number 1 in the input of the model, otherwise it is use 0. To demonstrate the application, the proposed model was used to evaluate 6 different facilities. The check sign indicates the presence of the risk factor.

Table 2 - Application Results

Risk Factor Presence (0 or 1)	Facility A	Facility B	Facility C	Facility D	Facility E	Facility F
	<i>p01</i> Aged Facility (more than 30 yr.)	<b>x</b>	0	0	0	0
<i>p02</i> No periodic Inspections (more than 2 yr.)	0	<b>x</b>	0	0	0	0
<i>p03</i> Missing Project	0	0	<b>x</b>	0	0	0
<i>p04</i> No Surge Protections Device	0	0	0	0	<b>x</b>	0
<i>p05</i> Deficient Ground Bonding	0	0	0	0	<b>x</b>	0
<i>p06</i> Non-Sheathed Cables Exposed	0	0	0	0	0	<b>x</b>
<i>p07</i> Connections Exposed	0	0	0	0	0	<b>x</b>
<i>p08</i> Excess Dust in Service Panel	0	0	0	0	0	0
<i>p09</i> Live Parts Exposed	0	0	0	0	0	0
<i>p10</i> Broken Conductors	0	0	0	0	0	0
<i>p11</i> Damaged Cable Insulation Layer	0	0	0	0	0	0
<i>p12</i> Lose Connections	0	0	0	<b>x</b>	0	0
<i>p13</i> Excess Moisture over Connections	0	0	0	0	0	0
<i>p14</i> Oxidations over Contacts Surface	0	0	0	0	0	0

As result, the critical faults likelihood is indicating in the Tab. 3: Glowing Connections, High Impedance Short-Circuit, Bolt Short-Circuit, Cable Fire and finally the Electrical Fire Begins Likelihood.

Table 3 – Facilities Risk Evaluation

	Critical Faults Likelihood	Facilit	Facilit	Facilit	Facilit	Facilit	Facilit
		y A	y B	y C	y D	y E	y F
$p1_5$	Glowing Connections Likelihood	0.38	0.19	0.00	0.75	0.00	0.28
$p3_0$	High Impedance Short-Circuit Likelihood	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.21
$p3_1$	Bolt Short-Circuit likelihood	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.14
$p3_2$	Cable Fires likelihood	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00
$p3_4$	Electrical Fire begins Likelihood	0.38	0.19	0.00	<b>0.75</b>	0.31	0.28

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

The proposed method was created to serve as a guide to preliminary visual inspections, indicating the weakness of the installation. This approach makes it possible to identify the probability of a critical failure before it occurs, by evaluating risk factors or identifying potentially dangerous issues. According to the results shown in Tab.3, for Facility D, the beginning of an electrical fire is very probably (0.75). This situation is related to a loose connection. This electrical fault is not a dangerous situation; however, it has a high potential to induce high-temperature connections able to begin a fire. The results indicate the need for a corrective intervention as soon as possible, according to the mathematical model created.

### REFERENCES

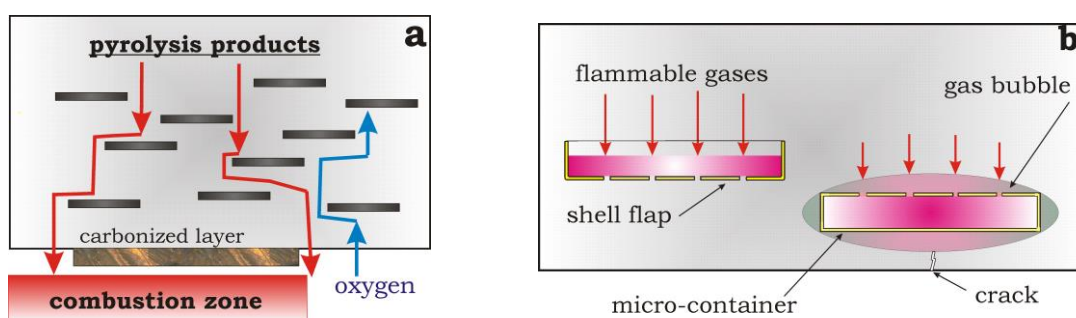
- [1] R. Campbell, “Home Electrical Fires,” 2019.
- [2] J.-M. Martel, “Martel Series arc faults in low-voltage AC electrical installations,” Universitätsverlag Ilmenau, 2018.
- [3] J. Lee, D. Kim, and S. Kim, “Electrical Fire Cause Diagnosis System Using a Knowledge Base,” *International Journal of Safety*, vol. 6, no. 2, pp. 27–32, 2007.
- [4] R. A. Durham and R. Durham, *Electrical Failure Analysis for Fire and Incident Investigations Part 1*, 110511th ed. Tulsa, Ok: THEWAY Corp, 2011.
- [5] L. He *et al.*, “A Novel Method for Risk Assessment of Cable Fires in Utility Tunnel,” *Math Probl Eng*, vol. 2019, pp. 1–14, Oct. 2019, doi: 10.1155/2019/2563012.
- [6] Y. Chang *et al.*, “Comprehensive risk assessment of deepwater drilling riser using fuzzy Petri net model,” *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 117, pp. 483–497, Jul. 2018, doi: 10.1016/j.psep.2018.05.021.
- [7] J. Zhou, “A fuzzy petri-net approach for fault analysis considering factor influences,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 72229–72238, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2986306.
- [8] H. Zhang and N. Cheng, “Risk Modelling of Retail Supply Chain based on Fuzzy Petri Nets,” *Information Technology Journal*, vol. 13, no. 11, pp. 1813–1818, May 2014, doi: 10.3923/itj.2014.1813.1818.
- [9] H.-C. Liu, Q.-L. Lin, L.-X. Mao, and Z.-Y. Zhang, “Dynamic Adaptive Fuzzy Petri Nets for Knowledge Representation and Reasoning,” *IEEE Trans Syst Man Cybern Syst*, vol. 43, no. 6, pp. 1399–1410, Nov. 2013, doi: 10.1109/TSMC.2013.2256125.

*A.M. Kudin, Dr.Sci., senior researcher, docent; V.G. Borisenko, PhD, associate professor, docent; L.A. Andryushchenko, PhD, senior researcher; M.M. Goroneskul, aspirant, teacher; National University for Civil Defence of Ukraine;*

*W. Brzozowska, Institute of Marine and Environmental Sciences, University of Szczecin, Poland; I. Wojtczak, E. Olewnik-Kruszkowska; M. Sprynskyy, Nicolaus Copernicus University, Toruń, Poland*

## MECHANISM OF DIATOMACEOUS BIOSILICA INFLUENCE ON THE FIRE RESISTANCE OF SILICON PROTECTIVE COATING

It is well known that textiles are highly combustible materials and therefore are a risk factor in terms of fire safety. For thermal and fire protection of fabrics, as well as to prevent the negative effects of oxygen, ozone, water and UV light, coatings based on silicone polymers [1] are widely used. To obtain fire-resistant coatings, flame retardants are used, which differ in the mechanism of action [2]. Firstly, these are flame retardants (halogen-containing additives) in the gas phase, which are almost never used for environmental reasons. Secondly, coking catalysts, i.e. substances that promote the formation of coke residue at the "polymer-flame" interface. Thirdly, substances that reduce the surface temperature of the material, such as aluminum trihydrate or magnesium hydroxide. One more mechanism can be added to the listed mechanisms, namely, the barriers formation in polymer volume. This effect is typical for lamellar or flake fillers, such as mica, talc, montmorillonite, etc. The presence of barriers slows down both the diffusion of combustible gases from the bulk of the polymer into the gas phase and the penetration of oxygen into the polymer, see the diagram in Fig. 1 (a).



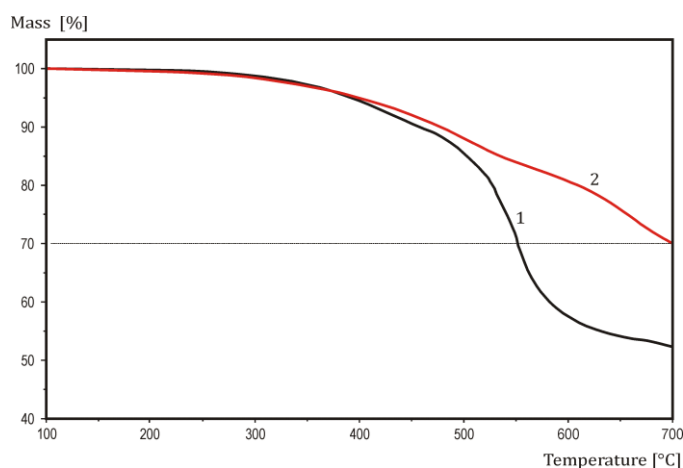
**Fig. 1. Scheme of the barrier (a) and the proposed mechanism (b) of flame retardation**

It was recently shown [3] that introduction of an unusual filler as diatomaceous biosilica to the silicone elastomer Sylgard-184 significantly improves the heat resistance of the protective film. Thus, the temperature corresponding to a 30% weight loss increases by almost 150°C for diatomaceous biosilica-filled silicone rubber compared to a composition without filler or filled with talc microblades, as it clearly seen in Fig. 2. This figure represents TGA data concerning the mass loss for composition on a base of elastomer Sylgard-184 without filler (curve 1) and for coating with 3% of diatomaceous biosilica (curve 2). It should be noted that difference between two curves is very significant for temperatures above 500°C. This means that combustible decomposition products of the polymer are not released into the gas phase.

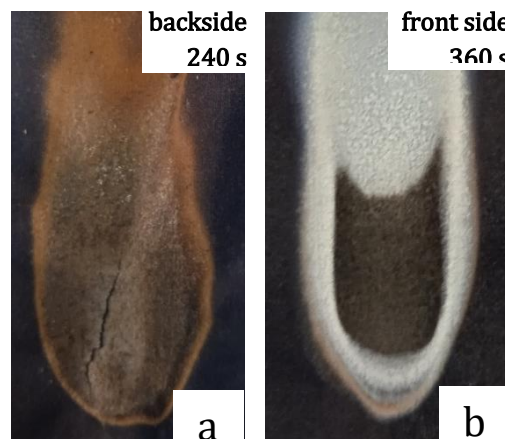
Particles of diatomaceous biosilica (shells of algae) are micro-containers with a diameter of about 4 µm. Individual shell flaps, which are similar in shape to a Petri dish, are perforated with an ordered system of pores 150-200 nm in diameter [3]. Diatomaceous biosilica was fabricated by the cultivation of the selected diatom species under laboratory conditions. A detailed description of the method is given in the article [4]. Diatom cells were collected by filtration via Millipore 0.45 µm filters using a vacuum pump. The diatom biosilica was isolated from washed diatom cells using hydrogen peroxide (30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) to digest organic matter at 80°C for 4 h, and hydrochloric acid (37% HCl) to dissolve calcium carbonates at the end of the hot hydrogen peroxide oxidation

process. The obtained diatom biosilica was washed with distilled water and dried at 120°C in air.

According to our data the protect coating on a base of elastomer Sylgard-184 with a filler of diatomaceous biosilica increases also the fire resistance of the fabric. The tests on fire retardant were carried out in accordance with accepted requirements (DSTU 4155-2003). The results of tests are shown in Fig. 3. As it seen from the data of Fig. 3b the application of the coating "Sylgard-184 + diatomaceous biosilica" on aramid fabric leads to the fact that the fabric retains its integrity after 6 minutes of exposure to an open flame. Moreover, the fabric partially retains elasticity even at the site of exposure to an open flame, i.e. in the region of maximum temperature. At the same time, the sample without filler burns out after 3 minutes, see Fig.3a. The term "burns through" here means the appearance of cracks and the subsequent destruction (shedding of the sample) of the tissue in the area of exposure to an open flame.



**Fig. 2. TGA data for composition on a base of elastomer Sylgard-184 without filler (1) and Sylgard-184 with 3% of diatomaceous biosilica (2)**



**Fig. 3. Photo of samples after tests. Sylgard-184 coating without filler (a) and proposed composition (b)**

A known barrier mechanism for increasing the fire resistance of polymer has been considered above. This mechanism is characteristic of fillers in the form of plates or scales. When biosilica is used as a filler, its particle is similar to a Petri dish; such particles can serve not only as a barrier, but also as a concentrator of decomposition products. Hydrogen, methane, and ethane are the most flammable among the volatile decomposition products of the silicon matrix. We believe that namely these gases can be accumulated in the closed (semi-closed) volume of the filler particles. If the average distance between the particles is less than the thickness of the coating, then the primary sink for combustible gases will be not the film surface, but the micro-containers of a filler. With prolonged heating, a gas bubble may form in this place. The formation of gas bubbles slows down the process of mass loss and shifts the slope of curve 1 to the right in the Fig. 2. So, the filler of diatomaceous biosilica may be play a role of a flame retardant. This assumption needs careful verification.

Usually, the coating performs several purposes, in addition to the function of thermal and fire protection of the substrate material, it is desirable that the coating is hydrophobic [1], wear-resistant, reliably protects the fabric from atmospheric factors [5], has high adhesion to the substrate, contributes to the extension of the service life [1, 5]. It is known that the polymer base of Sylgard-184 is able to provide solutions for some of these purposes [6-8] like waterproof coating [7], adhesion promoter and even luminescence layer [8]. To implement the last two purposes, it is necessary to dope the composition with a phosphor, such as coumarin, or an adhesive, such as halloysite or microwollastonite.

From considered results it can be concluded that protective coating on a base of elastomer Sylgard-184 with a filler of diatomaceous biosilica improves significantly the heat resistance of



the protective film as well as increases also the fire resistance of the fabric. It has been proposed a possible explanation of the effect and mechanism of its realization. According to the proposed mechanism the filler serves as a natural sink for combustible decomposition products and prevents the oxygen diffusion into the polymer and hinders the transport of gaseous products of pyrolysis to the gas phase.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Е.В. Тарахно, Л.А. Андрющенко, А.М. Кудин, Л.Н. Трефилова. Применение кремний-органических материалов для огнестойкого защитного обмундирования // Проблемы пожарной безопасности. 2014. № 36. С. 243-258.
2. Fire Retardant Polymers and Composite Materials (under D.-Y. Wang Ed.) // Woodhead Publishing, 2016, 342 p.
3. Olewnik-Kruszkowska, E.; Brzozowska, W.; Adamczyk, A.; Gierszewska, M.; Wojtczak, I.; and Sprynskyy, M. Effect of Diatomaceous Biosilica and Talc on the Properties of Dielectric Elastomer Based Composites // *Energies*. 2020, 13. P. 5828-5845.
4. Sprynskyy, M.; Pomastowski, P.; Hornowska, M.; Król, A.; Rafinska, K.; Buszewski, B. Naturally organic functionalized 3D biosilica from diatom microalgae. *Mater. Des.* 2017, 132, 22–29. [doi.org/10.1016/j.matdes.2017.06.044](https://doi.org/10.1016/j.matdes.2017.06.044)
5. Л.А. Андрющенко, В.Г. Борисенко, М.М. Горонескуль, О.М. Кудин. Евакуаційні знаки з люмінесцентними покриттями на основі еластомеру Sylgard-184 // Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація. 2021. т. 5, № 2, С. 5-18.
6. Skorodumova, O.; Tarakhno, O.; Chebotaryova, O.; Hapon, Y.; Emen, F.M. Formation of Fire Retardant Properties in Elastic Silica Coatings for Textile Materials // *Problems of Emergency Situations: Materials and Technologies*. 2020, p. 25–31.
7. Shpilinskaya, A.L.; Kudin, A.M.; Andryushchenko, L.A.; Didenko, A.V.; Zelenska, O.V. A protective hydrophobic coating for CsI(Tl) crystals // *Instr. Experimental Technique*. 2020, vol. 63, 1, P. 30-33.
8. Патент 147605 UA «Спосіб нанесення люмінесцентного покриття». М.М. Горонескуль, Л.А. Андрющенко, О.М. Кудин, Ю.В. Луценко, В.Г. Борисенко, І.О. Барабаш. Заявка u202007407 заяв. 20.11.2020. Опуб. 26.05.2021, бюл. № 21.

*О.М. Кудин, д.т.н., с.н.с., доцент кафедри; В.Г. Борисенко, к.ф.-м.н, доцент, доцент кафедри; Л.А. Андрющенко, к.т.н., с.н.с.; М.М. Горонескуль, аспірант, викладач кафедри; Національний університет цивільного захисту України  
W. Brzozowska, Institute of Marine and Environmental Sciences, University of Szczecin, Poland;  
I. Wojtczak, E. Olewnik-Kruszkowska; M. Sprynskyy, Nicolaus Copernicus University, Toruń, Poland*

## МЕХАНІЗМ ВПЛИВУ БІОКРЕМНЕЗЕМУ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ КРЕМНІЙОРГАНІЧНИХ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ

Запропоновано новий механізм підвищення термо- та вогнестійкості силіконових композицій для захисних покриттів. Показано, що покриття на основі еластомеру Sylgard-184 з біокремнеземом в якості наповнювача забезпечує як термостійкість, так і вогнестійкість тканинної підкладки, якщо вміст наповнювача складає 1-3% мас. На основі запропонованого механізму дано пояснення процесів, що призводять до уповільнення розкладання матриці.

## **СУЧАСНІ ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ**

Метою публікації матеріалів тез є розгляд, аналіз та систематизація існуючих підходів до організації екологічного навчання майбутніх фахівців пожежної безпеки, деталізація основних кроків з підвищення практичної спрямованості навчання таких фахівців.

На думку авторів, першими кроками з екологізації навчання майбутніх фахівців пожежної безпеки мають бути:

- організація методологічного навчання на основі діяльнісного підходу науково-педагогічних працівників та здобувачів вищої освіти;
- наявність окремої освітньої компоненти екологічного спрямування під час зазначеної категорії підготовки фахівців;
- екологізація інших освітніх компонент (урахування екологічних аспектів);
- формування екологічної свідомості здобувачів вищої освіти через засоби масової інформації, культурно-масові заходи, відвідування об'єктів виконання практичної складової освітньої компоненти тощо.

В сучасних умовах екологічна освіта здійснюється за двома напрямками – загальним і фаховим.

У загальному можна виділити такі рівні:

1. Початковий – досягається під час навчання у школах, ліцєях, коледжах за відповідними предметами екологічного спрямування.
2. Базовий – досягається у закладах вищої освіти за рахунок опанування освітніх компонент екологічного спрямування.

Так, під час підготовки фахівців пожежної безпеки першого (бакалаврського) рівня вищої освіти у Національному університеті цивільного захисту України викладається освітня компонента «Культура безпеки».

Відповідно до [1–2] метою вивчення зазначеної освітньої компоненти є підготовка фахівців пожежної безпеки, які мають оволодіти компетентностями, потрібними для створення і підтримання здорових та безпечних умов праці, життєдіяльності людини, забезпечення цивільного захисту, пожежної, техногенної безпеки, а також реагування на надзвичайні ситуації та ліквідацію їх наслідків.

Зазначена освітня компонента надає понятійний стартовий апарат з питань екологічної безпеки, безпеки життєдіяльності та основ охорони праці, що є вкрай важливим та актуальним матеріалом, який буде використовуватися у подальшому під час навчання на старших курсах за іншими освітніми компонентами.

У результаті вивчення освітньої компоненти «Культура безпеки» здобувач вищої освіти – майбутній фахівець пожежної безпеки повинен отримати [3]:

знання: зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя з урахуванням гендерних особливостей.

уміння/навички: застосовувати тенденції розвитку техніки і технології захисту людини, матеріальних цінностей і довкілля від небезпек техногенного і природного характеру та обґрунтованого вибору засобів та систем захисту людини і довкілля від небезпек; організувати нагляд (контроль) за додержанням вимог законодавства у сфері цивільного захисту, техногенної, промислової безпеки та охорони праці; оцінювати ризики виникнення та впливу надзвичайних ситуацій на об'єктах суб'єкта господарювання та ризиків у сфері безпеки праці.

комунікацію: здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та проблеми, що характеризуються невизначеністю умов, під час практичної діяльності або у процесі навчання, яка передбачає застосування теорій та методів проведення моніторингу, запобігання виникненню аварій, надзвичайних ситуацій, нещасним випадкам (на виробництві) і професійним захворюванням, оцінювання їх можливих наслідків та їх ліквідування; прагнення до збереження навколишнього середовища.

3. Післядипломний – досягається під час проходження служби у частинах ДСНС України та опанування предметів службової підготовки.

4. Спеціальний – досягається під час підготовки здобувачів вищої освіти за другим (магістерським) рівнем вищої освіти, де фахівцям зазначеного профілю викладається освітня компонента «Екологічна безпека».

На думку авторів, основними факторами поглиблення теорії і практики розвитку екологічної освіти фахівців пожежної безпеки будуть наступні:

1. Активне впровадження інноваційних технологій екологічного навчання з широким застосуванням Інтернету та сучасної комп'ютерної техніки.

2. Більш повне забезпечення навчально-виховного процесу підручниками, навчальними посібниками екологічного спрямування, які відповідають рівню світових стандартів.

3. Масштабне сприяння як місцевому, так і міжнародному співробітництву у галузі екологічної безпеки.

Екологічна освіта майбутніх фахівців пожежної безпеки у сучасних умовах вимагає комплексного підходу. Адже вона формує не лише наукову систему знань, але й виховує гуманістичне сприйняття особистості, без якого неможлива реалізація теоретичних знань в її практичній площині. Саме тому екологічний аспект освіти повинен розглядатися як необхідний компонент службової підготовки сучасного офіцера ДСНС України.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Робоча програма навчальної дисципліни «Культура безпеки».
2. Силабус навчальної дисципліни «Культура безпеки».
3. Освітньо-професійна програма за спеціальністю 261 «Пожежна безпека».

*S.R. Artem'ev, candidate of technical sciences, associate professor, National University of Civil Defence of Ukraine*

*V.V. Kurylenko, 2nd year student of higher education, National University of Civil Defence of Ukraine*

#### CURRENT ENVIRONMENTAL ASPECTS OF TRAINING FUTURE FIRE SAFETY SPECIALISTS

The review, analysis and systematization of existing approaches to the organization of environmental training of future fire safety specialists are given, the main steps to improve the quality of training of such specialists are detailed, the main factors for deepening the theory and practice of the development of modern environmental education in higher education institutions of the State Emergency Service of Ukraine are determined.

*В.Г. Борисенко, к.ф.-м.н., доцент, доц. каф.; Л.А. Андрющенко, к.т.н., с.н.с.; О.М. Кудін, д.т.н., с.н.с., доц. каф.; М.М. Горонескуль, аспірант, викл. каф.; Д.С. Сильченко, курсант. Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна*

## **ВПЛИВ МІКРОВОЛАСТОНИТУ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИЛІКОНОВИХ ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ПОКРИТТІВ**

В умовах надзвичайної ситуації для безпечної евакуації людей з будівель, споруд, транспортних засобів при аварійному відключенні електричного освітлення або інших екстремальних умовах, а також для забезпечення процесу ліквідації наслідків надзвичайної ситуації застосовуються люмінесцентні евакуаційні системи [1]. Вони складаються з великої кількості елементів, які виготовлені з флуоресцентних або фосфоресцентних матеріалів і розташовані у різних місцях відповідно до певних вимог пожежної безпеки. Особливістю фосфоресцентних евакуаційних знаків є те, що вони випромінюють світло не тільки під час їх освітлення природним або штучним світлом, але й продовжують світитися після припинення збудження.

В патенті [2] було запропоновано технічне рішення, призначене для створення евакуаційних знаків на основі двошарового захисного покриття, що складається з відбиваючого та люмінесцентного шарів. Верхній фосфоресцентний шар містить люмінофор  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}, \text{Dy}$  із тривалим післясвіченням, а нижній відбиваючий шар містить оксид алюмінію та галуазит.

В даному повідомленні розглядається нова композиція, що відрізняється від раніше запропонованого технічного рішення [2] тим, що нижній шар замість двох компонентів –  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (відбивач) та галуазиту (промоутер адгезії) – вміщує один наповнювач, а саме мікроволастоніт. Воластонітом називається природний мінерал – силікат кальцію з хімічною формулою  $\text{CaSiO}_3$ . Мікроволастоніт має голчасту структуру, при розколванні мікрокристалів утворюються зерна голчастої форми. Він не розчиняється у воді та органічних розчинниках, але взаємодіє з соляною кислотою. Голчаста форма зерна воластоніту визначає основний напрямок його використання як армуючого наповнювача. Але в деяких галузях промисловості має значення і хімічний склад воластоніту. Відомо, що у виробництві лакофарбових матеріалів цей наповнювач сприяє збільшенню зносостійкості та атмосферостійкості покриттів, має виражену структуруючу дію на розподіл інгредієнтів в композиції. Важливо також відзначити, що мікроволастоніт суттєво збільшує адгезію покриття до підкладки, надає покриттю підвищену яскравість за рахунок високого коефіцієнту білизни.

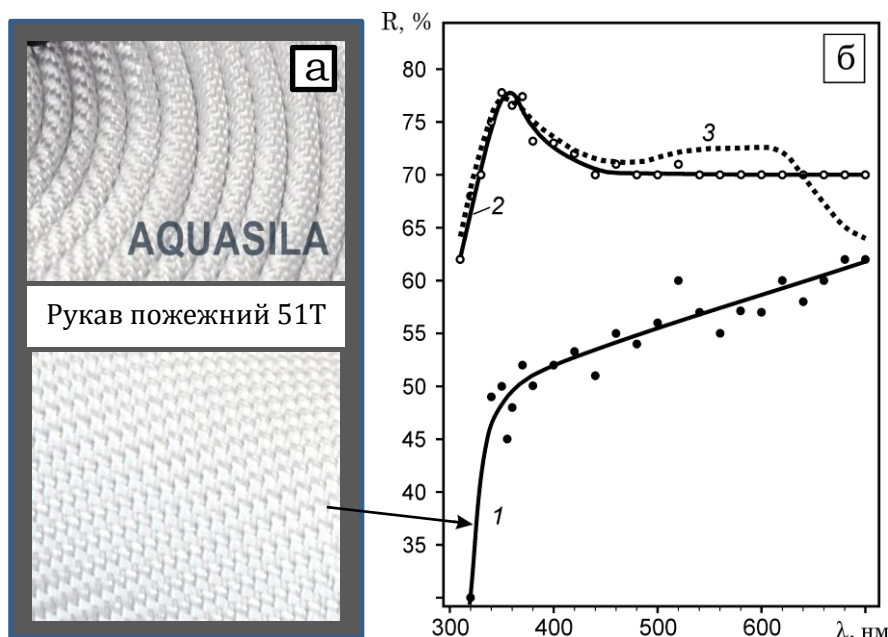
Перелічені властивості мікроволастоніту є його безумовними перевагами, які у більшості схожі з властивостями галуазиту. Останній наповнювач вводиться у склад покриттів у вигляді нанотрубок (HNT – halloysitenanotubes) з аналогічними цілями. Однак мікроволастоніт є більш доступним і має значно меншу ціну. Вважаючи на ці обставини метою даної роботи була розробка люмінесцентного покриття, яке не поступається аналогам [3, 4] за технічними характеристиками, містить меншу кількість інгредієнтів, є менш коштовним, а спосіб нанесення такого покриття є більш простим.

В доповіді наведено результати досліджень впливу компонентного складу та способів отримання фосфоресцентних покриттів на експлуатаційні характеристики та вогнестійкість евакуаційних знакових систем, а також сигнальних елементів захисного одягу пожежних-рятувальників. Розроблено спосіб отримання люмінесцентного покриття на підкладці з арамідної тканини (сірого кольору), який передбачає почергове нанесення спочатку відбиваючого а потім люмінесцентного шару. Композиція містить в якості зв'язуючого силіконовий еластомер Sylgard-184 для обох шарів, порошок алюмінату стронцію в якості люмінофору у складі верхнього шару, і наповнювач мікроволастоніт у нижньому шарі.

На рисунку проведено порівняння відбиваючих властивостей типового відбивача  $\text{Al}_2\text{O}_3$  і мікроволастоніту. Обидва порошки було нанесено на тканий каркас з поліефірних

ниток білого кольору (тканий каркас пожежного напірного рукава типу 51Т). Крива 1 представляє коефіцієнт рефракції ( $R$ , %) для тканого каркасу без покриття, крива 2 – у разі нанесення відбивача  $Al_2O_3$ , а крива 3 – мікроволластоніту.

Видно, що запропонований наповнювач – мікроволластоніт – не поступається за значеннями коефіцієнту рефракції відомому відбивачу  $Al_2O_3$ . Цей результат на перший



**Рис.1 – Зовнішній вигляд каркасу пожежного напірного рукава (а), спектри відбиття його поверхні (б) без захисного покриття (1) і теж саме при наявності відбиваючого покриття з наповнювачем  $Al_2O_3$  (2) та мікроволластонітом (3)**

погляд здається досить несподіваним, оскільки вважається, що оксид алюмінію є одним з найкращих відбивачів. На наш погляд ця обставина задовільно пояснюється тим фактом, що матеріал мікроволластоніт має дуже високу покриваність.

Таким чином запропонована композиція для евакуаційних знакових систем або сигнальних елементів захисного одягу пожежних-рятувальників складається з чотирьох інгредієнтів; еластомеру Sylgard-184 (компонент А – полімерна основа, компонент Б – отверджувач); люмінофору червоного  $SrAl_2O_4:Eu,Dy$  з розміром частинок 50 - 60 мкм, та наповнювача мікроволластоніту голчатої структури.

Нанесення двохшарового покриття здійснюється наступним чином. Спочатку готують композицію для відбиваючого шару. У скляний стакан зважують 100 г компонента А компаунда Sylgard-184 і 11 г мікроволластоніту і перемішують склад на магнітній мішалці протягом 60 хвилин. В отриману суміш додають 10 г компонента Б еластомеру Sylgard-184. Після ретельного перемішування складу протягом 5 хвилин отримують композицію з життєздатністю 2,2 години. Перший шар наносять на підкладку пензликом і вирівнюють шпателем. Проводять отвердження відбиваючого шару при кімнатній температурі протягом 48 годин.

Далі на підкладку поверх першого шару наносять фосфоресцентний прошарок, який готують наступним чином. У скляний бюкс наливають 100 г компонента А еластомеру Sylgard-184, додають 33 г люмінофору «червоного»  $SrAl_2O_4:Eu,Dy$  з розміром частинок 30 мкм і перемішують за допомогою магнітної мішалки протягом 10 хв. В отриману суміш вводять 10,0 г отверджувача Sylgard-184. Після перемішування протягом 5 хв отримують склад із життєздатністю 2,2 години, який наносять зверху відбиваючого шару. Отвердження люмінесцентного покриття проводять при температурі  $150^{\circ}C$  протягом 10 хвилин. Отримане покриття має інтенсивну червону фосфоресценцію після нетривалої експозиції на денному світлі.

У разі нанесення люмінесцентного покриття на підкладку білого кольору, наприклад, як це показано на рисунку, достатньо нанести лише один люмінесцентний шар. У цьому разі відбивач світла не потрібен і мікрволластоніт слугує лише промоутером адгезії, а одношарове покриття складається з наступних інгредієнтів (г):

Sylgard-184 компонент А	100
Sylgard-184 компонент Б	10
люмінофор SrAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> :Eu,Dy	33
Мікрволластоніт	6.

Показано, що введення до складу композиції МВ-03-97 голчастої форми забезпечує можливість отримання одношарового покриття з підвищеними фізико-механічними властивостями при збереженні тривалості післясвічення. Розроблений спосіб отримання покриття забезпечує екологічну безпеку та зниження вартості його отримання.

Таким чином, результати доповіді можна сформулювати наступним чином:

- на основі аналізу патентної інформації обґрунтовано вибір компонентного складу відбиваючого шару та можливість заміни галуазиту на мікрволластоніт;
- показано, що введення люмінофору SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Eu,Dy в склад люмінесцентного шару надає покриттю інтенсивну фосфоресценцію у червоній області спектру;
- показано, що введення мікрволластоніту до складу відбиваючого шару або люмінесцентного шару забезпечує надійне зчеплення цих шарів з тканинною підкладкою; підвищує її фото- і термостабільність; запобігає деградації механічних характеристик під час експлуатації.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Л.А. Андрющенко, В.Г. Борисенко, М.М. Горонескуль, О.М. Кудін. Евакуаційні знаки з люмінесцентними покриттями на основі еластомеру SYLGARD-184 // Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація. 2021. т. 5, № 2, С. 5-18.
2. Патент 147605 UA «Спосіб нанесення люмінесцентного покриття». М.М. Горонескуль, Л.А. Андрющенко, О.М. Кудін, Ю.В. Луценко, В.Г. Борисенко, І.О. Барабаш. Заявка u202007407 заяв. 20.11.2020. Опуб. 26.05.2021, бюл. № 21.
3. Skorodumova, O.; Tarakhno, O.; Chebotaryova, O.; Hapon, Y.; Emen, F.M. Formation of Fire Retardant Properties in Elastic Silica Coatings for Textile Materials // Problems of Emergency Situations: Materials and Technologies. 2020, p. 25–31.
4. A.L.Shpilinskaya; A.M.Kudin; L.A.Andryushchenko; A.V.Didenko; O.V.Zelenska. A protective hydrophobic coating for CsI(Tl) crystal // Instr. Exp. Technique. 2020, vol. 63(1), P.30-33.

*V.G. Borisenko, PhD, associate professor, docent; L.A. Andryushchenko, PhD, senior researcher; A.M. Kudin, Dr.Sci., senior researcher, docent; M.M. Goroneskul, aspirant, teacher; D.S. Silchenko, cadet; National University for Civil Defence of Ukraine*

#### INFLUENCE OF MICROWOLLASTONITE ON THE FIRE RESISTANCE AND OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF SILICONE LUMINESCENT COATING

**Abstract.** To create luminescent evacuation signs, a two-layer protective coating is proposed, in which instead of two ingredients of reflective layer (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and halloysite), only one filler (microwollastonite) can be used. It is shown that its use allows to increase the physical and mechanical properties of the coating while maintaining a high intensity and duration of afterglow. For substrate of white colour it is possible to apply only a single-layer coating. The developed technique of coating application ensures environmental safety and reduces the cost of obtaining it.

*Н. П. Вовк, к. пед. н., доцент, доцент кафедри безпеки об'єктів будівництва та охорони праці факультету пожежної безпеки Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України*

## **НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ЖІНОК В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ В УКРАЇНІ**

Державна політика у сфері правового регулювання охорони праці жінок спрямована на створення належних умов для повноцінного відтворення трудового потенціалу, здійснення повної продуктивної зайнятості жінок, поліпшення умов праці жінок, зниження ризику втрати здоров'я і життя. Охорона праці є системою правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. Забезпечення дотримання законодавства про працю в Україні, зокрема, стосовно праці жінок, є метою діяльності Держнаглядпраці.

Важливим пріоритетом є політика у сфері дотримання гендерної рівності та виконання завдань, спрямованих на її покращення. З метою запобігання дискримінації у доступі до роботи Кодексом Законів про працю України передбачено гарантії щодо рівності трудових прав громадян України (ст. 2); забезпечення права громадян на працю (ст. 5); заборони необґрунтованої відмови у прийнятті на роботу, обмеження прав чи встановлення переваг при укладанні, зміні та припиненні трудового договору залежно від статі (ст. 22).

Дієвим інструментом впровадження гендерної рівності в підрозділах ДСНС України є фактичне забезпечення гендерної рівноправності, з урахуванням особливостей жіночого організму, трудовим законодавством передбачено спеціальні правила охорони праці жінок, пільги і додаткові гарантії їх трудових прав. Питання охорони праці жінок були предметом досліджень А.А. Абрамової, К.В. Боженко, А.І. Єфремова, О.М. Обушенко, Г.М. Севастьянова, В.І. Штифанова. Правові аспекти гендеру досліджували І.П. Андрусак, Ю.А. Гончаров, К.Б. Левченко, М.П. Попов, О.М. Руднева, О. Уварова та ін.

На сьогодні в Україні розроблено систему комплексного розв'язання проблем охорони праці жінок на підставі національних програм і державних напрямів з соціально/економічних питань. «Довгострокова програма поліпшення становища жінок, сім'ї, охорони материнства і дитинства», (Постанова Кабінету Міністрів України від 28 липня 1992 року N 431), та «Програма вивільнення жінок із виробництв, пов'язаних з важкою працею та шкідливими умовами, а також обмеження використання їх праці у нічний час на 1996—1998 роки», визначали шляхи реалізації державної політики у сфері охорони праці жінок та поліпшення умов їхньої праці. Більшість із них визнані як першочергові заходи в «Основних напрямках розвитку трудового потенціалу в Україні на період до 2010 року». Одним із основних заходів поліпшення умов праці жінок є вивільнення їх з виробництв із важкими і шкідливими умовами праці. Система превентивних заходів передбачає технічну модернізацію робочих місць і скорочення тривалості дії негативних виробничих чинників.

У зв'язку з військовою агресією Російської Федерації проти України Указом Президента України від 24.02.2022 № 64/2022 «Про введення воєнного стану в Україні», затвердженим Законом України від 24 лютого 2022 року № 2102-ІХ, з 05 години 30 хвилин 24 лютого 2022 року строком на 30 діб по всій території України запроваджено воєнний стан, який було продовжено, у зв'язку з триваючою широкомасштабною збройною агресією Російської Федерації проти України, рядом законодавчих актів до грудня 2022 року.

Під час дії воєнного стану набув чинності Закон України «Про організацію трудових відносин в умовах воєнного стану» від 15 березня 2022 року № 2136-ІХ (далі – Закон № 2136-ІХ), який визначає особливості трудових відносин працівників усіх підприємств, установ, організацій в Україні незалежно від форми власності, виду діяльності і галузевої належності, а також осіб, які працюють за трудовим договором з фізичними особами, у

період дії воєнного стану, введеного відповідно до Закону України “Про правовий режим воєнного стану”.

Водночас у Законі № 2136-IX закріплено умову про те, що на період дії воєнного стану вводяться обмеження конституційних прав і свобод людини і громадянина відповідно до статей 43, 44 Конституції України та у період дії воєнного стану не застосовуються норми законодавства про працю у частині відносин, врегульованих цим Законом № 2136-IX.

Правила трудових відносин під час війни змінив Закон України «Про організацію трудових відносин в умовах воєнного стану» від 15.03.2022 № 2136-IX (далі — Закон № 2136). Так, зокрема, метою оперативного залучення нових працівників до виконання роботи роботодавці можуть укласти з новими працівниками строкові трудові договори на період дії воєнного стану або на період заміщення тимчасово відсутнього працівника. У період дії воєнного стану умова про випробування при прийнятті на роботу може встановлюватися для будь-якої категорії працівників.

На період дії воєнного стану роботодавець має право перевести працівника на іншу роботу, не обумовлену трудовим договором, без його згоди. Норми про двомісячний строк попередження працівника про зміну істотних умов праці не застосовуються.

Роботодавець має право розірвати трудовий договір з працівником у зв'язку з ліквідацією підприємства, викликану знищенням у результаті бойових дій усіх виробничих, організаційних потужностей або майна підприємства. Про таке звільнення працівник попереджається не пізніше ніж за 10 днів із виплатою вихідної допомоги в розмірі не менше середнього місячного заробітку. На період воєнного стану роботодавець може відмовити працівнику в наданні будь-якого виду відпусток, крім відпустки у зв'язку вагітністю та пологами та відпустки по догляду за дитиною, якщо такий працівник залучений до виконання робіт на об'єктах, віднесених до критичної інфраструктури.

На початку російської агресії на території України велика кількість жінок разом із дітьми виїхала за кордон. Виникає питання - чи зберігається за ними упродовж перебування за кордоном робоче місце, чи захищені державою їх право на працю в умовах, що склалися?

Відповідь на це питання знаходимо у Законі України «Про організацію трудових відносин в умовах воєнного стану» від 15.03.2022 № 2136-IX (із змінами і доповненнями, внесеними Законом України від 1 липня 2022 року N 2352-IX). Згідно ст.12, у період дії воєнного стану роботодавець за заявою працівника, який виїхав за межі території України або набув статусу внутрішньо переміщеної особи, в обов'язковому порядку надає йому відпустку без збереження заробітної плати тривалістю, визначеною у заяві, але не більше 90 календарних днів, без зарахування часу перебування у відпустці до стажу роботи, що дає право на щорічну основну відпустку, передбаченого пунктом 4 частини першої статті 9 Закону України "Про відпустки" (статтю 12 доповнено частиною четвертою згідно із Законом України від 01.07.2022 р. N 2352-IX).

Згідно ч. 1 ст. 26 Закону України «Про відпустки», протягом періоду дії воєнного стану роботодавець на прохання працівника може надавати йому відпустку без збереження заробітної плати без обмеження строку, встановленого частиною першою статті 26 Закону України "Про відпустки". Упродовж періоду воєнного стану роботодавець на прохання працівника може надавати відпустку без збереження заробітної плати без урахування обмеження щодо максимальної тривалості такої відпустки. У період дії воєнного стану надання працівнику щорічної основної відпустки за рішенням роботодавця може бути обмежено тривалістю 24 календарні дні за поточний робочий рік. Якщо тривалість щорічної основної відпустки працівника становить більше 24 календарних днів, надання не використаних у період дії воєнного стану днів такої відпустки переноситься на період після припинення або скасування воєнного стану.

У період дії воєнного стану роботодавець може відмовити працівнику у наданні невикористаних днів щорічної відпустки. Норми частини сьомої статті 79, частини п'ятої



статті 80 Кодексу законів про працю України та частини п'ятої статті 11, частини другої статті 12 Закону України "Про відпустки" у період дії воєнного стану не застосовуються.

У частині першій статті 12 у редакції Закону України від 01.07.2022 р. N 2352-IX сказано, що у разі звільнення працівника у період дії воєнного стану йому виплачується грошова компенсація відповідно до статті 24 Закону України "Про відпустки".

У період дії воєнного стану роботодавець може відмовити працівнику у наданні будь-якого виду відпусток (крім відпустки у зв'язку з вагітністю та пологами та відпустки для догляду за дитиною до досягнення нею трирічного віку), якщо такий працівник залучений до виконання робіт на об'єктах критичної інфраструктури.

На сьогоднішній день внесено ряд змін стосовно організації праці та охорони праці жінок під час воєнного стану.

Так, зокрема, на період воєнного стану знімаються обмеження, які встановлює стаття 55 Кодексу законів про працю (КЗпП), згідно з якою заборонено залучати до роботи в нічний час вагітних жінок і жінок, що мають дітей віком до трьох років (ст. 176 КЗпП). Залучати до роботи у нічний час можна тільки після того, як отримали згоду працівників таких категорій: вагітних жінок і жінок, які мають дитину віком до одного року; осіб з інвалідністю, яким за медичними рекомендаціями протипоказана така робота. Частиною першою та другою статті 54 КЗпП встановлено, що при роботі в нічний час встановлена тривалість роботи (зміни) скорочується на одну годину. Це правило не поширюється на працівників, для яких уже передбачено скорочення робочого часу (п. 2 ч. 1 і ч. 3 ст. 51 КЗпП).

Згідно встановлених законодавством вимог, залучення жінок до робіт у нічний час не допускається, за винятком тих галузей економіки України, де це викликано особливою необхідністю і дозволяється як тимчасовий захід. Перелік цих галузей та видів робіт із зазначенням максимальних термінів застосування праці жінок у нічний час затверджується КМУ (ст. 175 КЗпП).

У період воєнного стану не застосовуються норми законодавства про працю у частині відносин, які врегулював Закон України «Про організацію трудових відносин в умовах воєнного стану» від 15.03.2022 № 2136-IX (далі — Закон № 2136).

Відповідно до частини першої статті 9 Закону № 2136 на період дії воєнного стану **дозволяється** застосування праці жінок **за їхньою згодою** на важких роботах і на роботах із шкідливими або небезпечними умовами праці, а також на підземних роботах. Водночас ця норма Закону № 2136 забороняє застосування праці на важких роботах вагітних жінок і жінок, які мають дитину віком до одного року.

З урахуванням наведеного під час дії воєнного стану до набрання чинності Закону № 2136-IX (з 24.02.2022 до 23.03.2022 – включно) до трудових відносин застосовувалися норми законодавства про працю (норми Кодексу законів про працю України та інших актів законодавства України, прийнятих відповідно до нього), а з 24 березня 2022 року під час дії воєнного стану, введеного відповідно до Закону України «Про правовий режим воєнного стану», нормативно-правове регулювання організації та охорони праці здійснюється відповідно до норм, введених Законом № 2136-IX.

Ураховуючи, що на період дії воєнного стану вводяться деякі обмеження конституційних прав і свобод людини, вважаємо актуальним перегляд вказаних змін, виходячи із того, що державне регулювання охорони праці жінок спрямоване на створення належних умов для повноцінного відтворення їхнього трудового потенціалу, забезпечення повної продуктивної зайнятості жінок, поліпшення умов праці жінок та зниження ризиків для їхнього здоров'я і життя.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Гендерная политика в трудовых отношениях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dv-gazeta.info/euronews-2/gendernayapolitika-v-trudovyih-otnosheniyah.html>.

2. Закон України "Про військовий обов'язок і військову службу": Відомості Верховної Ради України, 2006 р., № 38, ст. 324 із наступними змінами URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2232-12#Text>

3. Закон України «Про забезпечення рівних прав та можливостей жінок і чоловіків» від 08.09.2005 року № 2866-IV. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2866-15>.

4. Закон України «Про організацію трудових відносин в умовах воєнного стану» від 15.03.2022 № 2136-IX (із змінами і доповненнями, внесеними Законом України від 1 липня 2022 року N 2352-IX)/ - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2136-20#Text>

5. Закон України «Про охорону праці»: (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, № 49, ст.668) із наступними змінами URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>

6. Про затвердження Національного плану дій з виконання Резолюції Ради Безпеки ООН 1325 «Жінки, мир, безпека» на період до 2025 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 28 жовтня 2020 р. № 1544-р «Про затвердження Національного плану дій з виконання Резолюції Ради Безпеки ООН 1325 «Жінки, мир, безпека» на період до 2025 року». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/113-2016-%D1%80>

7. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 29 грудня 1993 р. N 256 «Про затвердження перелік важких робіт та робіт із шкідливими і небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці жінок». Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0051-94#Text>

8. Наказ Міністерства охорони здоров'я України «Про затвердження граничних норм підіймання та переміщення важких речей жінками» від 10.12.1993 року № 241. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0194-93#Text>

9. Наказ МОЗ №1254 від 13.10.2017 «Про визнання таким, що втратив чинність, наказу Міністерства охорони здоров'я України від 29 грудня 1993 року № 256». Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1508-17#Text>

*N. P. Vovk, Ph.D. Ph.D., associate professor, associate professor of the Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil Defence of Ukraine*

## **NORMATIVE AND LEGAL REGULATION OF LABOR PROTECTION OF WOMEN UNDER THE CONDITIONS OF MARITAL STATE IN UKRAINE**

### **Annotation**

The study examines the problem of normative and legal regulation of women's Occupational Safety and Health in Ukraine, taking into account changes in the organization of work and requirements for women's Occupational Safety and Health, which is related to the start of martial law in Ukraine because of Russia's aggression.

As summarized, a number of restrictions on constitutional human rights and freedoms were introduced during the period of martial law. Therefore, it is important to constantly review the outlined changes, based on the fact that state regulation of women's Occupational Safety and Health is aimed to create appropriate conditions for the full reproduction of their labor potential, ensuring full productive employment of women, improving women's working conditions and reducing risks to their health and life.

*Ю.К. Гапон, к.т.н., Національний університет цивільного захисту України*  
*М.А. Чиркіна, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України*  
*С.Д. Слепужніков, к.т.н., Національний університет цивільного захисту України*

## **ГАЛЬВАНІЧНІ ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ КОБАЛЬТУ, ВОЛЬФРАМУ ТА МОЛІБДЕНУ ДЛЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ**

XXI століття характеризується стрімким розвитком промисловості, транспорту, енергетики, індустріалізацією сільського господарства. Найбільшими забруднювачами поверхневих та підземних вод є: електроенергетика – 43%; комунальне господарство – 19,5%; сільське господарство – 16,6%; чорна металургія – 9%; хімія та нафтохімія – 3%; інші – 8,9%. За рахунок такого розвитку відбувається механічне забруднення та зміна природних хімічних властивостей води за рахунок значного підвищення вмісту у ній шкідливих домішок як неорганічних (мінеральні солі, кислоти, луки, глинисті частки), і органічних (нафтопродукти, нафту, ПАР, пестициди, органічні залишки) [1].

До електрохімічних способів очищення води належать методи катодного відновлення та анодного очищення, електрокоагуляції, електрофлокуляції та електродіалізу. При проходженні стічної води через міжелектродний простір електролізера відбувається електроліз води, поляризація частинок, електрофорез, окислювально-відновлювальні процеси, взаємодія продуктів електролізу один з одним. В процесах електрохімічного окиснення, речовини, що знаходяться в стічній воді, повністю розпадаються з утворенням  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  та води або утворюються простіші та нетоксичніші речовини, які можна видаляти іншими методами. Як аноди використовують нерозчинні матеріали: графіт, магнетит, діоксиди свинцю, марганцю, рутенію, іридію, які в індивідуальному вигляді або у вигляді бінарної сполуки з діоксидом титану наносять на титанову основу (ОРТА та ін.). Досить рідко, враховуючи дорожнечу матеріалу, застосовують платину або платинований титан (ПТА). Катоди виготовляють із матеріалів, що забезпечують тривалий термін служби: молібден, сплав вольфраму із залізом або нікелем, так само з графіту, нержавіючої сталі інших металів, покритих молібденом, вольфрамом або їх сплавами [2].

Покриття сплавами на основі кобальту з молібденом та вольфрамом наносили на підкладки зі сталі Ст.3. Підготовчі операції по обробці поверхні зразків проводили за загальноприйнятою методикою відповідно до природи досліджуваного матеріалу. Для усунення зовнішніх дефектів і зменшення шорсткості поверхні перед осадженням покриттів проводили механічну обробку наждачним папером (марки 0). З метою повного видалення слідів жирових забруднень різної природи і поліпшення змочування металу електролітом поверхню знежирювали в розчині кальцинованої соди. Завершальні операції з підготовки поверхні включали в себе: травління сталевих зразків, яке проводили в насиченому розчині заліза хлориду (III) протягом декількох хвилин); промивка в дистильованій воді та повне видалення залишків води за допомогою фільтрувального паперу.

Приготування електролітів здійснювали за наступною методикою: розраховану масу реактивів (хімічно чисті та чисті для аналізу) окремо розчиняли при постійному перемішуванні і нагріванні в невеликій кількості бідистильованої води, після чого розчини змішували у послідовності (на підставі проведеного дослідження закономірностей комплексоутворення. Всі розчини електролітів доводили до необхідного об'єму. Для встановлення рівноваги і утворення комплексів електроліти витримували протягом 8-12

годин. Кислотність електролітів корегували шляхом додавання натрію гідроксиду або кислоти сульфатної. Покриття сплавами кобальт–молібден–вольфрам наносили на з цитратно–дифосфатних та амонійно–цитратних електролітів [3].

Стічні води зазвичай мають значну корозійну активність, крім того для інтенсифікації задіяних механізмів електрохімічного осадження у оброблювану воду додають певні активні реагенти (при видаленні ціанідів додають активний хлор). Тому важливим параметром електродів або покриттів є їх корозійна стійкість. Корозійну стійкість визначали методом поляризаційного опору. В нейтральному середовищі в розчині 3% NaCl (рН = 7) глибинний показник швидкості корозії залежно від складу сплаву, становить  $1-4 \cdot 10^{-3}$  мм / рік (бал стійкості – 2, дуже стійкі) [4], що переважає більшість застосованих й поширених електродних матеріалів та покриттів. Висновок. Проведені дослідження дозволили визначити електрохімічні режими та склади цитратно-дифосфатного електроліту для формування електродних покриттів, що характеризуються показниками міцності, твердості, корозійної стійкості та дозволяє використовувати їх у процесах електрохімічного знешкодження стічних вод.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Петрук В. Г. Васильківський І. В., Іщенко В. А. Нормування інгредієнтного забруднення: навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2013. 253 с.
2. Hapon Yu., Tregubov D., Tarakhno O., Deineka V. Technology of safe galvanochemical process of strong platings forming using ternary alloy. *Materials Science Forum*. 2020. Vol. 1006. P. 233–238.
3. M.D. Sakhnenko, M.V. Ved, I.Yu. Ermolenko, Yu.K. Hapon. Design, synthesis, and diagnostics of functional galvanic coatings made of multicomponent alloys. *Materials science*. 2017 Vol. 52. P. 680–688.
4. Y. Hapon, M. Chyrkina, D. Tregubov, O. Romanova. Co-Mo-W galvanochemical alloy application as cathode material in the industrial wastewater treatment processes. *Materials Science Forum*. 2021 Vol. 1038. P. 251–257.

*Yu. K. Hapon, Candidate of Technical Sciences, National University of Civil Defence of Ukraine*  
*M.A. Chyrkina, Candidate of Technical Sciences, Docent, National University of Civil Defence of Ukraine*

*Ye D. Slepuzhnikov, Candidate of Technical Sciences, National University of Civil Defence of Ukraine*

#### **GALVANIC COATINGS BASED ON COBALT, TUNGSTEN AND MOLYBDENUM FOR ELECTROCHEMICAL TREATMENT OF WASTEWATER FROM INDUSTRIAL ENTERPRISES**

The article deals with the role of electrode materials in improving the industry wastewater treatment from pollutants by electrochemical action. The reducing the electrodes consumption in the process of industrial wastewater treatment, increasing the their manufacture safety and application safety due to the coating by Co-Mo-W alloys was investigated. The corrosion resistance characteristics of the coatings obtained in the form of alloy, which were obtained from complex electrolyte that satisfies the necessary coatings requirements for effective treatment of wastewater have been researched.

Ю.Д. Древаль,  
доктор наук з державного управління, професор,  
професор кафедри охорони праці та техногенно-екологічної безпеки  
Національного університету цивільного захисту України  
**ПРО ЗНАЧУЩІСТЬ ПРИНЦИПІВ У СФЕРІ ОХОРОНИ ПРАЦІ**

Термін «принцип» (від лат. *principium* – початки, засади, основа, першоджерело) у загальному розумінні означає основне вихідне положення, визначальну ідею, правила, що визначають природу і соціальну сутність явища, його спрямованість і найбільш суттєві властивості. За допомогою принципів видається можливим визначити найбільш важливі аспекти унормування, регулювання та спрямування розвитку певної частки соціальних відносин. Це повною мірою стосується і політики у сфері охорони праці.

Науковці чи не одностайно вказують на значущість принципів у сфері регулювання будь-яких сфер суспільних відносин. Безпосереднє ж відношення до предмета даного дослідження мають ті розвідки, в яких предметом дослідження визначаються принципи трудового права та принципи державної політики у сфері охорони праці. Слід підкреслити, що західні дослідники вже традиційно виводять принципи у сфері праці від загальноправових чи навіть філософських принципів, розрізняючи при цьому романо-германську (континентальну) та англосаксонську правові системи. При цьому, як слушно підкреслює Г. Авілья (*Humberto Ávila*), жодна правова система не може бути побудована виключно на принципах чи виключно на правилах: Система принципів була б надзвичайно гнучкою, а одне з правил було б занадто жорстким: першому бракувало б чітких рекомендацій щодо поведінки, система єдиних правил була б занадто жорсткою..., що спричинило б проблеми з координацією, знаннями, витратами та контролем влади. через відсутність клапанів для узгодження рішень у конкретних випадках [1, р. 107]. З приводу цього слід також відзначити не лише генетичний зв'язок між трудовим правом та охороною праці (якраз в річищі науки трудового права розглядаються правові аспекти працевохоронної політики), але і те, що у базовому законодавстві з охорони праці застосовується саме категорія «принципи державної політики».

Завданням рукопису, з урахуванням зазначеного, визначено обґрунтування напрямів удосконалення принципової основи правового регулювання заходів з охорони праці.

Державна політика в галузі охорони праці, відповідно до приписів ст. 4 Закону України «Про охорону праці» базується на декількох важливих принципах, зокрема пріоритету життя і здоров'я працівників, повної відповідальності роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці; підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій та продукції, а також сприяння підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці; комплексного розв'язання завдань охорони праці на основі загальнодержавної, галузевих, регіональних програм з цього питання та з урахуванням інших напрямів економічної і соціальної політики, досягнень в галузі науки і техніки та охорони довкілля; соціального захисту працівників, повного відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань; встановлення єдиних вимог з охорони праці для всіх підприємств та суб'єктів підприємницької діяльності незалежно від форм власності та видів діяльності тощо (усього названо десять принципів) [2].

Природно, що зазначені принципи конкретизуються та набувають статусу правових норм у законах та підзаконних актах. Так, взявши за основу один з принципів, можна простежити і своєрідний правовий ланцюжок: від базових засад (принципів!) до загальних (які притаманні загальній частині тієї чи іншої галузі права і поширюються на всі чи більшість інститутів відповідної галузі) і спеціальних норм (які належать до окремих інститутів тієї чи іншої галузі права і регулюють певний вид родових суспільних відносин з урахуванням притаманних їм особливостей).

Наприклад, частина принципу щодо «соціального захисту працівників, повного відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань» (у тій частині, де йдеться про «відшкодування шкоди...») набуває нормативно-правового значення у ст. 9 Закону України «Про охорону праці» під назвою «Відшкодування шкоди у разі ушкодження здоров'я працівників або у разі їх смерті». Наведена ж норма набуває правозастосовного характеру у Постанові Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві».

Водночас, застосування зазначеного критерію чітко вказує і на недоліки у питанні щодо формального визначення принципів державної політики у сфері охорони праці. Це стосується, наприклад, зазначеного принципу щодо «підвищення рівня промислової безпеки...». Відомо ж, що термін «промислова безпека» лише зрідка наводиться у підзаконних нормативних актах. До того ж, цей термін було виключено і з останньої редакції відповідного національного стандарту.

Слід звернути додаткову увагу і на принцип щодо «комплексного розв'язання завдань охорони праці на основі загальнодержавної, галузевих, регіональних програм з цього питання...». Відомо, що загальнодержавна програма з цього питання, яку було прийнято ще в 2013 р., попервах була розрахована на час до закінчення 2018 р. (див.: Загальнодержавна соціальна програма поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2014-2018 роки, затверджено Законом України від 4 квітня 2013 року № 178-VII). За цей час зазнала істотних змін значна частка соціально-трудова відносин, що вимагає й відповідного реагування та забезпечення на рівні загальнодержавної політики. Проте, на сьогодні все ще зберігається чинність цієї програми.

Отже, згідно з приписами національного законодавства, державна політика у сфері охорони праці базується на чітко окреслених та розтлумачених принципах. Разом з тим, процес формування та реалізації таких принципів вимагає нагального вдосконалення. Найперше, згідно з проведеним вище аналізом, актуальною є проблема належного закріплення принципів у нормативно-правових актах з охорони праці. Слід відзначити і недостатню міру обґрунтованості деяких із формально визначених принципів.

## ЛІТЕРАТУРА

- 1 Ávila, Humberto. *Teoría de los Principios*. Madrid: Marcial Pons, 2011. 172 p.
- 2 Про охорону праці: Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII (Редакція станом на 14.08.2021). URL: [zakon.rada.gov.ua](http://zakon.rada.gov.ua)

*Dreval Yu. D.,*

*Doctor in Public Administration, Full Professor, Professor of the Department of Occupational Safety, Technogenic and Ecological Safety, National University of Civil Defense of Ukraine*  
**ON THE SIGNIFICANCE OF PRINCIPLES IN THE FIELD OF LABOR PROTECTION**

The article examines the issue of the importance of principles in the field of occupational health and safety. State policy in the field of labor protection is based on several important principles, in particular, the priority of the life and health of employees, the full responsibility of the employer for creating proper working conditions, etc. These principles are specified in the article, and they acquire the status of legal norms in laws and by-laws. At the same time, the actual process of formation and implementation of such principles requires urgent improvement. First of all, according to the provided analysis, the problem of properly enshrining the principles in the normative legal acts on labor protection is relevant. It should also be noted that some of the formally defined principles are insufficiently substantiated.

*Руслан ЗАСЦЬ, Анастасія РОМАНЕНКО, Олександр САУЛКО,  
ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ*

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ОСОБОВОГО СКЛАДУ ПІД ЧАС ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЯХ**

З кожним роком проблема пожеж, які виникають в природних екосистемах, зокрема в лісах, привертає до себе все більше уваги. Пожежі в лісах, забруднених радіонуклідами становлять значну проблему, оскільки прискорити період розпаду радіонуклідів на забруднених внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС територіях не можливо, а єдиним дієвим методом забезпечити прилеглі території від розповсюдження радіонуклідів є їх акумуляція та утримання. Наразі вищевказана проблема набула особливої актуальності у зв'язку з повномасштабною збройною агресією РФ і, зокрема, окупацією територій Чорнобильської та Запорізької АЕС та зважаючи на масштабні пожежі, що виникали протягом останніх років в лісових масивах навколо Чорнобильської АЕС.

Протягом першого місяця бойових дій окупантами було захоплено Чорнобильську та Запорізьку АЕС з усіма прилеглими до них об'єктами поводження з радіоактивними відходами і відпрацьованим ядерним паливом. При цьому, штурм ЗАЕС супроводжувався артилерійськими обстрілами території станції. І хоча реактори мають достатній захист, щоб унеможливити руйнування активної зони ректора внаслідок влучання снарядів, кожен день окупації збільшує ризики серйозної радіаційної аварії.

Ядерний терор супроводжується й іншими умисними діями: вивезенням з АЕС обладнання, що може призвести до аварії; відключення ЧАЕС від енергопостачання; утримання працівників АЕС у заручниках. Врешті, щонайменше 45000 російських військових, а також до 1/4 всієї залученої до вторгнення техніки потрапили в Україну через Зону відчуження ЧАЕС, де перебували протягом кількох місяців в білоруській частині зони а надалі здійснили вторгнення в Україну, переміщуючись через найбільш забруднені радіацією території. Сьогодні заражена техніка і озброєння стали джерелом забруднення і поширили радіацію за межі зони на велику відстань.

Забруднення територій має неоднорідний характер, проте одним з найзабрудненіших місць у зоні відчуження є так званий Рудий ліс — ділянка хвойного лісу площею близько 10 км<sup>2</sup>, на якій осіла найбільша частина радіоактивних викидів. Пізніше, в 1987 р., увесь цей ліс було захоронено, однак забруднення цієї території і зараз має надзвичайно високу щільність. Будь-які земляні роботи тут заборонено, оскільки в повітря при цьому здіймаються частинки радіоактивного ґрунту і, потрапляючи в дихальні шляхи, завдають шкоди здоров'ю людини. Втім, чомусь саме тут російські окупанти облаштували свої позиції. Вони почали будувати укріплення по всьому периметру зони відчуження поблизу річок, а в районі Рудого лісу зводили фортифікаційні споруди під танки, гармати та копали окопи, проводили інтенсивні земляні роботи, обігрівалися біля вогнищ, для розпалювання яких вирубували дерева того самого Рудого лісу.

Всі ці дії призвели до того що радіоактивні речовини, що містяться в частинках пилу, потрапляли на поверхню танків, автомобілів, одягу військових і таким чином безконтрольно виносили радіаційне забруднення технікою, що тривалий час перебувала в межах території, що має найвищий рівень радіаційного забруднення а також проїжджала десятки кілометрів по бездоріжжю там, де останні 30 років взагалі не допускалося пересування будь-яких видів транспорту.

Основним небезпечним фактором під час ліквідації надзвичайних ситуацій на радіоактивно забруднених територіях для пожежних-рятувальників крім теплового впливу є наявність в повітрі дрібнодисперсного пилу, що містить радіоактивні частинки, а отже, крім зовнішнього, вони можуть отримати і внутрішнє опромінення, що більш небезпечне для здоров'я.

Для обрання способів ліквідації надзвичайних ситуацій в умовах радіоактивного забруднення потрібно враховувати необхідність уникнення або мінімізацію безпосереднього контакту пожежників з радіоактивними матеріалами. Кожен з традиційних способів гасіння пожеж має свої переваги і недоліки з урахуванням вартості, ефективності та дотримання безпеки. Створення мінералізованих загороджувальних смуг є найбільш ефективним для слабких низових пожеж. У випадку проведення робіт механізованими засобами вдається уникнути безпосереднього контакту особового складу з радіоактивним середовищем, однак відбувається заповнення повітря, що зумовлює потребу захисту персоналу або герметизації кабін і фільтрування повітря.

Отже, аналізуючи небезпечні чинники, що виникають під час гасіння лісових пожеж на радіоактивно забруднених територіях (інгаляційне і зовнішнє опромінення особового складу, тепловий стрес, велика кількість продуктів повного і неповного згорання в зоні гасіння, задимлення, зневоднення, надмірна тривалість роботи без відпочинку), актуальним є розроблення системи заходів, пов'язаних з мінімізацією перебування особового складу пожежних підрозділів і техніки в зоні ліквідації надзвичайної ситуації, що може бути досягнуто за рахунок удосконалення управління пожежогасінням з використанням превентивних заходів, що включають обробку лісових масивів, лісосмуг вогнезахисними композиціями та прокладанням загороджувальних смуг перед фронтом пожежі [1]. Локалізація продуктів горіння і мінімізація перенесення можлива за рахунок застосування під час гасіння пожеж ефективних вогнезахисних і вогнегасних складів. Вони блокують радіонукліди, обмежуючи негативний радіаційний вплив пожежі на навколишнє середовище і людей.

Під час ліквідації надзвичайних ситуацій на радіоактивно забруднених територіях особовому складу підрозділів необхідно використовувати більш сучасні комплекти засобів індивідуального захисту (такі, як "Рятувальник-2", "АКВА-Т" та ін.) та має бути постійний контроль за станом зовнішнього забруднення спеціального одягу рятувальників, техніки та обладнання [2]. При гасінні лісів у зоні відчуження в літній період потрібно додатково застосовувати охолоджувальні пристрої щоб не допустити підвищення температури всередині костюма. Час роботи пожежників в костюмах з цієї причини потрібно обмежувати. У зв'язку із забрудненістю комплекту бойового одягу і техніки продуктами горіння, що містять радіонукліди, виникає необхідність дезактивації спеціальної аварійно-рятувальної техніки та спецодягу. Недостатня увага, що приділяється дезактивації, є однією з причин «міграції» радіонуклідів на чисті території.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Kuzyk, A., & Lagno, D. Особливості процесу ліквідації пожежі у забруднених радіонуклідами лісах на території зони відчуження // Пожежна безпека. 2019. (34), С. 47-53. DOI: 10.32447/20786662.34.2019.08
2. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) : державні гігієнічні нормативи. ДГН 6.6.1.–6.5.001-98. 135 с.

*Ruslan ZAIETS, Anastasia ROMANENKO, Oleksandr SAULKO*

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

#### **SAFETY ENSURING OF PERSONNEL DURING LIQUIDATION OF EMERGENCY IN RADIOACTIVELY CONTAMINATED TERRITORIES**

The features of dangerous factors and the risks of emergency situations in radioactively contaminated territories were analyzed in the abstracts of the report. Organizational and engineering-technical measures to reduce danger are substantiated, and safety ensuring ways during the realization of assigned tasks by fire-rescuers at radioactively contaminated territories are considered.



### **АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА БЕЗПЕКИ АВТОТРАНСПОРТУ З ВСТАНОВЛЕНИМ ГАЗОБАЛОННИМ ОБЛАДНАННЯМ**

У ході проведеного дослідження, з'ясовано, що з кожним роком в Україні збільшується кількість автомобілів, що обладнані ГБО. Однак при цьому виникають деякі проблеми пов'язані з їх експлуатацією.

Зібрані й узагальнені статистичні дані дозволили встановити, що частина вибухів і пожеж на транспорті припадає на транспорт, оснащений ГБО. Визначено низку причин вибухів і пожеж автомобілів з ГБО. Коротко зупинимося на причинах пожеж. Так, аналіз безпосередніх причин виникнення пожеж показав, що основна з них – негерметичність газової паливної системи (63 %). Значно менше (9,2 %) пов'язано з порушеннями техніки безпеки при експлуатації і ремонті газобалонного обладнання. У 5,8 % випадків причиною стала несправність газового редуктора; 3 % – витік газу на заправці; по 2 % припадає на несправності бензинового клапана, негерметичність, викликану механічними пошкодженнями, а також пошкодження внаслідок ДТП. При перемиканні з газового палива на бензин виникло 2,5 % пожеж, а з бензину на газ – 1,5 %; стільки ж – під час пуску двигуна при низьких температурах. Крім того, в 0,5 % випадків пожежа сталася через несправності заправного устаткування, а в 3 % причини виявити не вдалося. Поглиблений аналіз пожеж показав, що в більшості випадків першопричиною виникнення негерметичності газового обладнання став горезвісний «людський чинник».

З'ясовано, що автомобілісту необхідно дотримуватися певних вимог щодо експлуатації автомобілів з ГБО. Проте всі дії, що має виконувати автомобіліст, вимагають певного часу та технічної освіченості власника автомобіля, яких іноді не вистачає. І тут варто подумати над розробкою додаткової автоматичної системи контролю за станом ГБО з можливістю втручання в систему подачі газу та автоматичного пожежогасіння у крайніх випадках. Вона б діяла миттєво, а на виконання дій вказаних інструкцією потрібен час. Однак, все ж важливо проаналізувати існуючі системи безпеки автомобільного газобалонного обладнання.

Аналіз існуючих систем безпеки автомобільного газобалонного обладнання вказує на необхідність розробки автоматизованої системи моніторингу стану газобалонного обладнання автомобіля з можливістю автоматичного припинення подачі горючої суміші.

У ході дослідження описані й охарактеризовані існуючі системи безпеки автомобільного газобалонного обладнання. З огляду на недоліки описаних систем, запропонована і розроблена автоматизована система моніторингу стану газобалонного обладнання автомобіля з можливістю автоматичного припинення подачі горючої суміші. Презентована функціональна схема автоматизованої системи моніторингу стану ГБО автомобіля та реалізація розробленої моделі.

До складу запропонованої системи входять такі основні елементи: 1) пристрій контролю та управління; 2) датчики виявлення концентрації газів; 3) датчик надлишкового тиску в колекторі двигуна; 4) світлозвуковий сигналізатор; 5) запірні арматура у вигляді електромагнітного газового клапана. Для реалізації діючої моделі такої системи скористалися апаратними можливостями технології Arduino.

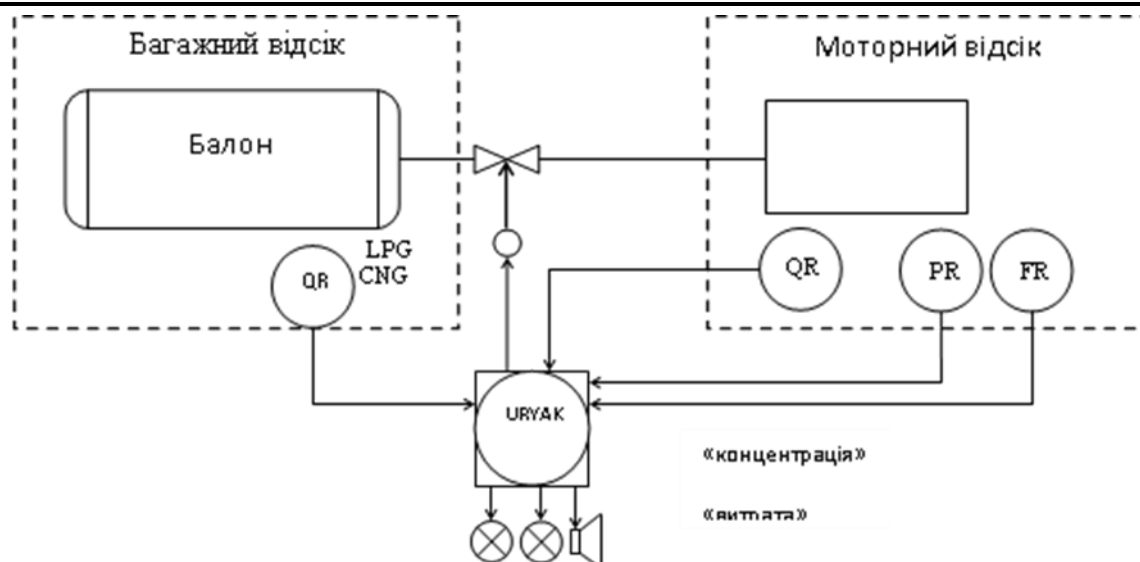


Рис. 1. Функціональна схема розробленої автоматизованої системи моніторингу стану ГБО автомобіля

Проведене дослідження не вичерпує всіх аспектів презентованої проблематики. Перспективи подальших наукових розвідок вбачаємо у розширенні функціональних можливостей автоматизованої системи моніторингу стану газобалонного обладнання автомобіля у напрямі реєстрації інших параметрів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Безопасность ГБО [Електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.milangaz.ru/index.php/statyi/bezopasnost-gbo.html>
2. Мікроконтролери та датчики [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://microboard.com.ua/>
3. Про затвердження Правил охорони праці на автомобільному транспорті : Наказ Міністерства надзвичайних ситуацій України від 09.07.2012 № 964 [Електронний ресурс] / Законодавство України. – Режим доступу : <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z1299-12>
4. Про затвердження Правил пожежної безпеки для підприємств і організацій автомобільного транспорту України : Наказ Міністерства інфраструктури України від 21.01.2015 № 11 [Електронний ресурс] / Законодавство України. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0279-15>
5. Статистика пожеж [Електронний ресурс] / Український науково-дослідний інститут цивільного захисту (УкрНДЦЗ). – Режим доступу : <http://undicz.dsns.gov.ua/ua/STATISTIKA-POZHEZH.html>

*Kasyarum S.O., candidate of pedagogical sciences, associate professor,  
Krut M.V.*

*Cherkasy Institute of Fire Safety named after the Heroes of Chernobyl of the Ukrainian National Center for Fire Safety*

#### **AUTOMATED VEHICLE SECURITY SYSTEM WITH INSTALLED GAS CYLINDER EQUIPMENT**

In the course of the research, it was found that the number of cars equipped with HBO increases every year in Ukraine. However, there are some problems associated with their operation.

## УПРАВЛІННЯ І КОНТРОЛЬ У ГАЛУЗІ ОХОРОНИ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Під управлінням у галузі охорони атмосферного повітря розуміють діяльність державних органів, органів місцевого самоврядування, громадських об'єднань, спрямовану на збереження, поліпшення та відновлення стану атмосферного повітря, запобігання і зниження рівня забруднення атмосферного повітря, дотримання вимог атмосфероохоронного законодавства, запобігання правопорушенням у цій сфері та захист екологічних прав громадян.

Серед основних функцій управління в галузі охорони атмосферного повітря виділяють:

- стандартизацію і нормування у галузі охорони атмосферного повітря;
- здійснення екологічної та санітарно-гігієнічної експертизи;
- організацію і здійснення контролю та моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря;

- державний облік шкідливих впливів на атмосферне повітря;
- вирішення спорів з питань охорони і використання атмосферного повітря тощо.

Стандартизація і нормування у галузі охорони атмосферного повітря проводиться з метою встановлення комплексу обов'язкових норм, правил, вимог по охороні атмосферного повітря від забруднення та забезпечення екологічної безпеки і спрямовані на: забезпечення безпечного навколишнього природного середовища та запобігання екологічним катастрофам; реалізацію єдиної науково-технічної політики в галузі охорони атмосферного повітря; становлення єдиних вимог до обладнання і споруд щодо охорони атмосферного повітря від забруднення; забезпечення безпеки господарських об'єктів і запобігання виникненню аварій та техногенних катастроф; впровадження і використання сучасних екологічно безпечних технологій.

Однією з найважливіших функцій управління у галузі охорони атмосферного повітря є нормування у цій сфері.

Зокрема, у галузі охорони атмосферного повітря встановлюються:

- нормативи екологічної безпеки атмосферного повітря;
- нормативи гранично допустимих викидів забруднюючих речовин стаціонарних джерел;
- нормативи гранично допустимого впливу фізичних та біологічних факторів стаціонарних джерел;
- нормативи вмісту забруднюючих речовин у відпрацьованих газах та впливу фізичних факторів пересувних джерел;
- технологічні нормативи допустимого викиду забруднюючих речовин.

Нормативи екологічної безпеки атмосферного повітря запобігають виникненню небезпеки для здоров'я людини та стану навколишнього природного середовища від впливу шкідливих чинників атмосферного повітря.

Норматив якості атмосферного повітря є критерієм, який відображає гранично допустимий максимальний вміст забруднюючих речовин в атмосферному повітрі і за якого немає негативного впливу на здоров'я людини та стан навколишнього природного середовища.

Державний облік у галузі охорони атмосферного повітря ведеться з метою: забезпечення державного контролю в галузі охорони атмосферного повітря та прогнозування зміни його стану; розроблення державних, регіональних, місцевих екологічних програм та програм у галузі охорони здоров'я, здійснення інших заходів щодо зменшення ступеня забруднення атмосферного повітря; регулювання викидів

забруднюючих речовин в атмосферне повітря із стаціонарних та пересувних джерел, ступенів впливу на його стан фізичних та біологічних факторів.

Моніторинг у галузі охорони атмосферного повітря проводиться з метою отримання, збирання, оброблення, збереження та аналізу інформації про рівень забруднення атмосферного повітря, оцінки та прогнозування його змін і ступеня небезпечності та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень у галузі охорони атмосферного повітря. Він є складовою частиною державної системи моніторингу довкілля України.

До об'єктів моніторингу атмосферного повітря належить: атмосферне повітря, у тому числі атмосферні опади; викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Проведення моніторингу атмосферного повітря має на меті отримання: первинних даних контролю за викидами та спостережень за станом забруднення; узагальнених даних про рівень забруднення на певній території за певний проміжок часу; узагальнених даних про склад та обсяги викидів забруднюючих речовин; оцінки рівня та ступеня небезпечності забруднення для довкілля та життєдіяльності населення; оцінки складу та обсягів викидів забруднюючих речовин.

Державний контроль у галузі охорони атмосферного повітря має забезпечити дотримання: умов, встановлених дозволами на викиди шкідливих (забруднюючих) речовин в атмосферне повітря і на шкідливі фізичні фактори впливу на нього; стандартів, нормативів правил та інших вимог охорони атмосферного повітря, в тому числі здійснення виробничого контролю в зазначеній галузі; режиму санітарно-захисних зон об'єктів, які мають стаціонарні джерела викидів шкідливих (забруднюючих) речовин в атмосферне повітря виконання державних цільових та регіональних програм охорони атмосферного повітря, виконання заходів по його охороні та інших вимог.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Екологічне право. Особлива частина Підручник. За редакцією академіка АПрН України, В.І. Андрейцева. К.: Істина, 2001
2. Екологічне право України: Підручник / За ред. А. П. Гетьмана, М. В. Шульги. - Х., 2005.
3. Закон України від 25.07.1991 № 1264-ХІІ «Про охорону навколишнього середовища».
4. Закон України від 12.10.1992 № 2707-ХІІ «Про охорону атмосферного повітря».
5. Баб'як О. С, Біленчук П. Д., Чирва Ю. О. Екологічне право України: Навчальний посібник. - К.: Атіка, 2000.- 216 с.

*Kirieleiko Daryna*  
*National University of Civil Defence of Ukraine*

#### MANAGEMENT AND CONTROL IN THE FIELD OF ATMOSPHERIC AIR PROTECTION

State accounting is:

- taking into account objects that have a harmful effect;
- management of stationary sources that have a harmful effect on the objects of primary accounting; compilation of state statistical reporting in the field of atmospheric air protection for stationary and mobile sources that have a harmful effect; conducting an inventory of emissions and volumes of pollutants at the specified facilities.

Коваленко С.А., аспірантка, Пономаренко Р.В., д.т.н., професор, начальник факультету оперативно-рятувальних сил, Національний університет цивільного захисту України  
Дармофал Е.А., к.т.н., начальник навчального відділу, доцент кафедри медичних дисциплін та охорони здоров'я, Харківська державна академія фізичної культури

### ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН БАСЕЙНУ РІЧКИ СУЛА

Нині відбувається інтенсивний розвиток населених пунктів та промислових об'єктів, які розташовані біля поверхневих водних об'єктів. У свою чергу, це призводить до забруднення навколишнього природного середовища, у тому числі і поверхневих водних об'єктів промисловими, комунальними та зливовими стоками, а це призводить до погіршення їх екологічного стану. Згідно з [1, 2] тільки у 2020 році до басейну річки Сула було скинуто 828 тис.м<sup>3</sup> забруднених (без очищення) та недостатньо очищених вод у Сумській обл. та 0,9719 млн. м<sup>3</sup> недостатньо очищених чи взагалі без очистки стічні води у Полтавській обл. Саме тому важливо визначати екологічний стан поверхневих водних об'єктів в умовах басейну річок [3, 4].

На основі моніторингових даних Державного агентства водних ресурсів України було проведено аналіз зміни екологічного стану, за основними показниками річки Сула за 2020 рік. Аналіз було проведено на основі даних з 4 постів спостереження річки Сула (рисунк 1): 1) 259 км, м. Ромни Сумської обл.; 2) 221 км, с. Чеберяки Роменського р-ну Сумської обл.; 3) 181 км, м. Заводське Лохвицького району Полтавської обл.; 4) 106 км, м. Лубни Полтавської обл.



Рисунок 1. Карта-схема розміщення 4 постів спостереження басейну річки Сула, за даними яких проводилось дослідження

Нітрати потрапляють у воду зі стоків промислових і сільськогосподарських підприємств; потрапляють у поверхневі водойми при розкладанні мікроорганізмами білків тваринного і рослинного походження, коли виділяються сполуки амонію, які при контакті з повітрям окислюються до нітритів і нітратів, відбувається процес нітрифікації. Фосфати потрапляють до поверхневих водних об'єктів разом із господарсько-побутовими, промисловими стічними водами, змивами мінеральних добрив та пестицидами із сільськогосподарських угідь, відходами тваринницьких ферм, дренажними водами зрошувальних систем, дощовими стоками із територій населених пунктів, що розташовані поблизу. Сульфати потрапляють до поверхневих водних об'єктів разом із промисловими та побутовими стічними водами.

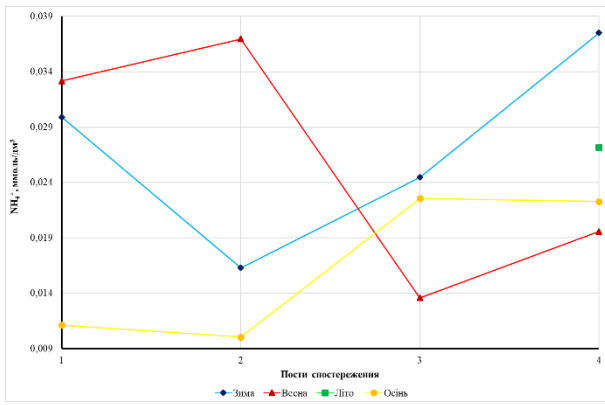


Рисунок 2. Вміст іонів амонію, ммоль/дм<sup>3</sup> по постах забору води річки Сула відповідно до сезонів

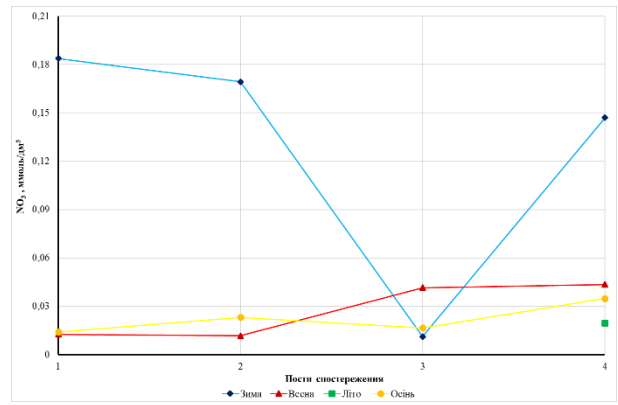


Рисунок 3. Вміст нітратів, ммоль/дм<sup>3</sup> по постах забору води річки Сула відповідно до сезонів

Процес нітрифікації в аеробних умови протікає у двох стадіях (рисунок 2 – 4):

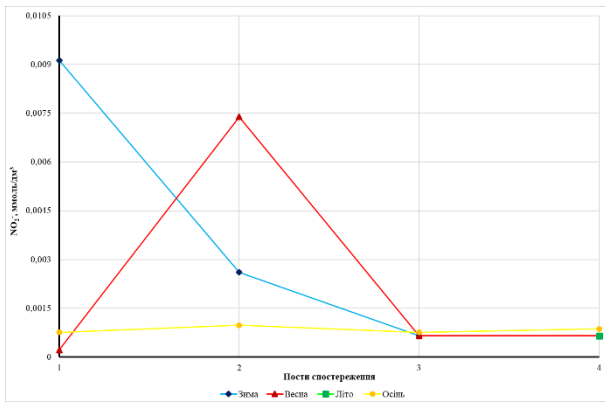
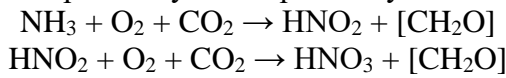


Рисунок 4. Вміст нітритів, ммоль/дм<sup>3</sup> по постах забору води річки Сула відповідно до сезонів

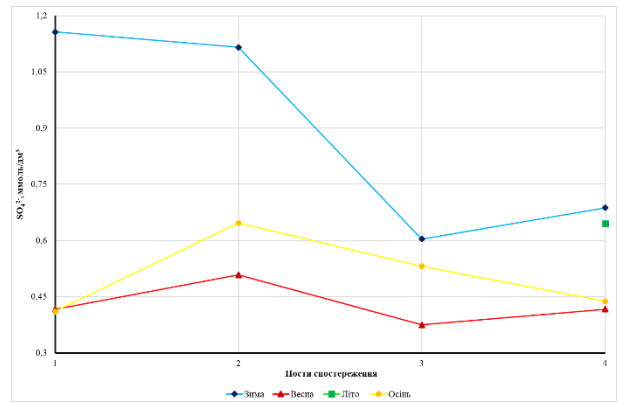


Рисунок 5. Вміст сульфатів, ммоль/дм<sup>3</sup> по постах забору води річки Сула відповідно до сезонів

Першу фазу нітрифікації здійснюють хемолітоавтотрофні бактерії, що окиснюють іони амонію до нітритів, другу фазу нітрифікації здійснюють бактерії роду Nitrobacter, які окиснюють нітрити до нітратів.

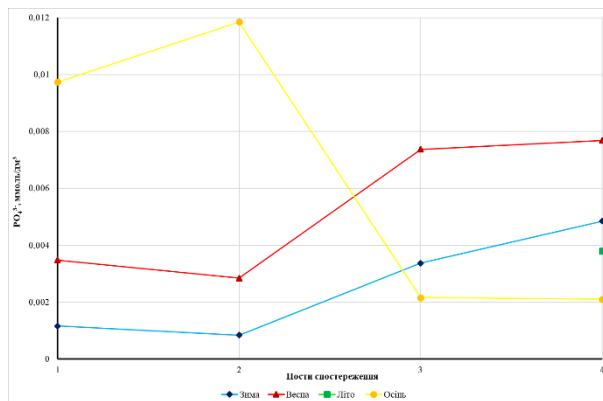


Рисунок 6. Вміст фосфатів (поліфосфати), ммоль/дм<sup>3</sup> по постах забору води річки Сула відповідно до сезонів

Підвищений вміст сульфатів та фосфатів (рисунок 5 – 6) свідчить про надходження до поверхневих водних об'єктів басейну річки Сула скидів недостатньо очищених чи без

очистки побутових стічних вод населених пунктів. Сульфати та фосфати, як відомо, входять до складу пральних порошків, мийних засобів і т.п. Поліфосфати легко розкладаються і їх концентрація у воді швидко знижується з часом (рисунок 6). Нині в Україні відсутні нормативи для вмісту фосфатів у побутових миючих засобах, але встановлені нормативи вмісту фосфатів у стічних водах, які приймаються до систем централізованого водовідведення [5].

Результати, які наведені у роботі, дозволяють стверджувати про погіршення екологічного стану басейну річки Сула, а також що техногенне навантаження внаслідок антропогенного впливу, приводить до погіршення якості води. Для річки Сула доцільно встановити додаткові пункти спостереження для більш детального дослідження екологічного стану поверхневого водного об'єкту від витoku річки до посту 1, між постами 3-4 та від поста 4 до гирла річки. На цих ділянках є притоки, а також населені пункти, які додатково забруднюють поверхневі водні об'єкти.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Екологічний паспорт Сумської області станом на 01.01.2021. Сумська ОДА. Суми, 2021. 140 с.
2. Екологічний паспорт Полтавської області (2020 рік). Полтавська ОДА. Департамент екології та природних ресурсів Полтавської ОДА. Полтава, 2021. 183 с.
3. Коваленко С.А., Пономаренко Р.В., Третьяков О.В., Іванов Є.В. Дослідження зміни екологічного стану річки Псел. *Техногенно-екологічна безпека*. Харків, 10(2/2021). С. 45–51. doi: 10.52363/2522-1892.2021.2.7
4. Пономаренко Р.В., Пляцук Л.Д., Ковальов П.А., Затько Й. Дослідження зміни якісного стану поверхневого водного об'єкта в умовах техногенного навантаження. *Техногенно-екологічна безпека*. Харків, 8(2/2020). С. 48–54. doi: 10.5281/zenodo.4300769.
5. Правила приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення. Затв. Наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 01.12.2017 № 316.

*S. Kovalenko, postgraduate student, National University of Civil Defence of Ukraine.  
R. Ponomarenko, Doctor of Engineering, Professor, National University of Civil Defence of Ukraine.  
E. Darmofal, Candidate of Technical Sciences, Head of the educational department, Senior Lecturer, in the Department of Medical disciplines and Health Protection, Kharkiv State Academy of Physical Culture*

#### ECOLOGICAL CONDITION OF THE SULA RIVER BASIN

The paper analyzed the ecological state of the Sula River basin, which is a tributary of the main water artery of Ukraine, and established possible causes of pollution. The change in the ecological state of the surface water body was carried out by analyzing the monitoring data and ecological assessment of water resources of Ukraine of the State Water Resources Agency of Ukraine for 2020. The content of regulatory indicators: polyphosphates, chlorides, nitrates and nitrites, ammonium and sulfates was analyzed. The analysis was carried out on the basis of water intake control data from 4 stations within the Sula River. In the future, the research results can be used in the development of a model for forecasting the ecological state of the river basin.

О.М. Кудін, д.т.н., с.н.с., доц. каф.; В.Г. Борисенко, к.ф.-м.н., доцент, доц. каф.; Л.А. Андрющенко, к.т.н., с.н.с.; М.М. Горонескуль, аспірант, викл. каф.; Е.В. Тімаков, курсант.

Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

## ВИРОГІДНИЙ МЕХАНІЗМ ПІДСИЛЕННЯ АДГЕЗІЇ ЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ ПОЖЕЖНИХ НАПІРНИХ РУКАВІВ ГОЛЧАТИМИ НАПОВНЮВАЧАМИ

Пожежні напірні рукава, разом із іншим технічним обладнанням, є одним з основних видів озброєння рятувальників і від їхнього справного стану, багато в чому, залежить боєздатність пожежної частини, а отже, і успішне гасіння пожеж. Основною частиною пожежного напірного рукава є тканий каркас, виготовлений з натуральних ниток або штучних волокон. З внутрішньої сторони на каркас нанесено гідроізоляційне покриття на гумовій основі (також застосовують латекс, поліуретан, тощо). У деяких випадках використовують просочення або нанесення захисного покриття і на зовнішню поверхню рукава. Важливою характеристикою пожежних рукавів є термін експлуатації [1], який залежить від стабільності механічних характеристик у часі. Відомо, що тканий каркас має від самого початку високу механічну міцність. Проте волокнам каркасу притаманний суттєвий недолік – зниження міцності на розрив під впливом вологи, УФ-опромінення і озону [1]. Зовнішнє покриття призначене захищати тканий каркас від негативного впливу атмосферних чинників, а захисне покриття, насамперед гідрофобне, перешкоджає контакту підкладки з атмосферним киснем і вологою і, тому, здатне усунути цей недолік [2, 3]. Бажано, щоб зовнішнє покриття підвищувало зносостійкість виробів. Властивості покриття суттєво залежать від типу і концентрації наповнювачів. Останнім часом велику популярність набули голчаті наповнювачі, які мають велике відношення довжини частинки до діаметру, такі як галуазит [4] та волластонит, див. табл. 1.

**Галуазит** має хімічну формулу  $Al_2Si_2O_5(OH)_4$  – це природний наноматеріал, що відображається у його іншій назві – **HNT**. Цією аббревіатурою (**HNT – halloysite nanotube**) спеціально підкреслюється незвичайна форма частинок наповнювача. Галуазит витримує вельми високі температури, опромінення, колосальний тиск. Він володіє дуже великою механічною міцністю, йому притаманні армуючі властивості, завдяки чому він використовується у різноманітних наукових, технічних і промислових застосуваннях. Основні відомості про цей мінерал наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Порівняння основних хімічних властивостей двох наповнювачів

	Галуазит	Мікроволластоніт
Хімічна формула	$Al_2Si_2O_5(OH)_4 \cdot 2H_2O$	$CaSiO_3$
Морфологія частинок	нанотрубчаста	голчаста
Розчинність	у воді розмокає, утворюючи суспензію і пластичну масу	не розчиняється у воді та органічних розчинниках
Хімічна активність	легко втрачає воду при нагріванні і перетворюється на $Al_2Si_2O_5(OH)_4$	взаємодіє з соляною кислотою
Колір	білий, сірий, голубуватий	білий

Відомо, що додавання 1-5% мас. HNT в полімерну матрицю дозволяє: 1) підвищити міцність на розтяг; 2) посилити пружність; 3) збільшити час займання, скоротити швидкість тління; 4) значно продовжити час вивільнення молекул із нанотрубки. Можна констатувати, що додавання HNT в захисну плівку надає покриттю значні переваги, див. табл. 2.

**Волластонітом** називається природний мінерал – силікат кальцію з хімічною формулою  $CaSiO_3$ . Мікроволластоніт має голчасту структуру, при розколюванні мікро кристалів утворюються зерна голчастої форми. Він не розчиняється у воді та органічних розчинниках, але взаємодіє з соляною кислотою. Голчаста форма зерна волластоніту визначає основний напрямок його використання як армуючого наповнювача. Але в деяких



галузах промисловості має значення і хімічний склад волластоніту. Відомо, що у виробництві лакофарбових матеріалів цей наповнювач сприяє збільшенню зносо- та атмосферостійкості покриттів, має виражену структуруючу дію на розподіл інгредієнтів в композиції. Важливо також відзначити, що мікрволластоніт суттєво збільшує адгезію покриття до підкладки, надає покриттю підвищену яскравість за рахунок високого коефіцієнта білизни. Порівняти властивості двох наповнювачів можна аналізуючи дані табл. 2.

Таблиця 2. Вплив наповнювачів на характеристики покриттів

	<b>Галуазит</b>	<b>Мікрволластоніт</b>
1	підвищує міцність покриття і його зносостійкість;	підвищує зносостійкість покриття і його стирання;
2	підвищує адгезію покриття до підкладки	підвищує адгезію покриття до підкладки
3	підвищує вогнезахисні властивості матеріалу;	підвищує вогнезахисні властивості матеріалу;
4	підвищує гідрофобні властивості покриття;	підвищує атмосферостійкість покриття
5	підвищує опір екстремальним хімічним середовищам;	підвищує опір екстремальним хімічним середовищам;
6	підвищує опір цвілі та електрохімічній корозії;	підвищує опір цвілі та електрохімічній корозії;
7	має виражену структуруючу дію	має виражену структуруючу дію
8	виконує роль наноконтейнеру	

Перелічені властивості є безумовними перевагами мікрволластоніту, які дуже схожі з властивостями галуазиту (крім пункту 8). ННТ вводиться у склад покриттів заради досягнення, головним чином, високої зносостійкості та адгезії до підкладки [2, 4]. З аналогічними цілями додається і мікрволластоніт, однак він є більш доступним і має меншу ціну. Виходячи з цієї обставини ми вважаємо, що заміна галуазиту на мікрволластоніт є дуже доцільною, вважаючи також на його відмінну білизну.

Така важлива характеристика пожежних напірних рукавів як термін експлуатації безпосередньо залежить від наявності захисного покриття та збереження ним захисних характеристик у часі. Зазвичай конкретною причиною списання виробу є зменшення розривного тиску до критичної величини. Факторами, що впливають на стабільність характеристик покриття в найбільшій степені, є висока зносостійкість, підвищена адгезія до підкладки, а також достатня гідрофобність та атмосферостійкість захисної плівки. Аналізуючи дані таблиці 2 можна зробити висновок, що введення мінералу мікрволластоніту до кремнійорганічної матриці, наприклад Sylgard-184, яка сама собою є інертною, міцною, гідрофобною, тощо, дозволяє підсилити перелічені властивості захисного покриття. Факт того, що галуазит і мікрволластоніт (якщо вони вводяться у кількості 1-3 мас.%) значно підсилюють адгезію та зносостійкість покриттів підтверджується результатами багатьох робіт і може вважатися надійно встановленим. Ця обставина дозволяє прогнозувати збереження розривного тиску в процесі експлуатації і збільшення терміну експлуатації пожежних напірних рукавів.

Покращення зносостійкості полімерних покриттів з галуазитом або мікрволластонітом пояснюється тим, що ці наповнювачі слугують мікроармуючими елементами, тобто значно підсилюють механічну міцність полімеру. В той же час підвищення вогнезахисних властивостей матеріалу пояснюється іншим механізмом. За результатами дослідження [4] було запропоновано, що руйнування галуазиту та вивільнення молекул води є причиною зниження швидкості горіння. Слід відзначити, що в цієї роботі досліджувалися покриття на основі латексної фарби з доданими нанотрубками галуазиту у кількості 5%. Така кількість ННТ не змінює забарвлення виробів, шорсткість поверхні та адгезію до поверхні субстрату, хоча покращує вогнезахисні властивості латексної фарби. Зразки з латексним покриттям

були випробувані згідно стандарту ASTM E84. Виявилось, що латексна фарба, що вміщує 5% галуазиту, є оптимальним рішенням, щодо зменшення розповсюдження полум'я і утворення диму [4]. Стосовно підсилення адгезії відомо, що істотне значення має орієнтація нанотрубок або голок [5]. На рис.1 показано можливе розташування частинок у захисній

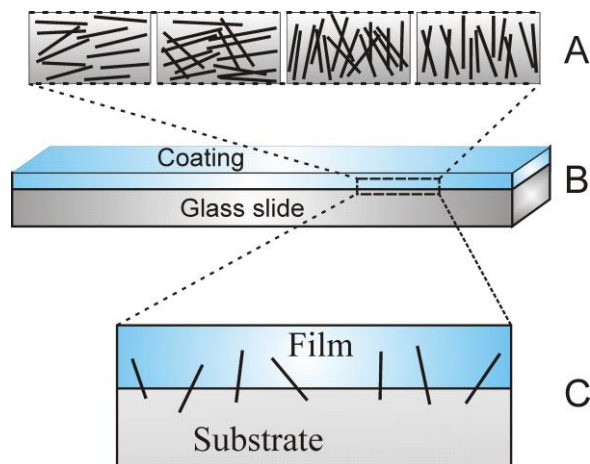


Рис.1 – Можлива орієнтація голчатих наночастинок у покритті (А), що нанесено на підкладку (В), і на границі розділу (С)

застосування мікрволастониту в якості мікроармуючого елемента та промотора адгезії.

плівці. Автори [5] вважають, що вертикальна орієнтація голок є оптимальною для покращення адгезії. Орієнтацію проводили в потоці стисненого повітря. Відомо також, що зміна форми полімерної матриці у рідкому стані (коли існує течія рідини) призводить до часткової орієнтації голок в об'ємі. Тому до частин А та В рис. 1, що частково відображають схему з роботи [5], ми додали частину С, яка пояснює саме підсилення адгезії. Ми вважаємо, що саме голки, які стирчать із плівки і проникають у підкладку, є відповідальними за ефект підсилення адгезії.

Таким чином, у роботі запропоновано механізм підсилення адгезії силіконового покриття до підкладки за рахунок введення наповнювачів голчатої форми. Обґрунтовано

#### ЛІТЕРАТУРА

9. Довідник пожежного-рятувальника. Харків. 2017. Рукава пожежні. Пожежний експерт. <http://www.fire-expert.ck.ua>
10. Андрющенко Л.А., Борисенко В.Г., Горонескуль М.М., Кудін О.М. Евакуаційні знаки з люмінесцентними покриттями на основі еластомеру Sylgard-184 // Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація. 2021. т. 5, № 2, С. 5-18.
11. Kudin, A.M.; Andryushchenko, L.A.; Gres', V.Yu.; Didenko, A.V.; Charkina, T.A. How the surface-processing conditions affect the intrinsic luminescence of crystal // J. Opt. Technology. 2010. Vol. 77(5). P. 300-302. doi:10.1364/JOT.77.000300.
12. Lvov, Yu.; Wang, W.; Zhang, L. (2016), Halloysite Clay Nanotubes for Loading and Sustained Release of Functional Compound // Adv. Mater., 28: 1227-1250. doi.org/10.1002/adma.201502341
13. Khalid, Askar; Kenan, Song. Epoxy-Based Multifunctional Nanocomposites // in: Polymer Based Multifunctional Nanocomposites, Elsevier, 2019, P. 111-135.

*A.M. Kudin, Dr.Sci., senior researcher, docent; V.G. Borisenko, PhD, associate professor, docent; L.A. Andryushchenko, PhD, senior researcher; M.M. Goroneskul, aspirant, teacher; E.V. Timakov, cadet; National University for Civil Defence of Ukraine*

#### **PROBABLE MECHANISM FOR STRENGTHENING THE ADHESION OF PROTECTIVE COATING OF FIRE HOSES WITH NEEDLE FILLER**

It has been considered the influence of halloysite filler in the form of nanotubes as well as needle-shaped microwollastonite on the characteristics of protective coatings for the outer surface of fire hoses. It has been proposed a probable mechanism for strengthening the adhesion of the silicone coating to the substrate due to the introduction of needle-shaped fillers. The use of microwollastonite as a microreinforcing element and adhesion promoter is substantiated.

*Т.О. Луценко, кандидат наук з державного управління, доцент  
Національний університет цивільного захисту України*

## **ОСОБЛИВОСТІ РОЗСЛІДУВАННЯ НЕЩАСНИХ ВИПАДКІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ ПІД ЧАС ЗАПРОВАДЖЕННЯ ВОЄННОГО СТАНУ**

Відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці» і Закону України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування» Кабінетом міністрів України від 30.11.2011 р. № 1232 була затверджена постанова «Про деякі питання розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві», яка визначила процедуру проведення розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій, що сталися на підприємствах, в установах та організаціях незалежно від форми власності, виду економічної діяльності або в їх філіях, представництвах, інших відокремлених підрозділах чи у фізичних осіб-підприємців, які відповідно до законодавства використовують найману працю, а також тих, що сталися з особами, які забезпечують себе роботою самостійно, за умови добровільної сплати ними внесків на державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання. Зважаючи на події, що відбувалися на сході країни починаючи з 2014 року, постановою Кабінету Міністрів України від 17.04.2019 № 337 було внесено необхідні зміни та викладено Порядок розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві у новій редакції (*далі* - Порядок). Зокрема, до переліку подій, що призвели до нещасних випадків, гострих професійних захворювань (отруєнь), аварій на виробництві, було додано такі події суспільного життя як страйк, оголошена та неоголошена війна, терористичний акт, блокада, революція, заколот, повстання, масові заворушення, протиправні дії третіх осіб тощо. Тому нещасні випадки, які трапляються з працівниками під час виконання ними трудових(посадових) обов'язків внаслідок вищезазначених подій, незалежно від наявності при цьому впливу небезпечних, шкідливих або інших виробничих факторів, підлягають розслідуванню згідно з вимогами Порядку та, у подальшому, забезпеченню державою конституційних гарантій реалізації застрахованими особами своїх прав на соціальний захист. Таким чином, процедура розслідування нещасних випадків, що сталися з працівниками внаслідок отримання поранень під час ведення бойових дій є такою ж самою як і для всіх інших видів нещасних випадків.

24 лютого 2022 року в Україні введено воєнний стан, причиною чому стала військова агресія Російської Федерації проти України. Державна служба України з питань праці через воєнний стан і реальну небезпеку у зв'язку з веденням бойових дій видала низку рекомендації, щодо процедури проведення розслідування нещасного випадку на підприємстві під час запровадження воєнного стану. Насамперед було рекомендовано ухвалювати рішення про створення комісії та проведення розслідування в кожному конкретному нещасному випадку, зважаючи на міркування безпеки для членів комісії та саму можливість проведення розслідування. У разі потреби зафіксувати неможливість або ризик створення такої комісії та проведення розслідування для уникнення претензій з боку державних органів у майбутньому. Щоб визначити вид події, причину та обладнання, що призвели до нещасного випадку з працівником під час виконання трудових обов'язків унаслідок бойових дій, комісії з розслідування слід застосовувати коди: код події – 23; код причини – 42; код обладнання – 969, які визначені у Класифікаторі видів подій, причин, обладнання, устаткування, машин, механізмів, транспортних засобів, що призвели до настання нещасного випадку, гострого професійного захворювання (отруєння), аварії, наведеного у додатку 9 Порядку. Також Державна служба України з питань праці надає рекомендації щодо розслідування нещасних випадків, що сталися на тимчасово окупованих територіях. Так, якщо провести розслідування неможливо через загрозу життю і здоров'ю членів комісії, необхідно максимально фіксувати, збирати та документувати інформацію

про нещасні випадки на виробництві, щоб надалі розслідувати їх після нормалізації ситуації. Вже розпочаті та незавершені через бойові дії розслідування нещасних випадків допустимо продовжити до створення безпечних і належних умов, щоб завершити їх.

Слід зазначити, що Державною службою України з питань праці розроблено та надіслано на погодження до Міністерства економіки України проєкт постанови Кабінету Міністрів України «Деякі питання розслідування нещасних випадків в умовах воєнного (надзвичайного) стану», яким передбачено:

– удосконалення процедури проведення розслідування нещасних випадків на виробництві, що сталися з працівниками під час виконання трудових обов'язків внаслідок воєнних (бойових) дій, зокрема, бомбардувань, ракетних та артилерійських обстрілів, мінувань територій та приміщень, здійснення масових терористичних актів, що супроводжується загибеллю людей чи руйнувань особливо важливих об'єктів життєзабезпечення тощо. У зв'язку з цим, чинний Порядок розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 17.04.2019 № 337, має бути доповнено новим розділом «Процедура розслідування нещасних випадків в умовах дії режиму воєнного (надзвичайного) стану»;

– удосконалено структуру акта за формою Н-1;

– зменшено кількісний склад комісії із спеціального розслідування нещасних випадків та її обов'язки;

– спрощено процес оформлення документів за результатами роботи комісії з розслідування нещасного випадку;

– запроваджено можливість дистанційного засідання комісії з розслідування нещасного випадку з використанням засобів конференц-зв'язку;

– удосконалено процедуру підписання протоколів та актів членами комісії і затвердження їх керівником органу, що утворив спеціальну комісію, шляхом накладання кваліфікованого електронного підпису.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-ХІІ
2. Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування» від 23.09.1999 № 1105-ХІV
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 17.04.2019 № 337 «Деякі питання розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві»

*Lutsenko T., candidate of public administration, associate professor  
National University of Civil Defence of Ukraine*

## FEATURES OF THE INVESTIGATION OF ACCIDENTS AT THE ENTERPRISE DURING THE IMPLEMENTATION OF MARITAL STATE

The theoretical foundations and practical issues of the investigation of accidents at the enterprise during the introduction of martial law are revealed. The list of social life events leading to industrial accidents is highlighted. The recommendations of the State Labor Service of Ukraine regarding the procedure for investigating an accident at an enterprise during the introduction of martial law are highlighted. The main provisions of the draft resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine "Some issues of the investigation of accidents under the conditions of a state of military (emergency)" have been outlined.

*О. Г. Мельник, к. т. н., с. н. с., Р. П. Мельник, к. т. н., доц.  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного  
університету цивільного захисту України*

## **ПОЛПШЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ РЯТУВАЛЬНИКІВ ПРИ РОБОТІ НА ПОЖЕЖНО- ТА АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНІЙ ТЕХНІЦІ**

Конституція України гарантує кожному працівнику належні, безпечні і здорові умови праці [1]. Відповідно, кожне підприємство, установа чи організація будь-якої форми власності, що використовують у своїй діяльності працю найманих робітників, зобов'язані дотримуватись необхідних вимог, встановлених законодавством України, з метою гарантування безпеки праці та збереження життя, здоров'я і працездатності працівників. Реалізація цього постулату здійснюється за допомогою свідомої діяльності суспільних інститутів і окремих індивідів, спрямованої на доцільне впорядкування суспільних відносин у галузі охорони праці.

Роботодавець згідно зі статтею 13 Закону України «Про охорону праці» зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці [2]. З цією метою роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці, що є ефективним інструментом управління, який допомагає значно скоротити витрати підприємства на усунення наслідків недотримання норм охорони праці. Основна ідея її впровадження полягає в тому, щоб запобігти всім імовірним виробничим аваріям і травмам.

На сьогодні відбувається активне реформування діючої системи управління охороною праці, що сформована за принципом «коригувальних дій» (реактивним принципом), тобто реагування на небезпечні випадки та ситуації, а не за принципом «запобіжних дій» (проактивним), тобто профілактики небезпечних випадків та ситуацій, що унеможлиблює визначення пріоритетності профілактичних заходів з безпеки та гігієни праці на кожному з етапів діяльності підприємства [3].

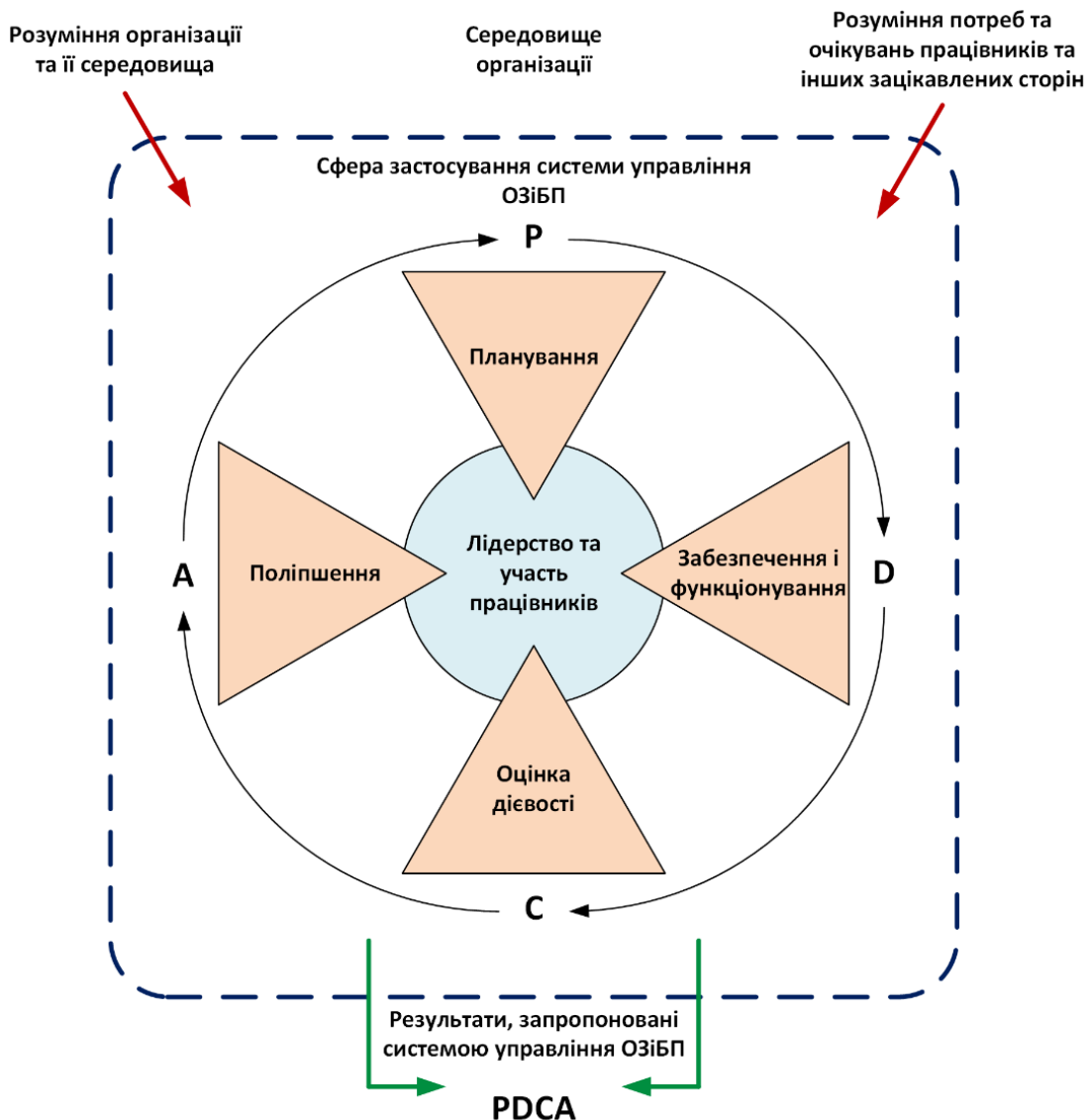
Також спостерігається низька якість розслідувань нещасних випадків, професійних захворювань та аварій, а тому існує висока ймовірність помилок у визначенні причин нещасних випадків і, як наслідок, хибних висновків щодо способів запобігання таким випадкам у майбутньому. Через відсутність ефективного аналізу причин заходи реагування на нещасні випадки спрямовуються переважно на регулювання та посилення обов'язкових загальних вимог без урахування факторів ризику.

В Конституції України та Кодексі законів про працю України [1, 4] закріплено принцип пріоритету міжнародно-правових норм перед нормами національного законодавства. Це стосується і впровадження міжнародних стандартів із розробки систем управління охороною здоров'я і безпекою праці (ОЗіБП) згідно з ДСТУ ISO 45001:2019 [5]. Застосування системи управління ОЗіБП спрямоване на те, щоб дати змогу організації забезпечити безпечні та здорові умови праці на робочому місці, запобігти виробничим травмам і погіршенню стану здоров'я, а також постійно удосконалювати показники у сфері ОЗіБП.

Зокрема це стосується і збереження життя, здоров'я і працездатності осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту та працівників ДСНС України при роботі на пожежно-рятувальній та аварійно-рятувальній техніці; при виконанні робіт з пожежним обладнанням, аварійно-рятувальним інструментом та оснащенням, приладами, устаткуванням, пристроями, засобами індивідуального захисту, що перебувають на оснащенні органів та підрозділів ДСНС України, де станом на сьогодні основним нормативно-правовим актом в даній галузі є наказ МНС України від 07.05.2007 р. № 312 [6]. Ці правила встановлюють вимоги належних та безпечних умов праці, а також її організації в системі ДСНС України та є обов'язковими для виконання всіма категоріями

працівників служби, а також працівниками інших відомств, установ та організацій, що виконують певні види робіт на об'єктах ДСНС України. Проте даними нормами не визначено можливість проведення аналізу стану охорони праці та його вдосконалення шляхом сучасного підходу до вивчення та впровадження нових методів управління служби охорони праці, а також забезпечення виконання правил охорони праці в органах та підрозділах ДСНС України.

З цією метою необхідно переглянути підхід до системи управління ОЗіБП в ДСНС України та сформувати ефективну систему, що ґрунтуватиметься на концепції циклу Plan-Do-Check-Act (PDCA), що представлена на рис. 1.



**Рисунок 1. Концепція циклу Plan-Do-Check-Act**

Концепція PDCA полягає в повторюваному процесі, який ДСНС України застосовує для досягнення постійного удосконалення. Процес можна застосовувати до системи управління загалом і до кожного окремого елемента в такий спосіб:

- а) планування: виявлення та оцінка ризиків й можливостей у сфері ОЗіБП, а також інших ризиків й можливостей, розробка цілей у сфері ОЗіБП і процесів, необхідних для досягнення результатів відповідно до політики ОЗіБП;
- б) виконання: реалізація процесів, що заплановані;
- в) перевірка: проведення моніторингу і вимірювання результатів заходів та процесів, що стосуються політики й цілей у сфері ОЗіБП, а також повідомлення результатів;

г) дія: вживання заходів для постійного вдосконалення показників у сфері ОЗіБП, щоб досягти очікуваних результатів.

На нашу думку, впровадження системи управління ОЗіБП в підрозділах ДСНС України дозволить гарантувати безпечні та сприятливі для здоров'я умови праці з метою запобігання травмам і погіршенню стану здоров'я особового складу служби цивільного захисту. Крім цього впровадження удосконаленої системи безпеки праці, що базуватиметься на принципах:

- запобігання ризикам;
  - оцінювання ризиків, яких не можна уникнути;
  - усунення джерел ризиків;
  - адаптація умов праці до працівника, особливо під час облаштування робочих місць, вибору методів роботи, а також послаблення шкідливого впливу роботи на здоров'я з урахуванням гендерних особливостей;
  - адаптація до технічного прогресу;
  - заміна обладнання підвищеної небезпеки на обладнання з вищим рівнем захисту;
  - розроблення узгодженої загальної політики запобігання виробничим ризикам, що охоплює техніку, організацію праці, умови праці, соціальні відносини та вплив чинників, пов'язаних з виробничим середовищем;
  - надання заходам колективного захисту пріоритету перед заходами індивідуального захисту, що використовуються працівником;
  - належний інструктаж працівників [3],
- призведе до змін традиційних підходів в управлінні безпекою та гігієною праці і застосування інших керівних принципів.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Конституція України: Закон України від 28.06.1996 р. № 254к/96-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text>.
2. Про охорону праці: Закон України від 14.10.1992 р. № 2694-ХІІ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>.
3. Про схвалення Концепції реформування системи управління охороною праці в Україні та затвердження плану заходів щодо її реалізації: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 12.12.2018 р. № 989-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/989-2018-%D1%80#Text>.
4. Кодекс законів про працю України: Закон України від 10.12.1971 № 322-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text>.
5. ДСТУ ISO 45001:2019 Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці.
6. «Правила безпеки праці в органах і підрозділах МНС України»: наказ МНС України від 07.05.2007 р. № 312.

*Olga Melnyk, PhD, Senior Researcher, Ruslan Melnyk, PhD, Associate Professor  
Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of  
Civil Defence of Ukraine*

#### **IMPROVING THE WORK SAFETY OF RESCUERS WHILE WORKING ON FIREFIGHTING VEHICLES**

The article is devoted to the improvement of the safe work management system in the State Emergency Service of Ukraine. An effective system based on the concept of the Plan-Do-Check-Act cycle has been formed. The principles of the improved labor safety system are described.

*О.В. Рибалова, канд. техн. наук, доц., С.О. Золотарьова, здобувач вищої освіти,  
Національний університет цивільного захисту України, м. Харків*

## **ВПЛИВ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ**

Військові дії в Україні призвели до забруднення навколишнього природного середовища, руйнування ландшафтів, зменшення біорізноманіття та виникнення аварійних ситуацій на промислових підприємствах та інфраструктурних об'єктах. Забруднення ґрунтів важкими металами має прямі наслідки для флори, розвиток ґрунтової мікрофлори, безпеку харчових продуктів та здоров'я населення. Змінюються біохімічні, фізіологічні та метаболічні процеси в рослинах, які ростуть у регіонах з високим рівнем забруднення металами. Накопичення важких металів може привести до значного токсичного впливу на компоненти довкілля і здоров'я людей [1].

З перших днів війни в Україні були зафіксовані обстріли і бомбардування російськими військами промислових та енергетичних об'єктів, підпали лісів, підриви нафтобаз, руйнування інфраструктури, знищення населених пунктів, шкіл, лікарень, промислових підприємств. Найбільше екологічних злочинів зафіксовано у Київській, Харківській, Миколаївській, Луганській і Донецькій областях. У цих областях ворог руйнував промислові та енергетичні об'єкти. Внаслідок ворожих обстрілів зафіксовані факти вибухів на ТЕС, захоплення та пошкодження Каховської ГЕС, руйнування газопроводів та газорозподільних станцій. Ще з 2014 року Донбас був на межі екологічної катастрофи, через окупацію території проросійськими силами та внаслідок активних військових дій упродовж 8 років. Через відсутність доступу до всієї території не відомо остаточної інформації про шкоду довкіллю за ці роки.

Особливістю впливу військових дій на стан довкілля на сході України є те, що Донецька і Луганська області є промислово розвинутими регіонами, де ще до початку бойових дій було розташовано біля 4500 потенційно небезпечних промислових об'єктів. За даними ОБСЄ за період з 2014 по 2017 років в цьому регіоні зафіксовано понад 500 аварійних ситуацій [2].

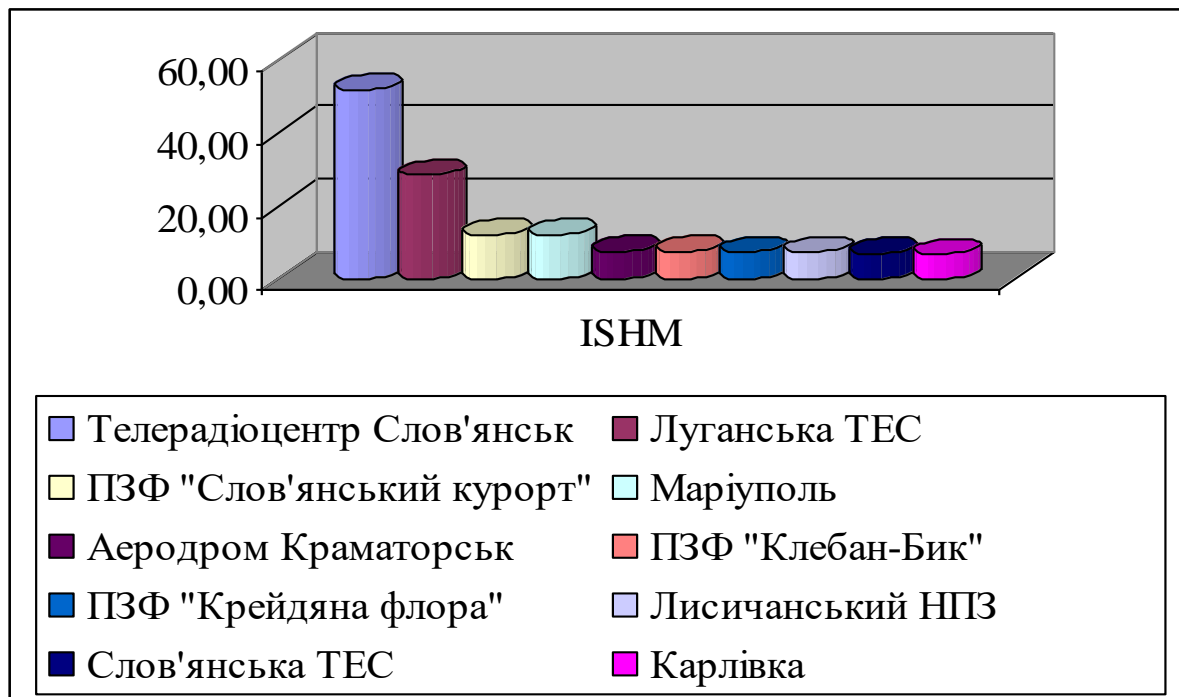
В роботах [3,4] запропоновано системний підхід до оцінки готовності цивільної оборони до дій в надзвичайних ситуаціях. Розроблено також заходи щодо ліквідації пожеж або зменшення їх впливу на стан довкілля [5 – 7]. Але здійснювати протипожежні і природоохоронні заходи на окупованих територіях Донецької і Луганської областей українська виконавча влада не має можливостей.

Аналіз впливу військових дій на стан навколишнього природного середовища в Донецькій і Луганській області здійснено на основі матеріалів проектів ОБСЄ в Україні, які представлено в роботах [2, 8,9].

Необхідно відзначити, що на частині території Донецької і Луганської областей, які не підконтрольні українському уряду, не проводиться екологічний моніторинг і відсутня достовірна інформація щодо пошкодження підприємств промисловості, житлово-комунального господарства та інфраструктурних об'єктів. Але у рамках проекту «Визначення шкоди, завданої довкіллю на сході України», який виконувався Координатором проектів ОБСЄ в Україні за фінансової підтримки урядів Канади та Австралії у співпраці з екологічною мережею «Зой» (Швейцарія) представлено матеріали кабінетних і польових досліджень [2]. На основі цих матеріалів дана оцінка забруднення ґрунтів важкими металами за новим методом оцінки інтегрального показника забруднення ґрунтів важкими металами (ISHM)[10]. Метод оцінки інтегрального показника забруднення ґрунтів важкими металами (ISHM) на місцевому рівні передбачає сумачію кратності перевищення фонових концентрацій з врахуванням класу небезпеки та індексу самоочищення. Рангування об'єктів дослідження за значенням показника забруднення ґрунтів важкими металами (ISHM) показало, що в найгіршому стані знаходиться територія



поблизу телерадіоцентру Слов'янська і Луганської ТЕС (рис.1).



**Рис. 3. Рангування об'єктів дослідження впливу бойових дій на сході України за значенням показника забруднення ґрунтів важкими металами (ISHM)**

Високі значення показника забруднення ґрунтів важкими металами (ISHM) на території телерадіоцентру Слов'янська пояснюються перевищенням концентрації стронцію над фоновим значенням в 116 разів і ртуті в 2,2 рази. Відповідно до польових досліджень, які представлено в роботі [2] на території Луганської ТЕС виявлено перевищення концентрації стронцію над фоновим значенням в 12,8 разів і ртуті в 16,7 разів. Середні значення концентрацій важких металів в ґрунтах об'єктів спостереження перевищували фонові значення в 0,9–1,7 разів.

Результати оцінки показника забруднення ґрунтів важкими металами (ISHM) виявили найвищий рівень забруднення території телерадіоцентру Слов'янська і Луганської ТЕС, де застосовано найбільшу кількість військової техніки. Для визначення дійсного впливу бойових дій на стан навколишнього природного середовища в Донецькій і Луганській областях України необхідно проводити більш детальне дослідження. Оцінка забруднення ґрунтів важкими металами за новим методом дає змогу визначити першочерговість впровадження заходів щодо відновлення земель, які зазнали впливу військових дій.

У післявоєнний час найактуальнішим питанням стане науково обґрунтований розподіл фінансових ресурсів на відбудову країни на основі аналізу екологічної ситуації і визначення ризику для здоров'я населення.

Використання запропонованого методичного підходу буде сприяти одержанню порівнянних даних при оцінці рівня забруднення ґрунту й визначенню територій для безпечного рекреаційного використання або вирощування сільськогосподарської продукції.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Рибалова О.В., Бригада О. В., Бондаренко О.О., Макаров Є.О. Новий метод оцінки ризику для здоров'я населення від забруднення ґрунтів важкими металами. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2019. № 1(29) с. 79- 99

2. Otsinka ekologichnoyi shkodi ta prioriteti vidnovlennya dovkilliya na shodi Ukraini. – K.:VAITE,2017. – 88s
3. Tiutiunyk, V.V., Ivanets, H.V., Tolkunov, I.A., Stetsyuk, E.I. System approach for readiness assessment units of civil defense to actions at emergency situations (2018) Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, (1), pp. 99-105. DOI: 10.29202/nvngu/2018-1/7
4. Development of communication models of wireless environment in emergency situations/ Pospelov, B., Petukhova, O., Meleshchenko, R., Gornostal, S., Shcherbak, S. // [Vol 2, No 10 \(92\) \(2018\)](#)
5. Dubinin, D., Korytchenko, K., Lisnyak, A., Hrytsyna, I., Trigub, V. Numerical simulation of the creation of a fire fighting barrier using an explosion of a combustible charge (2017) EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies, 6 (10-90), pp. 11-16. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.114504
6. Andronov, V., Pospelov, B., Rybka, E. Development of a method to improve the performance speed of maximal fire detectors (2017) EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies, 2 (9-86), pp. 32-37. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.96694
7. Dubinin, D., Korytchenko, K., Lisnyak, A., Hrytsyna, I., Trigub, V. Improving the installation for fire extinguishing with inelydispersed water (2018) EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies, 2 (10-92), pp. 38-43. Cited 1 time. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.127865
8. Averin D., 2017, Kabinetne doslidzhennya shkodi, zavdanoyi dovkilliyu na shodi Ukraini» dlya Koordinatora proektiv OBSE UkraYini. KiYiv, 13.07.2017
9. Kravchenko O., 2015. Voienni dii na skhodi Ukrainy – tsyvilizatsiini vyklyky liudstvu. MBO «Ekolohiia – pravo – liudyna», Lviv
10. Rybalova O.V., KorobkIna K.M. Noviy pidhd do otsInki zabrudnennya Gruntiv vazhkimi metalami Topical problems of modern science November 18, 2017 Warsaw, Poland Vol.5 p. 86 -90

*O.V. Rybalova, Ph.D. technical Science, Assoc., S.O. Zolotaryova,  
student of higher education,  
National University of Civil Defense of Ukraine, Kharkiv*

## **INFLUENCE OF MILITARY ACTIONS ON SOIL POLLUTION WITH HEAVY METALS**

Determination of the impact of hostilities on the state of the environment requires detailed research on the quality of environmental components, the extent of the use of military equipment, emergency incidents at industrial enterprises and infrastructure facilities, fires and other accidents. Based on the monitoring data of the OSCE in Ukraine, heavy metal contamination in the soil is assessed by the new method. The ranking of researched areas by the value of heavy metal contamination in the soil (ISHM) showed that the territories of the Sloviansk TV and radio station and Luhansk TPP are in the most dangerous condition. Assessment of the hazard level of heavy metal contamination in the soil by the proposed method will allow to make a scientifically substantiated decision on the priority of implementation of environmental measures. This will increase the level of environmental safety.

*В.Л. Сидоренко, д-р тех. наук. доц., А.В. Пруський, д-р тех. наук. доц.,  
С.А. Єременко, д-р тех. наук. доц.*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*  
**МОДЕЛЮВАННЯ ЛІСОВОЇ ПОЖЕЖІ З РАДІАЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИМИ  
ФАКТОРАМИ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ МЕХАНІКИ СУЦІЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА**

В Україні щорічно на територіях, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи, у середньому, фіксується понад одна тисяч лісових пожеж, з яких майже 90 % виникає з вини людини. Лісові площі, яких торкаються пожежі за рік, у середньому складають понад 2 тис. га. В цьому разі, як правило, вигорає та ушкоджується кілька десятків тисяч кубометрів деревини. Особливо часто лісові пожежі виникали в Київській, Чернігівській, Рівненській, Житомирській та Волинській областях. Відповідно до оцінок фахівців, одним з небезпечних чинників вторинного опромінення людей, які мешкають на даних територіях, є пожежі в лісах, забруднених техногенними радіонуклідами.

Для лісової пожежної навантаги характерне полум'яне горіння, тління та висока задимленість повітря газами, з утворенням сажових часток – продуктів неповного згорання. Поширення диму та сажі в приземних шарах атмосфери сприяє безпосередньому надходженню радіоактивних продуктів згорання через дихальні шляхи в організм людини. Процеси виникнення та розвитку лісової пожежі умовно можна поділити на три фази: займання, наростання пожежі, стаціонарне горіння розвинутої пожежі та згасання. Характер і фази розвитку лісової пожежі можна описати за допомогою залежності середньої температури продуктів горіння від часу. Простір, де лісова пожежа виникла та розвивається, буде характеризуватися наявністю зон горіння, теплової дії та задимлення.

Лісова пожежа починається із займання, тобто виникнення досить потужного джерела запалювання та, за наявністю запасів горючих лісових речовин, локального гомогенного кінетичного полум'яного горіння. Для того, щоб розпочалося горіння, повинно утворитися досить потужне джерело запалювання (наприклад, електростатичний або електричний розряд внаслідок блискавки, відкритий вогонь, іскри, розжарення поверхні, підпал і т. п.). Займання може виникнути за умов наявності запасів сухих горючих лісових речовин та достатньої температури і потужності джерела запалювання для початку термічного піролізу сухих горючих речовин з виділенням горючих газів та парів і з утворенням «горючого середовища» (тобто суміш газів або парів з киснем атмосферного повітря).

На початок фази стаціонарного горіння необхідно щоб сформувались:

- 1) зона лісової пожежі, форми, горизонтальні лінійні розміри та просторове розташування «запасів» горючих речовин;
- 2) багатофакельне полум'я у зоні горіння та висхідна гілка димових газів;
- 3) зона міграції димових газів у повітрі та шлейф можливого радіаційного опромінення населення.

Фаза займання завершується у момент переходу від полум'яного однофазного гомогенного горіння до дифузійного ламінарного полум'яного горіння, а також до дифузійно-турбулентного режиму, який характеризується подрібненням одного факела на кілька одночасно існуючих факелів, що безперервно змінюють свою форму та лінійні розміри, поширюються поверхнею запалів горючих лісових речовин у зоні пожежі.

Зоною горіння лісу є частина простору, де зосереджені доступні для горіння наявні горючі тверді речовини та відбувається нагрівання, пароутворення, термічний розклад, виділення газоподібних фракцій тощо. Зона теплової дії – частина простору, що прилягає до зони горіння, в якій за рахунок теплової дії випромінювання, конвекції, теплопередачі відбуваються незворотні зміни початкового стану лісу. У цій зоні горючі речовини готуються до факельного горіння та утворюються необхідні умови для подальшого поширення вогню. Зона задимлення являє собою частину простору, що прилягає до зони горіння, в якому поширюються в повітрі продукти згорання.

Фаза згасання лісової пожежі настає в результаті майже повного вигорання запасів горючих лісових речовин або в наслідок різкого погіршення погодних умов, наприклад, дощу, зміни напрямку та швидкості вітру та інше.

Враховуючи розглянуту модель виникнення та розвитку лісової пожежі її можна представити у такому вигляді: вид лісових насаджень → лісова пожежна навантага → джерело запалювання → клас пожежної небезпеки погоди → процес виникнення лісової пожежі → тип лісової пожежі (низовий, верховий, перехідний, непрямий) → визначення і відображення форми, ймовірних розмірів і прозорого розташування активної зони лісової пожежі → визначення вимоги одно та багатофакельного полум'я в активній зоні лісової пожежі → визначення вимоги вихідної гілки «димових газів» над багатофакельним полум'ям в активній зоні лісової пожежі → визначення вимоги одно та багатофакельного полум'я в активній зоні лісової пожежі → визначення кількості викинутих «димових газів» → відображення форми, геометричних розмірів і просторового розташування «димних газів» в повітрі.

У наведеній вище інформаційній моделі ліс розглядається як одношарове двофазне середовище, що складається з повітря і газоподібних продуктів піролізу під час горіння лісових горючих матеріалів та їх твердих продуктів піролізу (тверда фаза). Під час побудови фізико-математичної моделі двофазної гетерогенної суміші на основі методів механіки суцільного середовища така суміш представляється як двокомпонентний континуум з взаємопроникним рухом фаз та міжфазним обміном масою, імпульсом і енергією. Газова фаза є багатокомпонентним середовищем, яке складається з горючих газів ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_2$  тощо), негорючих газів ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  та ін.), дисперсної сажі и окисника ( $\text{O}_2$ ). В цьому разі припускаємо, що частки дисперсної сажі рухаються разом з газовою фазою, і, під час згоряння сажі, процес теплообміну проходить швидко та можна розглядати єдину температуру газової фази. Тверда фаза також є багатокомпонентним середовищем, що складається з лісних горючих матеріалів та продуктів їх піролізу – коксу та попелу. Оскільки випромінювання грає фундаментальну роль у розвитку та поширенні лісової пожежі, більшість теоретичних і експериментальних досліджень присвячено вивченню закономірностей запалювання, що ініціюється променистим тепловим потоком.

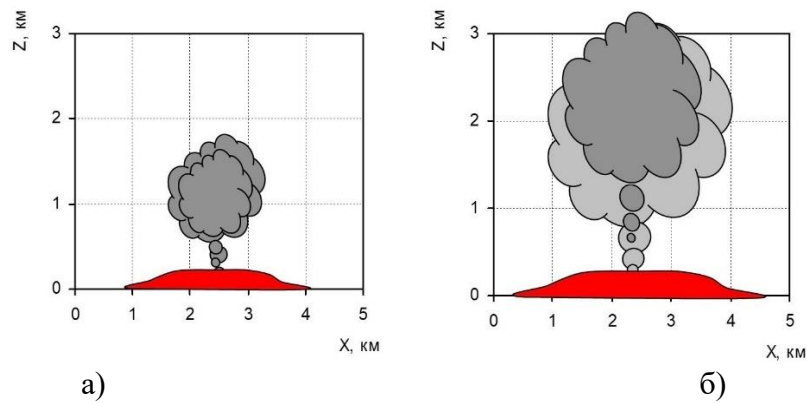
Нині існує два основних методи розрахунку величин променистого теплового потоку. За одним методом приймається, що випромінювання теплоти виходить від точкового джерела на осі полум'я на висоті багатофакельного стовбура полум'я пожежі над поверхнею лісової підстилки. У другій моделі перенесення енергії випромінюванням допускаємо, що випромінювання у фронті лісової пожежі локально рівноважне. Тоді перенесення променистої енергії у цій моделі здійснюється за рахунок механізму променистої теплопровідності, обумовленого наявністю дисперсних часток.

Продукти піролізу лісних горючих матеріалів – коксик і дисперсна сажа складаються з вуглецю. В якості базових хімічних реакцій розглянемо реакції піролізу лісних горючих матеріалів, горіння вуглецю і горіння газів. Процесами дисоціації за характерних значень температури газової фази у фронті пожежі біля 1400 К можна знехтувати. Процес утворення «димової хмари» над місцем лісової пожежі помітно відрізняється від хмар, що розвиваються у нормальних природних умовах. Фізичною причиною формування «димової хмари» є наявність потужного теплового джерела, що викликає розвиток сильної конвективної течії в локальному об'ємі атмосфери та утворенню димових хмар значної вертикальної протяжності. Потужність, розміри та час існування джерела тепла визначають особливості динаміки димових хмар, що утворюються, та їх мікроструктуру. Так, швидкість висхідного потоку в них може перевищувати 100 м/с, течія значно турбулізована, нижня границя розміщена на висоті 1–3 км, верхня границя може досягати 5 км і вище.

Найбільш доступним і ефективним способом дослідження «димової хмари» є метод чисельного моделювання з використанням чисельних моделей, що достатньо адекватно описують динаміку його утворення. Під час числового моделювання розглядалися різні сценарії формування конвективної хмарності над зоною лісової пожежі та поширення

димових газів. Під час моделювання атмосферної циркуляції зона перегріву розширялась у часі, імітуючи просування фронту пожежі. Процеси горіння розвивались у межах приземного підшару, над зоною пожежі задавався турбулентний потік домішок з характерними значеннями, що були взяті із спостережень.

Результати експерименту показали, що в штильових умовах по мірі наростання температури над осередком формується вертикальний струмінь, який переносить тепло і продукти горіння вгору. Максимум вертикальної швидкості в струмені дорівнює 3 м/с. Результати числових експериментів доводять, що форма аерозольної хмари сильно залежить від співвідношення факторів адвекції та конвекції, що на різних стадіях розвитку обумовлювали різні ефекти. Наприклад, навіть помірний вітер на початковій фазі пожежі призводив до придушення конвективних рухів і хмара диму стелилася по землі. Площа горіння мала вигляд круга радіусом 100 м з температурою всіх компонентів димової хмари 340 К. Розрахункова сітка бралась рівномірною по горизонталі та мала 128×128 вузлів з приростом 70 м. По вертикалі сітка містила 100 рівнів, а верхня межа області задавалась на висоті 5 км. Результати розрахунків представлені на рис.



**Рис. Приклад розрахунків утворення та випадіння радіоактивних продуктів згоряння під час лісових пожеж у містах Прип'ять (а) та Чорнобиль (б)**

Запропоновані основні положення моделювання лісової пожежі з радіаційно небезпечними факторами на основі методів механіки суцільного середовища можуть бути використані для оперативного і довгострокового прогнозу радіаційного навантаження на населення та оцінки масштабів радіоактивного забруднення чистих територій.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Наукові засади захисту населення і територій від наслідків лісових пожеж з радіаційно небезпечними факторами: монографія / С.І. Азаров, С.А. Єременко, В.Л. Сидоренко, О.М. Смірнова, М.В. Білошицький, Є.А. Власенко, А.В. Пруський, Ю.П. Серета; за заг. ред. П.Б. Волянського. Київ: ТОВ «Інтердрук», 2016. 203 с.

*V.L. Sydorenko, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, A.V. Pruskyi, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, S.A. Yeremenko, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Institute of Public Administration and Research in Civil Protection*  
**MODELING OF A FOREST FIRE WITH RADIATION-HAZARDOUS FACTORS  
 BASED ON THE METHODS OF CONTINUOUS ENVIRONMENT MECHANICS**

The main provisions of modeling a forest fire with radiation-hazardous factors based on the methods of mechanics of a continuous environment are proposed, which can be used for operational and long-term forecasting of radiation load on the population and assessment of the scale of radioactive contamination of clean areas. An example of calculations of the formation and fallout of radioactive combustion products during forest fires in the cities of Pripyat and Chernobyl is given.

Ю. О. Скоб,

доктор технічних наук, доцент,

професор кафедри математичного моделювання та штучного інтелекту

Національного аерокосмічного університету України

**МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОЇ РАДІАЦІЇ ВІД ПРОДУКТІВ ГОРІННЯ ГАЗУ**

Одним з найбільш небезпечних видів техногенної аварії є горіння газоповітряної суміші з утворенням високотемпературних продуктів хімічної реакції, які є джерелом теплового випромінювання у навколишній простір. Таким чином, висока температура характеризує відхилення від нормального стану повітря і є небезпечним параметром. Експозиція обслуговуючого персоналу аварійного промислового об'єкта тепловому потоку певної щільності формує вражаючий фактор – дозу теплового випромінювання. Перевищення порогових значень дози призводить до соціальних наслідків – опіків різного ступеня тяжкості та смерті. Тому визначення ризику для такого роду аварії підприємства є важливим та актуальним інженерно-практичним завданням.

Оцінювання наслідків техногенної аварії такого типу включає визначення ймовірності ураження персоналу тепловою радіацією на основі моделювання розсіювання високотемпературних продуктів згоряння газової домішки в атмосфері. Отримані в результаті моделювання поля температур дозволяють визначити величину основного небезпечного вражаючого фактора – щільності теплового потоку від джерела теплової радіації, теплову дозу й умовну ймовірність ураження обслуговуючого персоналу.

Аналіз та прогноз наслідків впливу техногенної аварії на персонал засновані на математичному моделюванні руху газової суміші у приземному шарі атмосфери [1].

Максимальну щільність теплового потоку поглиненого випромінювання можна визначити таким чином

$$q_{\max} = C_0 \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \frac{\Delta F_1}{\pi r^2}, \quad (1)$$

де  $C_0$  - коефіцієнт випромінювання полум'я,  $\frac{\text{кВт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4}$ ;

$T_1$  - середня температура випромінюючої поверхні, К;

$T_2$  - середня температура поверхні приймача випромінювання, К;

$r$  - відстань від поверхні випромінювання до приймача, м;

$\Delta F_1$  - площа поверхні випромінювання,  $\text{м}^2$ .

Умовна ймовірність ураження людини залежить від пробіт-функції  $P_r$  – верхньої межі певного інтегралу нормального закону розподілу з математичним очікуванням 5 та дисперсією 1

$$P = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{P_r} e^{-\frac{1}{2}(\tau-5)^2} d\tau, \quad (2)$$

де  $\tau$  – час експозиції тепловому потоку, с.

Пробіт-функція для летального наслідку для персоналу техногенного об'єкту під впливом теплового випромінювання у загальному випадку визначається за формулою

$$P_r = -14 + 2,56 \ln(q^{1,33} \tau). \quad (3)$$

де  $q$  – щільність теплового потоку,  $\text{кВт}/\text{м}^2$ .

Під час прийняття рішення про безпековий стан на техногенному об'єкті підвищеної небезпеки, яким є підприємство, де використовується займистий газ, експерти з безпеки зазвичай для отримання чисельної оцінки умовної ймовірності ураження (2) персоналу, що перебуває під впливом вражаючого фактора, для конкретного значення пробіт-функції за результатами математичного моделювання газового потоку можуть скористатися автоматизованою технологією пробіт-аналізу [2].

У роботі розглядається струменеве витікання високотемпературних (3450 К) продуктів згоряння водню із отвору, який виник внаслідок часткового руйнування обладнання зберігання (рис. 1). Пляма отвору витікання прийняла форму кола радіусом  $R = 0,5$  м з координатами центру  $X_c = 7,5$  м,  $Z_c = 2,5$  м у розрахунковому просторі з габаритами  $15,0 \times 9,0 \times 15,0$  м у декартовій системі координат XYZ і варіантом за кількістю комірок уздовж координатних осей  $15 \times 9 \times 15$ . На відстані  $Z_w = 1$  м від центру отвору витікання встановлювалася захисна суцільна, непроникна для теплових і газових потоків перепона кубічної форми з габаритами  $1,0 \times 1,0 \times 1,0$  м. Швидкість повітря дорівнювала  $0$  м/с. Визначення стану параметрів повітря і безпеки здійснювалось у контрольних точках  $P_i$  на дистанції 5, 6, 7, 8 та 9 м від епіцентру аварійного витіку.

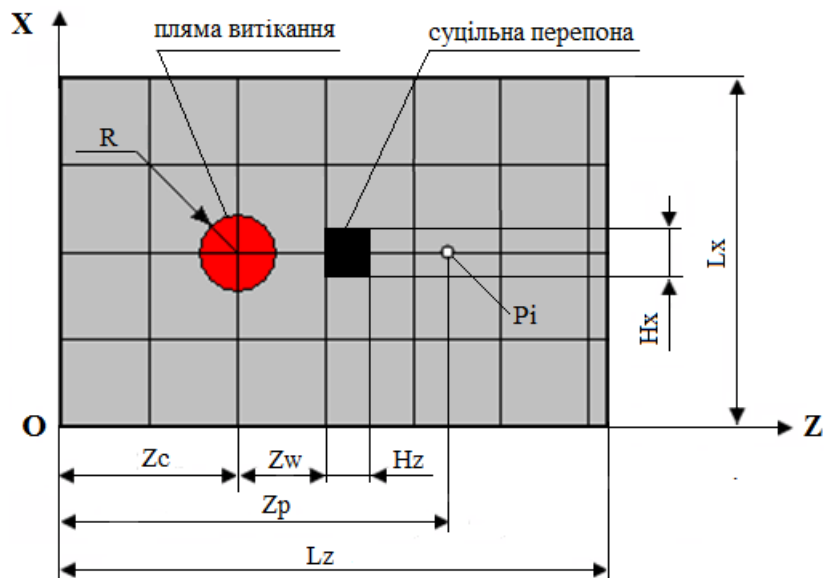


Рис. 1. Мапа розташування об'єктів на майданчику

Високотемпературні продукти згоряння водню із заданою інтенсивністю викидаються з отвору в атмосферу, змішуються з повітрям і стають джерелом теплового потоку, який впливає довкілля. Вважається, що викид гарячого газу починається з моменту часу  $\tau_1 = 0$  с і примусово припиняється після  $\tau_2 = 5$  с, і хмара, втрачаючи максимальну концентрацію через розсіювання, починає поступово зникати (рис. 2). Розподіли умовної ймовірності летального ураження людини внаслідок впливу теплового випромінювання від високотемпературного газового струменя у контрольних точках  $P_i$  для варіанту без перепони представлені на рис. 3а. Видно, що з віддаленням від епіцентру теплового випромінювання максимальна умовна ймовірність летального наслідку поступово плавно зменшується.

Установлення перепони кардинально змінює безпековий стан у контрольних точках (рис. 3б). Точка  $P_i$  із найнебезпечнішої у варіанті без перепони стає навпаки найбільш безпечною внаслідок максимальної захищеності від теплових потоків завдяки перепоні. З відстанню від перепони її корисна дія зменшується, відкриваючи доступ більшій кількості джерел теплового випромінювання, але й інтенсивність випромінювання вщухає, як і у першому варіанті без перепони (рис. 3).

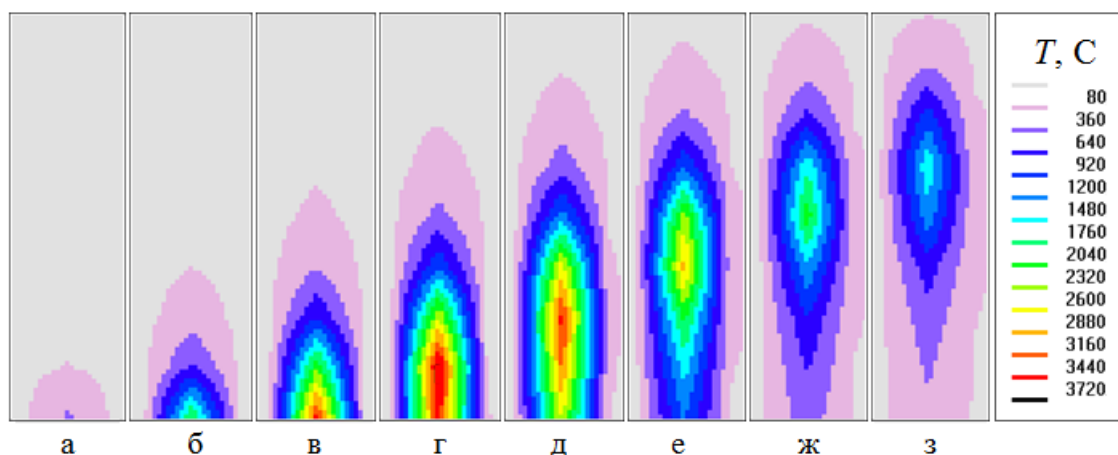


Рис. 2. Поля температури у площині YOZ: а-з – у моменти часу 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 с, відповідно

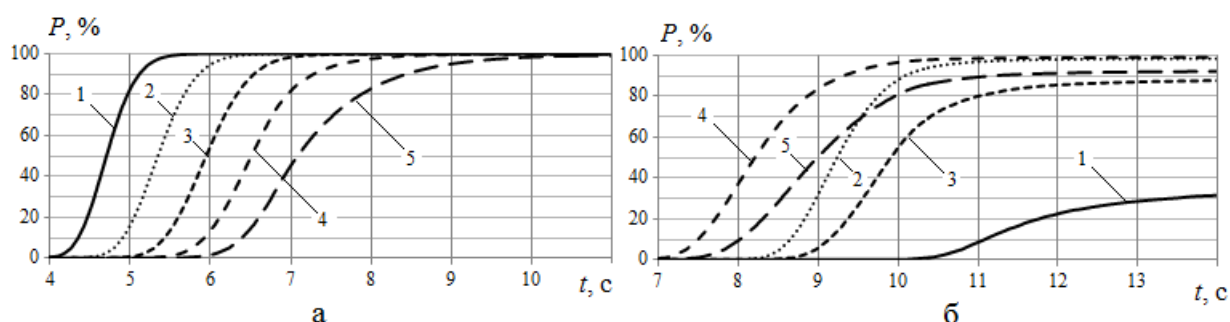


Рис. 3 – Зміна ймовірності ураження тепловим потоком без перегороди (а) і з перегородою (б): 1-5 – відповідні контрольні точки  $P_i$

Виявлений характер розподілу ймовірності ураження дає змогу стверджувати, що необхідно урахувувати вплив непроникних для теплових потоків перегород для оцінки безпечового стану на об'єкті, де має місце викид високотемпературних газів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Skob, Y.A., Ugryumov, M.L., Granovskiy, E.A. Numerical assessment of hydrogen explosion consequences in a mine tunnel. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2021. Vol. 46. Issue 23. P. 12361–12371. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.09.067>
2. Skob Y., Ugryumov M. and Granovskiy E. Numerical Evaluation of Probability of Harmful Impact Caused by Toxic Spill Emergencies. *Environmental and Climate Technologies*. 2019. Vol. 23. Issue 3. P. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.2478/rtuct-2019-0075>

Yu. O. Skob,

Doctor in Technical Science, Associate Professor,  
Professor at the Department of Mathematical Modeling and  
of Artificial Intellect of the National Aerospace University of Ukraine

#### MODELING OF THERMAL RADIATION OF GAS COMBUSTION PRODUCTS

A mathematical model has been developed for the process of ejection of high-temperature combustion products of a gas-air mixture with a given intensity from an emergency opening formed as a result of equipment destruction. The model makes it possible to obtain spatial-temporal distributions of the mixture temperature, thermal dose, probit-function and use them to determine the fields of the conditional probability of personnel injury on the basis of probit analysis, which are necessary for an expert to make a decision on the degree of safety of a man-made object.



*Т.М. Скоробагатько, канд. техн. наук, А.В. Пруський, д-р техн. наук, доц.*

*І.О. Васильєв, канд. юрид. наук, доц., О.В. Бикова, канд. пед. наук, доц.*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

## **ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ВОДИ З ДОБАВКАМИ РІЗНОЇ ХІМІЧНОЇ ПРИРОДИ ДЛЯ ЦІЛЕЙ ПОЖЕЖОГАСІННЯ**

Забезпечення науково-технічного прогресу у сфері пожежної безпеки неможливо без постійного поглиблення знань і розуміння процесів припинення горіння у разі застосування того чи іншого виду вогнегасних речовин. Кожна з вогнегасних речовин має певні, притаманні їй, фізико-хімічні властивості, які обумовлюють той або інший механізм припинення горіння певного горючого матеріалу, а отже, сферу застосування. При цьому кінцевий результат застосування вогнегасної речовини визначають такі фактори, як охолодження, інгібування реакцій горіння, ізолювання, розведення окиснювального газового середовища або їх комбінація. Знання фізико-хімічних властивостей вогнегасних речовин, показників їх якості, механізму дії на речовини (матеріали), які перебувають у процесі горіння, надає змогу здійснювати їх кваліфікований вибір з урахуванням певних критеріїв ефективності (економічні показники, тривалість гасіння, безпека застосування, екологічні аспекти тощо) [1].

Не зважаючи на значні досягнення у розробленні та впровадженні у практику пожежогасіння різноманітних вогнегасних речовин та технічних засобів боротьби з пожежами, до теперішнього часу гасіння переважної кількості пожеж здійснюється із застосуванням води або вогнегасних речовин на її основі. Що пояснюється такими її властивостями як дешевизна та доступність застосування, хімічна інертність та висока питома теплоємність. Зокрема, за інформацією представленою у публікації [2], що ґрунтується на результатах досліджень статистичних даних щодо реагування на небезпечні події, пов'язані з пожежами в Україні, автором відмічено, що для гасіння пожеж пожежогасіння підрозділами приблизно в 90 % випадків використовується саме вода.

Відповідно використання води, вважають ефективною вогнегасною речовиною при гасінні пожеж, що пов'язані з горінням речовин і матеріалів у всіх трьох агрегатних станах (твердому, рідкому, газоподібному). Воду застосовують без добавок або з добавками, формуючі компактні, розпилені і тонкорозпилені струмені.

Основний механізм гасіння компактними водними струменями полягає в охолодженні горючої речовини, а в окремих випадках використовується й механізм відривання полум'я з поверхні горючої речовини. До теперішнього часу застосування компактних водяних струменів залишається найбільш поширеним. Недоліком цього традиційного способу пожежогасіння є нерівномірність зрошування зони пожежі, при цьому далеко не вся вода ефективно застосовується. Із загальної кількості води, яка подається у вигляді компактних струменів безпосередньо в осередок пожежі, використовується орієнтовно від 6 до 10 % від поданого її об'єму, а в окремих випадках – не більше 1 % [3]. З точки зору пожежогасіння найбільш негативними характеристиками води є високе значення поверхневого натягу та низька в'язкість.

Для зменшення поверхневого натягу до води додають поверхнево-активні речовини (ПАР). Для цього застосовують аніоноактивні, катіоноактивні та неіоногенні сполуки. Їх концентрація у воді зазвичай становить 0,5-10 %. Завдяки низькій в'язкості води вона швидко стікає з поверхні матеріалу, на яку її подано. Послаблення такого ефекту можна досягти шляхом введення невеликих кількостей загусників – водорозчинних полімерів, наприклад, ефірів целюлози, що призводить до підвищення в'язкості водного розчину. В'язкість розчинів є характеристикою сил когезії, тобто сил взаємодії макромолекул у рідині. При підвищенні в'язкості підвищуються й сили адгезії - сили взаємодії між двома фазами тобто водним розчином і поверхнею твердого горючого матеріалу. Внаслідок зростання сил когезії й адгезії швидкість стікання водної вогнегасної речовини (ВВР) з поверхні об'єкта зменшується, а отже збільшується час контакту водної вогнегасної

речовини ВВР з горючою речовиною і тому вогнегасна ефективність ВВР збільшується. При розчиненні невеликої кількості полімерів в'язкість водних розчинів підвищується на 2-3 порядки, при цьому значення в'язкості залежить не тільки від природи полімеру, але й від його молекулярної маси [1].

Поширеними добавками в якості загусників є альгінат натрію, натрій карбоксиметилцелюлоза, поліакрилова кислота, поліоксиметилен, метилцелюлоза, поліакриламід, полівініловий спирт. Більш високу вогнегасну здатність мають водні розчини з полімерними добавками, які не тільки загущують, а й при підвищенні температури здатні до гелеутворення або до утворення на поверхні горючої речовини негорючого покриття, яке виконує вогнезахисту функцію. Застосування розчинів гелеутворюючих добавок може підвищити вогнегасну ефективність води в 1,5-2 рази. Поширеними гелеутворюючими добавками є полісилікат натрію, поліакриламід і метилцелюлоза. Вогнегасна здатність розчинів гелеутворюючих добавок залежить від в'язкості, структури й міцності гелю, характеру поверхні горючої речовини й розміру осередку горіння. При цьому, в'язкість водного розчину повинна бути такою, щоб забезпечити можливість його подачі до осередку пожежі по трубопроводах і шлангах. Проблематичним є застосування таких водних розчинів для утворення розпиленних та тонкорозпиленних струменів [1].

Для підвищення вогнегасної ефективності до гелеутворюючих водних розчинів додають солі, наприклад, хлорид натрію, карбонат амонію, бікарбонат калію і таким чином створюють комбіновані ВВР. Як було зазначено раніше, вогнегасна здатність води визначається насамперед її охолоджувальною дією, а також тим, що водяна пара розводить горюче середовище. Однак внаслідок низької в'язкості й поганої змочувальної здатності вода швидко стікає з палаючих предметів і значна її частка не бере участі у процесі гасіння. У зв'язку з цим доводиться збільшувати інтенсивність подавання і витрату води [1].

Враховуючи вищезазначене, зокрема доведену здатність добавок різної хімічної природи до води підвищувати її вогнегасну здатність, актуальності набуває не менш важливе питання екологічності таких ВВР та ризиків їх впливу на навколишнє природне середовище при їх практичному застосуванні під час пожежогасіння.

Вирішенню проблемних питань за обраним напрямом досліджень присвячено низку наукових публікацій. Зокрема, в рамках даних досліджень було проаналізовано роботи [4-11], які були опубліковані протягом 2018-2022 років у виданнях, що входять до переліку Scopus, і які стосуються підвищення ефективності застосування води, а також екологічних аспектів застосування вогнегасних речовин на водній основі.

Аналіз результатів цих публікацій свідчить про те, що певна їх частина стосується екологічності ВВР, які створюються додаванням до води піноутворювачів призначених для гасіння пожеж, які в свою чергу містять у своєму складі низку хімічних речовин, зокрема, таких як ПАР та фторвмісні сполуки. Інша частина публікацій стосується різноманітних хімічних добавок до води, акцент в яких зроблено не на екологічність, а на покращення вогнегасних властивостей.

Враховуючи зазначене вище, авторський колектив даної роботи планує у подальшому приділити увагу проведенню досліджень, спрямованих на розроблення підходу (методології) до оцінювання екологічності нових та існуючих однокомпонентних або багатокомпонентних вогнегасних речовин на водній основі.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Провести дослідження з розкриття особливостей процесів припинення горіння горючих речовин під час застосування сучасних вогнегасних речовин та технологій їх подавання: звіт про НДР (заключн.)/Київ. УкрНДІЦЗ; кер. А.В. Антонов, С.Ю. Огурцов; викон.: В.О. Боровиков [та ін.]. Шифр теми "Припинення горіння". Київ, 2014. 483 с.
2. Климась Р.В. Оцінювання нанесення шкоди застосуванням водних вогнегасних речовин під час гасіння пожеж на основі даних статистики пожеж. Теорія і практика гасіння

пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій: Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2020. С. 33-35.

3. Тарахно О.В., Шаршанов А.Я. Фізико-хімічні основи використання води в пожежній справі. Навчальний посібник. Харків, 2004. 252 с.

4. Reinikainen Jussi, Perkola Noora, Sorvari Jaana, 2022. The occurrence, distribution, and risks of PFAS at AFFF-impacted sites in Finland. *Science of the Total Environment*. v. 283, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154237>.

5. Badhuk Pabitra, Ravikrishna R.V., 2022. Flame inhibition by aqueous solution of Alkali salts in methane and LPG laminar diffusion flames. *Fire Safety Journal*. v. 130. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2022.103586>.

6. Кодрик, А., Коваленко В., Тітенко О., Борисов А., Стилик І., Борисова А., 2022. Шляхи підвищення ефективності водних вогнегасних речовин на основі рідкого скла. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека № 1(13)*, 2022, 24-34. [https://doi.org/10.33269/nvcz.2022.1\(13\).24-34](https://doi.org/10.33269/nvcz.2022.1(13).24-34).

7. Rantuch Petera, Remišová Katarínab, Rantuch Jakubc, 2021. The influence of synthetic foaming agents on seed germination of coniferous species. *Baltic Forestry*. v. 27(2), 1-7. <https://doi.org/10.46490/BF317>.

8. Wu Qian-Qiana, Wu Qianga, Song Shuai, Ren Jia-Guo, Yang Sheng-Jie, Wu Yan-Qi, 2021. Distribution, Sources, and Risk Assessment of Polyfluoroalkyl Substances in Main Rivers and Soils of Tianjin. *Huanjing Kexue/Environmental Science*. v. 42(8), 3682 - 3694. <https://doi.org/10.13227/j.hjcx.202012044>.

9. Maglyovana T., Nyzhnyk T., Stas S., Kolesnikov D., Strikalenko T., 2020. Improving the efficiency of water fire extinguishing systems operation by using guanidine polymers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. v. 1, 20 - 25. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.196881>.

10. Tianwei Zhanga, Hao Liua, Han Zhiyuea, Yong Wanga, Zidong Guoa, Chaoqing Wang, 2019. Experimental study on the synergistic effect of fire extinguishing by water and potassium salts. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. v. 138(1), 857 - 867. <https://doi.org/10.1007/s10973-019-08234-4>.

11. Liang Tianshui, Wang, Zongying, Gao Kun, Li Runwan, Wang Zheng, Zhong Wei, Zhao Jun, 2019. Analysis of fire suppression effectiveness of ultra-fine water mist containing iron compounds additives in cup burner. *Huagong Xuebao/CIESC Journal*. v. 70(3), 1236 - 1242. <https://doi.org/10.11949/j.issn.0438-1157.20180654>.

*T. Skorobahatko, Candidate of technical science, A. Pruskyi, Doctor of technical sciences, I. Vasilev, Candidate of juridical sciences, docent, O. Bykova, Candidate of pedagogic sciences, docent*

*Institute of Public Administration and Research in Civil Protection*

#### **ENVIRONMENTAL ASPECTS OF USE OF WATER WITH ADDITIVES OF VARIOUS CHEMICAL NATURE FOR FIRE EXTINGUISHING PURPOSES**

Considered possible ways to increase the fire-extinguishing capacity of water in the case of adding inappropriate chemical additives affecting its physical and chemical properties. An analysis of scientific publications for the period 2018-2022, published in publications included in the Scopus list, and related to increasing the efficiency of water use, as well as environmental aspects of the use of water-based fire extinguishing substances, was carried out. The relevance of the issue of environmental friendliness of water fire extinguishing substances with additives and the risks of their impact on the surrounding natural environment during their practical use during firefighting is emphasized.

## **ТОРФЯНІ ПОЖЕЖІ. РИЗИКИ ТА НЕБЕЗПЕКИ**

Підrozділами територіальних органів ДСНС упродовж 5 місяців 2022 року в Україні зареєстровано 41 326 пожеж. Порівняно з аналогічним періодом минулого року їх кількість збільшилася на 32,6 %. Спостерігається збільшення кількості пожеж по всіх видах об'єктів, за винятком транспортних засобів, що обумовлено, насамперед, веденням бойових дій російськими військами на території України. Унаслідок пожеж загинуло 808 людей, у тому числі 15 дітей. 762 людини отримали травми, у тому числі 51 дитина. Матеріальні втрати від пожеж склали 56 млрд. 528 млн. 348 тис. грн. Відповідно щодня в Україні, в середньому, виникало 274 пожежі, матеріальні втрати від яких складали 374 млн. 360 тис. грн. [1].

Серед загальної сукупності пожеж слід виділити пожежі в екосистемах, зокрема, торф'яні пожежі, які являють собою глобальну загрозу у вигляді вагомих економічних і екологічних наслідків від них. До того ж, статистика торф'яних пожеж у світі останнім часом залишається невтішною.

В Україні торф'яники займають площу більше 10 000 км<sup>2</sup>. Згідно з Державним обліком запасів корисних копалин України, в країні понад 1500 родовищ торфу. Основні території торф'яних покладів розташовані у Волинській (21%), Рівненській (18%), Чернігівській (12%) Київській (11%), Львівській (6%), Хмельницькій (6%), Сумській (5%), Житомирській (4%), решта областей – 4%.

Великомасштабні пожежі на торфовищах трапляються в країнах Прибалтики, Польщі, в Північній Америці, Канаді, Великобританії, Фінляндії, Сінгапурі, Таїланді, Малайзії та ін. Масштабні торф'яні пожежі – щорічна проблема й для України, які найчастіше виникають у межах українського Полісся, Передкарпаття, Малого Полісся, де зосереджені основні масиви торфових ґрунтів. У більшості заторфованих заплавах малих річок, що оточують Київ (Ірпінь, Здвиж, Тетерів, Остер, Трубіж та їх притоки), в заболочених притерасних частинах заплави Десни та Дніпра глибина залягання торфу місцями сягає 6-7 метрів [2].

Як приклад однієї із масштабних торф'яних пожеж, що виникла в Україні у 2020 році слід відмітити пожежу на території Чернігівської області, де під час проведення моніторингу пожеж в природних екологічних системах, було виявлено горіння торфу на території Гончарівської селищної ради біля с. Смолин (землекористувач – «Смолинський торфобрикетний завод» філія ДП «Чернігівторф»). Загальна площа пожежі становила близько 90 га (окремими осередками), глибина залягання торфу 3-6 м. Для ліквідації пожежі було залучено 49 осіб та 15 одиниць техніки. Пожежу класифіковано як надзвичайну ситуацію об'єктового рівня [3].

Виникненню 80-90 % усіх торф'яних пожеж сприяє людський фактор. Решта 10-15 % пожеж можуть виникати від удару блискавки, автомобільного транспорту, а також внаслідок самозаймання торфу, причиною якого є екзотермічні теплові, хімічні та мікробіологічні процеси, що відбуваються всередині торфу. Давня назва торфу – “займиста земля”, говорить сама за себе. Торф схильний до самозаймання, яке може статися за температури вище 50 С°. Особливістю торф'яних пожеж є те, що вогонь може заглиблюватись в шар торфу і горіння відбуватиметься на великій глибині, повільно й без полум'я, може поширюватися в усіх напрямках, незалежно від напрямку й сили вітру та горіти навіть під час суттєвих опадів.

Пожежі торфовищ зазвичай поширюються на значно менші за розміром площі, ніж лісові пожежі, де торф може горіти в усіх напрямках, незалежно від напрямку та сили вітру, а під ґрунтом він горить навіть під час помірного дощу й снігопаду.

Наслідки торф'яної пожежі можуть бути дуже небезпечними, насамперед, мова йде про виділення значної кількості продуктів горіння та відповідно забруднення ними повітря. В результаті торф'яних пожеж згорає майже в 10 разів більше біологічної маси, в порівнянні з лісовими пожежами, а також в атмосферу виділяється значна кількість диму та токсичних газів, зокрема, «парникові» хімічно активні гази: CO<sub>2</sub> (діоксид вуглецю), NO (окис азоту), SO<sub>2</sub> (діоксид сірки) органічні сполуки NH<sub>3</sub> (аміак), H<sub>2</sub>CO (формальдегід), C<sub>2</sub>OH<sub>12</sub> (бензапірен), феноли, альдегіди) та інші сполуки. Зберігається дуже високий ризик інтоксикації людей, які проживають поблизу осередків загоряння або тих, які знаходяться в зоні задимлення. Оскільки торф як правило не горить, а тліє, внаслідок чого виділяється величезна кількість диму, який може перевищувати густоту повітря в 10 раз. Через це дим не піднімається у верхні шари атмосфери, а залишається на висоті до 2-5 метрів, на рівні дихання людини. Також, окрім шкідливих сполук, що виділяються в атмосферу під час горіння торфу, такі пожежі сприяють забрудненню й ґрунтових вод [2].

Головною проблемою торф'яних пожеж є те, що загасити тліючий торф за короткий час майже неможливо, і найчастіше ліквідацію цих пожеж ускладнюють важкодоступність до районів гасіння, віддаленість їх від джерел водопостачання, нераціональність і неможливість залучення автотранспорту для доставки води тощо. Більше того, горіти торф може по всій глибині залягання, тому навіть коли здається, що пожежа згасла по поверхневим ознакам, через деякий час тліти починає знову із глибини. Такі пожежі небезпечні раптовими проривами вогню з під землі й тим, що їх край не завжди помітний. Виявити пожежу можна лише за характерним запахом продуктів горіння, місцями з-під землі просочується дим, а сама земля гаряча. Температура в товщі торфу охопленого пожежею, може сягати 1000 °C [4].

Торф'яні пожежі піддаються ефективній ліквідації переважно при своєчасному виявленні. Виявити торф'яні пожежі на ранніх стадіях їх розвитку дуже складно. Єдиним надійним способом своєчасного виявлення торф'яних пожеж є регулярне наземне патрулювання.

Одним з найсучасніших напрямків моніторингу торфовищ і визначення їх пожежної безпеки є використання дистанційного зондування поверхні землі. Традиційне використання авіації для патрулювання потребує значних коштів, що обумовлює зростання інтересу до використання саме супутникових систем зондування земної поверхні для виявлення та моніторингу пожеж.

Для гасіння торф'яних пожеж застосовують спеціальні торф'яні стволи, пожежні автомобілі, насосні станції, поливні магістральні трубопроводи тощо. При проведенні земляних робіт широко використовується спеціальна техніка: канавокопачі, екскаватори, бульдозери, грейдери та інші машини, придатні для цієї роботи. Гасити торф'яні пожежі дуже важко. Зазвичай для їх локалізації та гасіння використовують воду, а також окопування вогнища канавами шириною близько 1 м і глибиною до мінерального шару або до насиченого водою шару торфу. Гасіння пожеж на торфовищах ускладнюється також й тим, що при високих температурах відбувається термічний розклад фітомаси з виділенням бітумів і термобітумів, тобто гідрофобних сполук. При випаданні опадів бітуміровані частки торфу намокають, волога просочується між ними та йде в ґрунтові води, тому торф'яні поклади можуть горіти роками до повного вигорання родовища. Тож, використання виключно води для ліквідації торф'яних пожеж є недостатнім, оскільки вона погано змочує торф через свій високий поверхневий натяг. Крім того, для гасіння торф'яних пожеж потрібна велика кількість води, на 1 м<sup>3</sup> торфу близько 1 м<sup>3</sup> води. При цьому торф поглинає лише 5-8 % води і швидко висихає, що призводить до нового його займання. Для підвищення змочувальної здатності води в 2-3 рази доцільно використовувати 1-3 % водний розчин карбонатів і бікарбонатів натрію. Інший спосіб підвищення змочувальної здатності води – це додавання до неї поверхнево-активних речовин, наприклад піноутворювачів для гасіння пожеж у концентрації до 0,5 %.

Ще одним способом гасіння торф'яних пожеж, є спосіб для реалізації якого в якості вогнегасної речовини застосовують димові гази або вуглекислий газ, які подають у шар торфу через спеціально улаштовані отвори на відповідних глибинах. В такому випадку вогнегасна речовина поступово проникає в усі пори торф'яної маси, де є кисень, розбавляючи його до концентрацій (менше 5 % від всього об'єму повітря), при яких горіння стає неможливим [5].

Підсумовуючи вищезазначене слід наголосити, що одним із найефективнішим способів боротьби із торф'яними пожежами є їх недопущення, оскільки як вже зазначалося вище, у переважній кількості випадків ключову роль в їх виникненні відіграє саме людина.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Інформаційно-аналітична довідка до засідання Ради... Режим доступу: <https://volysya-gromada.gov.ua/news/1616493203>.
2. Ярошовець К.А. Екологічні наслідки торф'яних пожеж. Режим доступу: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/12/81>.
3. Інформаційно-аналітична довідка про надзвичайні ситуації у квітні 2020 року. Режим доступу: <https://dsns.gov.ua/uk/operational-information/108870>.
4. Що необхідно знати про торф'яні пожежі. Режим доступу: <http://www.nmc-volyn.gov.ua/abcView/373>.
5. Довідковий посібник з ліквідації лісових пожеж. 2012. С. 160.

*V. Tischenko, Candidate science in public administration, docent,  
E. Vlasenko, A. Demkiy, V. Melnik, Candidate science of juridical, I. Holubets  
Institute of Public Administration and Research in Civil Protection*

#### PEAT FIRES. RISKS AND DANGERS

The question of the danger of peat fires has been revealed. The dangerous factors that occur during burning of peat are emphasized. Data on existing approaches to extinguishing peat fires are summarized.

*О.В. Христич, к.т.н., доцент, ст. викладач каф., НУЦЗУ,  
Т.Р. Нестерук, здобувач вищої освіти, НУЦЗУ*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА ЯК МОДИФІКАТОРА У ВОГNETРИВКИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОМПОЗИЦІЯХ**

### **Annotation:**

Розглянуто можливості розробки нових видів складів вогнетривких будівельних композицій, що володіють високою міцністю, вогнетривкістю, можливістю експлуатації в високотемпературних режимах, модифікованих мінеральною добавкою, яка є шламом комплексної переробки низькосортної сировини добрива. В ході дослідження визначено необхідний алгоритм вибору добавки, який дозволить оптимізувати рішення з погляду технологічної та економічної ефективності, та показати екологічну можливість часткової заміни різних видів композицій.

**Keywords:** добавка, модифікатор, утилізація відходів виробництва, вогнетривкі композиції, захисні споруди

Модифіковані активними мінеральними добавками структури є прогресивним напрямом у будівництві, тому досить актуально створення нових видів і складів вогнетривких композицій бетонів, що володіють високою міцністю, вогнетривкістю, які можливо експлуатувати при високих температурах. Для теплових агрегатів застосовують композиції глиноземистих або високо глиноземистих цементів. При цьому прагнуть забезпечити мінімальну пористість і максимальну міцність матеріалу при спіканні в умовах експлуатації [1].

В роботі розглядається можливість використання кремнеземвмісних відходів виробництва фосфорних добрив для застосування в сухих сумішах в складі вогнетривких бетонів як мінеральної добавки, яка є шламом комплексної переробки низькосортної сировини в фосфорні добрива. Однак, при дослідженні сучасних ресурсозберігаючих технологічних процесів, де використанні відходи як вихідна сировина або добавка існує низка питань, що стосуються стабільності показників відходу за хімічним і речовинним складом, екології, а також технологія їх застосування вимагає вивчення сумісності добавок між собою і всебічної оцінки їх впливу на властивості отриманого цільового продукту. Тому обов'язково необхідно контролювати хімічний і речовинний складом та кількість використаних відходів, а також враховувати, що кожен вид комплексної сировини має свою певну економічну і технічну сферу застосування.

Дослідження хімічного складу шламу дозволив зробити припущення про можливість застосування їх як активаторів тверднення та наповнювачів цементних композицій. За результатами сучасних фізико-хімічних методів аналізу встановлено, що мінеральна частина висушеного шламу представлена, в основному: діоксидом кремнію, мусковітом, глауконітом та польовим шпатом. Досліджувалось сумісність даної добавки з сучасними видами вогнетривких цементів та ефективність впливу такої добавки на технічні властивості композицій.

Дослідження встановило, що компоненти добавки вступають в хімічну взаємодію з продуктами гідратації цементу і впливають на процеси тверднення цементного каменю і набору його міцності за рахунок синтезу кристалогідратних новоутворень. В ході дослідження одним з основних напрямків випробувань було встановлення сумісності системи «цемент – добавка», що визначає необхідний алгоритм вибору добавки, який дозволить оптимізувати рішення з погляду технологічної та економічної ефективності, та показати екологічну можливість часткової заміни різних видів цементовмісних композицій.

Експериментально визначено співвідношення компонентів композиції: цемент – 85-90 мас.%, сухий шлам переробки концентрату для виробництва фосфорних добрив – 10-15 мас.%.

Для встановлення можливості використання відходів були проведені фізико-механічні випробування композицій цементу з різною кількістю добавки. Випробування проводилися згідно стандартних методик дослідження в'язучих матеріалів [2].

Аналіз експериментальних даних показав, що найбільш висока міцність до 28 діб тверднення відзначається у зразків з мінеральною добавкою в кількості 5 мас. % зі значеннями 96 МПа. Експериментально доказано оптимальна кількість добавки, що вводиться знаходиться в межах від 5 мас. % до 10 мас. %. Застосування активної добавки в будівельній індустрії повністю виправдовує вартість процесу утилізації і сприяє створенню безвідходного виробництва фосфорних добрив.

Проведені дослідження дозволили зробити припущення про можливість застосування шламів, що утворюються при переробці низькосортної фосфоровмісної сировини, які є відходами при виробництві фосфоровмісних добрив, як модифікатора в цементній промисловості. Запропоновані спеціальні цементні композиції можуть бути використані для розробки нових видів більш дешевих, але ефективних штучних вогнетривких будівельних матеріалів, які використовуються в ремонтно-відновлювальних роботах та захисних спорудах, що вирішує екологічно важливі завдання по масштабній утилізації широкого асортименту відходів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Шабанова Г.Н., Логвинков С.М., Шумейко В. Н., Корогодская А.Н, Ріщенко И.М. Модифицирующие добавки для композиций вяжущих материалов: монографія, Харьков, 2020. 200 с.
2. Шабанова Г.М., Корогодська А.М., Христин О.В. В'язучі матеріали: практикум, Харків, 2014. 220 с.
3. Shabanova, G. N., Korohodska, A. N., Kustov, M. V., Khrystych, E. V., Taraduda, D. V., Logvinkov, S. M., & Ivashchenko, M. Y. (2021). Barium-containing cement and concrete for protection against electromagnetic radiation. *Functional Materials*, 28(2), 323-326.

*O. Khrystych, PhD, Associate Professor of Department, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

*T. Nesteruk, Cadet, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

#### DETERMINATION OF THE EFFICIENCY OF USING PRODUCTION WASTE AS A MODIFIER IN FIREPROOF BUILDING COMPOSITIONS

##### **Annotation:**

Possibilities of developing new types of fireproof building compositions with high strength, fire resistance, the possibility of operation in high temperature regimes, modified with a mineral additive, which is the sludge of complex processing of low-grade fertilizer raw materials, are considered. In the course of the research, we determine the necessary additive selection algorithm, which will allow us to optimize the decision from the point of view of technological and economic efficiency, and show the ecological possibility of partial replacement of various types of compositions.

**Keywords:** additive, modifier, disposal of production waste, fire-resistant compositions, protective structures.



### ЗАПОБІГАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ РИЗИКІВ ПРАЦІВНИКІВ ФАСТ-ФУДУ

Робота у фаст-фуді наражає працівників на різноманітні професійні ризики: болі в спині та суглобах, травми, падіння, дорожні аварії та ін. [1-2].

Основні професійні ризики та їх наслідки працівників фаст-фуду наведені в таблиці 1.

**Таблиця 1. Основні професійні ризики**

Ризики для здоров'я та/або наслідки	Витоки
Біль у спині та суглобах	Відсутність допоміжного обладнання (ручний візок, електричний візок, мобільні столи чи візки тощо) або невідповідне обладнання. Зони прийому та зберігання, недоступні для допоміжних засобів. Неадекватне планування торгових залів або кухні (доступ до продуктів і обладнання, робочі та оборотні зони). Незручні пози при показі.
Рани, порізи або опіки	Печі та обладнання для приготування їжі (фритюрниці, грилі тощо) непридатні або не відповідають вимогам. Посуд без термоізоляції (ручки, підставки тощо). Погано обслуговувані (звужені) або погано заточені ножі. Відсутність засобів індивідуального захисту (захисних рукавичок). Недостатня підготовка персоналу.
Водоспади	Слизька підлога. Захаращені місця зберігання та обігу. Недостатнє освітлення сходів і комор.
ДТП в доставці	Невідомі або недостатньо підготовлені маршрути. Відсутність технічного обслуговування автомобіля (освітлення, покажчики, стоп-сигнали, гальма тощо). Використання екранів і телефону під час водіння. Відсутність засобів індивідуального захисту (для кур'єрів на двох колесах: шолом, рукавиці, жилет з повітряною подушкою).

Усі роботодавці несуть відповідальність за охорону праці та безпеку своїх працівників. Тому вони зобов'язані оцінити ризики та оформити цю оцінку в єдиному документі [3-5].

Професійні ризики не є неминучими. Певні профілактичні заходи дозволяють захистити здоров'я та безпеку працівників.

Запобігання болю в спині та суглобах:

- обмежте зарядні порти та виберіть відповідне обладнання;
- використовуйте допоміжні засоби для транспортування (домкрати, візки тощо);
- організуйте потоки та місця для зберігання, щоб обмежити зарядний порт;
- забезпечте регульовані по висоті столи;
- організуйте простір (продажі, кухню) таким чином, щоб оптимізувати та полегшити пересування (близькість до обладнання та товарів, належного розміру та вільні робочі та циркуляційні зони);
- зменшить глибину стійл і використовуйте розсувні стійла.

Запобігайте ризику травмування на кухні:

- перед тим як покласти їжу у фритюрницю, належним чином злийте їжу, щоб уникнути бризок киплячої олії;

- переконайтеся, що рівень масла залишається нижче зазначеного максимального рівня;
  - вибирайте духовки з подвійними стінками;
  - забезпечте та надіньте захисні рукавички, які підходять для виконання завдання;
  - перевірити гостроту ножів, проведіть навчання працівників.
- Запобігайте ризику падінь:
- усуньте нерівності;
  - регулярно ремонтуйте пошкоджені ділянки;
  - обов'язково залишайте підлогу чистою, сухою та чистою;
  - встановіть підлогове покриття, яке легко миється, не ковзає;
  - зробіть сходи безпечними: поручні та протиковзкі планки на носиках, автоматичне освітлення.
- Запобігати ДТП:
- визначте та обирайте найбезпечніші маршрути;
  - плануєте поїздки, щоб мати час для безпечного водіння;
  - нехай водій перевіряє обладнання безпеки мопедів, велосипедів тощо перед кожним використанням. (освітлення, покажчики, стоп-сигнали, гальма тощо);
  - одягніть постачальників відповідним захисним, сертифікованим одягом (шолом, рукавички, куртка, штани, взуття, жилет із подушкою безпеки);
  - організуйте роботу так, щоб уникати використання екранів і телефону навіть у комплекті з гарнітурою, заборонити їх використання за кермом.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Цимбал Б.М., Шаповалов М.С. Удосконалення ризик-орієнтованого підходу до управління охороною праці та промисловою безпекою в харківському відділенні ПрАТ "АБІнБев ЕФЕС Україна". Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту: матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих учених. Харків: НУЦЗУ, 2021. С. 345.
2. Цимбал Б.М., Юр'єва А.С. Забезпечення безпечних умов праці в ТОВ «Харківський молочний комбінат» з урахуванням ризик-орієнтованого підходу. Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту: матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих учених. Харків: НУЦЗУ, 2021. С. 348.
3. Цимбал Б.М. Підвищення рівня охорони праці та удосконалення методики міжнародної організації праці для оцінки професійних ризиків / Б.М. Цимбал, Д.О. Шаповалов, М.С. Шаповалов, Ю.Д. Древаль, А.С. Петрищев // *Social development & Security*, Vol. 10, №. 2, – 2020. P. 46-63.
4. Цимбал Б.М., Петрищев А. С. Проблеми безпеки і гігієни праці на промисловому підприємстві та шляхи їх вирішення. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». – Харків: НУЦЗ України, 2022. – С. 211-212.
5. Цимбал Б.М., Петрищев А. С. Особливості охорони праці під час воєнних (бойових) дій. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». – Харків: НУЦЗ України, 2022. – С. 233-234.

*B.M. Tsymbal, Ph.D., National University of Civil Defense of Ukraine*

#### **PREVENTION OF OCCUPATIONAL RISKS OF FAST FOOD WORKERS**

The main professional risks of fast food workers are considered in this work. To protect the health and safety of employees, preventive measures were provided.

*О.П. Шароватова, к.п.н., доцент,*

*Національний університет цивільного захисту України*

**АСПЕКТИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ В КОНТЕКСТІ ОХОРОНИ ПРАЦІ  
(БЕЗПЕКИ ТА ЗДОРОВ'Я ПРАЦІВНИКІВ НА РОБОТІ)**

Безпека працівників на роботі має ґрунтуватись на відчутті відсутності загрози, яке суб'єктивно відчувають окремі люди чи їхні групи. Одним із факторів об'єктивного стану безпеки є забезпечення пожежної безпеки.

Питання пожежної безпеки у свою чергу відіграють суттєве значення серед заходів щодо ефективності забезпечення охорони праці, безпеки та здоров'я працівників на роботі і в різноаспектному контексті присутні у нормативних документах як тих, що діють нині, так і у їх проектах, наприклад Закону України «Про безпеку та здоров'я працівників на роботі».

Поряд із призначенням відповідального за пожежну безпеку керівники підприємств зобов'язані закріпити цей обов'язок у локальних актах підприємства. На великих підприємствах додатково призначаються відповідальні особи за протипожежну безпеку в окремих підрозділах компанії, що дозволяє більш ефективно підійти до процесу управління.

Роботодавці також повинні забезпечувати навчання достатньої кількості працівників, з урахуванням розміру підприємства та/або установи, професійних ризиків, працівників, відповідальних за виконання заходів пожежогасіння та евакуації працівників.

Мають забезпечити працівників, а також представників працівників, актуальною інформацією про заходи пожежогасіння, евакуацію працівників і дії при аваріях, а також про працівників і служби, які відповідають за їх запровадження.

Інформувати працівників про обов'язки у сфері безпеки та здоров'я працівників на роботі з питань пожежогасіння, евакуації працівників та дій при аваріях.

Організацію відповідних заходів щодо гасіння пожеж та ліквідації наслідків аварій, у разі виникнення надзвичайних ситуацій, які загрожують життю та здоров'ю працівників, роботодавець має забезпечувати з урахуванням, але не виключно, характеру своєї діяльності, наявних специфічних небезпек, потреб осіб з інвалідністю (зокрема з порушеннями зору, слуху, опорно-рухового апарату, психічними та інтелектуальними порушеннями та з різними комбінаціями порушень), кількості працівників та розмірів робочих зон, можливої присутності в них сторонніх осіб, яким може загрожувати небезпека.

Отже, з метою забезпечення безпеки і здоров'я працівників у всіх аспектах, що стосуються роботи, роботодавці зобов'язані реалізовувати правові, організаційні, економічні та соціальні питання пожежної безпеки, орієнтуючись на забезпечення безпечних умов праці, збереження життя і здоров'я працівників через встановлення єдиного порядку організації функціонування системи управління у цій сфері [1].

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Проект Закону України «Про безпеку та здоров'я працівників на роботі». URL: <http://surl.li/cyyqz>.

*O. Sharovatova, Candidate Sciences (Ped.), Associate Professor*

The issue of fire safety has been updated from the point of view of ensuring labor protection, safety and health of employees at work. Emphasis is placed on the employer's responsibilities regarding the implementation of legal, organizational, economic and social issues of fire safety through training, informing staff about fire-fighting measures, evacuation of workers and actions in case of accidents, organization of appropriate measures for extinguishing fires and liquidating the consequences of emergency situations.

## 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 пальних 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

<i>Веселівський Р.Б., Смоляк Д.В., Придатко В.В.</i> Вогнезахист металевих будівельних конструкцій шляхом штукатурення	67
<i>Вовк С.Я., Міщук М.О., Оношко І.А., Пазен О.Ю., Придатко В.В., Ференц Н.О.</i> Аналіз ефективності вогнезахисних покриттів на основі силікату натрію	70
<i>Григоренко О.М.</i> Дослідження вогнезахисної ефективності інтумесцентного покриття на основі наповненого епоксиполімеру	73
<i>Дерев'яно О.А.</i> Прилад для виявлення осередкових ознак пожежі	76
<i>Дивень В.І., Дендаренко Ю.Ю., Доценко О.Г.</i> Інженерні оцінки швидкості надходження диму в артіум	78
<i>Дорошенко Д.О., Ключка Ю.П.</i> Оцінка часу утворення вибухонебезпечних газоповітряних сумішей у житловому секторі	81
<i>Древаль Ю.Д., Мітюк Л.О., Вірик А.О.</i> Пожежна безпека у закладах освіти	83
<i>Заїка П.І., Костирка О.В., Заїка Н.П.</i> Основні характеристики пінополістиролу та його використання	86
<i>Ковальов А.І., Отрош Ю.А., Пурденко Р.Р.</i> Забезпечення вогнестійкості вогнезахисених залізобетонних колон	88
<i>Майборода А.О.</i> Моделювання імітаційного простору лабораторного стенду для дослідження пожежовибухонебезпечних властивостей пилоповітряних сумішей	91
<i>Маладика Л.В.</i> Основні вимоги до пожежної безпеки висотних будівель	93
<i>Малярів М.В., Христич В.В., Бондаренко С.М.</i> Вивчення досліджень впливу динаміки розвитку пожеж та їх наслідків щодо зменшення часу їх локалізації рятувальними підрозділами	96
<i>Миргород О.В., Сидорчук О.Р.</i> Деякі види металевих конструкцій, що використовуються у сучасному будівництві	98
<i>Миргород О.В., Трушов Я.Р.</i> Аналіз деяких вогнестійких властивостей залізобетонних конструкцій	101
<i>Некора О.В., Поздєєв С.В., Рудешко І.В., Несен І.О., Сідней С.О.</i> Дослідження розподілу температури по ребристій плиті при впливі стандартного температурного режиму пожежі	104

<i>Олейник О.С., Отрош Ю.А., Рашкевич Н.В., Skatkov Leonid</i> Проблематика збільшення часу перебування людей в укритті під час бойових дій за допомогою природної вентиляції	107
<i>Пелешко М.З.</i> Пожежна безпека пічного опалення	110
<i>Пелешко М.З.</i> Особливості евакуації з готельних комплексів	112
<i>Пелешко М.З.</i> Особливості евакуації людей з обмеженими можливостями	115
<i>Пелешко М.З., Башинський О.І.</i> Забезпечення інклюзивності простору в закладах освіти	117
<i>Петухова О.А., Черепаха Р.Е., Добринська В.Є., Кулеш Д.П.</i> Способи визначення об'єму пожежних водоймищ	119
<i>Полупан В.А., Рашкевич Н.В.</i> Актуальність удосконалення системи пожежної безпеки в висотних будівлях	122
<i>Прокопенко О.В., Рашкевич Н.В.</i> Аналіз існуючих типів безпроводних технологій в системі пожежної сигналізації	124
<i>Саєнко Н.В., Биков Р.О., Обіженко Т.М., Скрипинець А.В.</i> Застосування бромісних антипіренів для зниження горючості склопластиків	126
<i>Скрипинець А.В., Саєнко Н.В., Обіженко Т.М., Березовський А.І.</i> Вплив модифікуючих олігомерів на величину кисневого індексу уретанових композицій	128
<i>Степанко А.С., Отрош Ю.А., Кукузенко А.М., Рашкевич О.С., Рашкевич Н.В., Augusto Gerolin</i> Пожежна небезпека теплоізоляційних вогнезахисних матеріалів	130
<i>Толкунов І.О., Попов І.І.</i> Дослідження шляхів боротьби з димом в зонах задимлення при пожежах в герметизованих приміщеннях	133
<i>Трегубов Д.Г., Слепужніков Є.Д.</i> Формування вибухонебезпечних властивостей речовин	136
<i>Тригуб В.В., Майборода Р.І., Пехов Д.О.</i> Необхідність визначення критичної температури сталі згідно єврокодів	139
<i>Тригуб В.В., Матушкін М.С.</i> Критична температура сталі і вогнезахист металевих конструкцій	141
<i>Щербак С.М.</i> Втрати напору у плоскозгорнутих рукавах різного діаметру	144

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

<i>Kristián Slastan, Jozef Svetlík</i> Alternate water sources assessment for the needs of fire brigades	146
<i>Rudolf Rečlo</i> Specific dangers for rescue unit responding to emergencies involving battery electric vehicles	149
<i>Agoston Restas</i> Drone applications supporting firefighters in case of rural fires	152
<i>Белюченко Д.Ю., Льовін Д.А., Стрілець В.М.</i> Особливості методики скорочення часу оперативного розгортання першим аварійно-рятувальним підрозділом	155
<i>Бородич П.Ю., Дягілев К.А.</i> Багатофакторний експеримент для оцінки ефективності процесу рятування постраждалого з третього поверху	158
<i>Бородич П.Ю., Лілюхін М.О.</i> Вдосконалення підготовки рятувальників до проведення робіт по рятуванні постраждалого з колектору	160
<i>Бригада О.В., Михайлова А.О., Рихлик К.В.</i> Визначення фітоксичного ефекту піноутворювачів для гасіння пожеж	163
<i>Грищенко Д.В., Виноградов С.А.</i> Визначення найбільш ефективного статичного змішувача для утворення компресійної піни для гасіння пожеж	166
<i>Дубінін Д.П., Лісняк А.А., Гапоненко Ю.І.</i> Дослідження небезпеки утворення продуктів піролізу під час розвитку внутрішньої пожежі	167
<i>Закора О.В., Фещенко А.Б.</i> Подання напівпрозорих перепон у моделі робочої зони локальної RTLS-си стеми району надзвичайної ситуації	169
<i>Іщук В.М.</i> Задачі і утримання спеціальної фізичної підготовки в ДПРЧ	172
<i>Калиновський А.Я., Поліванов О.Г., Шахов С.М.</i> Дослідження розвитку пожеж у багатоповерхових будівлях у містах України	174
<i>Калиновський А.Я., Шахов С.М.</i> Дослідження впливу параметрів системи генерування та подавання компресійної піни	177



<i>Коваленко Р.І.</i> Обґрунтування порядку вибору типів пожежних автоцистерн для різних населених пунктів	179
<i>Ковальов О.О.</i> Метод отримання даних для завдань моніторингу за допомогою безпілотних літальних апаратів	180
<i>Колесніков Д.В., Стась С.В.</i> Дослідження зміни геометричних параметрів пожежних рукавів	183
<i>Коханенко В.Б.</i> Особливості безпечної експлуатації шин аварійно-рятувального автомобіля	185
<i>Криворучко Є.М.</i> Дослідження сучасних тренувальних комплексів та тренажерів для підготовки пожежних та рятувальників	188
<i>Кривошей Б.І.</i> Застосування безпілотних літальних апаратів формуванням оперативно-рятувальної служби	191
<i>Куліца О.С., Кришталь В.М.</i> Гасіння ландшафтних пожеж на територіях забруднених вибухонебезпечними предметами	193
<i>Лагно Д.В., Пелипенко М.М., Ножко І.О.</i> Аналіз існуючих пристроїв створення водяних завіс	196
<i>Лісняк А.А., Дубінін Д.П.</i> Розвідка пожежі в будинку способом VEIS	198
<i>Макаренко В.С., Кірєєв О.О.</i> Вплив різних сипучих матеріалів на підвищення ізолюючих властивостей пожеж класу «В»	200
<i>Назаренко С.Ю., Титарев В.А.</i> Дослідження причин руйнування рукавів високого тиску при експлуатації	202
<i>Неклонський І.М.</i> Проблемні аспекти побудови понятійного апарату у сфері оперативної діяльності аварійно-рятувальних формувань	204
<i>Останов К.М.</i> Дослідження параметрів установки пожежогасіння гелеутворюючими складами з подовженим стволем	207
<i>Останов К.М.</i> Розробка фізичної конфігурації установки пожежогасіння гелеутворюючими сполуками	210

<i>Пономаренко Р.В., Черкашин О.В.</i> Розрахунок імовірної кількості пожеж в 2023 році, які будуть ліквідуватись ланками газодимозахисної служби	213
<i>Савельєв Д.І.</i> Тенденції розвитку інновації у сфері комп'ютерної інженерії в Україні на тлі російської збройної агресії	216
<i>Савченко О.В., Медведєва Д.О.</i> Створення протипожежного бар'єру з полімерного гідрогелю на основі морської води	218
<i>Семків В.О.</i> Рациональність використання комбінованих пожежних автомобілів у мирний та воєнний час	220
<i>Сенчихін Ю.М., Аветисян В.Г., Гапоненко Ю.І.</i> Роль першого керівника гасіння пожежі під час керування оперативними діями	222
<i>Сенчихін Ю.М., Дендаренко Ю.Ю.</i> Проблеми гасіння пожеж у висотних будинках	225
<i>Стативка Є.С.</i> Визначення коригуючих коефіцієнтів параметрів акустичного пристрою системи орієнтування при аварійно-рятувальних роботах	227
<i>Тарадуда Д.В.</i> Щодо удосконалення конструкції балонів для дихальних апаратів на стисненому повітрі	230
<i>Федоряка О.І., Кустов М.В.</i> Особливості оцінки рівня пожежної небезпеки локальної території з урахуванням нерівномірності факторів	231
<i>Фещенко А.Б., Закора О.В.</i> Оцінка імовірності безвідмовної роботи елемента відомчої цифрової телекомунікаційної мережі	234

#### **СЕКЦІЯ 4. ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ**

<i>Антошкін О.А.</i> Проектування дренчерних завіс як задача покриття	237
<i>Басманов О.Є., Максименко М.В.</i> Модель нагріву стінки резервуара під тепловим впливом пожежі в сусідньому резервуарі	239
<i>Басманов О.Є., Олійник В.В.</i> Експериментальне визначення параметрів просочення рідини в сипучий матеріал	242

<i>Башук І.О., Частоколенко І.П.</i> Система програмно-апаратного комплексу для моніторингу ключових кліматично-пожежних параметрів приміщення у режимі реального часу	245
<i>Безугла Ю.С.</i> Запобігання надзвичайним ситуаціям на хімічно-небезпечних об'єктах	247
<i>Бондаренко С.М, Радул А.</i> Дослідження можливості використання ємкісного методу для викриття аерозольних продуктів горіння	249
<i>Бурменко О.А., Рубан А.А.</i> Індивідуальні страхувальні системи	252
<i>Вавренюк С.А.</i> Експериментальне дослідження процесу вигвинчування підривника ультразвуком	255
<i>Vovchuk T., Shevchenko O., Shevchenko R.</i> Formation of information basis on the organization of emergency monitoring at chemical facilities	258
<i>Горносталь С.А., Горбань Д.Г.</i> Заходи по попередженню надзвичайної ситуації, пов'язаної з надходженням в водойму недостатньо очищених стічних вод	261
<i>Григоренко Н.В.</i> Особливості надання соціально-економічної компенсації ризику населення, яке проживає на території зони спостереження	263
<i>Заєць Д.С., Дурєєв В.О</i> Урахування діапазону нечутливості для реального регуляторі адаптивної системи пожежогасіння	265
<i>Кальченко Я.Ю., Прогнімак Д.В.</i> Визначення параметрів формування теплового впливу при проведенні випробувань пожежних сповіщувачів	267
<i>Карпов А.А., Кустов М.В.</i> Аналіз існуючих технічних способів виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів	269
<i>Коваль Н.Ю., Дурєєв В.О.</i> Статична характеристика реального регулятора адаптивної системи пожежогасіння	272
<i>Kostenko T., Tsvirkun S., Melnyk V.</i> Distribution of indicator gases from the source of self-ignition of coal in mining	274
<i>Ляшевська О.І.</i> Запобігання надзвичайній ситуаціям та прийняття рішень	277

<i>Маляров М.В.</i> Використання супутникових систем дистанційного зондування землі для моніторингу та запобігання надзвичайних ситуацій у природних екосистемах	281
<i>Матухно В.В., Світличний Д.В.</i> Сучасні підходи сканування поверхневих шарів ґрунту при пошуку вибухонебезпечних предметів	284
<i>Meleshchenko R.G.</i> Risk of disruption of normal conditions	287
<i>Мельниченко А.С., Кустов М.В.</i> Експериментальна перевірка достовірності моделі прогнозування масштабів хімічного ураження	288
<i>A. Myroshnychenko, R. Shevchenko, M. Divivzinyuk</i> Methodological basis of the formation of a mathematical apparatus for warning of emergency situations at critical infrastructure facilities	291
<i>Несен І.О., Єлагін Г.І., Алексєєва О.С., Алексєєв А.Г., Копитін Д.Е., Ножко І.О.</i> Розробка засобів для попередження поширення пожеж на торфовищах	294
<i>O. Polivanov</i> Study of the mechanical properties of the material from which capsules are made for the discrete delivery of fire-extinguishing substances	296
<i>Пономарьов К.А., Дурєєв В.О.</i> Визначення параметрів регулятора адаптивної системи пожежогасіння	299
<i>Поступна О.В., Степанко О.В.</i> Захист освіти в умовах надзвичайних ситуацій: нові виклики та загрози	301
<i>Рагімов С.Ю.</i> Особливості застосування безпілотних літальних апаратів при радіаційних аваріях	304
<i>Рубан А.В.</i> Запобігання надзвичайним ситуаціям на об'єктах будівництва	307
<i>Світлична С.Д.</i> Імітаційне моделювання руйнування типових елементів кріплення під час детонації	309
<i>Смирнов О.М.</i> Розробка технології розбирання 152 мм артилерійських пострілів індексу ВОФ27, як запорука запобігання надзвичайним ситуаціям	310
<i>Teslenko O.O., Tarasenko O.A.</i> Reliability of explosion hazard assessment methods of production premises using natural gas from the point of view of theory of sets	313

<i>Толкунов І.О., Іванець Г.В., Попов І.І.</i> Дослідження шляхів підвищення ефективності замінованих територій	316
<i>Тютюник В.В., Тютюник О.О., Яценко О.А.</i> Особливості обґрунтування експертами ситуаційного центру оптимальних антикризових рішень щодо запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах невизначеності вхідної інформації	319
<i>Умеренкова К.Р.</i> Металогідридні технології запобігання виникнення вибухонебезпечних факторів у системах охолодження електромашин	322
<i>Лапикін К.О., Усачов Д.В.</i> Комплексний підхід щодо підвищення ефективності реагування екстрених служб на надзвичайні ситуації	325
<i>Чернуха А.А.</i> Перевірка лицьових частин засобів індивідуального захисту органів дихання	327
<i>Шевчук О.Р., Говоруха Р.О.</i> Аналіз використання піротехнічними підрозділами вибухових речовин для знищення вибухонебезпечних предметів	329
<i>Щербак О.С., Дерев'янка О.А., Шевченко Р.І.</i> Аналіз методів моніторингу надзвичайних ситуацій внаслідок пожежі в будівлях з масовим перебуванням людей	332
<i>Щербина Р.В., Григоренко К.В.</i> Роль вищої математики у формуванні сфери цивільного захисту	334
<b>СЕКЦІЯ 5. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	
<i>Katarína Košíťová, Linda Makovická Osvaldová, Alena Ďad'ová, Katarína Hollá</i> Registered accidents at work and their causes in economic sectors with maximum of 250 employees	337
<i>Gustavo S. da Rocha, João Paulo C. Rodrigues, Daniel da Silva Gazzana</i> Evaluation of some risk factors to electrical fires	340
<i>Kudin A.M., Borisenko V.G., Andryushchenko L.A., Goroneskul M.M., Brzozowska W., Wojtczak I., Olewnik-Kruszkowska E., Sprynskyu M.</i> Mechanism of fiatomaceous biosilica influence on the fire resistance of silicon protective coating	343
<i>Артем'єв С.Р., Куріленко В.В.</i> Сучасні екологічні аспекти підготовки майбутніх фахівців пожежної безпеки	346
<i>Борисенко В.Г., Андрющенко Л.А., Кудін О.М., Горонескуль М.М., Сильченко Д.С.</i> Вплив мікрволастониту на вогнестійкість та експлуатаційні характеристики силіконових люмінесцентних покриттів	348

<i>Вовк Н. П.</i> Нормативно-правове регулювання охорони праці жінок в умовах воєнного стану в Україні	351
<i>Гапон Ю.К., Чиркіна М.А., Слепужніков Є.Д.</i> Гальванічні покриття на основі кобальту, вольфраму та молібдену для електромехічного очищення стійких вод промислових підприємств	355
<i>Древаль Ю.Д.</i> Про значущість принципів у сфері охорони праці	357
<i>Засць Р.А., Романенко А.О., Саулко О.А.</i> Забезпечення безпеки особового складу під час ліквідації надзвичайних ситуацій на радіоактивно забруднених територіях	359
<i>Касярум С.О., Круть М.В.</i> Автоматизована система безпеки автотранспорту з встановленим газобалонним обладнанням	361
<i>Кіреєнко Д.І.</i> Управління і контроль у галузі охорони атмосферного повітря	363
<i>Коваленко С.А., Пономаренко Р.В., Дармофал Е.А.</i> Екологічний стан басейну річки сула	365
<i>Кудін О.М., Борисенко В.Г., Андрющенко Л.А., Горонескуль М.М., Тімаков Е.В.</i> Вірогідний механізм підсилення адгезії захисного покриття пожежних напірних рукавів голчатими наповнювачами	368
<i>Луценко Т.О.</i> Особливості розслідування нещасних випадків на підприємств під час запровадження воєнного стану	371
<i>Мельник О. Г. , Мельник Р.П.</i> Поліпшення безпеки праці рятувальників при роботі на пожежно- та аварійно-рятувальній техніці	373
<i>Рибалова О.В., Золотарьова С.О.</i> Вплив військових дій на забруднення ґрунтів важкими металами	376
<i>Сидоренко В.Л., Пруський А.В. , Єременко С.А.</i> Моделювання лісової пожежі з радіційно небезпечними факторами на основі методів механіки суцільного середовища	379
<i>Скоб Ю.О.</i> Моделювання теплової радіації від продуктів горіння газу	382
<i>Скоробагатько Т.М., Пруський А.В., Васильєв І.О., Бикова О.В.</i> Екологічні аспекти застосування води з добавками різної хімічної природи для цілей пожежогасіння	385

<i>Тищенко В.О., Власенко Є.А., Демків А.М., Мельник В.І., Голубець І.М.</i> Торф'яні пожежі. Ризики та небезпеки	388
<i>Христич О.В., Нестерук Т.Р.</i> Визначення ефективності використання відходів виробництва як модифікатора у вогнетривких будівельних композиціях	391
<i>Цимбал Б.М., Ткаченко О.О.</i> Запобігання професійних ризиків працівників фаст-фуду	393
<i>Шароватова О.П.</i> Аспекти пожежної безпеки в контексті охорони праці (безпеки та здоров'я працівників на роботі)	395