



**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

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



***«Надзвичайні ситуації: безпека та захист»***

***Матеріали XIV Всеукраїнської науково-практичної  
конференції з міжнародною участю***

***24 – 25 жовтня 2024 року***

Черкаси – 2024

УДК 543.051

Н 17

Рекомендовано до друку вченою радою факультету пожежної безпеки  
Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України  
(протокол № 1 від 24 вересня 2024 р.)

Дозволяється публікація матеріалів збірника у відкритому доступі  
експертною комісією інституту з питань таємниці  
(протокол № 11 від 17 жовтня 2024 р.)

Надзвичайні ситуації: безпека та захист: Матеріали XIV Всеукраїнської науково-  
практичної конференції з міжнародною участю. – Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля  
НУЦЗ України, 2024. – 230 с.

### Редакційна колегія

**Ігор ТОЛОК** – к. пед. н., доцент, Заслужений працівник освіти України, ректор НУЦЗ  
України;

**Дмитро ЛЕСЕЧКО** – к. т. н., т. в. о. начальника ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ  
України;

**Віталій КОВАЛЕНКО** – к. т. н., с. н. с., заступник начальника Інституту державного  
управління та наукових досліджень з цивільного захисту з наукової роботи;

**Олександр ЗЕМЛЯНСЬКИЙ** – начальник науково-дослідного центру ЧІПБ ім. Героїв  
Чорнобиля НУЦЗ України;

**Валентин МЕЛЬНИК** – к. т. н., доцент, начальник факультету пожежної безпеки НУЦЗ  
України;

**Сергій ЦВІРКУН** – к. т. н., доцент, начальник факультету пожежної безпеки ЧІПБ  
ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, **відповідальний секретар конференції**;

**Андрій БЕРЕЗОВСЬКИЙ** – к. т. н., доцент, начальник кафедри безпеки об'єктів  
будівництва та охорони праці ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, **секретар  
конференції**;

**Костянтин МИГАЛЕНКО** – к. т. н., доцент, начальник кафедри автоматичних систем  
безпеки та електроустановок ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України;

**Сергій КАСЯРУМ** – к. пед. н., доцент, начальник кафедри вищої математики та  
інформаційних технологій ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України.

У збірнику подані матеріали доповідей за такими тематичними напрямками: прикладні  
наукові аспекти прогнозування та запобігання надзвичайним ситуаціям; технології пожежної та  
техногенної безпеки; інформаційні технології в попередженні та ліквідації надзвичайних ситуацій;  
теоретичні та практичні аспекти охорони праці в галузі цивільної безпеки.

© Факультет ПБ  
© ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2024

## **Шановні колеги, науковці, практичні працівники, здобувачі вищої освіти!**

Проведення XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист» є важливою платформою для розгляду актуальних питань, пов'язаних з безпековим середовищем в нашій державі, що відкриває перед нами можливість обговорити різноманітні виклики, які виникають у зв'язку з надзвичайними ситуаціями різного характеру. Запобігання надзвичайним ситуаціям для забезпечення безпеки і захисту громадян та інфраструктури в умовах війни в Україні є надзвичайно важливою задачею сьогодення, що вимагає комплексного та багаторівневого підходу, який поєднує в собі військові, цивільні, гуманітарні та наукові аспекти.

Надзвичайно важливо, що розгляд пріоритетних питань у галузі цивільної безпеки відбувається в потужному науково-експертному середовищі, за участю представників відомих наукових шкіл, фахівців-практиків, управлінських та законодавчих структур та громадських об'єднань у рамках міжгалузевих підходів. Такий комплексний підхід обумовлено складністю і масштабністю існуючих проблем у галузі пожежної безпеки та появою нових, невідомих раніше, які потребують консолідації зусиль міжнародної спільноти.

В різні роки активними учасниками цієї конференції були представники з різних регіонів України, США, Польщі, Словаччини, Німеччини, Австрії тощо. Спільний пошук шляхів протидії масштабним викликам сьогодення забезпечує вдосконалення нормативного підґрунтя у сфері цивільної безпеки, проведення аналізу сучасних військово-політичних загроз з метою визначення оптимальних напрямків розвитку цивільної безпеки, розробку способів захисту матеріальних і культурних цінностей у сучасних соціально-економічних умовах при виникненні надзвичайних ситуацій, наукове обґрунтування структури сил і засобів забезпечення пожежної безпеки, тактики їх застосування, прийомів і способів проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт.

Впевнений, що висвітлення нових наукових досягнень, конструктивні дискусії та відвертий діалог, партнерський підхід стануть свідченням наших прагнень спільними зусиллями сприяти вирішенню пріоритетних завдань забезпечення безпеки в контексті рекомендованих ДСНС України стратегій із урахуванням сучасних тенденцій та ефективних механізмів протидії загрозам.

Ми віримо, що обмін знаннями та досвідом, представленими на цій конференції, сприятиме розвитку сучасних стратегій управління ризиками, підвищенню нашої готовності до надзвичайних ситуацій та зміцненню безпеки в наших суспільствах.

Бажаю учасникам конференції плідного наукового спілкування, генерації нових ідей в контексті вирішення актуальних проблем цивільної безпеки сьогодення!

Ректор Національного університету  
цивільного захисту України,  
кандидат педагогічних наук, доцент,  
лауреат Державної премії України в галузі освіти,  
Заслужений працівник освіти України

Ігор ТОЛОК

# Секція 1. Прикладні наукові аспекти прогнозування та запобігання надзвичайним ситуаціям

УДК 614.8

## МОДЕЛЮВАННЯ РОЗТІКАННЯ ГОРЮЧОЇ РІДИНИ НА ПОХИЛІЙ ПОВЕРХНІ

*О. БАСМАНОВ, д-р техн. наук, професор,  
головний науковий співробітник*

*В. ОЛІЙНИК, канд. техн. наук, доцент,  
начальник кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій  
Національний університет цивільного захисту України*

Значна кількість надзвичайних ситуацій, що виникають в хімічній, переробній промисловості і на транспорті, починаються з аварійного розливу горючих рідин. З початком повномасштабної російської агресії склади зберігання нафтопродуктів стали однією з пріоритетних цілей. Одним із наслідків ударів по ним є розгерметизація ємностей, витікання і горіння нафтопродуктів.

В загальному випадку розтікання горючої рідини супроводжується її просоченням і вигоранням. З точки зору пожежної небезпеки найгіршим є випадок, коли просочення рідини в ґрунт відсутнє, оскільки в цьому випадку площа розливу досягає максимального значення. За умови відсутності просочення рівняння розтікання і горіння рідини набуде вигляду [1].

$$\frac{\partial h}{\partial t} = R \left[ \frac{\partial}{\partial x} \left[ \tilde{h}^3 \left( \frac{\partial \tilde{h}}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ \tilde{h}^3 \left( \frac{\partial \tilde{h}}{\partial y} \right) \right] - \gamma \frac{\partial \tilde{h}^3}{\partial x} \right] + \delta(x - x_0) \delta(y - y_0);$$
$$\tilde{h} = \begin{cases} h - h_{\text{дп}}, & h - h_{\text{дп}} > 0; \\ 0, & h - h_{\text{дп}} \leq 0, \end{cases}$$
(1)

де  $R$  – ефективний коефіцієнт дифузії:

$$R = \frac{g}{3\nu} \cos \theta; \quad (2)$$

$\gamma = \text{tg} \theta$ ;  $\theta$  – кут нахилу поверхні;  $h(x, y)$  – висота рідини у точці  $(x, y)$ , обчислена вздовж нормалі до поверхні;  $\nu$  – кінематична в'язкість рідини;  $g$  – прискорення сили тяжіння;  $v$  – об'ємна швидкість витікання рідини;  $\delta(x)$  –  $\delta$ -функція Дірака;  $h_{\text{дп}}$  – середня глибини нерівностей поверхні. При цьому розташування системи координат обрано таким чином, щоб напрямком нахилу поверхні співпадав з віссю  $OX$ . Перейдемо до нових змінних  $x'$ ,  $y'$ ,  $t'$ :

$$x = \frac{x'}{\sqrt{v_0}}; \quad y = \frac{y'}{\sqrt{v_0}}; \quad t = \frac{t'}{v_0}. \quad (3)$$

Тоді рівняння (1) трансформується до вигляду

$$\frac{\partial h}{\partial t'} = R \left[ \frac{\partial}{\partial x'} \left[ \tilde{h}^3 \left( \frac{\partial \tilde{h}}{\partial x'} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y'} \left[ \tilde{h}^3 \left( \frac{\partial \tilde{h}}{\partial y'} \right) \right] - \gamma' \frac{\partial \tilde{h}^3}{\partial x'} \right] - \eta'_v 1_{\Omega_s}(t) + \delta(x' - x_0 \sqrt{v_0}) \delta(y' - y_0 \sqrt{v_0}), \quad (4)$$

де

$$\gamma' = \frac{\gamma}{\sqrt{v_0}} = \frac{\operatorname{tg} \theta}{\sqrt{v_0}}; \quad (5)$$

$$\eta'_v = \frac{\eta_v}{v_0}. \quad (6)$$

Аналіз рівняння (4) свідчить, що збільшення швидкості витoku рідини в  $v_0$  разів ( $v_0 > 1$ ) еквівалентно лінійному перетворенню просторових і часової координат

$$x' = x \sqrt{v_0}; \quad y' = y \sqrt{v_0}; \quad t' = t v_0, \quad (7)$$

зменшенню кута нахилу поверхні у відповідності до (5) і зменшенню питомої масової швидкості вигорання в  $v_0$  разів (6).

Відзначимо, що для малих кутів нахилу поверхні  $\theta$  мають місце співвідношення:

$$\operatorname{tg} \theta \approx \theta; \quad \cos \theta \approx 1.$$

Отже для малих кутів нахилу поверхні ( $\theta \leq 20^\circ$ ) збільшення швидкості витікання рідини в  $v_0$  разів еквівалентно перетворенню координат (7), зменшенню кута нахилу поверхні в  $\sqrt{v_0}$  разів, зменшенню лінійної швидкості вигорання в  $v_0$  разів. При цьому ефективний коефіцієнт дифузії  $R$  (2) буде залишатися незмінним.

З аналізу рівняння (4) випливає, що в усталеному режимі

$$0 = R \left[ \frac{\partial}{\partial x'} \left[ \tilde{h}^3 \left( \frac{\partial \tilde{h}}{\partial x'} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y'} \left[ \tilde{h}^3 \left( \frac{\partial \tilde{h}}{\partial y'} \right) \right] - \gamma' \frac{\partial \tilde{h}^3}{\partial x'} \right] - \eta'_v + \delta(x' - x_0 \sqrt{v_0}) \delta(y' - y_0 \sqrt{v_0})$$

форма розливу буде визначатися двома параметрами: кутом нахилу  $\gamma'$  і лінійною швидкістю вигорання  $\eta'_v$ .

Збільшення кута нахилу і зменшення питомої масової швидкості вигорання призводить до зменшення відношення ширини розливу до його довжини, тобто форма розливу стає більш витягнутою в напрямку нахилу поверхні. Навпаки, при зменшенні кута нахилу і збільшенні питомої масової швидкості вигорання форма розливу наближається до кола.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Абрамов Ю. О., Басманов О. Є., Олійник В. В. Моделювання розтікання горючої рідини внаслідок аварії на залізничному транспорті. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2021. № 1(33). С. 30-42. Doi: 10.52363/2524-0226-2021-33-3.

## ПРОБЛЕМИ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

*Олена БОРСУК, канд. техн. наук*

*Кароліна КУРІЛЬЧУК*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

Одним із ключових елементів забезпечення безпеки населених пунктів є наявність засобів пожежогасіння – системи протипожежного водопостачання, що забезпечується через інженерні мережі та комунікації. Однак, в умовах військової агресії розпочатої російською федерацією проти України, що розпочата 24 лютого 2022 року, до основних причин виникнення пожеж додалися загорання, що виникли унаслідок обстрілів російськими військами. Зокрема, найбільша кількість пожеж (близько 90 %), зареєстрованих підрозділами територіальних органів ДСНС, із «інших причин», що пов'язана саме з веденням бойових дій російськими військами на території України (потрапляння боєприпасів та їх уламків, вибухи внаслідок потрапляння боєприпасів, ракетні обстріли, обстріли стрілецькою зброєю). Також за оперативними даними станом на 1 січня 2023 року окупантами зруйновано та пошкоджено близько 169 тисяч об'єктів інфраструктури, зокрема: 6 тис. 400 об'єктів життєзабезпечення, понад 1 тис. об'єктів транспортної інфраструктури, більше 3 тис. закладів освіти, майже 1 тис. 300 закладів охорони здоров'я, 150 тис. 300 житлових будинків, 670 адміністративних будівель, понад 4 тис. 500 інших (не військових) об'єктів [1]. Для ліквідації пожеж необхідна подача вогнегасних речовин, найбільш доступнішою з яких є вода, що подається через централізовані водопроводи.

До причин порушення забезпечення протипожежного водопостачання належать руйнування інженерних комунікацій, замінування територій об'єктів водозабезпечення, масштабні пожежі, що потребують великих витрат води.

В умовах воєнного стану забезпечення надійної роботи протипожежного водопостачання значно залежить від стабільного електропостачання, що, враховуючи приналежність водо насосних станцій до об'єктів критичної інфраструктури і їх постійне енергоживлення, може порушуватись в умовах «блекаутів» та у зв'язку з введенням графіків відключень. Ця проблема найбільш критична у великих містах із висотними забудовами, оскільки для подачі води на верхні поверхи мають працювати насоси підвищувачі та інші установки протипожежного захисту. У зв'язку з введенням графіків виникає велика ймовірність збоїв та унеможливлення підвищення тисків у певних регіонах у мережі водопостачання для потреб протипожежного водопостачання, що у свою чергу ускладнює процеси ліквідації пожеж.

Основні проблемами у забезпеченні водопостачання у сільській місцевості, що межує з територією, що піддається військовим обстрілам, пов'язані із руйнуванням водозабірних під'їздів і майданчиків, водонапірних башт, протипожежних резервуарів, колодязів. Проблемою є також можливість забруднення боєприпасами та мінування територій поблизу водойм на місць слідування до них.

Основним і пріоритетним завданням служби цивільного захисту є реалізація державної політики із забезпечення безпеки та захисту населення і територій, матеріальних і культурних цінностей від негативних наслідків надзвичайних ситуацій у мирний та в особливий період одним з ключових заходів серед яких є забезпечення протипожежного водопостачання в умовах військового стану [2]. Підвищення надійності роботи протипожежного водопостачання забезпечується шляхом захисту систем водопідготовки та подачі води, інженерних мереж водопостачання, основних

його об'єктів призначених для збереження протипожежного запасу води та розробку додаткових заходів із створення таких запасів, удосконалення та забезпечення безперебійності у роботі водозабезпеченні великих міст у період «блекаутів» [3].

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Коваль М. С. Дії підрозділів ДСНС України в умовах розвитку воєнного стану. Навчальний посібник. – Львів : ЛУБЖД, 2023. 308 с.
2. Кодекс цивільного захисту України (ЗУ від 2 жовтня 2012 року № 5403-VI).
3. Світлана Величко, Олена Дупляк Вплив повномасштабної агресії на водні об'єкти як джерела водопостачання. Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки № 45 (2023) – С. 5-14.
4. Тищенко Є. О., Мигаленко К. І., Колесніков Д. В. Інженерні мережі та комунікації – Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2018. – 261 с.

**УДК 614.84**

#### ОСНОВНІ АСПЕКТИ ТЕХНОЛОГІЙ ПОЖЕЖНОЇ ТА ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ

*С. ВАВРЕНЮК, д-р наук з держ. упр., професор кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій  
Національний університет цивільного захисту України*

Технології пожежної та техногенної безпеки охоплюють засоби, методи та системи, що використовуються для попередження, виявлення та боротьби з пожежами та іншими техногенними небезпеками. Їх мета полягає у забезпеченні захисту життя людей, майна й довкілля. До основних аспектів технологій пожежної та техногенної безпеки можна віднести наступні системи.

1. Системи раннього виявлення надзвичайних ситуацій (НС) призначені для швидкого виявлення та попередження про потенційні загрози, що можуть призвести до пожеж, техногенних аварій, природних катастроф та інших надзвичайних ситуацій. Ці системи забезпечують моніторинг, збір та аналіз інформації про стан об'єктів і навколишнього середовища.

Системи раннього виявлення пожеж включають в себе:

- пожежну сигналізацію: автоматизовані системи, що використовують датчики диму, температури або вогню для виявлення загрози;
- датчики газу: застосовуються для виявлення небезпечних концентрацій газів, що можуть призвести до пожежі або вибуху.

2. Системи пожежогасіння – це сукупність заходів і технологій, спрямованих на локалізацію та ліквідацію пожежі, щоб мінімізувати шкоду для людей, майна та навколишнього середовища. Пожежогасіння включає в себе різні методи і системи, які підходять для різних типів пожеж.

Сюди можна віднести:

- автоматичні системи гасіння: системи, що активуються автоматично, такі як спринклери, газові або порошкові установки;
- пожежні гідранти та водопостачання: для забезпечення води для пожежогасіння.

3. Технології захисту від вибухів та техногенних катастроф охоплюють різноманітні інженерні, технічні та організаційні заходи для запобігання або мінімізації наслідків техногенних аварій, вибухів і великих катастроф. Такі системи і технології використовуються у промислових, інфраструктурних, житлових і комерційних об'єктах, де існує ризик виникнення аварій з великими руйнуваннями.

Технології захисту від вибухів та техногенних катастроф включають в себе:

- системи контролю тиску та вентиляції: для зменшення ризику вибухів у закритих приміщеннях;
- системи евакуації: проектування та впровадження шляхів евакуації та засобів для швидкого й безпечного виведення людей.

4. Інженерні рішення для підвищення безпеки будівель спрямовані на захист будівель і людей всередині від різних загроз, таких як пожежі, землетруси, вибухи, терористичні атаки та техногенні катастрофи. Ці заходи забезпечують як структурну стійкість, так і функціональну безпеку об'єктів.

До інженерних рішень для підвищення безпеки будівель можна віднести:

- використання вогнестійких матеріалів;
- спеціальне проектування будівель для зменшення розповсюдження вогню.

5. Системи моніторингу та управління будівлями, об'єктами або інфраструктурою забезпечують контроль за станом різних інженерних систем, запобігають аваріям та допомагають оперативно реагувати на надзвичайні ситуації. Вони охоплюють автоматизовані технології для постійного моніторингу та управління всіма важливими аспектами функціонування будівлі або промислового об'єкта.

До систем моніторингу та управління відносять:

- централізовані диспетчерські системи для контролю за станом пожежної безпеки на об'єктах;
- використання сучасних технологій, таких як дрони або тепловізори, для моніторингу ризиків.

6. Навчання та підготовка персоналу є ключовим елементом для забезпечення безпеки, ефективності та оперативного реагування на надзвичайні ситуації на будь-якому об'єкті. Добре підготовлений персонал здатний правильно діяти в умовах аварій, катастроф чи інших надзвичайних подій, а також ефективно виконувати свої повсякденні обов'язки з дотриманням усіх правил безпеки.

Навчання та підготовка персоналу включає в себе:

- регулярне навчання та тренування для персоналу щодо реагування на надзвичайні ситуації;
- використання симуляцій та програм для відпрацювання дій у випадку аварій чи пожеж.

Ці технології є частиною комплексної системи безпеки, яка включає законодавчу базу, стандарти та інженерні рішення для запобігання виникненню надзвичайних ситуацій і зменшення їх наслідків.

Із вищезазначеного можна зробити висновки про основні системи, що забезпечують пожежну та техногенну безпеку на будь-якому об'єкті. До таких систем можна віднести:

- система запобігання пожежам і надзвичайним ситуаціям;
- модернізація систем оповіщення та евакуації;
- інноваційні засоби пожежогасіння;
- моніторинг стану будівель та інфраструктури;
- застосування штучного інтелекту та аналітики даних;
- інтеграція систем безпеки;
- навчання та підготовка персоналу.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Правила пожежної безпеки в Україні. НАПБ А.01.001-14. – К. : Видавництво «Форт», 2024. – 132 с.
2. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 р. № 5403-VI.
3. Правила техногенної безпеки. Наказ МВС України від 05 листопада 2018 року № 879.



## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПЕРЕНОСНИХ ВОГНЕГАСНИКІВ ПРИ ГАСІННІ ЛІТІЙ-ІОННИХ АКУМУЛЯТОРІВ

*А. ГАВРИЛЮК, канд. техн. наук, доцент*

*Р. ЯКОВЧУК, д-р техн. наук, доцент*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Аналіз сучасних наукових досліджень та публікацій показує, що світова наукова спільнота приділяє чимало уваги безпековим питанням літій-іонних акумуляторних батарей (АКБ), в тому числі і їх пожежній безпеці, способах та методах їх гасіння. Пожежі літій-іонних АКБ є гібридними, тобто включають в себе горіння твердих речовин (клас пожежі А), горіння рідин (клас пожежі В), горіння газів (клас пожежі С) та горіння металів (клас пожежі D).

У роботі [1], вказано, що зазвичай в акумуляюючих станціях електроенергії використовують газові системи пожежогасіння, а в якості вогнегасної речовини застосовують азот та вуглекислоту. Ефективність використання вуглекислоти для гасіння пожеж літій-іонних АКБ окреслено також у науковій праці [2]. Автори роботи [3] розробили на основі калій-алюмінієвого карбонату вогнегасний порошок з покращеною температурною стійкістю для гасіння літій-іонних АКБ. У роботі [4] досліджено позитивний вплив фторовмісних вогнегасних речовин на вогнегасний ефект при гасінні літій-іонних АКБ. Крім того низка досліджень показали, що матеріали, що містять фтор, можуть блокувати ланцюгову реакцію під час згоряння літій-іонних АКБ, не руйнуючи електрообладнання [5, 6]. Ефективність гасіння літій-іонних АКБ рідкими вогнегасними речовинами, до основного складу яких входить вода описано у наукових працях [7,8]. Для проведення досліджень були відібрані та підготовлені модулі з силової АКБ електромобіля Tesla model S ємністю 75 кВт·год.

Модуль містив 462 елементи формату 18650 (циліндричної форми діаметром 18 мм та вистою 65 мм). Анод виготовлений з графіту, а катод – з LiNixCoyAlzO2 (NCA). Сумарна енергетична ємність елементів модуля становила 5,7 кВт·год, а напруга – 27 В. Також були підготовлені переносні вогнегасники ВП-5 (з), ВВК-5 (з), ВПП-5 (з), ВВ-5 (з), з вогнегасними речовинами: вогнегасний порошок загального призначення, вуглекислота, повітряно-механічна піна низької кратності та дрібнорозпилена вода з сольовими добавками відповідно.

Першим для гасіння застосовувався порошковий вогнегасник ВП-5(з) з зарядом вогнегасного порошку загального призначення 5 кг. Під час гасіння вдалось збити полум'я. Однак через 18-20 с полум'я не горіння самостійно відновилося. Після цього був відведений час на самостійне розгоряння модуля орієнтовно до площі початкового гасіння, а саме 0,02-0,025 м<sup>2</sup>. Час, за який була досягнута початкова площа горіння після застосування ВП-5 (з) становив 245 с. Після цього був застосований вуглекислотний вогнегасник ВВК-5 з масою вуглекислоти 5 кг. Слід відмітити, що даний тип вогнегасника менш ефективно збивав полум'я у порівнянні із ВП-5 (з) і час повторного полум'яного горіння відбулось вже через 3-4 с після припинення подачі вуглекислоти. По аналогії був застосований переносний вогнегасник ВВП-5 (з). Після використання даного типу вогнегасника повторне займання не спостерігалось впродовж 1 год, а температура модуля зменшилась до 70-78 °С, що є прийнятною і унеможлиблює повторний розвиток електро-теплого процесу.



Рисунок 1 – Використання різних типів переносних вогнегасників під час гасіння літій-іонного модуля: а) ВП-5 (з); б) BVK-5; в) VVP-5 (з) ; г) BB-5 (з)

На підставі експерименту встановлено, що гасіння літій-іонного модуля з використанням переносного вогнегасника BVK-3,5 є найменш ефективним серед інших досліджуваних вогнегасників, відновлення полум'яного горіння відбувається вже через 3-4 с після припинення подачі вуглекислоти в осередок горіння. Під час застосування переносного вогнегасника ВП-5 (з) полум'яне горіння досліджувального модуля відновлювалось через 18-20 с. Бажаний ефект гасіння досягнутий завдяки застосуванню повітряно-механічної піни низької кратності з вогнегасника VVP-5, а також розпиленої води з сольовими добавками з вогнегасника BB-5 (з).

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Wang, S., Gong, X., Shao, R., Xu, L., Li, Y., He, F., Feng, X. (2024). *Suppression Effects of Different Extinguishing Agents on Vent Gases Fires from Lithium-ion Batteries after Thermal Runaway: A comprehensive experimental and numerical study.* *Fire Safety Journal*, 104227.
2. Bolshova, T. A., Shvartsberg, V. M., & Shmakov, A. G. (2021). *Synergism of trimethylphosphate and carbon dioxide in extinguishing premixed flames.* *Fire Safety Journal*, 125, 103406.
3. Zhang, Y., Wang, Z., Liu, J., Li, Q., Pan, R., & Zhou, X. (2023). *Alkaline potassium aluminum carbonate: A novel high-efficiency dry powder extinguishing agent with high heat-resistant.* *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 173, 106038.
4. Zhang, L., Li, Y., Duan, Q., Chen, M., Xu, J., Zhao, C., Wang, Q. (2020). *Experimental study on the synergistic effect of gas extinguishing agents and water mist on suppressing lithium-ion battery fires.* *Journal of energy storage*, 32, 101801.
5. Jiang, L., Wang, Q., Li, K., Ping, P., Jiang, L., & Sun, J. (2018). *A self-cooling and flame-retardant electrolyte for safer lithium ion batteries.* *Sustainable Energy & Fuels*, 2(6), 1323-1331.
6. Zhou, X., Lu, D., Chao, M., & Chen, W. (2014). *Experimental and theoretical studies on the thermal decomposition of 1, 1, 2, 2, 3, 3, 4-heptafluorocyclopentane.* *Journal of Fluorine Chemistry*, 164, 70-77.
7. Hu, J., Tang, X., Zhu, X., Liu, T., & Wang, X. (2024). *Suppression of thermal runaway induced by thermal abuse in large-capacity lithium-ion batteries with water mist.* *Energy*, 286, 129669.
8. Liu, T., Liu, Y., Wang, X., Kong, X., & Li, G. (2019). *Cooling control of thermally-induced thermal runaway in 18,650 lithium ion battery with water mist.* *Energy Conversion and Management*, 199, 111969.

## ПРОБЛЕМИ ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ПІД ЧАС ДІЇ ВОЄННОГО СТАНУ В УКРАЇНІ

*А. ГАВРИСЬ, канд. техн. наук, доцент*

*В. ФІЛІПОВА*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Згідно зі статистичними даними [1] за період від 22 лютого 2022 року до початку 2024 року на об'єктах критичної інфраструктури внаслідок терористичних атак було нанесено значної шкоди матеріальним цінностям, навколишньому середовищу та життю і здоров'ю населення, зокрема: за попередніми даними обласних військових адміністрацій, станом на кінець 2023 року, загальна кількість зруйнованих або пошкоджених об'єктів житлового фонду становить близько 250 тис. будівель, з них 222,6 тис. – приватних (індивідуальних) будинків; 27 тис. – багатоквартирних будинків; 0,53 тис. – гуртожитків; завдано шкоди або зруйновано 1284 об'єкти охорони здоров'я, до яких відносяться лікарні, поліклініки, стоматології, консультативно-діагностичні центри, амбулаторії, центри крові, медичні кабінети, лабораторії, медичні склади, бюро судмедекспертиз тощо; постраждали 160 об'єктів соціального захисту населення - соціальні центри, геріатричні установи, санаторії, дитячі табори та дитячі будинки, інтернати, заклади по роботі з бездомними; ушкоджено або зруйновано активи щонайменше 426 великих та середніх приватних підприємств, а також державних і десятки тисяч малих приватних підприємств; завдано суттєвої шкоди щонайменше 2,9 тис. торговельних точок (магазини; аптеки; кіоски; автозаправні станції), та торгових центрів, з яких було зруйновано 9, а пошкоджено 22; нанесено шкоди 19 аеродромам, зокрема 12 цивільних і 7 подвійного призначення (без урахування військових), частина аеродромів зазнала по декілька повторних обстрілів; щонайменше 726 операторів електронних комунікацій фіксованого доступу до мереж Інтернет зазнали збитків; ушкоджено 126 залізничних вокзалів і станцій; пошкоджено або зруйновано – 32 нафтобази різного розміру та рівня модифікації; виведено з ладу або повністю зруйновано 863 котельні, 183 центральних теплових пунктів, 25 водопровідних очисних споруд, 182 водопровідні насосні станції, 159 свердловин, 183 каналізаційних насосних станцій, 51 каналізаційна очисна споруда, 33 полігони для захоронення побутових відходів та 5 сміттесортувальних ліній; пошкоджено всі підконтрольні Україні теплові електростанції, гідроелектростанції та 18 – теплоелектроцентралей.

Тому з початком 2022 року одним із важливих питань постало як захистити об'єкти критичної інфраструктури від ураження ракетно-дронових обстрілів, оскільки кожна така атака супроводжується порушенням життєдіяльності населення країни.

Відповідно до [2] термін «Об'єкти критичної інфраструктури» інтерпретується як об'єкти інфраструктури, системи, їх частини та їх сукупність, які є важливими для економіки, національної безпеки та оборони, порушення функціонування яких може завдати шкоди життєво важливим національним інтересам. Тобто, це об'єкти, які відіграють вирішальну роль у промисловості, економіці, суспільних процесах і забезпеченні безпеки населення. Їхній вихід з ладу або порушення їх роботи може призвести до катастрофічних наслідків для національної безпеки та оборони держави, докіль, призвести до загрози життю, здоров'ю людей та матеріальних збитків. Виходячи з цього можна зрозуміти яку вагомість має об'єкт критичної інфраструктури та як важливо, щоб він функціонував в штатному режимі.

Однією з головних цілей агресора була, є і залишається енергетична інфраструктура України. Ворог активно здійснює цілеспрямовані та масштабні атаки на об'єкти, що забезпечують виробництво, передачу та розподіл електроенергії. До цієї категорії об'єктів відносяться гідроелектростанції, які є важливим джерелом електроенергії в Україні. Вони забезпечують енергетичну безпеку, регулюють річкові потоки і мають важливу роль у водопостачанні та зрошенні. Крім того, вони допомагають забезпечувати стабільність енергосистеми під час пікових навантажень.

Найбільша за останній час надзвичайна ситуація, яка траплялась на гідроелектростанціях, сталася 6 червня 2023 році на Каховській гідроелектростанції, що розташована на півдні України, поблизу міста Нова Каховка в Херсонській області. Через руйнування греблі утворилося затоплення 620 км<sup>2</sup> території у 4-х областях країни, постраждало приблизно 80 населених пунктів, 333 тис. га природоохоронних територій, 11,3 тис. га лісових угідь, порушено роботу річкового транспорту та зрошення сільськогосподарських угідь, без питної води залишилися приблизно 1 млн осіб, загинули 32 людини, постраждали – 28, житло близько 1,4 млн домогосподарств є ушкодженим або зруйнованим, а також втрачено 334,8 МВт потужності. Через гідровузол проходили стратегічні автомобільний та залізничний мости, які зараз повністю зруйновані. Всі ці наслідки можливо передбачати і попереджувати, як до прикладу в статті [3], автори провели комп'ютерне моделювання внаслідок затоплення території і пропонують алгоритм ідентифікації небезпек, що можуть виникнути в наслідок цього явища. Ця надзвичайна ситуація вкотре довела необхідність захисту гідроелектростанцій від можливих в подальшому обстрілів та терактів, які можуть призвести до руйнування об'єктів, відключення електроенергії на великих територіях та затоплення прилеглих населених пунктів можливої загибелі людей, що в свою чергу впливає на економіку, промисловість і населення.

Для забезпечення ефективної роботи таких об'єктів у воєнний час, Україна повинна постійно оновлювати законодавство щодо захисту критичної інфраструктури, зважаючи на нові загрози та міжнародні стандарти безпеки. Важливим є також залучення міжнародних партнерів для надання не лише фінансової, а й технічної підтримки, яка включатиме сучасні технології захисту, постачання обладнання для екстрених ремонтів і розвиток систем раннього виявлення атак. Співпраця з міжнародною спільнотою має бути спрямована на скорочення часу відновлення енергетичних ресурсів.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії Росії проти України станом на початок 2024 року. Режим доступу: [https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/04/01.01.24\\_Damages\\_Report.pdf](https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/04/01.01.24_Damages_Report.pdf)
2. Закон України від 21.06.2024 року за № 1882-IX «Про критичну інфраструктуру».
3. Havrys, A., Yakovchuk, R., Pekarska, O., Tur, N. (2024). Use of the computer modelling for the analysis of dangerous areas during flooding of territories. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 25(4). DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/184265>

## ОРГАНІЗАЦІЙНА СИСТЕМА ЗАХИСТУ ВІД БЛИСКАВКИ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

*Сергій ГОЛОВЧЕНКО, канд. екон. наук, доцент кафедри автоматичних систем безпеки та електроустановок*

*М. КОРАБЕЛЬ, курсант 4-го курсу*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

Блискавка як глобальне природне явище стосується усіх і кожного незалежно від того, знає він про це чи ні. З бурхливим поширенням електроніки та оцифрування технологічних процесів зростає актуальність захисту апаратних засобів від згубних імпульсів перехідних напруг грозового походження.

Набуває розвитку новий напрям технології — організаційний захист від блискавок. За результатами спостереження за накопиченням та рухом грозових фронтів формуються попередження для тих, чия безпека безпосередньо залежить від цього грізного явища, зокрема: транспорт, енергетика, сільське господарство, гірничовидобування, будівництво, масові заходи просто неба тощо [1].

Безпека громадян полягає у тому, щоб заздалегідь потурбуватися про безпечне укриття на час грози. І чим більше буде споруд, надійно захищених від блискавки, тим легше буде впоратися з цим завданням.

Людство досі неспроможне ані відвернути виникнення спалаху блискавки, ані навіть якимось вплинути на характер розвитку небесної іскри. Проте можна (і потрібно) зменшити до прийняттого рівня згубні наслідки влучання блискавки безпосередньо в будівлю (споруду) чи поблизу неї.

У наведених вище ДСТУ серії 62305 для полегшення діяльності спеціалістів-проектувальників зазначені головні відомості про параметри блискавки та небезпечні фактори, що її супроводжують, та виокремлено їх у: певні категорії, класи захисту, таблиці, графіки, діаграми, рисунки.

Розрізняються області, куди саме влучила блискавка. Чотири випадки позначено латинською літерою S (Source – Джерело пошкодження):

S1 – безпосередньо в будівлю (споруду);

S2 – поблизу будівлі (споруди);

S3 – в лінії комунікацій, які приєднані до будівлі (споруди) — кабелі живлення, лінії телекомунікацій, металеві труби (газ, вода, каналізація, центральне опалення);

S4 – поблизу ліній комунікацій, які приєднані до будівлі (споруди).

Система захисту від блискавки (далі – LPS) має бути розрахована таким чином, щоб захистити споруду, живих істот у ній, а також електричні/електронні пристрої за всіх чотирьох варіантів джерела пошкодження. LPS діляться на:

- зовнішні – вберігають будівлю (споруду) від фізичних руйнувань (пожежа, розколювання, розтріскування), а також живих істот у споруді від ураження електричним струмом, який протікає під дією напруги дотику та/чи крокової напруги;

- внутрішні – захищають електричні/електронні системи в будівлі (споруді) від збоїв, які спричиняють імпульсні електромагнітні поля спалахів блискавки (LEMP).

За даними технічного комітету 81 Міжнародної електротехнічної комісії, 2/3 коштів, які щороку витрачаються у світі на блискавкозахист, йдуть на придбання пристроїв захисту від імпульсних перенапруг (далі — SPD). Але якщо поглянути на проекти, які реалізуються в Україні, то з сумом побачимо, що у них переважно йдеться лише про зовнішні LPS. Тому нашим проектувальникам, а також інвесторам належить

удосконалювати своє уявлення про принципи побудови систем захисту від блискавки [2].

Важливо зрозуміти, що ризики від грозової діяльності обраховуються статистичним шляхом. Якщо розрахунки демонструють, що споруду може бути уражено раз на кожні 5 років, ця подія може відбутися у будь-який з цих років.

Економічна доцільність LPS проявляються лише за умови її утримання у працездатному стані протягом тривалого часу (20–25 років). Цьому неабияк сприяє механічна і корозійна стійкість компонентів LPS.

Таким чином незабаром буде введено в дію два ДСТУ EN серії 62561, які містять вимоги щодо компонентів LPS та методів їх випробування. Завдяки цьому проектувальники та інвестори матимуть змогу вимагати від виробників або уповноважених постачальників додавати декларацію відповідності до їхніх виробів, обираючи той чи інший бренд.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Панченко С. В. Електробезпека: Підручник / С. В. Панченко, О. І. Акімов, М. М. Бабаєв та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2018. – 295 с.

2. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом (ДСТУ Б В.2.5-82:2016): наказ Мінрегіон України

**УДК 621.838.4**

#### **ДО ПИТАННЯ ЩОДО ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНОСТІ РЕЗЕРВУАРІВ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ НАФТИ І НАФТОПРОДУКТІВ**

*Юрій ДЕНДАРЕНКО, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт*

*Валентин ДИВЕНЬ, канд. іст. наук, доцент, доцент кафедри пожежно-профілактичної роботи*

*Сергій ЩЕПАК, викладач кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України*

Задача оцінки пожежонебезпечності вертикального сталевого резервуара, в якому зберігається легкозаймиста рідина, має містити у собі питання нестационарної передачі тепла конфекцією до тіла резервуара (далі по тексту замість виразу «стінка резервуара» будемо використовувати вираз «тіло резервуара», оскільки задача, яку належить розв'язати, стосується металевих стінок різної товщини ємностей, які містять легкозаймисті, горючі рідини або їх пари) та від нього, розподілення температур у тілі резервуара, а також підігріву середовища, яке знаходиться всередині. Цей підігрів важливий і самий по собі, але він ще й значно впливає на величину тепловіддачі від резервуара до внутрішнього середовища [1; 2].

Розподілення температур у тілі резервуара описується рівнянням [3]

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left( \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial T}{\partial r} \right), \quad (1)$$

де  $T$  – температура;

$t$  – час;

$r$  – радіус (рис. 1.);

$\alpha$  – коефіцієнт температуропровідності.

Граничними умовами задачі є

$$\lambda_{ст} \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=R_3} = \alpha_3 [T_H - T(R_3)]; \quad (2)$$

$$\lambda_{ст} \frac{\partial T}{\partial r} = \alpha_{вн} [T(R_{вн}) - T_{ср}], \quad (3)$$

де  $\lambda_{ст}$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу виготовлення резервуара (сталь);  
 $\alpha_3, \alpha_{вн}$  – коефіцієнти тепловіддачі конвекцією від навколишнього повітря до зовнішньої поверхні резервуара та від внутрішньої поверхні до середовища всередині резервуара;

$T_H$  – температура навколишнього середовища, яка містить ефект інфрачервоного випромінювання. Вона вважається у цій задачі відомою;

$T_{ср}$  – температура середовища всередині резервуара, яка є функцією процесу в цілому;

$R_3, R_{вн}$  – зовнішній і внутрішній радіуси резервуара.

Звичайно, з метою доведення необхідності створення гідравлічного захисту від впливу теплового потоку вертикальних сталевих резервуарів, які містять нафту або нафтопродукт, необхідно дослідити процес підвищення та розподілення температур у тілі резервуара, а також його негативний вплив на середовище, що міститься всередині.

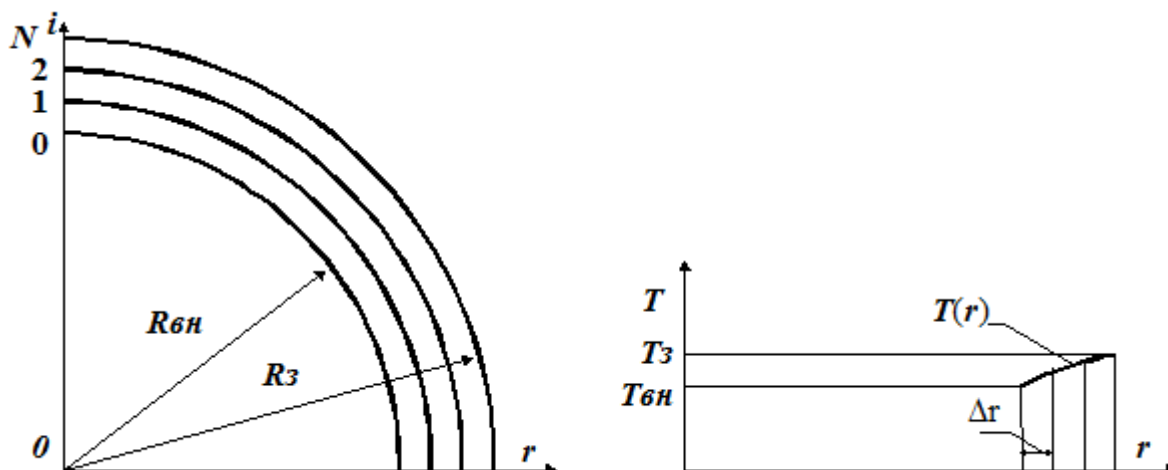


Рисунок 1 – До розподілення температур у тілі резервуара

Задача, природно, є нестационарною. Але саме ці обставини полегшують її розв'язання. Знаючи початкове розподілення температур у тілі резервуара та середовища всередині, а також температуру  $T_H$  у початковий момент часу, за відомими емпіричними зв'язкам, описаними основами теплопередачі, можна знайти коефіцієнти тепловіддачі  $\alpha_3$  та  $\alpha_{вн}$ . Визначивши тепловий потік у бік середовища всередині резервуара, виникає можливість визначення його підігріву на порівняно малому проміжку часу та розподілення температур у тілі резервуара. На кожному часовому проміжку (кроці) уточнюється визначення перерахованих функцій.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ВБН В.2.2-58.1-94. Проектування складів нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа. – К.: Держкомнафтогаз, 1994. – 153 с.

2. Дендаренко Ю. Ю. Радіальні теплоізоляційні водяні струмені для протипожежного захисту вертикальних сталевих резервуарів // Вісник Черкаського державного технологічного університету: Науково-технічний журнал. – Черкаси: № 3, 2002. – С. 114-116.

3. Попов В. М., Куценко Л. М., Семенова-Куліш В. В. Метод оцінки теплового потоку, що випромінюється еліпсоїдом як факелом полум'я. – Харків: ХІПБ МВС України, 2000. – 144 с.

## СЕРЕДНІЙ ТИСК НА ОБ'ЄКТ ДЛЯ СНАРЯДУ З ОВАЛЬНИМ НОСОМ

*Валентин ДИВЕНЬ, канд. іст. наук, доцент*

*Юрій ДЕНДАРЕНКО, канд. техн. наук, доцент*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

Для цього необхідно визначити  $\alpha$  та  $\beta$  для кулеподібного снаряду з овальним носом, використовуючи таблиці.

Таблиця 1. Значення показників  $\alpha, \beta, \sigma_t, \xi$

|  | $\alpha$ | $\beta$                 | $\sigma_t$ | $\xi$ |
|--|----------|-------------------------|------------|-------|
| conical-nose<br>(конічний ніс)             | 1        | $2\sin\frac{\theta}{2}$ | $\sigma_e$ | 0     |
| flat-nose<br>(плоский ніс)                 | 1        | 2                       | $\sigma_e$ | -     |
| ogival-nose<br>(овальний ніс)              | 1        | $\frac{3}{4\psi}$       | e          | 0     |
| hemispherical-nose<br>(напівсферичний ніс) | 1        | $\frac{3}{2}$           | $\sigma_e$ | 0     |

Таблиця 2. Значення показників  $\alpha, \beta, \sigma_t, \xi$

|  | $\alpha$  | $\beta$                 | $\sigma_t$ | $\xi$ |
|--|---|-------------------------|------------|-------|
| conical-nose<br>(конічний ніс)             | $\frac{1}{2}\left[1 + \ln\frac{2E}{(5-4\nu)Y}\right]$ | $2\sin\frac{\theta}{2}$ | Y          | -     |
| flat-nose<br>(плоский ніс)                 | $\frac{1}{2}\left[1 + \ln\frac{2E}{(5-4\nu)Y}\right]$ | 2                       | Y          | -     |
| ogival-nose<br>(овальний ніс)              | $\frac{2}{3}\left[1 + \ln\frac{E}{3(1-\nu)Y}\right]$  | $\frac{3}{4\psi}$       | Y          | 2     |
| hemispherical-nose<br>(напівсферичний ніс) | $\frac{2}{3}\left[1 + \ln\frac{E}{3(1-\nu)Y}\right]$  | $\frac{3}{2}$           | Y          | 2     |

Знаходимо значення  $\alpha$  за допомогою одного із наведених рівнянь:

Металеві цілі

$$\frac{2}{3}\left[1 + \ln\frac{E}{3(1-\nu)Y}\right] \quad (1)$$

Ламінат FRP

$$\alpha = 1$$

де:

E – модуль Юнга, Гпа;



$\nu$  – коефіцієнт Пуассона;  
 $Y$  – межа міцності на зсув, МПа;  
 $\sigma_y$  – межа міцності сталі на зсув, МПа.

$$\alpha = \frac{2}{3} \left[ 1 + \ln \frac{E}{3(1-\nu)Y} \right] \quad (2)$$

Знаходимо значення  $\beta$  за допомогою рівняння:

$$\beta = \frac{3}{4\psi} \quad (3)$$

CRH ( $\psi$ ) можна визначити, використовуючи значення коефіцієнта ефективності носової частини («N») з UFC 4-023-07, Додаток С, і застосовуючи це значення до перероблених рівнянь 5-6 з UFC 4-023-07 у рівнянні 5, що наведено нижче [1]:

$$\text{CRH}(\psi) = \left( \frac{N-0,72}{0,25} \right)^2 + 0,25 \quad (4)$$

Прорахуємо середній тиск ( $\sigma$ ). Використовуючи значення  $\alpha$  і  $\beta$  можна вирахувати середній тиск  $\sigma$

$$\sigma = \left( \alpha + \beta \sqrt{\frac{\rho_t}{\sigma_t} V_i} \right) \cdot \sigma_t \quad (5)$$

де

$\rho_t$  – густина матеріалу, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\sigma_t$  – міцність матеріалу на зсув, МПа;  
 $V_i$  – швидкість снаряду, м/с.

Розрахуємо глибину проникнення снаряду. Останнім кроком є визначення глибини проникнення (P) в матеріал цілі за допомогою рівняння:

$$P = \left( \frac{4}{\pi} \right) \frac{E_k}{(\sigma \cdot 10^6) \cdot d^2} \quad (6)$$

де:

$E_k$  – кінетична енергія, Дж;  
 $d$  – діаметр снаряда, м;  
 $P$  – глибина проникнення, м.

Приклад розрахунку глибини проникнення снаряда масою 1 кг, що влучає в ґрунт зі швидкістю 300 м/с, маючи наступні показники для ґрунту: CRH ( $\psi$ ) = 6, діаметр снаряда ( $d$ ) = 0,03 м, густина ґрунту ( $\rho$ ) = 1650 кг/м<sup>3</sup>, міцність ґрунту на зсув і межа міцності ( $\sigma_t$  і  $Y$ ) = 10,5 МПа, значення модуля Юнга для ґрунту ( $E$ ) = 0,16 МПа, співвідношення закону Пуассона для ґрунту ( $\nu$ ) = 0,3. Підставивши вище вказані значення у відповідну формулу ми отримаємо числове значення глибини проникнення снаряда в бетон.

Друге рівняння, яке можна використовувати для прогнозування проникнення снаряда в бетон – це рівняння 5 – 5 на стор. UFC 4-023-07 [1]. Для цього рівняння потрібні балістичні параметри, подібні до рівняння Вена, але воно включає максимальний розмір наповнювача (щебеню) ( $c$ ) і вік (старість) бетону ( $f_{age}$ ).

$$P = \frac{56,6 \left( \frac{m}{D^3} \right)^{0,075} \bar{N} m V^{1,8}}{D^2 \sqrt{f_c}} \left( \frac{D}{c} \right)^{0,15} f_{age} + D \quad (7)$$

де:

$P$  – максимальне проникнення в бетон, мм;  
 $D$  – діаметр снаряда, мм;  
 $m$  – маса снаряда, кг;  
 $V$  – швидкість удару, м/с;  
 $c$  – максимальний розмір щебеню, мм;  
 $f_c$  – міцність бетону на стиск, МПа;  
 $\bar{N}$  – коефіцієнт ефективності носової частини з Додатку С ВБН 4-023-07;  
 $f_{age}$  – коефіцієнт старості бетону.

Залишкова швидкість після перфорації може бути розрахована за допомогою рівнянь 5-9 на сторінці 38 UFC 4-023-07 і показана нижче у рівнянні [1]:

$$V_r = V \left( 1 - \frac{t_{conc}}{P} \right)^{0,733} \quad (8)$$

де:

$V_r$  – залишкова швидкість, м/с;

$V$  – швидкість удару, м/с;

$t_{conc}$  – товщина бетону, мм;

$P$  – максимальне проникнення в бетон, мм.

Для швидкості і якості розрахунків використовують програмний продукт CONWEP. Програма використовує рівняння UFC і ряд попередньо встановлених значень для прогнозування проникнення поширених систем озброєння в стандартні матеріали.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. UFC 4-023-07 «Проектування для протистояння впливу прямої вогнепальної зброї».

### ПРОГНОЗУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ПРОНИКНЕННЯ СНАРЯДІВ В ІСНУЮЧІ ТА ЗАХИЩЕНІ СПОРУДИ

*Валентин ДИВЕНЬ, канд. іст. наук, доцент*

*Юрій ДЕНДАРЕНКО, канд. техн. наук, доцент*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

*Олександр ДОЦЕНКО*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Можливість прогнозування проникнення снарядів в існуючі та захищені споруди важливо для в'ясування питання необхідності вдосконалення системи захисту або її модернізації. На теперішній час відомо декілька методів розрахунку проникаючої здатності снарядів:

- обчислення вручну (WEN, UFC, Sandia);
- за допомогою програмних рішень;
- на основі даних попередніх випробувань.

Кожен метод враховує різні властивості матеріалу. Всі процеси є у вільному доступі (за винятком програмного забезпечення). Для розрахунку проникнення в цілі необхідне попереднє дослідження для визначення/ідентифікації параметрів, необхідних для різних методів прогнозування [1]. Зокрема такими параметрами є:

Снаряд

- швидкість;
- маса;
- радіус головної частини калібру (CRH);
- діаметр;
- довжина;
- матеріал/щільність.

Ціль

- тип і щільність матеріалу;
- товщина матеріалу;
- коефіцієнт твердості за Брінеллем (тільки для сталі);
- міцність на стиск та зсув;
- коефіцієнт Пуассона;

- модуль Юнга.

Два найпоширеніші методи розрахунку проникнення снаряда в бетон вручну – це рівняння WEN з «Зауваженням щодо глибокого проникнення снарядів у бетон» та рівняння, що міститься в UFC 4-023-07 «Проектування для протистояння впливу прямої вогнепальної зброї» [2]. Рівняння WEN – це просте аналітичне рівняння. Може використовуватися для ґрунту та сталі, де це необхідно. У рівняння включено кілька параметрів.

$$P = \left(\frac{4}{\pi}\right) \frac{E_k}{(\sigma \cdot 10^6) \cdot d^2} \quad (1)$$

де P – глибина проникнення снаряда, м;

$E_k$  – кінетична енергія снаряда, Дж;

$\sigma$  – середній тиск;

d – діаметр снаряда, м.

Для розрахунку кінетичної енергії снаряда використовують наступне рівняння:

$$E_k = 1/2 \cdot m \cdot V^2 \quad (2)$$

Розраховуємо середній тиск ( $\sigma$ ). Для цього необхідно визначити  $\alpha$  та  $\beta$  для кулеподібного снаряда з овальним носом, використовуючи таблиці.

Таблиця 1. Значення показників  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\sigma_t$ ,  $\xi$

|   | $\alpha$   | $\beta$                   | $\sigma_t$ | $\xi$ |
|---|--|---------------------------|------------|-------|
| conical-nose<br>(конічний ніс)                  | $\frac{1}{2} \left[ 1 + \ln \frac{2E}{(5-4\nu)\sigma_y} \right]$ | $2 \sin \frac{\theta}{2}$ | $\sigma_y$ | 0     |
| flat-nose<br>(плоский ніс)                      | $\frac{1}{2} \left[ 1 + \ln \frac{2E}{(5-4\nu)\sigma_y} \right]$ | 2                         | $\sigma_y$ | -     |
| ogival-nose<br>(овальний ніс)                   | $\frac{2}{3} \left[ 1 + \ln \frac{E}{(3-4\nu)\sigma_y} \right]$  | $\frac{3}{4\psi}$         | $\sigma_y$ | 0     |
| hemispherical-nose<br>(напівсферичний ніс)      | $\frac{2}{3} \left[ 1 + \ln \frac{E}{(1-\nu)\sigma_y} \right]$   | $\frac{3}{2}$             | $\sigma_y$ | 0     |
| eroding penetrators<br>(розмиваюче проникнення) | $\frac{2}{3} \left[ 1 + \ln \frac{E}{(1-\nu)\sigma_y} \right]$   | $\frac{3}{2}$             | $\sigma_y$ | 1     |

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні рекомендації щодо організації оперативних дій підрозділів ДСНС під час гасіння пожеж на складах нафтопродуктів, що сталися внаслідок обстрілів в умовах ведення бойових дій. – Київ, ДСНС України, 2022. – 15 с.
2. UFC 4-023-07 «Проектування для протистояння впливу прямої вогнепальної зброї».

## АКТУАЛЬНІ НАУКОВІ ПРОБЛЕМИ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ, ПОЖЕЖНОЇ ТА ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ В УКРАЇНІ

*Л. ЗАПОЛЬСЬКИЙ, д-р техн. наук, с. н. с., начальник науково-організаційного відділу  
Н. ІЛЬІНА, науковий співробітник науково-організаційного відділу  
Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

У провідних країнах світу значна увага приділяється питанням щодо ефективної роботи системи попередження і ліквідації надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру. З урахуванням введення в державі воєнного стану актуальними є питання щодо створення нових технологій, способів, новітніх зразків техніки для боротьби з подібними явищами [1].

Слід зазначити, що сучасний рівень захисту населення та територій від надзвичайних ситуацій та пожеж не повною мірою задовольняє вимоги суспільства. Продовжують погіршуватися показники щодо кількості пожеж і надзвичайних ситуацій, загибелі людей та матеріальних збитків. За перше півріччя 2024 року в Україні виникло 40861 пожежа та 39 надзвичайних ситуацій, у наслідок пожеж загинуло 764 людини [2].

За результатами аналізу встановлено, що така тенденція буде зберігатися.

Ризик загибелі людей від пожеж в Україні порівняно з аналогічними показниками інших країн майже на порядок більший чим в Італії, Німеччині, Англії та Франції.

На жаль така ситуація спостерігається в умовах коли проведено значний обсяг робіт на усіх рівнях реалізації державної політики у сфері цивільного захисту.

Потрібно зазначити, що важлива роль в удосконаленні системи цивільного захисту в державі належить Інституту державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту (далі – Інститут). Нині Інститут є:

- базовою науковою організацією Мінінфраструктури України за напрямом щодо проектування, будівництва та експлуатації будівель та інших споруд з питань пожежної безпеки та цивільного захисту;
- членом науково-технічної ради у сфері технічного регулювання, стандартизації, метрології та метрологічної діяльності при Мінекономіки України;
- секретаріатом Технічного комітету стандартизації України ТК 25 «Пожежна безпека та протипожежна техніка»;
- органом з визначення технічної прийнятності будівельної продукції тощо.

На сьогодні Інститут на постійній основі співпрацює з науковими та освітніми закладами, у тому числі міжнародними. До складу Інституту віднесено пожежно-випробувальний полігон, що містить необхідну наукову базу для проведення досліджень і випробувань у сфері цивільного захисту, пожежної та техногенної безпеки. На цій базі щорічно проводиться понад 300 випробувань речовин і матеріалів, технічних засобів пожежогасіння, вогнегасних і вогнезахисних речовин, пожежно-технічного оснащення тощо.

На сучасному етапі розвитку основними завданнями Інституту з наукової діяльності є:

- виконання прикладних пошукових, науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт у сфері цивільного захисту, пожежної та техногенної безпеки;
- проведення випробувань на пожежонебезпечність речовин, матеріалів, будівельних конструкцій, електротехнічних виробів, а також визначення показників якості виробів і обладнання, пожежної техніки, пожежно-технічного оснащення та

спорядження, продукції протипожежного призначення і засобів індивідуального та колективного захисту.

Виходячи із статистики надзвичайних ситуацій та пожеж в Україні, мети і завдань Інституту, наукового потенціалу, а також дослідної та випробувальної баз визначено основні пріоритетні наукові напрями на найближчу перспективу, а саме:

- удосконалення національної законодавчої та нормативно-правової бази діяльності ДСНС, вдосконалення системи національних стандартів у сфері цивільного захисту, їх гармонізація з відповідними міжнародними правовими актами;

- удосконалення нормативної бази у сфері будівництва з урахуванням введення в державі воєнного стану;

- удосконалення механізмів оцінювання загроз та ризиків виникнення надзвичайних ситуацій;

- обґрунтування вимог пожежної безпеки щодо облаштування місць для розміщення технічних засобів аварійного та резервного живлення;

- розробка і впровадження у виробництво та практичну діяльність пожежно-рятувальних підрозділів нових ефективних екологічно безпечних засобів для пожежегасіння, аварійно-рятувальних робіт і ліквідації надзвичайних ситуацій, а також засобів рятування людей та індивідуального захисту;

- подальший розвиток технічної та методичної (лабораторної та полігонної) бази, модернізація існуючого та створення нового експериментального обладнання для проведення всебічних досліджень та випробувань;

- зміцнення наукового кадрового потенціалу, орієнтація тематики наукових досліджень і дисертаційних робіт на розв'язання найбільш актуальних проблем у сфері попередження, ліквідації пожеж та надзвичайних ситуацій, а також на практичні потреби пожежно-рятувальних підрозділів тощо.

Наведені вище завдання складають лише основну частину загальнодержавних проблем у сфері цивільного захисту, пожежної та техногенної безпеки. Спираючись на світовий досвід можна стверджувати, що для успішного їх вирішення доцільним є об'єднання зусиль наукових і науково-педагогічних працівників ДСНС.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Дослідження стану готовності єдиної державної системи цивільного захисту, її функціональних і територіальних підсистем щодо ефективності та оперативності реагування на надзвичайні ситуації, наслідки військових конфліктів, здатності оперативно розв'язувати завдання за призначенням та стану захищеності населення і територій від таких ситуацій: звіт про НДР (остаточний) / кер. М. Андрієнко. Київ : ІДУ НД ЦЗ, 2023. 443с.

2. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 6 місяців 2024 року. URL :<https://idundcz.dsns.gov.ua/statistika-pozhezh/analitichni-materiali> (дата звернення: 04.09.2024).

## **ПРОГНОЗУВАННЯ РАДІАЦІЙНОГО СТАНУ У ВИПАДКУ АВАРІЙ АБО РУЙНУВАННЯ ЯДЕРНИХ УСТАНОВОК, ЩО ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ В УКРАЇНІ ПІД ЧАС ВОЄННИХ ДІЙ**

*Л. КАЛИНЕНКО, старший науковий співробітник науково-дослідного центру цивільного захисту*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

З огляду на збройну агресію російської федерації проти України зросла ймовірність застосування нею зброї масового ураження, навмисного або супутнього руйнування небезпечних об'єктів, в тому числі об'єктів, діяльність яких пов'язана з небезпечними хімічними речовинами та радіоактивними матеріалами. Такі події можуть призвести до виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних із утворенням зон хімічного та радіоактивного забруднення, появи загрози ураження населення та забруднення довкілля.

Виконання прогнозних оцінок щодо потенційних радіаційних наслідків інцидентів на АЕС України забезпечується інформаційно-кризовим центром (далі – ІКЦ) Держатомрегулювання України. Для прогнозування застосовують європейську систему підтримки прийняття рішень RODOS (JRODOS).

Прогнозування радіаційної обстановки на майданчиках об'єктів та за їх межами реалізується у взаємодії з експертами ДНТЦ ЯРБ, Центром прогнозування наслідків радіаційних аварій (ЦПНРА) Українського гідрометеорологічного центру ДСНС, АТ «НАЕК «Енергоатом», ВП АЕС та інших ліцензіатів у сфері використання ядерної енергії в мирних цілях.

Інститут проблем математичних машин та систем НАН України здійснює науково-технічну підтримку функціонування системи JRODOS в Україні. Зокрема, забезпечує користувачів чисельними даними метеорологічного прогнозу, отриманими на базі оперативної системи прогнозування WRF-Україна [1].

Оцінка радіаційних наслідків також може бути здійснена на базі альтернативних постачальників чисельних даних метеорологічного прогнозу, наприклад, даних Системи глобального прогнозування (GFS) [2].

Сучасні системи прийняття рішень можуть містити декілька опцій моделей переносу. Так, в систему JRODOS інтегровані моделі локального переносу RIMPUFF, DIPLOT, LASAT та модель дальнього переносу MATCH [3].

З метою прогнозу змін радіаційної обстановки та оцінки радіаційних наслідків в ІКЦ Держатомрегулювання, окрім системи JRODOS, також використовується низка інших інструментів моделювання:

- код HotSpot, розроблений Ліверморською національною лабораторією імені Лоуренса (LLNL, США) [4];

- код RASCAL Програми з аналізу та технічного обслуговування комп'ютерних кодів з радіаційного захисту (RAMP, США, <https://ramp.nrc-gateway.gov/codes/rascal>);

- модель траєкторій HYSPLIT Національного управління океанічних і атмосферних досліджень [5], які є додатковими інструментами експрес оцінки та прогнозування характеристик джерела викиду у випадку події на АЕС за описом аварійної ситуації (код RASCAL), концентрацій радіонуклідів в приземному шарі повітря, у випадіннях, потужності дози та доз опромінення в масштабі десятків кілометрів, або траєкторіями руху повітряних мас, які залишають майданчик аварійного об'єкта.

Серед останніх досліджень в напрямку використання сучасних програмних

засобів прогнозування радіаційних наслідків розглядається можливість застосування засобів мобільного радіаційного моніторингу та систем підтримки прийняття рішень на ранніх фазах радіаційних аварій з метою оптимізації прийняття рішень в реальному часі [1].

Окрім проведення епізодичних оцінок радіаційних наслідків, на етапі готовності або планування використовується статистичний метод оцінки. Однією з його переваг є оцінка можливої конфігурації рекомендованих зон для впровадження термінових та невідкладних контрзаходів щодо захисту населення.

В основах такого типу оцінки лежить використання масиву архівних метеорологічних даних за період не менше одного року. Результати подібних оцінок можуть давати уявлення щодо максимальних відстаней або орієнтовну площу зони застосування певного захисного заходу.

Наслідки аварій, які можуть бути спричинені бойовими діями проти ядерних об'єктів, важко передбачити, як і потенційні ризики, пов'язані з їх виникненням. У разі руйнування захисної оболонки діючого енергоблоку може виникнути важка аварія з радіаційними наслідками.

Прогноз можливого радіаційного стану, реагування та захисту населення проведені для умовних подій на Запорізької АЕС.

На майданчику Запорізької АЕС розташовані шість енергоблоків, шість басейнів витримки ядерного палива і сухе сховище відпрацьованого ядерного палива. В умовах продовження бойових дій навколо ЗАЕС дії з реагування на аварію та ліквідації її наслідків будуть значно ускладнені або взагалі неможливі. Тому ці обставини створюють реальну і серйозну загрозу виникнення ядерної аварії із транскордонними наслідками.

Розроблено характеристики джерел викиду з високою часовою роздільністю для можливих подій та статистична оцінка – розрахунок ймовірних відстаней та розмірів зон захисних заходів для двох варіантів аварійних сценаріїв: S1 «повне знеструмлення енергоблоку без функцій локалізації захисної оболонки»; S2 «механічне руйнування контейнера ВЯП ВСК-24 у сухому сховищі ВЯП».

Метою захисних заходів та інших дій реагування на радіаційні інциденти є:

- відновлення контролю над ядерною установкою;
- запобігання виникненню серйозних детермінованих ефектів, що викликають променеву хворобу;
- утримування доз опромінення персоналу і населення нижче загальних критеріїв, за яких захисні заходи та інші дії реагування є виправданими для зменшення ризику виникнення стохастичних ефектів.

Щоб досягти цих цілей, необхідно заздалегідь визначити зони та відстані для ефективного здійснення захисних заходів та інших дій реагування. Ці зони та відстані необхідно встановити таким чином, щоб вони забезпечили найбільш ефективну реакцію відповіді з урахуванням місцевих умов.

Проведені розрахунки свідчать, що для сценарію S1 зона впливу детермінованих ефектів у 50 % випадків може складати до 3-4 км від аварійного (зруйнованого) енергоблоку. Повна кількість випадків детермінованих ефектів може спостерігатися на відстані до 28 км. 70 % випадків впливу детермінованих ефектів може поширюватись на територію площею 4 км<sup>2</sup>.

Для сценарію S2 (з дуже високою ймовірністю) детерміновані ефекти не поширяться за межі майданчика Запорізької АЕС.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковалець І. В., Халченков О. В., Полонський О. О., 2019. ISSN 1028-9763. Математичні машини і системи, 2019, № 1. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/151928/04-Kovalets.pdf?sequence=1>.

2. Global Forecast System (GFS): сайт National Centers for Environmental Prediction (NCEP). URL: <https://www.ncei.noaa.gov/products/weather-climate-models/global-forecast>.

3. Chupryna, S., Kyrylenko, Y., & Nikolaiev, Y. (2023). Сучасні виклики щодо координації захисних заходів у разі виникнення трансграничної ядерної або радіаційної аварії. Ядерна та радіаційна безпека, (1(97)), 12-19. [https://doi.org/10.32918/nrs.2023.1\(97\).02](https://doi.org/10.32918/nrs.2023.1(97).02).

4. Website Lawrence Livermore National Laboratory. URL: <https://narac.llnl.gov/content/assets/docs/HotSpot-UserGuide-3-0.pdf>.

5. Website NOAA, США, <https://www.ready.noaa.gov/hypub-bin/trajtype.pl>.

**УДК 614.8**

## **ОЦІНКА НАДЛИШКОВОГО ТИСКУ ВИБУХУ ПІД ЧАС АВАРІЙ НА НАФТОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ**

*Я. КАЛЬЧЕНКО, PhD, доцент кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій*

*Національний університет цивільного захисту України*

Пожежна небезпека об'єктів нафтохімічної промисловості повинна відповідати вимогам пожежної, енергетичної, економічної, екологічної безпеки. Питання пожежовибухобезпеки підприємств нафтопереробної промисловості є дуже актуальними. Це пояснюється: наявністю потенційних небезпек, які спричиняють матеріальні та людські втрати; концентрація хімічних енергоносіїв, нафти та нафтопродуктів, їх здатність горіти, вибухати та забруднювати атмосферу шкідливими викидами, надзвичайно висока енергонасиченість об'єктів нафтопереробної промисловості. Близько 60 % надзвичайних ситуацій з пожежами становлять пожежі легкозаймистих рідин. Аварії вертикальних сталевих резервуарів, як правило, супроводжуються розливом нафти та спричиненими ним пожежами, що призводить до техногенних катастроф, порушень нормальної експлуатації та значного забруднення навколишнього середовища [1].

У дослідженні [2] оцінено наслідки аварійних ситуацій на резервуарах з нафтопродуктом при локальній розгерметизації з виникненням пожежі розливу нафти в обвалуванні, повній розгерметизації резервуару з нафтопродуктом без утворення хвилі прориву з виникненням пожежі розливу нафти по всій площі обвалування, повній розгерметизації резервуару з нафтопродуктом з утворенням хвилі прориву, з поширенням за межі обвалування.

Визначено залежність надлишкового тиску вибуху від відстані при різних аваріях на резервуарах з нафтопродуктом та побудовано графіки цих залежностей. Визначено числові значення радіусів руйнування будівель і споруд різного ступеня. Визначено, що при локальній розгерметизації резервуарів з нафтопродуктом радіус ураження становитиме 75 метрів, при повній розгерметизації збільшиться в 2,86 рази, а при повній розгерметизації з утворенням хвилі в 15,46 рази. Виходячи з цього, можна стверджувати, що наявність справного обвалування дозволяє істотно зменшити наслідки аварій на нафтових резервуарах.

Встановлено, що при локальній розгерметизації та повній розгерметизації без утворення хвилі прориву хвилі люди не отримують надто важких уражень, а при повній розгерметизації з утворенням хвилі прориву відстань, на якій люди отримують надто важкі ураження, становитиме 535 метрів.

### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Kustov, M. V., Kalugin, V. D., Tutunik, V. V., Tarakhno, E. V. (2019). Physicochemical principles of the technology of modified pyrotechnic compositions to reduce the chemical pollution of the



atmosphere. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 1, 92–99. doi:10.32434/0321-4095-2019-122-1-92-99.

2. Kalchenko Y., Afanasenko K., Vavreniuk S., Pisklova D. (2024). Assessment of excess pressure during accidents at oil refineries. *Problems of Emergency Situations*. № 1(39). С. 157-166. DOI: <https://doi.org/10.52363/2524-0226-2024-39-12>

**УДК 614.841:536.46**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ГОРІННЯ ЧАСТИНОК МЕТАЛЕВОГО ПАЛЬНОГО У ПРОДУКТАХ РОЗКЛАДАННЯ ПІРОТЕХНІЧНИХ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ НІТРАТНО-МЕТАЛІЗОВАНИХ СУМІШЕЙ**

*Оксана КИРИЧЕНКО, д-р техн. наук, професор, професор кафедри пожежно-профілактичної роботи*

*Марія КУЦЕНКО, канд. екон. наук, доцент, докторант докторантури*

*Вікторія КОВБАСА, ад'юнкт ад'юнктури*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

*Назарій КОЗЯР, канд. техн. наук, докторант докторантури*

*Національний університет цивільного захисту України*

Представлено результати досліджень процесу горіння частинок магнію у газоподібних продуктах термічного розкладання нітратовмісних окиснювачів (нітратів лужних та лужноземельних металів), добавок органічних (парафіну, стеарину, ідиолу, тіоколу та ін.) та неорганічних (фторидів металів та ін.) речовин, які входять у склад піротехнічних багатокомпонентних нітратно-металізованих сумішей, що передують вибухонебезпечному розвитку процесу горіння сумішей та пожежонебезпечному руйнуванню виробів в умовах зовнішніх термічних дій [1-3].

Систематизація, аналіз та узагальнення даних по горінню частинок магнію у активних газоподібних продуктах ( $O_2$ ,  $O_2 + N_2$ , повітря,  $CO_2$ , пара води та ін.) термічного розкладання нітратовмісних окиснювачів (нітратів лужних та лужноземельних металів), органічних (парафіну, стеарину, ідиолу, тіоколу та ін.) та неорганічних (фторидів та оксидів металів та ін.) речовин [3-6] свідчать, що:

- процес горіння частинок магнію є дуже складним, протікає по дифузійному механізму та залежить від великої кількості різних чинників (стану поверхні частинки металу та її середнього розміру, складу та властивостей навколишнього середовища, зовнішнього тиску та ін.);

- процес горіння магнієвих стрічок у суміші кисню з інертними газами протікає у восьми областях з характерними особливостями полум'я, які залежать від концентрації кисню у навколишньому середовищі та зовнішнього тиску;

- часинки Mg у кисневмісних середовищах ( $O_2$ ,  $O_2 + N_2$ , повітря) згоряють у дифузійному режимі з утворенням яркої зони свічення, радіус якої збільшується зі зростанням концентрації кисню та зовнішнього тиску;

- час згоряння нерухомих частинок Mg у повітрі пропорційний квадрату їх діаметра та залежить від характеру процесу горіння (симетричного або несиметричного);

- значна залежність константи часу горіння  $k = \frac{\tau_z}{d_0^2}$ ; частинок Mg у кисневмісних середовищах від радіусу зони свічення вказує на те, що реакції, тепло яких визначає швидкість випаровування Mg, відбувається у газовій фазі; при цьому збільшення

концентрації кисню вище 45 % призводить до того, що величина  $k$  стає слабо залежною від розміру зони свічення, хоча вплив концентрації кисню на  $\tau_2$  залишається сильним;

- при горінні частинок Mg, що обдуваються газовим потоком  $O_2 + N_2$ , час їх згоряння зростає зі збільшенням швидкості обдування та вмісту кисню у суміші; при підвищенні температури потоку час згоряння зменшується;

- при згорянні частинок Mg у кисневмісних середовищах маса кінцевого продукту зменшується зі збільшенням вмісту кисню у середовищі: у повітрі вона склала біля 25 %, а при вмісті кисню 1 % дорівнювала масі вихідної речовини; у суміші кисню з аргонем (1...21 %  $O_2$ ) та азотом (4...21 %  $O_2$ ) розмір зразка був меншим вихідного на 10 %; у суміші 1 %  $O_2 + 99$  %  $N_2$  розмір продукту горіння був більшим вихідного у 1,5...1,7 разу;

- при горінні частинок Mg у суміші водяної пари з азотом навколо частинок спостерігались парофазні промені; при цьому на час горіння  $\tau_2$  частинок Mg впливають наступні параметри: величина  $\tau_2$  збільшується зі зростанням зовнішнього тиску  $P$  до  $6,0678 \cdot 10^5$  Па та при подальшому підвищенні тиску істотно не змінюється; показник  $n$  у залежності  $\tau_2 \sim \delta_0^n$  залежить від зовнішнього тиску ( $P = 1,013 \cdot 10^5$  Па... $11,143 \cdot 10^5$  Па), що свідчить про зміну механізму горіння частинок Mg; збільшення концентрації водяної пари, а також заміщення азоту у суміші (35 %  $H_2O + 65$  %  $N_2$ ) воднем призводить до зменшення величини  $\tau_2$ ;

- при горінні частинок Mg у вуглекислому газі, на відміну від горіння у повітрі та у суміші кисень + аргон, спостерігаються пульсації світлового випромінювання зони горіння, а швидкість горіння частинок зменшується; при цьому  $\tau_2 \sim \delta_0^m$ , де  $m = 2,2...3,0$ , що обумовлено нестационарністю процесу горіння;

- процес горіння конгломератів Mg (середній розмір 12 мкм, порозність 0,5) у оксидному нагрітому середовищі (у атмосфері  $O_2$ ,  $N_2$  та Ar) суттєво залежить від його температури (при 863...1023 К): зразок піддавався повільному окисненню, поверхневому окисненню та парофазному горінню з утворенням яскравого білого полум'я.

Отримані дані дозволяють створити базу даних щодо процесів займання та розвитку горіння металізованих піротехнічних сумішей в умовах зовнішніх термічних дій (підвищених температур нагріву, зовнішніх тисків тощо), що дозволяє визначати ймовірність виникнення пожеж на об'єктах, де зберігаються вироби, враховуючи умови надзвичайних ситуацій та військових дій.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 8829:2019 «Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація». Чинний від 2020.01.01. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 146 с.
2. ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення». Чинний від 2020.01.01. Київ: ДП УкрНДНЦ, 2019. 132 с.
3. Кириченко О. В., Пашковський П. С., Ващенко В. А., Лега Ю. Г. Основи пожежної безпеки піротехнічних нітратовмісних виробів в умовах зовнішніх термовпливів. Монографія. Київ: Наукова думка, 2012. 318 с.
4. Balanyuk V. M. Study of fire-extinguishing efficiency of environmentally friendly binary aerosol-nitrogen mixtures / V. M. Balanyuk, N. M. Kozyar, O. I. Garasymuyk // Eastern-European journal of enterprise technologies. Technical science. Kharkiv, 2016. – # 3/10 (71). – P. 4 – 12.
5. Balanyuk V. M. Effect of ecologically safe gas- aerosol mixtures on the velocity of explosive combustion of n-heptane / V. M. Balanyuk, V. V. Kovalyshyn, N.M. Kozyar // Eastern-European journal of enterprise technologies. Technical science. –Kharkiv, 2017. – # 4/10 (88). – P. 12 – 18.
6. Kyrychenko I. Investigation of the Regularities of the Influence of Technological Factors and External Conditions on the Temperature and Content of Condensed Products Oxide-Containing Mixtures / I. Kyrychenko, O. Diadiushenko, O. Kyrychenko, O. Dibrova // Solid State Phenomena. Trans Tech Publications Ltd, Switzerland, 2022. – Vol. 334. – P. 115 – 123.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗОВНІШНІХ ТЕРМІЧНИХ ДІЙ НА ПІРОТЕХНІЧНІ ВИРОБИ НА ОСНОВІ МЕТАЛІЗОВАНИХ СУМІШЕЙ ПРИ ЗБЕРІГАННІ ТА ТРАНСПОРТУВАННІ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

*Оксана КИРИЧЕНКО, д-р техн. наук, професор, професор кафедри пожежно-профілактичної роботи*

*Євгеній ШКОЛЯР, канд. психол. наук, викладач кафедри пожежно-профілактичної роботи*

*В'ячеслав ВАЩЕНКО, д-р техн. наук, професор*

*Євгеній КИРИЧЕНКО, доктор філософії*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

*Назарій КОЗЯР, канд. техн. наук, докторант докторантури*

*Національний університет цивільного захисту України*

Досліджено властивості піротехнічних виробів різного призначення (сигнальні та трасувальні засоби, піротехнічні спалахувачі, елементи ракетно-космічної техніки тощо) на основі багатокомпонентних ущільнених сумішей з порошків металевих пальних (магнію, алюмінію, алюмінієво-магнієвих сплавів (ПАМ) та інших), нітратовмісних окиснювачів (нітратів лужних та лужноземельних металів тощо) і добавок різних органічних (парафіну, стеарину, нафталіну, антрацену, уротропіну, ідиолу тощо) та неорганічних речовин (фторидів металів тощо) [1-4].

Встановлено, що під час зберігання та транспортування вони можуть піддаватись інтенсивним зовнішнім термічним впливам (наприклад у разі пожеж у складських приміщеннях, де зберігаються вироби, загоряння близько розташованих легкозаймистих об'єктів, у зонах бойових дій тощо), внаслідок чого відбувається передчасне займання зарядів сумішей, що призводить до руйнування виробів з утворенням високотемпературних продуктів згоряння (до 3000...4000 К), які розлітаються у різні боки та мають пожежну небезпеку для навколишніх об'єктів (паливно-мастильних матеріалів, дерев'яних будівель, пускових установок з обслуговуючим персоналом тощо) [1-4].

Розроблено математичні моделі зовнішніх термічних впливів на поверхню зарядів нітратно-металізованих сумішей з добавками органічних та неорганічних речовин для піротехнічних виробів різного призначення в умовах зберігання або транспортування, які враховують геометричну форму зарядів (плоскі пластини, циліндричні стрижні та напівсферичні елементи); термомеханічні властивості та технологічні параметри суміші; температурні залежності теплофізичних властивостей сумішей.

Проведено розрахунки розподілів температури у зарядах сумішей та визначено критичні значення зовнішнього теплового потоку та часу його дії, перевищення яких призводить до передчасного займання зарядів сумішей, вибухового розвитку їх горіння та насамкінець до пожежонебезпечного руйнування піротехнічних виробів і навколишніх об'єктів [5-7].

Уточнено математичні моделі зовнішніх термічних впливів на заряди піротехнічних нітратно-металізованих сумішей в умовах їх зберігання або транспортування через врахування: геометричної форми заряду суміші (плоскі пластини, циліндричні стрижні, напівсферичні елементи); термомеханічних властивостей та технологічних параметрів сумішей; температурних залежностей теплофізичних властивостей сумішей (об'ємної теплоємності та коефіцієнта

теплопровідності), що дало змогу більш точно (відносну похибку знижено до 6...8 % замість 10...12 % – у моделей) розраховувати розподіл температур у заряді суміші.

Унаслідок проведених теоретико-експериментальних досліджень зовнішніх термічних впливів на поверхню зарядів сумішей отримано такі нові результати: під час зростання зовнішнього теплового потоку від  $1,9 \cdot 10^5$  Вт/м<sup>2</sup> до  $3,6 \cdot 10^6$  Вт/м<sup>2</sup> температура поверхні заряду (максимальна температура за поверхневого нагрівання суміші) зростає у 5...6 разів за часу термічного впливу  $t = 40...50$  с, а у разі  $t = 60...70$  с відбувається вже різке зростання температури (у понад 10...20 разів).

Розроблено науково-обґрунтований метод, який дає можливість з відносною похибкою 6...8 % визначати критичні значення параметрів зовнішніх термічних дій (теплових потоків, часу їх дії), перевищення яких призводить до передчасного займання зарядів сумішей та пожежовибухонебезпечного спрацьовування піротехнічних виробів у разі їх зберігання або транспортування [5-7].

Це дає змогу через використання необхідних технологічних рекомендацій, а також засобів контролю запобігати зазначеним небезпечним ситуаціям.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Основи пожежної безпеки піротехнічних нітратовмісних виробів в умовах зовнішніх термовпливів / О. В. Кириченко, П. С. Пашковський, В. А. Ващенко, Ю. Г. Лега. Київ : Наукова думка, 2012.

2. Фатєєв В. М., Приходько Ю. П., Таборов Л. І. Піротехніка : курс лекцій. Київ : Наукова думка, 2017, 470 с. 5. Kyrychenko Ie., Diadiushenko O, Kyrychenko O, Dibrova O. Investigation of the Regularities of the Influence of Technological Factors and External Conditions on the Temperature and Content of Condensed Products Oxide-Containing Mixtures. 2022. № 334. С. 115–123.

3. Марич В. М., Ревуцький А. В., Гук Р. І. Забезпечення безпеки у виробництвах, де використовується магній та його сплави. Пожежна та техногенна безпека. Теорія, практика, інновації. Матеріали міжнар. наук.-практич. конференції, Львів, 20–21 жовт. 2016 р. Львів : ЛДУ БЖД, 2016. С. 316–318

4. V. V. Kovalyshyn, V. M. Marych, Y. M. No- vitskyi, B. M. Gusar, V. V. Chemetskiy, and O. L. Mirus, "Improvement of a discharge nozzle damping attachment to suppress fires of class D", Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, no. 5 (95), pp. 6876, 2018.

5. Є. П. Кириченко, В. В. Ковалишин, В. М. Гвоздь, В. А. Ващенко, С. О. Колінь- ко, та В. В. Цибулін, «Дослідження механізму та розробка моделі розвитку процесу горіння піротехнічних сумішей металеве пальне + оксид металу при зовнішніх термічних діях», Вісник Черкаського державного технологічного університету, № 4, с. 68-82, 2021.

6. Є. Кириченко, В. Гвоздь, В. Ващенко, О. Кириченко, та О. Дядюшенко, «Попередження передчасного спрацьовування піротехнічних виробів на основі сумішей з порошків магнію, алюмінію та оксидів металів в умовах зовнішніх термічних дій», Цивільний захист та пожежна безпека, № 2 (12), с. 122-130, 2022.

7. Є. П. Кириченко, «Методика визначення критичних значень параметрів зовнішніх термічних дій на піротехнічні металооксидні вироби в умовах експлуатації», Вісник Черкаського державного технологічного університету, № 2, с. 53-63, 2022.

## КРИТЕРІЇ ВСТАНОВЛЕННЯ ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ МІЖ АВАРІЙНИМ РЕЖИМОМ РОБОТИ В ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ ТА ВИНИКНЕННЯМ ПОЖЕЖІ

*Р. КЛИМАСЬ, канд. техн. наук*

*Д. СЕРЕДА*

*Л. НЕСЕНЮК*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Дослідження пожежі являє собою розв'язок складної задачі з багатьма невідомими, що направлене на отримання даних про умови, обставини, причини її виникнення та розвитку, особливості перебігу процесів і явищ, задля виявлення існуючих залежностей. Пожежа завжди є наслідком конкретної причини, встановлення якої дозволяє розроблювати та впроваджувати цілий діапазон заходів щодо попередження виникнення та розвитку цього небезпечного явища [1].

Статистичні дані про пожежі в Україні [2] свідчать, що впродовж останніх років пожежі від несправностей, порушень правил експлуатації або аварійних режимів роботи електроустановок у цілому по країні в середньому щороку становлять 13-15 %; причому в приватних житлових будинках, особливо розташованих у сільській місцевості, питома вага пожеж, спричинених несправністю електрообладнання, досягає 65 % [3, 4].

У спеціальній літературі виокремлюють наступні основні пожежонебезпечні аварійні режими в електромережах та електроустановках, що можуть призвести до виникнення загоряння: коротке замкнення (КЗ), перенавантаження (ПН), великий перехідний опір (ВПО), вихрові струми (ВС), іскріння [1, 5].

Під час дослідження пожеж використовуються певні методи та методичні рекомендації, що дозволяють, як прийнято вважати, встановлювати час виникнення аварійного режиму в електропроводці та його причетність до виникнення пожежі [6].

Встановлення причинно-наслідкового зв'язку між аварійними режимами в електропроводці та моментом виникнення пожежі залишається і сьогодні актуальним науково-прикладним завданням, що здійснюється шляхом аналізу, узагальнення та надання оцінки отриманим результатам досліджень усіх об'єктів при умові вирішення питання про місце розташування осередку пожежі.

Результати досліджень можна оцінювати за наступними критеріями [7]:

- 1) наявність ознак аварійного режиму;
- 2) наявність пожежонебезпечних чинників аварійного режиму;
- 3) співпадіння місця прояву пожежонебезпечного чинника з осередком пожежі;
- 4) можливість виникнення горіння від встановленого пожежонебезпечного чинника;
- 5) обґрунтоване виключення інших можливих джерел виникнення пожежі.

В залежності від кількості встановлених експертним шляхом зазначених критеріїв, будуть формулюватися висновки про причинно-наслідковий зв'язок між аварійним режимом в електромережі та виникненням пожежі.

За наявності всіх зазначених критеріїв оцінки отриманих результатів досліджень, висновок буде категоричним – про наявність причинно-наслідкового зв'язку аварійного режиму з виникненням пожежі. За відсутності тільки 1, 2, 5 критеріїв оцінки висновок може бути ймовірним. За відсутності критеріїв 1, 2, 3, 4 висновок буде категорично-негативним – про відсутність причинно-наслідкового зв'язку між аварійним режимом і пожежею.

Слід зазначити, що, наприклад, оцінюючи результати досліджень електропроводки за критерієм 1, загальний негативний висновок можна зробити тільки у випадку, коли на дослідження була надана вся електропроводка, та на її елементах не виявлені сліди аварійних процесів, або якщо до моменту виникнення пожежі електромережа була знеструмлена.

За критерієм 2 на підставі виявлених ознак і характеристик елементів електромережі здійснюється оцінка можливості розвитку аварійного режиму до виникнення пожежонебезпечних чинників.

Критерій 3 передбачає співпадіння ділянки електромережі, де є ознаки аварійного процесу або де він повинен був виникнути, з місцем розташування осередку пожежі. Слід зазначити, що місце виникнення первинного горіння може бути наслідком повторного аварійного процесу та не співпадати з ділянкою початкового пошкодження елементів в електромережі.

За критерієм 4 оцінюється можливість займання речовин, матеріалів і виробів, що знаходилися поблизу місця виникнення пожежонебезпечних чинників аварійного процесу. Суть критерію 4 полягає у визначенні принципової можливості займання горючого матеріалу.

Критерій 5 враховує ту обставину, що за наявності двох і більше потенційно можливих джерел запалювання неможливо надати категоричний висновок на користь одного з них.

На прикладі реалізацію методики проведення комплексних досліджень по встановленню причинно-наслідкового зв'язку між аварійним режимом в електромережі та виникненням пожежі наведено в додатку 3 до [7].

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дослідження пожеж: Довідково-методичний посібник / [Степаненко С. Г., Білкун Д. Г., Яник Я. М., Тимошук Ю. Т.]. К.: Пожінформтехніка, 1999. 224 с.
2. Про забезпечення ведення обліку пожеж та їх наслідків: наказ ДСНС від 16 серпня 2017 р. № 445.
3. Одинець А. В., Климась Р. В. Результати моніторингу стану з пожежами в Україні у 2022 році. *Організаційно-управлінське та економіко-правове забезпечення діяльності Єдиної державної системи цивільного захисту (ЄДРСЦЗ)*: Матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції. Черкаси: видавець Вовчок О. Ю., 2023. С. 90-93.
4. Несенюк Л. П., Климась Р. В. Аналіз даних про пожежі та їх наслідки в Україні у 2023 році. *Організаційно-управлінське та економіко-правове забезпечення діяльності Єдиної державної системи цивільного захисту (ЄДРСЦЗ)*: Матеріали IX Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Черкаси, 29 березня 2024 р. К.: 7БЦ, 2024. С. 91-94.
5. Дослідження пожеж: Навчальний посібник / [Вовк С. Я., Харчук А. І., Сухай А. М., Шелюх Ю. Є.]. Львів: ЛДУБЖД, 2022. 528 с.
6. Климась Р. В. Аналіз методичних матеріалів по встановленню причинно-наслідкового зв'язку між аварійними режимами в електропроводці та виникненням пожеж. *Актуальні питання судової експертології, криміналістики та кримінального процесу*: Матеріали міжн. наук.-практ. конф. / за заг. ред. О. Г. Рувіна, Н. В. Нестор; уклад. О. І. Жеребко, А. О. Полтавський, О. В. Юдіна. К.: КНДІСЕ Мінюста України, 2019. С. 241-247.
7. Методи дослідження пожеж: Методичний посібник / [Климась Р. В., Кріса І. Я., Саріогло Д. П., Скоробагатько Т. М., Степаненко С. Г., Шалупін А. В., Хом'як Я. І., Якименко О. П.]. К.: ТОВ «Поліграфцентр «ТАТ», 2010. 240 с.

**ВИЗНАЧЕННЯ ВЗАЄМНОГО ВПЛИВУ ЛІВИХ ПРИТОК ДНІПРА**

*С. КОВАЛЕНКО, аспірантка*

*Р. ПОНОМАРЕНКО, д-р техн. наук, професор, начальник факультету оперативнорятувальних сил*

*Національний університет цивільного захисту України*

*О. ТРЕТЬЯКОВ, д-р техн. наук, професор, професор кафедри цивільної та промислової безпеки*

*Національний авіаційний університет*

Важливим є питання якісного питного водопостачання населенню країни. Забруднення річки Сейм, яке поширюється на Десну (найбільша ліва притока Дніпра), створює загрозу для екологічного стану Дніпра, що є основним джерелом питного водопостачання країни. Дніпро знаходиться під постійним техногенним впливом, має тенденцію до постійного та стійкого погіршення його екологічного стану. Тому є важливим та актуальним дослідження взаємний впливу його лівих приток та в цілому на екологічний стан річку Дніпро [1-2].

У попередньому дослідженні [3] було висунуто припущення щодо існування впливу географічно вищерозташованих приток на розташовані нижче та здійснено пошук кореляційних залежностей між концентраціями хлоридів лівих приток Дніпра (Десна, Сула, Псел, Ворскла та Самара) у постах спостереження, які знаходяться найближче до Дніпра за 2013, 2016 та 2020 роки. Для підтвердження даного припущення у програмному забезпеченні для геоінформаційних систем QGIS (Quantum GIS) побудовано ізолінії концентрацій хлоридів та сульфатів у досліджуваних притоках. На рисунку 1 зображено ізолінії розподілу концентрацій хлоридів та сульфатів.

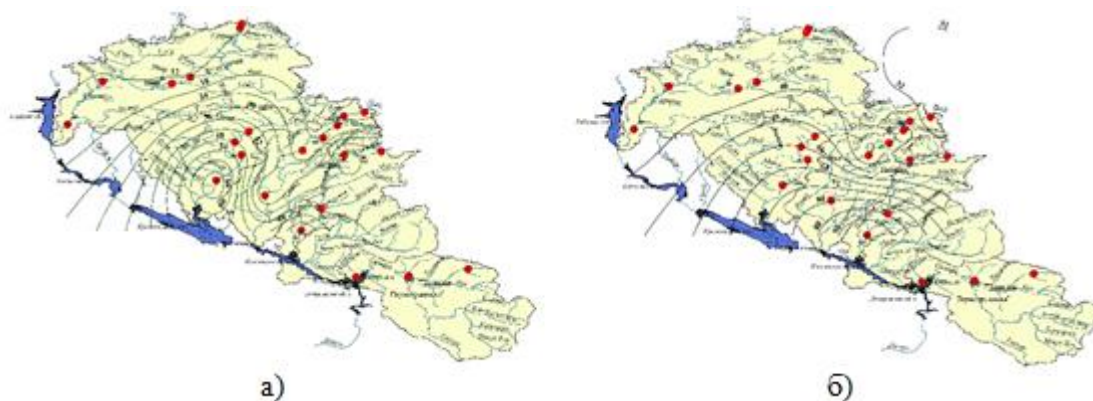


Рисунок 1 – Карта розподілу концентрацій хлоридів (а) та сульфатів (б) у басейнах річок Десна, Сула, Псел та Ворскла станом на 2022 рік

Аналіз рисунку 1 показав, що спостерігається збільшення концентрацій хлоридів та сульфатів у притоках, що розташовані нижче за течією річки Дніпро. Згідно з отриманими результатами можна стверджувати, що така тенденція зберігається з роками. Тобто отримуємо підтвердження про те, що між притоками існує вплив за рахунок ґрунтових вод, які сприяють зміні концентрацій забруднюючих речовин у нижчерозташованій течії в залежності від зміни концентрації у вищерозташованій. Тому у подальших дослідженнях необхідним завданням є розробка та запровадження надійної та ефективної моделі, яка дозволить прогнозувати зміни екологічного стану Дніпра з урахуванням взаємного впливу всіх його притоків. Також запропонований

підхід є можливим у використанні для проведення аналізу впливу для інших поверхневих водних об'єктів для аналізу зміни їх екологічного стану.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Третяков О. В., Безсонний В. Л., Пономаренко Р. В., Бородич П. Ю. Підвищення ефективності прогнозування впливу техногенного забруднення на поверхневі водойми. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2019. № 1(29). с. 61–78.

2. Пономаренко Р. В., Пляцук Л. Д., Третяков О. В., Ковальов А. П. Визначення екологічного стану головного джерела водопостачання України. *Техногенно-екологічна безпека*. 2019. 6(2/2019). С. 69–77 DOI: 10.5281/zenodo.355903.

3. Коваленко С. А. Вплив обміну ґрунтовими водами між притоками на екологічну якість вод поверхневих водних об'єктів. *Техногенно-екологічна безпека*. 2023. 14(2/2023). С. 98 – 103. DOI: 10.52363/2522-1892.2023.2.10.

УДК 614.841

#### МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬ ІЗ ВОГНЕЗАХИЩЕНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

*Андрій КОВАЛЬОВ, д-р техн. наук, с. н. с.*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

*Р. ПУРДЕНКО*

*Приватне підприємство «Проектбудстар»*

*Р. МАЙБОРОДА, старший викладач кафедри пожежної профілактики в населених пунктах*

*Національний університет цивільного захисту України*

У зв'язку зі змінами у світовому безпековому середовищі під час повномасштабного вторгнення російської федерації в Україну, збільшенням конфліктів по всьому світу, велика увага приділяється питанням стійкості та захисту об'єктів критичної інфраструктури. Внаслідок обстрілів, пов'язаних зі збройною агресією російської федерації проти України (потрапляння боєприпасів та їх уламків, обстріли та вибухи від застосування ракет, БПЛА, обстріли стрілецькою зброєю тощо) значна кількість об'єктів критичної інфраструктури та об'єктів житлового фонду пошкоджені чи зруйновані повністю. Тому в умовах повоєнної відбудови об'єктів критичної інфраструктури та об'єктів житлового фонду постане потреба у використанні при оцінюванні вогнестійкості залізобетонних будівельних конструкцій сучасних програмних комплексів, які б змогли реалізувати вищезазначені питання безпеки. Прикладами таких комплексів може бути програмне забезпечення «ЛІРА-САПР» вітчизняного виробництва та Ansys Mechanical виробництва США.

Проведено оцінку вогнестійкості будівлі із будівельних конструкцій, які захищені від вогню вогнезахисними покриттями за допомогою програмного забезпечення «ЛІРА-САПР». Ця методика базується на використанні математичної моделі та розрахунково-експериментального методу для визначення вогнестійкості залізобетонних конструкцій [1]. Також створена комп'ютерна модель для аналізу теплового та напружено-деформованого стану будівлі із вогнезахисних будівельних конструкцій (на прикладі триповерхового паркінгу для автомобілів) [2]. Модель враховує властивості вогнезахисних покриттів, теплофізичні та механічні характеристики матеріалів, які використовуються у конструкції, а також нелінійні закони деформації матеріалів при високих температурах та під впливом силових



навантажень. Модель дозволяє визначити клас вогнестійкості будівельних конструкцій із застосуванням вогнезахисних покриттів різних типів [3].

Таким чином, методика оцінювання вогнестійкості вогнезахисних будівельних конструкцій включає в себе:

- **вибір математичної моделі:** вхідні (початкові) дані, початкові умови, граничні умови, рівняння, вихідні дані, розв'язання обернених задач теплопровідності, алгоритм, ідентифікація, збіжність результатів (аналіз невизначеностей), верифікація (ідентифікація та кількісне визначення похибки в розрахунковій моделі), валідація (процес визначення ступеня точності), аналіз чутливості, обчислювальний експеримент;

- **побудову скінченно-елементної моделі:** побудова геометричної моделі (вибір типу перерізу конструкції, просторовий вигляд моделі: 1D, 2D чи 3D, вибір кількості вузлів та елементів, крок сітки (обов'язково він повинен бути більшим за максимальний діаметр робочого арматурного стержня), вибір номера ознаки схеми, підбір і перевірка арматурних стержнів, крок розбиття перерізу, часовий крок, типи жорсткості, зовнішнє навантаження);

- **задавання фізичних властивостей матеріалів:** теплофізичних характеристик бетону та вогнезахисного покриття (коефіцієнт теплопровідності, теплоємність, густина, коефіцієнт конвективного теплообміну), вибір температурного режиму пожежі; задавання міцнісних та деформаційних властивостей матеріалів, задавання навантаження на конструкцію, власна вага, умови закріплення зразка, схема защемлення зразка, вибір закону нелінійного деформування матеріалів конструкції (бетону і арматури);

- **моделювання процесу** (теплотехнічний та статичний розрахунки);

- **аналіз результатів:** розподіл температури по перерізу конструкції, зміна фізичних характеристик бетону та арматури в залежності від температури прогріву перерізу: модуль пружності бетону при різних температурах, коефіцієнт лінійної температурної деформації бетону, гранична відносна деформація бетону;

- **порівняння з результатами випробувань на вогнестійкість:** вид конструкції (горизонтальна, вертикальна), кількість зразків і випробувань, умови випробувань (температурний режим), кріплення зразків в печі, кількість термопар для вимірювання температури в печі і на зразках для випробування, вид вогнезахисного покриття (реактивне, пасивне), умови навантаження, прилади для вимірювання навантаження та деформацій зразка.

Отже, розроблена методика дозволить на стадії проектування чи експлуатації об'єкта оцінювати вогнестійкість будівельних конструкцій будівлі, частини конструктивної системи будівлі чи будівлі в цілому. Це, в свою чергу, дозволить спрогнозувати потенційно небезпечні наслідки в результаті зовнішніх небезпечних впливів воєнного характеру.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Kovalov, A., Purdenko, R., Otrosh, Y., Tomenko, V., Rashkevich, N., Shcholokov, E., Pidhornyy, M., Zolotova, N., Suprun, O. (2022). Assessment of fire resistance of fireproof reinforced concrete structures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (1 (119)), 53–61. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.266219>.

2. Ковальов А. І., Тараненко І. С., Юрченко С. П., Томенко В. І., Черненко О. М. Методика оцінювання вогнестійкості будівель із вогнезахисних будівельних конструкцій. Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація. Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України. 2024. № 1(8). С.5–22.

3. Отрош Ю. А., Ковальов А. І., Рашкевич Н. В., Тараненко І. С. Оцінювання вогнестійкості будівлі із вогнезахисних залізобетонних будівельних конструкцій. Комунальне господарство міст, серія: технічні науки та архітектура. Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова. 2023. № 3(177). С.134–141.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ШВИДКІСТЬ РОЗВИТКУ ПРОЦЕСУ ГОРІННЯ ПІРОТЕХНІЧНИХ МЕТАЛІЗОВАНИХ СУМІШЕЙ НА ОСНОВІ ФТОРОПЛАСТІВ**

*Вікторія КОВБАСА, ад'юнкт ад'юнктури*

*Оксана КИРИЧЕНКО, д-р техн. наук, професор, професор кафедри пожежно-профілактичної роботи*

*Євгеній ШКОЛЯР, канд. психол. наук, викладач кафедри пожежно-профілактичної роботи*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

Встановлено закономірності впливу технологічних параметрів (співвідношення та дисперсності компонентів, коефіцієнта ущільнення суміші, діаметра її зразка, коефіцієнта теплопровідності його оболонки) та зовнішніх умов (підвищені температури нагріву та зовнішні тиски) на швидкість розвитку процесу горіння ущільнених сумішей з металевих палих, фторопластів і добавок органічних та неорганічних речовин [1-3].

Знайдено концентраційні межі горіння сумішей, в яких процес їх горіння протікає стабільно та є стійким [4-6].

Встановлено широкий клас органічних та неорганічних речовин, введення яких у вигляді невеликих добавок (до 10...13 %) у склад сумішей приводить до зменшення швидкості горіння та підвищення стійкості процесу їх горіння до зовнішніх впливів для різних діапазонів зміни технологічних параметрів сумішей [7-9].

Виявлено також неорганічні речовини, добавки яких, навпаки, призводять до різкого зростання швидкості розвитку процесу горіння сумішей і зниження його стійкості, особливо в умовах підвищених температур нагріву та зовнішніх тисків.

Вперше показано, що шляхом регулювання технологічних параметрів сумішей (співвідношення і природи компонентів, дисперсності металевих палих, коефіцієнта ущільнення, діаметра зразків сумішей та коефіцієнта теплопровідності оболонок) на стадії їх виготовлення, не змінюючи тактико-технічні показники піротехнічних виробів на основі металізованих фторопластовмісних сумішей, за допомогою керованої зміни швидкості горіння сумішей (або часу дії виробів в умовах їх бойового застосування) можна попереджати нестійкі, вибухонебезпечні режими його розвитку в умовах зовнішніх термічних впливів, що призводять до передчасного пожежонебезпечного руйнування виробів [7-9].

Вперше показано, що шляхом регулювання технологічних параметрів сумішей (співвідношення та природи компонентів, дисперсності металевих палих, коефіцієнта ущільнення, діаметра зразків сумішей та коефіцієнта теплопровідності оболонок) на стадії їх виготовлення, не змінюючи тактикотехнічні показники піротехнічних виробів на основі металізованих фторопластовмісних сумішей, за допомогою керованої зміни швидкості горіння сумішей (або часу дії виробів в умовах їх бойового застосування) можна попереджати нестійкі, вибухонебезпечні режими його розвитку в умовах зовнішніх термічних впливів, що призводять до передчасного пожежонебезпечного руйнування виробів [7-9].

Надалі планується проведення досліджень з визначення механізму і розробки математичних моделей процесу горіння ущільнених сумішей з порошків металевих палих, фторопластів і добавок органічних та неорганічних речовин, які широко використовуються у піротехнічному виробництві, в умовах зовнішніх термічних впливів, які дозволяють визначати діапазони зміни швидкостей горіння сумішей

залежно від їх технологічних параметрів та зовнішніх умов, перевищення яких призводить до нестійкого вибухонебезпечного розвитку процесу горіння сумішей і, у кінцевому підсумку, до пожежонебезпечного руйнування піротехнічних виробів на їх основі.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. V. Akkerman, and P. Penner, "Detonation performance of ammonium nitrate explosives", *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, no. 45 (4), pp. 546-556, 2020.
2. Кириченко О. В., Пашковський П. С., Ващенко В. А., Лега Ю. Г. Основи пожежної безпеки піротехнічних нітратомісних виробів в умовах зовнішніх термовпливів. Монографія. Київ: Наукова думка, 2012. 318 с.
3. V. V. Kovalyshyn, V. M. Marych, Y. M. No-vitskyi, B. M. Gusar, V. V. Chemetskiy, and O. L. Mirus, "Improvement of a discharge nozzle damping attachment to suppress fires of class D", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, no. 5 (95), pp. 6876, 2018.
4. Є. П. Кириченко, В. В. Ковалишин, В. М. Гвоздь, В. А. Ващенко, С. О. Колінько, та В. В. Цибулін, «Дослідження механізму та розробка моделі розвитку процесу горіння піротехнічних сумішей металеве пальне + оксид металу при зовнішніх термічних діях», *Вісник Черкаського державного технологічного університету*, № 4, с. 68-82, 2021.
5. Є. Кириченко, В. Гвоздь, В. Ващенко, О. Кириченко, та О. Дядюшенко, «Попередження передчасного спрацьовування піротехнічних виробів на основі сумішей з порошків магнію, алюмінію та оксидів металів в умовах зовнішніх термічних дій», *Цивільний захист та пожежна безпека*, № 2 (12), с. 122-130, 2022.
6. Є. П. Кириченко, «Методика визначення критичних значень параметрів зовнішніх термічних дій на піротехнічні металооксидні вироби в умовах експлуатації», *Вісник Черкаського державного технологічного університету*, № 2, с. 53-63, 2022.
7. В. О. Ковбаса. Вплив технологічних параметрів та зовнішніх умов на швидкість розвитку процесу горіння піротехнічних металізованих сумішей на основі фторопластів. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*, № 2/2023, с. 119–134, 2023.
8. Н. Козяр, О. Кириченко, В. Ващенко, Є. Кириченко, В. Ковбаса, С. Колінько, М. Томенко. Запобігання пожежовибухонебезпечним займанням піротехнічних металізованих сумішей з добавками неорганічних речовин. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*, Том 6 № 2 (2022), с. 15–26, 2022.
9. Є. П. Кириченко, В. М. Гвоздь, О. В. Кириченко, В. О. Ковбаса, В. А. Ващенко, Т. І. Бутенко. Підвищення стійкості процесу горіння піротехнічних сумішей шляхом введення добавок органічних речовин. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*, № 3/2022, с. 75–83, 2022.

**НАУКОВО-ОБҐРУНТОВАНІ МЕТОДИ З ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНИХ ЗНАЧЕНЬ  
ТА ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПЕРЕДЧАСНИХ ЗАЙМАНЬ ПІРОТЕХНІЧНИХ  
БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ НІТРАТНО-МЕТАЛІЗОВАНИХ СУМІШЕЙ В УМОВАХ  
ЗОВНІШНІХ ТЕРМІЧНИХ ДІЙ ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

*Назарій КОЗЯР, канд. техн. наук, докторант докторантури*

*Національний університет цивільного захисту України*

*Оксана КИРИЧЕНКО, д-р техн. наук, професор, професор кафедри пожежно-профілактичної роботи*

*Ігор НОЖКО, канд. пед. наук, викладач кафедри пожежно-профілактичної роботи*

*Сергій ГОНЧАР, викладач кафедри пожежно-профілактичної роботи*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

З кожним роком у народному господарстві та військовій техніці України все більшого застосування набувають піротехнічні вироби різного призначення (спалахувальні та займисті засоби, трасувальні патрони та снаряди, піротехнічні ІЧ-випромінювачі, пристрої ракетно-космічної техніки тощо) для тримання спеціальних ефектів (світлових, кольорово-полум'яних, теплових, звукових, реактивних тощо) [1-4]. Основу цих виробів складають заряди з багатокомпонентних нітратно-металізованих сумішей: ущільнених сумішей з порошків металевих пальних (Mg, Al, Ti, Zr та ін.), нітратовмісних окиснювачів ( $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$  та ін.), добавок органічних (парафіну, стеарину, нафталіну, антрацену, уротропіну, металъдегиду, каніфолі, ідитоду та ін.) та неорганічних речовини (фториди металів ( $\text{LiF}$ ,  $\text{NaF}$ ,  $\text{BaF}_2$ ,  $\text{SrF}_2$ ,  $\text{SiF}_2$ ,  $\text{AlF}_3$ ) та ін.), які при зберіганні та транспортуванні або застосуванні виробів можуть піддаватись різним зовнішнім термічним впливам (наприклад, інтенсивному нагріву при пожежі у складських приміщеннях, де зберігаються вироби, або при їх транспортуванні, а також термоударним впливам при запуску та польоті виробів, а також у зонах бойових дій, на забруднених територіях тощо) [5-6]. В результаті відбувається передчасне спрацьовування зарядів сумішей, що входять у склад виробів, та прискорення процесу їх горіння в умовах замкненого об'єму при зростанні температури нагрівання та зовнішнього тиску аж до пожежовибухонебезпечних режимів його протікання. Відбуваються руйнування корпусів виробів, які супроводжуються проявом різних чинників пожежі (полум'я або високотемпературний струмінь продуктів згорання, дисперговані продукти (уламки корпусів, розжарені частини зарядів, іскри тощо)) [1-4].

Тому велике практичне значення мають способи попередження виникнення вимушених пожежонебезпечних руйнувань виробів у випадку впливу зовнішніх термічних дій при різних надзвичайних ситуаціях та в умовах військових дій. При цьому вони повинні ґрунтуватись на науково-обґрунтованих методах з визначення критичних значень параметрів термічних дій на вироби та технологічних параметрів зарядів сумішей, перевищення яких призводить до передчасних пожежонебезпечних руйнувань виробів.

Науково-обґрунтовані розрахункові методи з визначені критичних значень параметрів зовнішніх термічних дій на заряди піротехнічних багатокомпонентних нітратно-металізованих сумішей, перевищення яких призводить до пожежовибухонебезпечних руйнувань виробів на їх основі полягають в наступному: в основу методів покладено комплекс розроблених математичних моделей, розрахунки по яким проводяться в режимі діалогу та реального часу з використанням спеціального програмного комплексу у вигляді пакетів прикладних програм по основним чисельним

методам розв'язування обчислювальних задач, а також чисельного розв'язування газодинамічних, теплових та дифузійних задач і включає наступні етапи [7-8]:

- математичні моделі нагріву нерухомих виробів з зарядами сумішей різної геометричної форми та розмірів в умовах зберігання та транспортування;

- математичні моделі зовнішніх термоударних впливів на вироби з зарядами сумішей з металевими оболонками циліндричної та півсферичної форми в умовах запуску та польоту;

- математичні моделі розвитку процесу горіння багатоконпонентних ущільнених сумішей металеве пальне + нітратовмісний окиснювач + добавки органічних та неорганічних речовин в умовах підвищених температур нагріву та зовнішніх тисків;

- методи чисельного розв'язування лінійних та нелінійних рівнянь;

- методи чисельного розв'язування диференційних рівнянь;

- метод чисельного інтегрування функцій;

- визначення критичних значень зовнішніх теплових потоків та часів їх впливу на поверхню виробів, перевищення яких призводить до пожежонебезпечних руйнувань.

- визначення критичних значень швидкостей надзвукового обдуву потоком повітря виробів для ламінарного та турбулентного режимів обтікання, формування критичних значень теплових потоків з приграничних шарів у вироби та часів їх впливу, перевищення яких призводить до руйнування виробів;

- визначення діапазонів максимальної та мінімальної зміни температури продуктів згоряння, вмісту у них високотемпературного конденсату та критичних діапазонів зміни швидкостей горіння сумішей, перевищення яких призводить до їх різкого збільшення та вибухонебезпечного розвитку процесу горіння.

Піротехнічні вироби загальнопромислового призначення,  
на прикладі яких апробувалась методика розрахунку [2-3]

| № п/п | Призначення                                    | Склад заряду піротехнічного спалахувача                 | Рецептура основного заряду піротехнічної суміші | відносний масовий вміст компонентів суміші, % |
|-------|--|---|---|---|
| 1     | Трасери для артснарядів (трасери білого вогню) | Суміш на основі Al + NaNO <sub>3</sub> + парафін + NaF  | Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>               | 60  |
|       |  |   | Mg  | 34  |
|       |  |   | Фенол-формальдегідна смола                      | 6   |
| 2     | Освітлювальні снаряди                          | Суміші на основі Mg + NaNO <sub>3</sub> + парафін + NaF | Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>               | 76,0  |
|       |  |   | Al – пудра                                      | 10,0  |
|       |  |   | Al – порошок                                    | 8,0   |
|       |  |   | Касторове масло                                 | 2,0   |
|       |  |   | Сірка   | 4,0   |

В умовах застосування виробів з урахуванням впливу зовнішніх термоударних впливів шляхом керування режимами їх запуску (корекцією швидкості та кутів, під якими вони вистрілюються) можна знижувати температуру нагріву металевих корпусів виробів і, тим самим, попереджати передчасні вибухонебезпечні руйнування виробів під час польоту пострілу та польоту та при надзвичайних ситуаціях та в умовах військових дій.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

7. Вибухи на складах боєприпасів в Україні. Історія катастроф. URL: <https://gordon.com/ukr/publications/vibuhi-na-skladah-bojepripasiv-v-ukrajini-istorija-katastrof-179716.html>.
8. Богуслаєв В. О. Авіаційно-космічні матеріали та технології. підруч. для студ. вищ. навч. закл., заг. ред. В. О. Богуслаєв. Запоріжжя: Мотор Січ, 2009. 383 с.
9. Кириченко О. В., Пашковський П. С., Ващенко В. А., Лега Ю. Г. Основи пожежної безпеки піротехнічних нітратовмісних виробів в умовах зовнішніх термовпливів. Монографія. Київ: Наукова думка, 2012. 318 с.
10. Інформаційно-аналітична довідка про надзвичайні ситуації в Україні, що сталися упродовж 2022 року: Державна служба України з надзвичайних – Режим доступу: [dsns.gov.ua](https://dsns.gov.ua).
11. ДСТУ 8829:2019 «Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація». Чинний від 2020.01.01. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 146 с.
12. ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення». Чинний від 2020.01.01. Київ: ДП УкрНДНЦ, 2019. 132 с.
13. Н. М. Козяр. Закономірності впливу технологічних параметрів та зовнішніх чинників на швидкість та вибухонебезпечні режими горіння піротехнічних нітратно-металізованих сумішей з добавками органічних речовин. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*, № 2/2023, с. 89–99, 2023. (DOI: 10.24025/2306-4412.2.2023.276207).
14. Н. Козяр. Визначення критичних значень параметрів зовнішніх термоударних впливів надзвукового потоку повітря на поверхню циліндричних металевих оболонок зарядів піротехнічних нітратно-металевих сумішей в умовах їх застосування. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*, Том 7 № 1 (2023), с. 33-44, 2023. (DOI: <https://doi.org/10.31731/2524.2636.2023.7.1.33.44>).
15. Н. Козяр. Запобігання передчасного пожежовибухонебезпечного спрацьовування піротехнічних сумішей в умовах пострілу та польоту. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*, Том 7 № 2 (2023), с. 133-151, 2023. (DOI: <https://doi.org/10.31731/2524.2636.2023.7.2.133.151>).

**УДК 331.45(477)**

### **ОСВІТА В СФЕРІ «ЦИВІЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ». ОСОБЛИВОСТІ ПІДГОТОВКИ**

*Б. КОЛОМІЄЦЬ, науковий співробітник – інженер-випробувач науково-дослідної лабораторії полігонних випробувань наземного високотехнологічного озброєння та військової техніки науково-дослідного відділу полігонних випробувань високотехнологічного озброєння*

*В. КРАВЧЕНКО, старший науковий співробітник – старший інженер-випробувач Науково-дослідного відділу полігонних випробувань засобів розмінування, боєприпасів, вибухових речовин*

*В. МАТЮЩЕНКО, науковий співробітник – інженер-випробувач Науково-дослідного відділу полігонних випробувань засобів розмінування, боєприпасів, вибухових речовин Навчально-науковий випробувальний полігон високотехнологічного озброєння та військової техніки*

Безпека є однією з ключових умов для забезпечення добробуту людини та суспільства в цілому. Вона включає в себе захист життя, здоров'я, майна та інших важливих суспільних цінностей від можливих загроз. Незважаючи на те, що поняття «безпека» широко використовується в українській мові, його наукова інтерпретація залишається досить розпливчастою, що підтверджують різні дослідження.

Тема безпеки є дуже важливою для України, особливо в контексті ведення бойових дій, кібербезпеки, екологічних загроз та інші факторів. У зв'язку з цим, розвиток наукового підходу до розуміння і забезпечення безпеки є нагальною потребою.

Питання безпеки має дуже давню історію, що бере свій початок ще з виникненням людської цивілізації. Різні мислителі та філософи в різні епохи звертали увагу на цю проблему, пропонуючи свої підходи до її вирішення. Сучасне наукове обґрунтування питань безпеки базується на багатовіковій спадщині, яка включає в себе знання з природничих, технічних, соціальних та гуманітарних наук.

У кінці ХХ століття науковці почали активно досліджувати безпеку як систему теоретичних та прикладних знань. Це стало особливо актуальним в умовах зростаючих глобальних загроз, таких як тероризм, природні катастрофи, техногенні аварії та конфлікти.

Європейський Союз активно посилює свою роль у інтеграції безпекової політики, що включає елементи солідарності у протидії надзвичайним ситуаціям. Ці положення були чітко викладені у Лісабонському договорі 2007 року, який зобов'язує держави-члени надавати взаємну допомогу у разі масштабних загроз природного або техногенного характеру.

Процес інтеграції розпочався ще у 2001 році, коли Рада Європейського Союзу ухвалила рішення про створення Механізму цивільного захисту. Цей механізм забезпечує допомогу на етапах моніторингу надзвичайних ситуацій і мобілізації ресурсів, включаючи Європейський медичний корпус. Механізм цивільного захисту ЄС дозволяє оперативно реагувати на надзвичайні ситуації та координувати зусилля держав-членів для надання ефективної допомоги в кризових ситуаціях.

В Україні тема безпеки є надзвичайно важливою, особливо в контексті сучасних політичних і соціальних викликів. Наприклад, широкомасштабне ведення бойових дій змусило переглянути багато аспектів національної безпеки та впровадити нові стратегії і підходи до її забезпечення. Окрім військових аспектів, велика увага приділяється кібербезпеці, екологічній безпеці та соціальному захисту.

У сучасному світі ця теорія важлива не лише для науки, але й для освіти, яка має враховувати загальні критерії стану безпеки соціальних систем. Освітні заклади повинні готувати молодь до того, щоб вони могли розпізнавати нові види загроз і знали, як їм протистояти. Це особливо актуально для України, де питання безпеки мають пріоритетне значення через різні фактори, зокрема, військовий конфлікт на сході країни та інші виклики.

Варто зазначити, що у сфері освіти в Україні також приділяється увага навчанню основам безпеки, включаючи цивільний захист, інформаційну безпеку та екологічну безпеку. Наприклад, в школах впроваджуються курси з безпеки життєдіяльності, що допомагають учням краще зрозуміти, як діяти в надзвичайних ситуаціях.

Поняття «безпека» є багатогранним і важливим для існування та розвитку суспільства. А. Голубовська характеризує безпеку як стан, що досягнутий через відчуття безпеки, або процес, який забезпечує це відчуття. Це включає гарантію існування об'єкта та можливість його розвитку.

Щодо поняття «безпеки людини», С. Дворецький визначає його як суб'єктивний стан усвідомлення та безперервний відкритий соціальний процес. У цьому процесі завдяки вірі в ефективність дій, спрямованих на забезпечення безпеки, та наявним здібностям до захисно-оборонної діяльності, рівень загроз не викликає страху або занепокоєння. Таким чином, людина може безпечно існувати і розвиватися, реалізуючи свої інтереси і цілі.

В українському контексті питання безпеки також є вкрай актуальним, особливо з огляду на сучасні виклики, такі як військовий конфлікт, кіберзагрози та інші форми

небезпек. Важливо, щоб суспільство і держава розвивали ефективні механізми забезпечення безпеки, які відповідали б сучасним загрозам та викликам.

Сучасний підхід до безпеки передбачає акцент на знаннях як ключовому ресурсі для створення та забезпечення безпеки. Знання в цій галузі є важливим інструментом, на основі якого може бути побудований процес становлення безпеки. Освіта в галузі безпекознавства стає ядром комплексної системи, яка спрямована на формування особистості, здатної відповісти на виклики ХХІ століття та забезпечити сталий розвиток держави в умовах суспільства ризику, про що зазначає О. Шароватова.

С. Гвозд'їй додає, що безпека в контексті підготовки фахівців означає стан і умови, які повинні бути враховані або спеціально створені для уникнення ймовірної шкоди іншій людині. Це включає підготовку спеціалістів, здатних передбачати, ідентифікувати та реагувати на загрози, забезпечуючи таким чином захист інтересів як окремих осіб, так і суспільства в цілому.

В Україні питання безпеки та освіти в цій галузі також набувають особливого значення через різноманітні виклики, з якими стикається держава. Наприклад, у навчальних закладах впроваджуються програми з безпекознавства, які готують студентів до роботи в різних сферах безпеки, включаючи цивільний захист, інформаційну та кібербезпеку.

На сучасному етапі розвитку суспільства питання цивільної безпеки стають дедалі актуальнішими через зростання реальних та потенційних загроз. Серед основних викликів можна виділити невідповідність стану критичної інфраструктури сучасним потребам, значне антропогенне та техногенне перевантаження території, а також збільшення кількості кризових ситуацій.

Л. Клос зазначає, що професійна підготовка фахівців з цивільної безпеки включає формування здорової цілісної особистості, здатної до саморозвитку, самоактуалізації та творчого розв'язання складних професійних задач. Це сприяє людиноцентричній філософії освіти, заснованій на гуманістичній парадигмі.

В Україні підготовка таких фахівців є критично важливою у зв'язку з сучасними викликами, зокрема, військовими конфліктами, екологічними проблемами та іншими кризами. Освіта в галузі безпекознавства стає ключовим елементом у формуванні компетентних спеціалістів, які здатні забезпечити безпеку громадян та ефективно реагувати на різноманітні загрози.

Важливість досвіду реформування місцевого самоврядування та територіальної організації влади в Україні складно переоцінити, особливо в умовах політичних, економічних і військових викликів, пов'язаних із російською агресією. У цьому контексті побудова ефективної системи цивільного захисту, здатної гарантувати безпеку людям, набуває особливої значимості.

Україна може значно виграти, переймаючи досвід ЄС у побудові ефективної системи цивільного захисту. Це допоможе краще підготувати фахівців до реагування на різні типи надзвичайних ситуацій і забезпечить більш високий рівень безпеки для громадян.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Gołębiowska, A. (2016). Poszanowanie prawa do wolności i bezpieczeństwa osobistego w Konstytucji Rp oraz w aktach prawa międzynarodowego. Ogólnopolska konferencja naukowa «Wyzwania bezpieczeństwa cywilnego». URL: <http://press.warszawa.pl/konferencja-wyzwania-bezpieczenstwa-cywilnego>.
2. Dworecki, S.E. (2011). Zarządzanie logistyką bezpieczeństwa cywilnego – zarys problemu. Zeszyty Naukowe SGSP/ Szkoła Główna Służby Pożarniczej. 19 –39
3. Шароватова, О. П. (2017). Сфера безпекознавства: особливості підготовки фахівців. Матеріали міжнародного форуму з безпеки. 66 – 70



4. Гвоздїй, С. П. (2017). Теоретичні і методичні засади підготовки майбутніх фахівців соціономічних спеціальностей до безпеки життя і професійної діяльності: дис. ... докт. пед. наук : 13.00.04. Одеса. 525.

5. Клос, Л. Є., Муқан, Н. В., Криштанович, М. Ф. (2020). Формування особистості фахівця з цивільної безпеки на засадах цінності здоров'я: гуманістична парадигма. Проблеми інженерно-педагогічної освіти, 66,123-132. DOI: <https://doi.org/10.32820/2074-8922-2020-66-123-132>

**УДК 351: 340.13**

## **ЗАХОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ВІД ЗАГРОЗ ТЕХНОГЕННОГО ТА ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРУ**

*В. КОРОБКІН, канд. техн. наук, доцент, старший науковий співробітник*

*А. БОРИС, науковий співробітник*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

На сьогодні відсутні єдині підходи щодо визначення вимог до забезпечення захисту об'єктів критичної інфраструктури (далі – ОКІ) від загроз техногенного (особливо руйнування об'єкта від обстрілів та пожеж) і природного характеру та їх складових, що обумовлює актуальність проведення досліджень в цьому напрямку.

Питання захисту критичної інфраструктури (далі – КІ) є предметом розгляду у наукових працях та публікаціях авторів О. Яременко, Я. Страхніцького, В. Франчука, П. Пригунова, С. Мельника, І. Кузмяка, Г. Вагіна, В. Кравцова та інших. Авторами проаналізовано теоретичні підходи до обґрунтування поняття «захист критичної інфраструктури», розкрито теоретичні засади функціонування об'єктів критичної інфраструктури, сучасні методологічні підходи до оцінки загроз та небезпек об'єктів критичної інфраструктури та питання створення в Україні системи захисту КІ, здійснено комплексний аналіз теоретичних і практичних проблем пов'язаних з організацією захисту КІ в провідних країнах Європи тощо. Разом з тим, дотепер не розроблені норми вимог до захисту об'єктів КІ від загроз техногенного та природного характеру з урахуванням їх специфічної діяльності в режимах функціонування відповідно до рівнів вимог згідно з категоріями критичності.

Сутність та складники заходів забезпечення безпеки об'єктів КІ від загроз техногенного та природного характеру визначено на підставі вимог нормативно-правових актів, із урахуванням вивчення досвіду захисту ОКІ та аналізу наукових праць. На підставі цього захист ОКІ від надзвичайних ситуацій (далі – НС) та інших небезпечних подій повинен включати комплекс заходів забезпечення пожежної, техногенної безпеки та цивільного захисту, а також загально-організаційних.

До загально-організаційних заходів слід віднести розроблення посадової інструкції для особи, яка відповідає за організацію та забезпечення захисту ОКІ, забезпечення взаємодії та зв'язку з ДСНС як суб'єктом національної системи захисту критичної інфраструктури, який реалізує державну політику у сфері цивільного захисту [1], забезпечення обміну інформацією про ризики та загрози з іншими суб'єктами національної системи захисту критичної інфраструктури [1], створення необхідного резерву фінансових та матеріальних ресурсів для реагування на кризові ситуації та ліквідації їх наслідків, забезпечення взаємодії та зв'язку зі службами, необхідними для реагування на кризові ситуації та відновлення функціонування ОКІ [1] тощо.

До заходів забезпечення пожежної та техногенної безпеки слід віднести заходи:  
- спрямовані на обмеження поширення пожеж на території об'єкта [2];

- забезпечення пожежної безпеки при утриманні приміщень та споруд об'єкта [2];
- забезпечення пожежної безпеки електроустановок та кабельного господарства;
- щодо контролю системи зовнішнього та внутрішнього протипожежного водопостачання та системи централізованого водовідведення (каналізації) [2];
- контролю системи протипожежного захисту (відповідно до специфіки функціонування ОКІ) [2];
- забезпечення безпеки пожежно-рятувальних підрозділів під час гасіння пожеж та проведення аварійно-рятувальних робіт [3];
- щодо страхування цивільної відповідальності за шкоду, яка може бути заподіяна третім особам внаслідок надзвичайних ситуацій, небезпечних подій, у тому числі пожеж та аварій на території об'єкта критичної інфраструктури [1].

Заходи цивільного захисту ОКІ повинні включати заходи захисту персоналу ОКІ, заходи інженерно-технічного захисту ОКІ та його критичних елементів та інші заходи з питань цивільного захисту, передбачені вимогами чинного законодавства.

Захист персоналу ОКІ від НС та інших небезпечних подій передбачає комплекс заходів щодо застосування засобів індивідуального і колективного захисту ОКІ, оповіщення про загрозу або виникнення НС та інформування про небезпеки, організації заходів з евакуації, медичного захисту, навчання діям у НС.

Інженерно-технічний захист ОКІ та його критичних елементів – захист технічних засобів та/або споруд, систем, обладнання та/або їх сукупності, порушення у функціонуванні яких призведе до унеможливлення виконання життєво важливих функцій та/або надання послуг ОКІ.

Такі основні підходи визначення комплексу заходів для забезпечення захисту ОКІ від НС та інших небезпечних подій, що можуть бути рекомендовані для підприємств, які відповідно до законодавства віднесені до ОКІ. Викладені заходи захисту ОКІ сформовані як основа для розроблення рекомендацій щодо визначення вимог до заходів забезпечення безпеки об'єктів КІ від загроз техногенного та природного характеру та повинні мати нормативно-правовий статус.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Про критичну інфраструктуру : Закон України від 16 лист 2021 р. № 1882-IX. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text> (дата звернення: 22.08.2024)].
2. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні : наказ МВС України від 30 груд. 2014 р. № 1417. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text> (дата звернення: 06.08.2024).
3. Про затвердження Порядку організації та забезпечення охорони від пожеж підприємств, установ, організацій та інших об'єктів на підставі договорів : постанова Кабінету Міністрів України від 14 серп. 2019 р. № 716 URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/716-2019-%D0%BF#Text> (дата звернення: 06.09.2024).

**ДО ПИТАННЯ АКТУАЛІЗАЦІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ З ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ВИБУХОМ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ В МІСЦЯХ МАСОВОГО ПЕРЕБУВАННЯ ЛЮДЕЙ**

*П. КОРЧАГІН, ад'юнкт*

*Р. ШЕВЧЕНКО, д-р техн. наук, професор, начальник кафедри автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій*

*Національний університет цивільного захисту України*

*О. НЕШПОР, здобувач*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

*І. ЯЧНА, начальник науково-організаційного відділення*

*ННВПВТО та ВТ*

Головним завданням держави загалом та ДСНС, як органу виконавчої влади, є забезпечення безпеки життєдіяльності населення країни. Згідно з даними Аналітичних оглядів стану техногенної та природної безпеки в Україні існує високий рівень ризику виникнення НС терористичного характеру, пов'язаних з малооб'ємними вибухами в місцях масового перебування людей [1].

Існуюча сьогодні система гуманітарного розмінування забезпечує виконання піротехнічними підрозділами майже усього комплексу завдань та заходів, пов'язаних із вибухонебезпечними предметами першої категорії (ліквідація яких відбувається після знешкодження на місці в місцях масового перебування людей у вигляді окремої методики дій спеціалізованих підрозділів відсутня.

Особливо гостро це питання стоїть у зв'язку з відсутністю на цей час адекватного математичного апарату, який би дозволив дослідити увесь перелік завдань з практичної реалізації сучасних інноваційних підходів у контексті розв'язання вельми актуальної на сьогодні задачі цивільного захисту. Тож можна констатувати, що відповідна науково-практична задача у зазначеній постановці на сьогодні не вирішена [2].

Відтак з наведеного аналізу витікає, що вибір напрямку дослідження, а саме розробка методики попередження надзвичайних ситуацій терористичного характеру, пов'язаних з малооб'ємними вибухами в місцях масового перебування людей, за пріоритетними наслідками, як то, кількість жертв та кількість постраждалих, що відповідає умові забезпечення відсутності ураження цивільних осіб та фахівців оперативно-рятувальних підрозділів як елементами малогабаритного пристрою є достатньо обґрунтованим та актуальним на часі науково-практичним завданням.

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Myroshnychenko A. A, Shevchenko R. I. Thermal localization of the consequences of an emergency situation relating to threats of injury of small-sized objects with the content of chemical treatment / 8 Міжнародна НТК «Проблеми інформатизації». Тези доповідей, Том.3, Черкаси-Харків-Баку-Бельсько-Бяла, 2020.- С. 51.

2. Стецюк Є. І., Стрілець В. В., Шевченко Р. І. Методика попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету в метрополітені. *Проблеми інформатизації*. Сьома міжнародна науково-технічна конференція. 2019. Черкаси-Харків-Баку-Бельсько-Бяла, 2019.- С. 81.

## ЗАСТОСУВАННЯ ПОЖЕЖНИХ РОБОТІВ У СИСТЕМАХ ПОЖЕЖНОЇ АВТОМАТИКИ

*Олеся КОСТИРКА, канд. техн. наук, доцент*

*С. ГОЛИК, курсантка факультету пожежної безпеки*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

Система пожежної автоматики – це комплекс технічних засобів для виявлення, локалізації та гасіння пожеж, активації систем оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей, а також, за необхідності, інших систем та обладнання, що блокуються.

Одним з найбільш перспективних видів пожежної автоматики є система автоматичного пожежогасіння з використанням пожежних роботів.

З появою серійних стаціонарних пожежних роботів спектр застосування пожежних роботів значно розширився. Чудові технічні можливості пожежних роботів як частини систем пожежогасіння дозволяють використовувати їх у місцях, де традиційні спринклерні системи та системи пожежогасіння неефективні або неприйнятні.

До таких об'єктів, що охороняються, відносяться виробничі об'єкти великої площі, висотні будівлі та споруди (авіаційні ангари, спортивні та виставкові центри з масовим перебуванням людей, тунелі, склади різного призначення), об'єкти на відкритому повітрі та об'єкти підвищеної пожежонебезпеки.

Роботизована установка оснащена системою управління повним циклом гасіння пожежі. Пожежний робот здатний гасити великі площі від 5 до 15 тис. м<sup>2</sup> з однієї точки, зі швидкістю подачі від 20 до 60 літрів на секунду відповідно. Подача води здійснюється тільки через магістральну мережу, без розподільчої мережі, як це прийнято в спринклерних і дренчерних системах. Вода і піна подаються безпосередньо на всю площу протипожежного захисту, а не на розрахунковий радіус, визначений проектом. Ці особливості роботизованої системи дозволяють гнучко реагувати на різні сценарії пожежі.

Пожежні роботи можуть бути оснащені інфрачервоним сканером для автоматичного виявлення пожежі та телевізійною камерою для відеоспостереження за процесом гасіння пожежі, а також для реєстрації та ведення електронних протоколів послідовності дій. Чутливість виявлення пожежі становить 0,1 м<sup>2</sup>, швидкість – кілька секунд, а координати розмірів пожежі визначаються в тривимірній системі координат, завдяки чому гасити пожежу можна не тільки в двовимірній зоні, але і в тривимірній площині, з урахуванням положення технічних засобів. Тривимірна система координат використовується для гасіння пожежі в приміщенні. При цьому система перебуває в режимі самотестування, повідомляючи про необхідність корекції на вказану адресу і підтримуючи роботизовану пожежну установку в постійній бойовій готовності.

Унікальною особливістю такого обладнання є те, що пожежний робот містить ствольне обладнання, яке використовується рятувальниками, завдяки чому вогнеборці, які прибувають безпосередньо на місце пожежі, можуть використовувати пожежного робота в дистанційному або ручному режимі. На відміну від спринклерних і дренчерних систем, роботизована система контролює процес пожежогасіння. Якщо на ділянці немає пожежі, гасіння припиняється, а якщо пожежа спалахує, пожежогасіння відновлюється.

Стимулюючим фактором у розширенні застосування роботизованих систем пожежогасіння є відсутність технічних регламентів, що регламентують їх використання, заснованих на рекомендаціях і методиках розрахунку параметрів

вприскування вогнегасної речовини. Роботизовані системи пожежогасіння, як правило, індивідуально проєктуються і виготовляються для кожного конкретного об'єкта. Вибір місця розташування та мінімізація кількості необхідних пожежних роботів безпосередньо пов'язані з аналітичними та експериментальними залежностями і вдосконаленням моделювання для більш точного визначення геометричних характеристик струменя вогнегасної речовини.

Назавершення слід зазначити, що роботизовано системи пожежогасіння гнучко перепрограмовуються, швидкореагують на реальні події, є високоефективними та мають значно вищі технічні можливості, ніж звичайні системи пожежогасіння.

Майбутнє використання роботів для пожежогасіння залежатиме від довговічності робота, достатньої кількості датчиків для моніторингу та сприйняття середовища, можливостей виконання завдань, вартості, рівня автономності та швидкості руху. Багатьом роботам, розробленим для пожежогасіння, не вистачає деяких або всіх цих сфер. Для рятувальників вартість є важливим фактором, який наразі обмежує більш широке використання робототехніки у гасінні пожеж.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Kim, J.-H., & Lattimer, B. Y. "Real-time probabilistic classification of fire and smoke using thermal imagery for intelligent firefighting robot," *Fire Safety Journal*, 2015, pp. 40-49.
2. J. H. Hong, B. - C. Min, J. M. Taylor, V. Raskin, and E. T. Matson, "NL-based communication with firefighting robots," *Systems, Man, and Cybernetics, IEEE International Conference on*, 2018, pp. 1461-1466.

**УДК 614.849**

### **ПРО УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ВИПРОБУВАННЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ПРОДУКЦІЇ НА ТОКСИЧНІСТЬ ЛЕТКИХ ПРОДУКТІВ ГОРІННЯ**

*Р. КРАВЧЕНКО, канд. техн. наук, старший дослідник*

*О. КОРОЛЬОВА, канд. екон. наук, доцент*

*Ю. ГУЛИК*

*Н. ІЛЬЧЕНКО*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Для реалізації вимог Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку» – технічного будівельної продукції в Україні прийнято національні стандарти [1], [2], які встановлюють чотири класифікації за реакцією на вогонь і методи випробування для прямолінійної трубчастої теплоізоляційної продукції, покриттів для підлоги, кабелів силових, контрольних і зв'язку та іншої будівельної продукції. Водночас ці класифікації не визначають класи зазначеної будівельної продукції за токсичністю летких продуктів горіння. Пов'язано це з тим, що на рівні держав-членів Європейського Союзу поки ще не розроблено гармонізовану класифікацію будівельної продукції за токсичністю летких продуктів горіння. Тому в Україні з міркувань забезпечення пожежної безпеки будівель і споруд реалізують національну класифікацію матеріалів за токсичністю продуктів горіння і метод випробування згідно з ДСТУ 8829 [3].

Водночас застосування національного методу визначення показника токсичності продуктів горіння матеріалів для класифікації будівельної продукції створює технічні бар'єри у торгівлі. Для реалізації цього методу використовують піддослідних тварин, що обмежує кількість лабораторій, які можуть провести такі

випробування. Тому для усунення зазначеним проблем актуальним є запровадження в Україні нових методів випробування будівельної продукції.

З огляду європейської нормативної бази виявлено EN 45545-2 [4], який встановлює класи токсичності летких продуктів горіння матеріалів і компонентів для залізничного рухомого складу і визначає три методи випробування, два з яких встановлено в EN 17084 [5] і третій в ДСТУ EN 50305 [6].

Метод 1 оснований на методі випробування матеріалів на димоутворювальну здатність в однокамерній шафі [7] і методу газового аналізування з використанням спектроскопії інфрачервоного перетворення Фур'є [8]. Додаткові настанови щодо використання зазначеного методу газового аналізування надано в технічній специфікації [9]. Залежно від виду матеріалу випробування виконують за теплового потоку 50 кВт/м<sup>2</sup> або 25 кВт/м<sup>2</sup>.

Метод 2 оснований на французькому методі аналізу газоподібних летких продуктів горіння [10], що утворюються під час спалювання зразків у трубчастій печі [11] за температури 600 °С [4], методах газового аналізування [12]. Замість допустимо використання методу 1 за теплового потоку 25 кВт/м<sup>2</sup>.

Метод 3 використовують для випробування матеріалів кабелів в умовах спалювання зразків за температури 800 °С у трубчастій печі згідно з ДСТУ EN 60754-1 [13].

Методи 1 [5] і 3 [6] запропоновано взяти за основу для розроблення методів визначення показників токсичності летких продуктів горіння будівельної продукції.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ EN 13501-1:2024 (EN 13501-1:2018, IDT) Пожежна класифікація будівельних виробів і будівельних конструкцій. Частина 1. Класифікація за результатами випробувань щодо реакції на вогонь. – Чинний від 2025-01-01. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2024. – 36 с.

2. ДСТУ EN 13501-6:2023 (EN 13501-6:2018, IDT) Пожежна класифікація будівельних виробів і будівельних конструкцій. Частина 6. Класифікація за результатами випробувань силових кабелів, кабелів керування і кабелів зв'язку щодо реакції на вогонь. – Чинний від 2023-11-01. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2023. – 20 с.

3. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. Чинний від 2020-01-01. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2020. – 75 с.

4. EN 45545-2:2020+A12023 Railway applications – Fire protection on railway vehicles – Part 2: Requirements for fire behaviour of materials and components. – CEN-CENELEC Management Centre: Brussels, 2023. – 50 p.

5. EN 17084:2018 Railway applications – Fire protection on railway vehicles – Toxicity test of materials and components. – CEN-CENELEC Management Centre: Brussels, 2018. – 44 p.

6. ДСТУ EN 50305:2022 (EN 50305:2020, IDT) Залізниці. Кабелі залізничного рухомого складу, що мають спеціальні протипожежні властивості. Методи випробувань. – Чинний від 2025-12-31. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2022. – 43 с.

7. ДСТУ EN ISO 5659-2:2018 (EN ISO 5659-2:2017, IDT; ISO 5659-2:2017, IDT) Пластмаси. Димоутворювальна здатність. Частина 2. Визначення оптичної густини під час випробування в однокамерній шафі. – Чинний від 2019-01-01. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2018. – 52 с.

8. ДСТУ ISO 19702:2018 (ISO 19702:2015, IDT) Настанова щодо відбирання проб та аналізування токсичних газів і парів у летких продуктах згорання з використанням спектроскопії інфрачервоного перетворення Фур'є (ІЧПФ). – Чинний від 2019-01-01. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2018. – 67 с.

9. ISO/TS 19021:2018 Test method for determination of gas concentrations in ISO 5659-2 using Fourier transform infrared spectroscopy. – ISO copyright office: Geneva, Edition 1, 2019. – 46 p.

10. NF X 70-100-1:2006 Fire tests – Analysis of gaseous effluents – Part 1: Methods for analysing gases stemming from thermal degradation. – AFNOR: Saint-Denis La Plane Cedex, 2006. – 68 p.

11. NF X 70-100-2:2006 Fire tests – Analysis of gaseous effluents – Part 2: Tubular furnace thermal degradation method. – AFNOR: Saint-Denis La Plane Cedex, 2006. – 24 p.
12. ДСТУ ISO 19701:2018 (ISO 19701:2013, IDT) Методи відбирання проб та аналізування летких продуктів згоряння. – Чинний від 2019-01-01. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2018. – 112 с.
13. ДСТУ EN 60754-1:2015 (EN 60754-1:2014, IDT) Випробування на гази, які виділяються під час горіння матеріалів кабелів. Частина 1. Визначення виходу галогеноводнів. – Чинний від 2017-01-01. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2015. – 13 с.

## **УДК 614.8.02**

### **ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЧАСТИНИ ЕНЕРГОСИСТЕМИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ**

*О. КУЛАКОВ, канд. техн. наук, доцент, старший науковий співробітник  
Національний університет цивільного захисту України*

Згідно [1] енергетична система – комплекс електричних станцій, поєднаних загальною електричною мережею з приймачами електроенергії, а також між собою, в якому процеси виробництва, передавання та споживання електроенергії відбуваються в один і той же час за спільного керування цими процесами. В окремих частинах енергосистеми в процесі виробництва електроенергії можливе супутнє виробництво теплової енергії та її розподіл і споживання в локальних вузлах. Електрична частина енергосистеми (ЕЧЕ) – сукупність електроустановок електричних станцій та електричних мереж енергосистеми.

За умов мирного часу більше половини електричної енергії (55,1 % у 2021 році) в Україні вироблялося на атомних електростанціях (АЕС), решта – на теплових електростанціях (ТЕС) та теплоелектроцентралях (ТЕЦ) (29,3 %), гідро- (ГЕС) та гідроакумулюючих (ГАЕС) (6,7 %) й альтернативних (нетрадиційних) електростанціях.

24 лютого 2022 року о 3 годині 40 хвилині розпочався відкритий воєнний напад Російської Федерації (РФ) на Україну. Указом Президента України з 05 годин 30 хвилин 24 лютого 2022 року в Україні був запроваджений воєнний стан.

До 10 вересня 2022 року відверто цілеспрямованих ударів по ЕЧЕ України РФ не здійснювала. 11 вересня 2022 року (на 200-й день повномасштабного вторгнення та 6-й день Слобожанського контрнаступу) почалося системне знищення РФ ЕЧЕ України – було обстріляно Зміївську ТЕС, Харківську ТЕЦ-5 та три підстанції високої напруги. Внаслідок цього було знеструмлене 40 підстанцій різної напруги, відімкнене 2 повітряні лінії 750 кВ, 5 повітряних ліній 330 кВ. Сотні тисяч споживачів залишались без світла у Полтавській, Дніпропетровській, Харківській, Сумській та Донецькій областях. На об'єктах ЕЧЕ України стали виникати аварії, що призводили до виникнення надзвичайних ситуацій воєнного характеру регіонального та державного рівнів [2].

На 10 вересня 2024 року з аналізу відкритих джерел можна виділити 22 цілеспрямованих ударів РФ по об'єктах ЕЧЕ України: 9 ударів протягом 2022 року (1-ий – 10 жовтня, 2-ий – 2 жовтня, 3-ій – 31 жовтня, 4-ий – 15 листопаду, 5-ий – 23 листопаду, 6-ий – 05 грудня, 7-ий – 16 грудня, 8-ий – 29 грудня, 9-ий – 31 грудня); 5 ударів протягом 2023 року (1-ий – 14 січня, 2-ий – 26 січня, 3-ій – 10 лютого, 4-ий – 16 лютого, 5-ий – 09 березня) та 8 ударів протягом 2024 року (1-ий – 22 березня, 2-ий – 11 квітня, 3-ій – 27 квітня, 4-ий – 08 травня, 5-ий – 01 червня, 6-ий – 20 червня, 7-ий – 22 червня, 8-ий – 26 серпня). Можна умовно виділити три періоди цілеспрямованого системного знищення ЕЧЕ України. Перший період – з 11 вересня 2022 року по 09 березня 2023

року (14 ударів; найбільш руйнівні наслідки удару 23 листопада 2022 року, після якого виник системний блекаут). Другий період – з 22 березня 2024 року по 22 червня 2024 року (7 ударів; найбільш руйнівні наслідки удару 11 квітня 2024 року, внаслідок якого зруйновано Трипільську ТЕС, повністю знищено усі робочі ТЕС Центренерго України та 08 травня, внаслідок якої виведені з ладу ГЕС «Укргідроенерго», зокрема Кременчуцька). Третій період розпочався 26 серпня 2024 року з удару по Київській ГЕС.

На контрольованій території України залишилося 9 атомних енергоблоків у складі трьох АЕС – Рівненської, Хмельницької та Південно-української. Запорізька АЕС (встановлена потужність 6,0 ГВт (найбільша в Європі), 6 енергоблоків) була окупована 04 березня 2022 року.

Виведено з ладу або пошкоджено практично усі ТЕС України: Бурштинська (2,4 ГВт) – ударом 22 березня 2024 року зазнали пошкоджень всі енергоблоки станції; Зміївська (2,175 ГВт) – зруйновано ударом 11 квітні 2024 року; Трипільська (1,8 ГВт) – зруйновано ударом 11 квітні 2024 року; Ладижинська (1,8 ГВт) – 11 жовтня 2022 року, унаслідок обстрілу російськими дронами-камікадзе пошкоджене енергетичне обладнання. Згодом російські військові завдали повторного удару; Старобешівська (1,6 ГВт) – знаходиться на тимчасово окупованій території з 2014 року; Курахівська (1,5 ГВт) – пошкоджено ударом 18 жовтня 2022 року; 7 липня 2023 року відбувся обвал даху котлотурбінного цеху ТЕС; Луганська (1,4 ГВт) – ТЕС повністю зупинилася 21 лютого 2022 року; Зуївська (2,4 ГВт) – знаходиться на тимчасово окупованій території з 2014 року; Вуглегірська (3,6 ГВт) – зруйнована у 2013 році; знаходиться на тимчасово окупованій території з 24 травня 2022 року; Запорізька (1,2 ГВт) – захоплена у березні 2022 року; зупинила роботу 05 травня 2022 року.

Виведено з ладу або пошкоджено усі найпотужніші ТЕЦ України: Київська ТЕЦ-5 (0,7 ГВт) – пошкоджена російським ракетним обстрілом 10 жовтня 2022 року та ракетою «Кинджал» 09 березня 2023 року; Київська ТЕЦ-6 (0,5 ГВт) – пошкоджена 18 жовтня 2022 року, кілька ракет уразили відкритий майданчик з розподільчими пристроями; Харківська ТЕЦ-5 (0,5 ГВт) – зруйновано ударом 22 березня 2024 року.

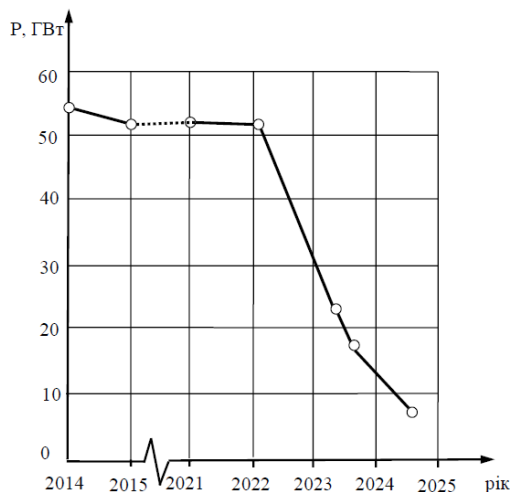


Рис. 1. Зміни сумарної встановленої потужності Р електростанцій України від початку українсько-російської війни

Виведено з ладу або пошкоджено частина ГЕС України: Київська (0,44 ГВт) – пошкоджена ударом 26 серпня 2024 року; Кременчуцька (0,7 ГВт) – пошкоджена ударом 31 жовтня 2022 року. Виведена з ладу ударом 08.05.2024; Дніпровська ГЕС-1 та Дніпровська ГЕС-2 (1,6 ГВт) – пошкоджено 22 березня 2024 року; ГЕС-2 знаходиться у критичному стані. Греблю не зруйновано; Каховська (0,354 ГВт) – захоплена у березні 2022 року. 06 червня 2023 року було підірвано греблю. Внаслідок підриву машинна зала ГЕС повністю зруйнована та відновленню не підлягає.



На рис. 1 приведено зміни сумарної встановленої потужності електростанцій України від початку українсько-російської війни станом на 01 вересня 2024 року.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила улаштування електроустановок. Київ, 2017. 617 с.
2. Кодекс цивільного захисту України: Кодекс від 02.10.2012 № 5403-VI.

**УДК 316.324.8:004**

#### ПРОБЛЕМНІ АСПЕКТИ СТАНОВЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО СУСПІЛЬСТВА

*Олег КУЛІЦА, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри безпеки об'єктів будівництва та охорони праці*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

*Костянтин ЮРЧЕНКО, канд. техн. наук, доцент, начальник управління персоналу*

*Головне управління ДСНС України у м. Києві*

Констатовано, що інформаційна революція посилює дисбаланс у суспільстві, означений расовою, класовою та гендерною нерівністю, створює цифровий розрив, у якому ті, хто має навички й можливості ефективно використовувати інформаційні технології, отримують переваги, а інші – залишаються за межею подальшого розвитку. Фахівці з комп'ютерної етики вивчають, як дизайн інформаційних технологій та його впровадження в суспільство посилюють нерівність, якою має бути етична політика, що сприятиме оптимальному балансу розподілу переваг і недоліків [1]. Джерело [1] вважає їх екзистенціальними питаннями на макрорівні та визначає такі з них:

- концепція та проблеми «глобального інформаційного суспільства», які стосуються усіх суттєвих частин системи транснаціональної організації;

- концепція представляє велику кількість підпроблем, що виникли незалежно одна від одної: проблеми міжнародної комунікації, міжнародних організацій, транснаціональне регулювання, міграційні процеси, мультикультуралізм та управління глобальними знаннями;

- концепція та проблеми «сталого інформаційного суспільства», до яких відносяться довгострокові проблеми навколишнього середовища та природних ресурсів разом із соціальними інноваціями та плануванням, що часто формують вимоги «зеленого інформаційного суспільства»;

- проблема «безпеки інформаційного суспільства», яка включає багато підпроблемних областей: соціальні проблеми (наприклад, людство стає «крихким» через залежність від технологій); питання безпеки, збереження та накопичення знань, загроза людській цивілізації (часто її називають «суспільством ризику» тощо);

- проблема космічно орієнтованого інформаційного суспільства - напрям на космічні дослідження, супутникову передачу інформації, перспективні високотехнологічні можливості щодо передачі даних та астрономії;

- концепція «розумного міста», що є трансформацією проблеми урбанізації в інформаційне суспільство;

- «Corpus Digitale» – це широке питання, орієнтоване на запис, збереження, захист і надання доступу до всіх людських знань;

- проблема «креативного інформаційного суспільства», яка також виявляється великим викликом для майбутнього, оскільки стосується масового розширення здатності виробляти знання;

- концепція «постінформаційного суспільства», яка з'явилася в останні роки і вже містить низку перспективних сценаріїв майбутнього, що передбачає подолання проблем нинішніх інститутів і технологій, біотехнологічну революцію, нове покоління штучного інтелекту, бачення зв'язку людини та машини на основі функціональних систем [1].

Багато авторів розглядають пастки інформаційного суспільства на мезо- та мікрорівні як специфічні часткові проблеми суспільства та інформаційного простору [2], що наприкінці 20 століття були сформульовані та згруповані відповідно до наступних категорій:

- проблеми, пов'язані з інформацією, які виникають із самої природи та суттєвих атрибутів інформації;

- проблеми, пов'язані з мораллю та етикою;

- проблеми, пов'язані з людським фактором;

- проблеми, пов'язані з освітою та науковими дослідженнями.

Найактуальніші «підводні камені» інформаційного суспільства безумовно включають розшарування суспільства на інформаційно багатих та інформаційно бідних [3]. Але дана проблема виникає не лише на рівні індивідів (на мікрорівні) – подібне розшарування на інформаційно-багаті та інформаційно-бідні відбувається між окремими частинами світу. У країнах, що розвиваються, ІСТ недоступні, для них пріоритетом є розвиток мережі, що покриває базовий рівень послуг, а не побудова ІСТ-мереж на основі комп'ютерних систем та розвитку цифрових технологій. Однак інформаційна бідність може в дуже короткому майбутньому спричинити катастрофічні наслідки у сфері інвестицій та можливостей працевлаштування, особливо для тих, хто не має навичок інтерпретувати та застосовувати їх належним чином [4]. У технологічному розумінні цей термін в основному пов'язаний із баченням технологічно заснованого інформаційного суспільства, і в зв'язку з ним ми говоримо про:

- цифрове розшарування/цифровий розрив – між людьми, які мають доступ до інформаційних технологій і можуть їх ефективно використовувати, і тими, хто не має до них доступу або має обмежений доступ;

- глобальний цифровий розрив – відмінності в доступі до технологій між країнами [5].

Зазначені проблеми доцільно згрупувати та розглянути можливі шляхи їх вирішення. Базові стратегії усунення інформаційного перевантаження та його проявів є частиною інформаційної гігієни, яка як інструмент, що дозволяє організувати адекватний інформаційний та робочий режим, є однією з базових компетенцій інформаційної грамотності.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Інформаційне суспільство в світі та Україні: проблеми становлення та закономірності розвитку: колективна монографія / За ред. д.філософ.н., проф. В. Г. Воронкової; Запоріж. держ. інж. акад. – Запоріжжя: ЗДІА, 2017. – 282 с.

2. ІТ освіта – цегла, що падає з даху [Електронний ресурс]. - Режим доступу <http://biz.nv.ua/ukr/experts/pochebut/it-osvita-tsegla-shcho-padaje-z-dahu-326748.html>

3. Herring, J. E. Information literacy and Science Festival. In Jems Herring's Blog. April 23, 2011. URL: <https://jherring.wordpress.com/2011/04/23/information-literacy-and-science-festival/> (дата звернення 24.04.24)

4. Klausegger, C., Sinkovics, R., Zou, H. Information overload : a cross-national investigation of influence factors and effects. In Marketing Intelligence & Planning. 2007, vol. 5. S. 691-718.

5. Britz, J. J. To Know or not to Know: A Moral Reflection on Information Poverty. In Journal of Information Science June 2004 vol. 30 no. 3. 192-204.

**ВОГНЕГАСНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИ КОМБІНОВАНОМУ ЗАСТОСУВАННІ  
АЕРОЗОЛЬНИХ СУМІШЕЙ ТА ПОРОШКОВИХ СКЛАДІВ  
ПРИ ГАСІННІ МЕТАЛІЗОВАНИХ СУМІШЕЙ**

*Марія КУЦЕНКО, канд. екон. наук, доцент, докторант докторантури  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України*

Вирішення проблем протипожежного захисту та боротьби з пожежами в сучасних умовах набуває все більшої актуальності у зв'язку з технічним переозброєнням, модернізацією підприємств та виробництв, впровадженням технологій з використанням нових вибухо- та пожежонебезпечних речовин і матеріалів, що потребує більш ефективного і селективного застосування вогнегасних речовин для пожежогасіння [1-2].

Науково-технічний прогрес у сфері забезпечення пожежної безпеки як складових національної безпеки держави, потребує вирішення проблеми розвитку наукових основ з визначення вогнегасної ефективності для комбінованого застосування порошкових та аерозольних сумішей в пожежогасінні, як підґрунття зменшення негативного впливу на безпеку життєдіяльності людей внаслідок надзвичайних ситуацій під час пожеж та військових дій.

До числа найбільш сучасних ефективних засобів боротьби з пожежами слід віднести вогнегасні порошки [3-6].

Вогнегасні порошки є дисперсною сумішшю, що складається з порошків неорганічних солей і добавок, що перешкоджають злежуванню при зберіганні і сприяють плинності та розпорошенню при використанні для пожежогасіння.

Вони мають ряд переваг в порівнянні з іншими засобами пожежогасіння:

- висока вогнегасна здатність, що у декілька разів перевищує ефективність таких інгібіторів горіння, як фреони;
- універсальність застосування, оскільки пригнічують горіння різноманітних речовин і матеріалів, у тому числі і таких, які загасити іншими засобами практично неможливо (наприклад, легкі метали: магній, алюміній і їх сплави);
- різноманітність способів пожежогасіння (локальний, поверхневий, об'ємний), у тому числі для попередження (флегматизації) і запобігання вибухів.

Механізм гасіння металів вогнегасних порошків полягає в тому, що, потрапляючи на розплавлену поверхню металу, частинки вогнегасних порошків плавляться, поглинаючи велику кількість тепла, і утворюють щільну кірку, яка перешкоджає контакту горючих парів і газів з киснем повітря [6-7].

Незважаючи на невелику долю пожеж за участю металів і їх з'єднань від загального числа усіх пожеж, проблема їх ефективного і безпечного гасіння стоїть досить гостро.

В першу чергу це відноситься до гасіння радіоактивних металів, виробів з них, відпрацьованого ядерного палива – речовинам, в процесі горіння яких виділяються димові аерозолі, здатні привести до радіоактивного зараження місцевості і загибелі людей. Гасити їх, використовуючи традиційні засоби і способи припинення горіння - воду, піну, газові склади, вогнегасні порошки загального призначення, - неможливо. Тому основним засобом гасіння металів і їх з'єднань є порошкові суміші спеціального призначення [6-7].

Вогнегасна ефективність при пожежогасінні обумовлена комбінованим застосуванням аерозольних та порошкових засобів. Це пов'язано з тим, що в теперішній час широко використовуються для гасіння окремих видів пожеж вогнегасні порошкові засоби та продовжують розроблятися і використовуються аерозоль-утворюючі вогнегасні суміші. Кожний засіб має свої недоліки, в зв'язку з чим розробляються

комбіновані суміші посилені порошковими засобами пожежогасіння. Між тим не існує однозначних методів досліджень вогнегасної ефективності засобів при комбінованому застосуванні. Тому часто порівняння дії різного складу порошкових та аерозоль утворюючих сумішей ускладнене, а іноді й некоректне. Для аерозоль утворюючих сумішей ефективність часто оцінюється суб'єктивними показниками.

Визначення вогнегасної ефективності дозволить окрім однозначної оцінки в порівнянні різних засобів, також систематизувати залежності вогнегасної здатності від їхньої будови, складу і інших характеристик порошків. В майбутньому це дозволить обирати більш ефективні засоби на основі складу та характеристик порошку. Об'єктивне порівняння стане можливим і для аерозоль утворюючих сумішей в комбінації з порошками, що призведе до прискорення розробки нових вогнегасних сумішей з більшою ефективністю їхнього використання.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Інформаційно-аналітична довідка про надзвичайні ситуації в Україні, що сталися упродовж 2022 року: Державна служба України з надзвичайних – Режим доступу: dsns.gov.ua.

2. Жартовський С. В. Екологічні аспекти використання гуанідинових полімерів в умовах надзвичайних ситуацій: [Монографія] Видання друге / Т. В. Магльована, Т. Ю. Нижник, С. В. Жартовський - Черкаси: видавець ФОП Гордієнко Є. І., 2017. – 210 с. (ISBN 978-966-9730-54-1).

3. Козяр Н. М. Механізм дії та методологія розроблення рецептур порошкових вогнегасних засобів для гасіння пожеж класу А /Н. М. Козяр//Пожежна безпека. -2014.-№24.-С.79-84.

4. В. М. Баланюк, О. І. Гарасимюк, П. В. Пастухов. Визначення вогнегасної ефективності деяких аерозоль утворюювальних сполук.// Пожежна безпека, Збірник наукових праць. – Львів: ЛДУБЖД, – №23.2013 – С.14-19.

5. Гарасим'юк О. І. Обґрунтування сфери застосування аерозольно- порошкових вогнегасних систем/ О.І. Гарасим'юк, В.М. Баланюк// Актуальні проблеми у сфері науки : матеріали XXXI Міжнар.наук.-практ. конф. (30-31 травня 2016 р.). –Чернівці, 2016. – Т. 1.– С 6-9.

6. В. М. Баланюк, О.І. Гарасимюк. Комбіноване аерозольно-порошкове пожежогасіння. Пожежна Безпека №26 2015р. С. 7-12.

7. Марич В. М., Ревуцький А. В., Гук Р. І. Забезпечення безпеки у виробництвах, де використовується магній та його сплави. *Пожежна та техногенна безпека. Теорія, практика, інновації. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції.* Львів: ЛДУ БЖД, 2016. С. 316–318.

**УДК 614.8.084**

#### ОСНОВНІ ПРИЧИНИ ПРОГРЕСУЮЧОГО ОБВАЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БУДІВЕЛЬ

*Р. МАЙБОРОДА, старший викладач кафедри пожежної профілактики в населених пунктах Ю. ОТРОШ, д-р техн. наук, професор, начальник кафедри пожежної профілактики в населених пунктах*

*Р. ЧЕРЕПАХА, старший викладач кафедри пожежної профілактики в населених пунктах Національний університет цивільного захисту України*

Прогресуюче обвалення, як правило, визначається як невелике або локальне руйнування конструкції, що призводить до пошкодження та руйнування суміжних елементів і, у свою чергу, викликає повне руйнування будівлі або непропорційно великої його частини [1].

В умовах пожежі, порушення загальної стійкості будівлі відбувається внаслідок втрати несучої здатності та руйнування окремих елементів. Небезпека обвалу несучих конструкцій, крім матеріального збитку, ставить під загрозу життя людей, які в ній

перебувають, та рятувальників під час гасіння пожежі. У переважній більшості випадків руйнування конструкцій призводить до повного обвалення та знищення матеріальних цінностей [2].

Конструктивна схема будь-якої будівлі повинна забезпечувати його міцність і стійкість у випадку локального руйнування несучих конструкцій, спричинених пожежами та вибухами, як мінімум на час необхідний для повної евакуації людей.

Для запобігання прогресуючого обвалення необхідно визначити основні причини, які ініціюють послідовність обвалення, ці причини можна розділити на категорії, які наведено нижче [3].

Проектування:

- розрахункова модель конструктивної системи будівлі не є адекватною та не відображає роботу реальної фізичної системи;
- невірно побудована просторова модель. Модель може бути адекватною, але застосовується неправильно та під час аналізу якої виникають значні числові помилки якими проектувальники нехтують;
- не враховуються можливі навантаження, комбінація та їх значення;
- відсутність єдиної методики проектування та розрахунку;
- недотримання вимог будівельних норм, стандартів, правил;
- недостатній рівень підготовки проектувальників.

Будівництво:

- низька якість проведення будівельно-монтажних робіт;
- низька якість будівельних матеріалів, використання інших будівельних матеріалів порівняно з передбаченими в проєкті;
- відхилення від проєктних рішень;
- недотримання етапів будівництва.

Використання:

- навантаження, не передбачені проєктом, а також екстремальні навантаження, такі як удари транспортних засобів, пожежі або вибухи, їх комбінація, зміни у використанні конструкцій без попереднього перегляду;
- погіршення властивостей матеріалів (корозія, температура, карбонізація тощо);
- неналежне, несвоєчасне або відсутнє технічне обслуговування, обстеження.

Структурні руйнування також можуть виникати на етапі будівництва або знесення, тому необхідно при проектуванні враховувати й ці етапи життєвого циклу будівель.

В роботі [3] наведено перелік основних структурних недоліків, притаманних будівлям, що зазнали обвалення.

Таблиця. Недоліки структурних елементів і систем, виявлені в зруйнованих будівлях [4]

| <b>Недолік</b>                  | <b>Наслідки</b>   |
|---------------------------------|---|
| Критичні навантаження в колонах | Зсув і осьове руйнування колон в порталних системах, що чинять опір моменту або у вертикально навантажених порталних системах.  |
| З'єднання балки з колоною       | Зсув і осьове руйнування в необмежених з'єднаннях балки з колоною, переважно в кутових вузлах.  |
| З'єднання пластини з колоною    | Руйнування з'єднань плита-колона під час значних бічних переміщень.   |
| Слабкі місця у з'єднаннях       | Невідповідність з'єднання в місцях шарнірних з'єднань і слабкі з'єднання між елементами.  |
| «Сильна балка - слабка колона»  | Це відповідає ситуації, представленої в перших поверхах і у випадку слабкої колони та сильної балки в моментно-стійких опорах або подібній системі викликає обвалення через |

|  |   |
|--|---|
|  | руйнування слабких колон, що піддаються великій поперечній деформації.  |
| Вплив на колони бічних осьових навантажень     | Колони, схильні до осьового руйнування, через з'єднання по висоті з іншими елементами будівель, які концентрують напруження на колонах під дією бічних навантажень. |
| Сторонні дії                                   | Обвалення, спричинене руйнуванням (під час землетрусів) сусідніх будівель з різною висотою поверхів.  |
| Вогнестійкість. Системи протипожежного захисту | Обвалення, спричинене втратою несучої здатності елементів будівель при пожежі. Не спрацювання систем протипожежного захисту.  |

Таким чином, знання причин прогресуючого обвалення будівель при пожежах є ключовим фактором для загального підвищення рівня безпеки будівель, мінімізує економічні втрати, допомагає визначити слабкі місця конструкцій будівель, дозволяє запобігти катастрофам у майбутньому, передбачати більш ефективні протипожежні заходи.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Майборода Р.І., Отрош Ю.А. Необхідність дослідження несучих залізобетонних конструкцій прогресуючому обваленню будівель та споруд в умовах вибуху та післявибухової пожежі. Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування та ліквідація їх наслідків. Матеріали круглого столу (вебінару). – Харків: Національний університет цивільного захисту України, 29 лютого 2024. С. 34-35.
2. Отрош Ю.А., Майборода Р.І., Ромін А.В. Дослідження методик розрахунку прогресуючого обвалення. Механіка та математичні методи : науковий журнал. Одеса : ОДАБА, 2023. Вип. 2. С. 25-40. <https://doi.org/10.31650/2618-0650-2023-5-2-25-40>
3. F. Barni, "A Method to Assess the Progressive Collapse Vulnerability of Frame Structures," University of Braunschweig - Institute of Technology, 2011.
4. NEHRP, NIST GCR 14-917-28. U.S. Department of Commerce, 2013.

#### ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ПРОЄКТУВАННЯ ТА БУДІВНИЦТВА ЗАХИСНИХ СПОРУД ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*Лариса МАЛАДИКА, канд. пед. наук, доцент, доцент кафедри пожежно-профілактичної роботи*

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

Одне з основних завдань в умовах війни – створення мережі захисних споруд на об'єктах різного призначення.

Важливим етапом вдосконалення національного законодавства стосовно вимог до проєктування та будівництва нових захисних споруд, а також реконструкції і капітального ремонту тих, що вже існують стало прийняття ДБН В.2.2-5:2023 Захисні споруди цивільного захисту, що набрали чинності з 1 листопада 2023 року.

Ці норми встановлюють вимоги до проєктування та будівництва захисних споруд цивільного захисту [1]:

- сховищ;
- протирадіаційних укриттів (ПРУ);
- споруд подвійного призначення (СПП) із захисними властивостями сховищ або протирадіаційних укриттів.

Згідно з ДБН усі проєкти відбудови житлових і громадських будівель, зокрема шкіл, лікарень, дитячих садочків, повинні передбачати наявність правильно облаштованих захисних споруд.

В житлових будинках і будівлях громадського призначення з метою раціонального використання простору рекомендовано проєктувати СПП, які одночасно призначені:

- для використання за основним функціональним призначенням для забезпечення суспільних або господарських потреб (основне призначення);
- мають захисні властивості сховищ та можуть забезпечити умови для тимчасового перебування людей, що підлягають укриттю під час дії надзвичайної ситуації.

СПП мають одночасно задовольняти вимогам, встановленим до обох функціональних призначень таких споруд.

Необхідна кількість та місткість кожної захисної споруди та споруди подвійного призначення визначається завданням на проєктування, виходячи з розрахункової кількості осіб, що підлягають укриттю.

Для закладів охорони здоров'я – на максимальну кількість осіб, що можуть одночасно (постійно та тимчасово) перебувати на об'єкті, але не менше найбільш чисельної робочої зміни персоналу та планової чисельності хворих.

Для закладів дошкільної і позашкільної освіти – для укриття 100 % учасників освітнього процесу (вихованців, працівників тощо).

При реконструкції вбудованих та при новому будівництві окремо розташованих та прибудованих захисних споруд допускається зменшувати місткість до 60 % від місткості закладу за умови, що укриттю підлягають всі особи, які можуть одночасно перебувати у будівлі у найбільш чисельну зміну.

Для закладів загальної середньої освіти – для укриття 100 % учасників освітнього процесу.

При реконструкції вбудованих та при новому будівництві окремо розташованих та прибудованих захисних споруд допускається зменшувати місткість до 50 % за умови, що укриттю підлягають всі особи, які можуть одночасно перебувати у найбільш чисельну зміну.

Для закладів вищої і професійної освіти – для 100 % здобувачів освіти і працівників закладу у зміну.

При реконструкції вбудованих та при новому будівництві окремо розташованих та прибудованих захисних споруд допускається зменшувати місткість до 60 % за умови, що укриттю підлягають всі особи, які можуть одночасно перебувати в будівлі.

Для громадських будівель – 100 % розрахункової кількості осіб, що періодично перебувають на об'єкті [2].

Для житлових будинків – укриття 100 % розрахункової кількості осіб, що постійно перебувають на об'єкті. Це мешканці будинку, постійний обслуговуючий персонал [2].

Для будівель виробничого, складського, адміністративно-побутового призначення – 100 % розрахункової кількості осіб, що періодично перебувають на об'єкті.

Усі захисні споруди мають бути обладнані:

- пандусами для людей з інвалідністю (якщо неможливо облаштувати пандус, рекомендується застосовувати підйомні пристрої і механізми);
- системами візуальної і тактильної навігації;
- контрастним маркуванням на сходах і порогах.

Не допускається розташовувати захисні споруди та СПП:

- під виробничими та складськими приміщеннями, в яких розташовано резервуари з речовинами, руйнування яких може призвести до ураження ними людей, що перебувають у захисних спорудах;

- у приміщеннях, в яких є магістральні та інші транзитні тепло- та водопроводи, якщо немає можливості двостороннього їх відключення, а також вводи електроенергії високої напруги;

- на схилах, не захищених від зсувів або інших небезпечних геологічних процесів;

- ближче за нормативні протипожежні відстані;

- ближче 30 м від сховищ або складів з горючими речовинами та матеріалами;

- ближче відстаней, що забезпечують стійкість до надлишкового тиску вибуху, якщо у певному радіусі зберігаються вибухонебезпечні речовини і матеріали.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.2-5:2023 Захисні споруди цивільного захисту.
2. ДСТУ 8855:2019 Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності).

**УДК 623.936**

### **АКТУАЛЬНІСТЬ ПІДГОТОВКИ ВИСОКОКВАЛІФІКОВАНИХ ФАХІВЦІВ ПІДРОЗДІЛІВ РАДІАЦІЙНОГО ТА ХІМІЧНОГО ЗАХИСТУ ДСНС УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО ЧАСУ**

*Руслан МЕЛЬНИК, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри організації заходів цивільного захисту*

*Ольга МЕЛЬНИК, канд. техн. наук, с. н. с., доцент кафедри фізико-хімічних основ розвитку та гасіння пожеж*

*Д. НИЧИПОРЕНКО, курсант 31 взводу*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

Військові дії, обстріли промислових об'єктів, загроза застосування хімічної та радіологічної зброї створюють потенційну небезпеку для населення та навколишнього середовища. Швидке реагування, професійна оцінка загроз і ефективна ліквідація наслідків можливих інцидентів є критичними для забезпечення національної безпеки. Тому, наразі, стає актуальним питання підготовки фахівців радіаційного та хімічного захисту, що є необхідною для мінімізації наслідків аварій і забезпечення стабільності країни в умовах воєнних конфліктів [1].

В умовах воєнних дій, безпосередньо на лінії фронту забезпеченням радіаційного, хімічного та біологічного захисту військових покладається на однойменні підрозділи Збройних сил України (ЗСУ). Однак, потребують відповідного захисту не лише підрозділи ЗСУ, а й цивільне населення в прифронтовій зоні та іншій території країни. Відповідно до [2] такі завдання покладено на фахівців підрозділів радіаційного та хімічного захисту (РХЗ) ДСНС України. Прикладами залучення підрозділів РХЗ лише від моменту повномасштабного вторгнення є:

1. Аварія на Чорнобильській зоні відчуження під час військових дій (2022 рік).

2. Реагування на обстріли хімічних підприємств на Сході України (2014-2023 рр.).

3. Знешкодження хімічних боєприпасів та мін у зоні бойових дій.

4. Реагування на ймовірне використання хімічної зброї.

5. Евакуація населення і надання допомоги після руйнування хімічних і радіаційно небезпечних об'єктів [3].



Тому важливість підготовки висококваліфікованих фахівців радіаційного та хімічного захисту ДСНС України в умовах військового та мирного часу є беззаперечною, а актуальність наявності і навчання таких підрозділів можна сформулювати наступним чином:

- зростання загрози радіаційних і хімічних інцидентів в умовах війни: військові дії значно підвищують ризик аварій на об'єктах, пов'язаних з використанням радіоактивних матеріалів і хімічних речовин. Це вимагає підвищеного рівня підготовки фахівців ДСНС України, щоб ефективно реагувати на надзвичайні ситуації та мінімізувати негативні наслідки для населення та навколишнього середовища;

- критична важливість оперативної підготовки та реагування: в умовах військових конфліктів час реагування на радіаційні або хімічні загрози є ключовим фактором, що впливає на масштаби катастрофи. Висококваліфіковані фахівці здатні своєчасно ідентифікувати загрозу, оцінити рівень небезпеки та вжити необхідних заходів для її нейтралізації;

- забезпечення національної безпеки: підготовка висококваліфікованих фахівців радіаційного та хімічного захисту є важливим компонентом національної безпеки України в умовах агресії. Вміння запобігати наслідкам застосування хімічної або радіологічної зброї підвищує стійкість країни перед військовими та терористичними загрозами;

- розвиток сучасних технологій та обладнання: військовий час ставить нові виклики перед системами радіаційного та хімічного захисту. Фахівці мають бути підготовлені до роботи з сучасними технологіями, зокрема засобами моніторингу та діагностики, а також до швидкого адаптування до нових типів загроз;

- міжнародна кооперація та обмін досвідом: підвищення кваліфікації фахівців має включати участь у міжнародних програмах та навчаннях з радіаційного та хімічного захисту. Це дозволяє не тільки отримати доступ до передових методик і технологій, але й зміцнює спроможність країни співпрацювати з міжнародними партнерами у разі виникнення глобальних загроз;

- психологічна та фізична готовність персоналу: окрім технічних знань, важливим є формування стресостійкості та вміння працювати в екстремальних умовах. Це вимагає спеціалізованих програм підготовки, що дозволять фахівцям ефективно діяти навіть у критичних ситуаціях, зберігаючи високу продуктивність та професіоналізм;

- інтеграція досвіду військових операцій у навчальні програми: сучасна підготовка фахівців ДСНС України повинна враховувати реальні сценарії військових дій, які можуть призвести до радіаційних та хімічних інцидентів. Це допоможе формувати фахівців, здатних діяти в складних та непередбачуваних умовах.

Отже, актуальність підготовки висококваліфікованих фахівців підрозділів радіаційного та хімічного захисту ДСНС України в умовах військового часу зумовлена зростанням ризиків, пов'язаних з радіаційними та хімічними загрозами, що виникають під час бойових дій. Так як військові конфлікти підвищують ймовірність аварій на небезпечних об'єктах, а також загрозу застосування хімічної та радіологічної зброї, то своєчасна і професійна реакція на такі ситуації є критично важливою для мінімізації наслідків для населення та довкілля. Підготовлені фахівці забезпечують національну безпеку, стійкість до загроз та готовність до дій у надзвичайних умовах, що є важливим елементом захисту держави під час війни.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Мельник О., Мельник Р. Аналіз хімічних загроз та забезпечення хімічної безпеки в умовах війни. *Global Directions in Scientific Research and Technological Development: Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference (September 16-18, 2024)*. Valencia, Spain. European Open Science Space, 2024. Pp. 13–15.

2. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 р. № 5403-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>.

3. Оперативна інформація ДСНС щодо наслідків ведення бойових дій російською федерацією. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/>.

**УДК 614, 69.003:338**

## **ОСОБЛИВОСТІ У РОБОТІ БУДІВЕЛЬНОЇ СФЕРИ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ**

*О. МИРГОРОД, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри пожежної профілактики в населених пунктах*

*О. ЛИСЕНКО, курсант 4-го курсу факультету пожежної безпеки*

*Д. СВІТЛИЧНИЙ, курсант 4-го курсу факультету пожежної безпеки*

*Національний університет цивільного захисту України*

Україна вже третій рік знаходиться у стані повномасштабної війни, що значно впливає на будь-яку галузь, включаючи будівельну індустрію. Військові дії викликали серйозні зміни в економічній та соціокультурній сфері в усіх регіонах країни. У цьому контексті будівельна галузь також переживає великі трансформації та виклики, які варто вивчати та розуміти.

Розглянемо ключові тенденції у будівельній галузі, які виникли під час дії воєнного стану, та які необхідно враховувати при розробці стратегій.

1) Скорочення внутрішнього ринку будівельних матеріалів.

З початком повномасштабного вторгнення велика частина українських підприємств була змушена призупинити або обмежити виробництво, частина – переорієнтувалась на потреби ЗСУ. Безліч будівельних підприємств і об'єктів інфраструктури пошкоджено або зруйновано, багато підприємств на Півдні та Сході опинились на територіях активних бойових дій або в тимчасовій окупації.

2) Проблеми імпорту будівельних матеріалів.

Велику частку сировини і будівельних матеріалів доводиться імпортувати, але обсяги імпорту теж обмежені, оскільки портова інфраструктура практично не працює. Хоч протягом воєнного стану урядом прийнято ряд постанов по спрощенню ввезення окремих товарів, але багато будматеріалів все ще не потрапили до переліків.

3) Дефіцит кадрів у будівельній галузі.

Відбулося скорочення кількості кваліфікованого персоналу в галузі через мобілізацію і еміграцію за кордон. Частина проектних і підрядних організацій припинили або скоротили свою діяльність, тому дефіцит персоналу відмічають практично всі учасники ринку.

4) Зростання собівартості будівництва.

Зростання собівартості зумовлене, не в останню чергу, вищезгаданими чинниками – здорожчанням ресурсів на фоні їх дефіциту (що стосується як вартості будівельних матеріалів, так і власне людських ресурсів).

5) Форс-мажорні обставини.

Наприкінці 2022-го року до обстрілів, руйнувань, порушення логістики додалась ще одна форс-мажорна обставина – блекаути, що позначилося і на галузі будівництва.

6) Зміни структури та обсягів попиту у сфері будівництва і нерухомості.

З початком повномасштабного вторгнення будівництво по всій країні зупинилося, але з другого півріччя 2022 року на віддалених від фронту і на деокупованих територіях роботи поступово почали відновлюватися. Цілком закономірно, що під час дії воєнного стану обсяги будівництва значно знизились у

порівнянні із довоєнним періодом. Це пов'язано як з об'єктивними, так і з психологічними чинниками: в умовах невизначеності як забудовники, так і покупці не надто схильні до значних інвестицій.

#### 7) Зміна потенційних покупців.

З одного боку, купівельна спроможність населення значно зменшилася, з іншого – навіть за наявності коштів, в умовах невизначеності покупці важко наважуються інвестувати в нерухомість, частина потенційних покупців займає вичікувальну позицію. Таким чином, платоспроможний попит в цілому дуже суттєво знизився. За рахунок внутрішньої міграції попит на житлову нерухомість значною мірою формують внутрішньо переміщені українці, більшість з яких все ж не є потенційними покупцями нерухомості з огляду на відсутність заощаджень. Запуск державної програми пільгової іпотеки «ЄОселя» наразі так і не має суттєвого впливу на ринок, оскільки обсяги кредитування досить незначні.

#### 8) Нові особливості вибору житла покупцями.

Війна змусила людей більш виважено ставитись до інвестицій у нерухомість. Ті, хто все ж наважується на купівлю житла, віддають перевагу готовим квартирам або житлу із високим ступенем готовності переважно у західних чи центральних регіонах України або в Києві.

Багато покупців розглядають можливість розтермінування оплати.

#### 9) Зміни в містобудівному законодавстві.

Реформування містобудівної галузі продовжується і під час війни. З початку повномасштабного вторгнення прийнято безліч нормативно-правових актів у містобудуванні, частина з яких регулює правовідносини на час воєнного стану, а інша – буде діяти і після його завершення. Серед основних новацій у законодавчій сфері останніх років можна відмітити тенденцію до підвищення безпеки людей та покращення енергоефективності будівель. Так, прийняття змін до Закону № 2486-IX [1] регламентують вимоги до улаштування бомбосховищ під час зведення нових будівель. Також у ДБН В.2.6-31:2021 [2] змінилися вимоги до мінімально допустимих значень приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій будівель, які підвищилися в середньому на 28 %.

#### 10) Підготовка до повоєнної відбудови.

Планування відбудови країни доцільно починати, не чекаючи завершення війни. Процес вже розпочався зі створення «Плану Відновлення України», в рамках якого визначено перелік Національних програм для досягнення ключових результатів. «U-LEAD з Європою» розпочав надання підтримки 24 відібраним громадам у розробці Програм комплексного відновлення території та Планів відновлення та розвитку громади. Програма комплексного відновлення території – це аналітично-просторовий документ, який визначає основні містобудівні та соціально-економічні пріоритети політики відновлення території, постраждалої внаслідок збройної агресії.

Важливо розуміти, що відбудова країни не має бути просто відтворенням того, що існувало раніше. Повоєнна відбудова України передбачає не лише містобудівну і архітектурну, а й економічну і соціокультурну модернізацію країни.

Підходи до забудови міст, до принципів розробки містобудівної і проектної документації – мають бути переосмислені і якісно змінені – з урахуванням нових викликів, сучасних тенденцій і передового світового досвіду.

### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Закон України від 29.07.2022 № 2486-IX Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо забезпечення вимог цивільного захисту під час планування та забудови територій.
2. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель.

## ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В ОРГАНАХ ТА ПІДРОЗДІЛАХ ДСНС

*С. НАЗАРЕНКО, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри інженерної та аварійно-рятувальної техніки*

*Національний університет цивільного захисту України*

Ефективність використання та безпека руху пожежних автомобілів (ПА) значною мірою залежать від технічного стану його агрегатів, вузлів, систем і установ, що в свою чергу залежить від якості технічного обслуговування (ТО) та ремонту.

З метою підтримання працездатності пожежних автомобілів та забезпечення їх надійності, економічності, безпеки руху та екологічної безпеки під час експлуатації створено систему технічного обслуговування та ремонту (ТО та Р) техніки. Здатність транспортного засобу працювати належним чином залежить від відповідних технічних умов, зокрема від правильної експлуатації, своєчасного та якісного технічного обслуговування відповідно до нормативно-технічної документації.

Як і більшість механізмів, які надійно працюють протягом тривалого часу, автомобілі потребують регулярного обслуговування. Кожен автовиробник розробляє свою систему обслуговування автомобіля, виходячи з використовуваних матеріалів, якості комплектуючих, конструктивних особливостей вузлів і агрегатів. Така система забезпечує своєчасне обслуговування автомобіля, забезпечує безпеку автовласника, продовжує термін служби автомобіля.

З розвитком автомобільної промисловості удосконалювалася і система ремонту та технічного обслуговування автомобілів. Розробники працюють над тим, щоб оптимізувати технічне обслуговування автомобіля, як для автовласників, збільшуючи інтервали між техобслуговуванням і таким чином роблячи «вміст» автомобіля доступнішим, так і для СТО, розробляючи спеціальні інструменти, обладнання та інструкції, що дозволяють виконувати технічне обслуговування автомобіля швидко і повно. Виконайте необхідну роботу.

Закордонні джерела технічної інформації, що присвячені організації технічного обслуговування, свідчать, що висока насиченість легковими та вантажними автомобілями, які обслуговуються в органах та підрозділах, як професіональних так і добровільних пожежних частин в економічно розвинутих країнах призвела до створення в цих країнах розгалуженої мережі автосервісних компаній. При цьому було наголошено, що організація такої розгалуженої та цілісної корпоративної мережі для надання споживачам необхідних послуг є для них одним із найважливіших шляхів відкриття ринку продажу нових автомобілів. Тому один із головних принципів іноземних автосервісних організацій – «хто робить, той і машину ремонтує», але при цьому широко залучаються й інші підприємства та компанії. Однак відповідальність за організацію технічного обслуговування та ремонту протягом гарантійного терміну автомобіля зазвичай лежить на компанії-виробнику автомобіля.

З метою реалізації вищезазначених принципів роботи зарубіжних автосервісних організацій, автомобільні компанії в різних регіонах створюють фірмові автосервісні підприємства для обслуговування та ремонту автомобілів клієнтів.

Фінансові та адміністративні фірми автосервісу пов'язані з виробниками автомобілів. Наприклад, найбільша автомобільна компанія «Рено» (Франція) має розгалужену мережу авторемонтних підприємств, яка включає близько 12 тис. підприємств у всьому світі, у тому числі 5 тис. підприємств у Франції.

Підприємство має відділ технічного обслуговування автомобілів, який відповідає за вирішення питань технічної експлуатації всієї мережі підприємств автосервісу, формування єдиної техніко-виробничої організації, надання технічної допомоги при проектуванні та трансформації підприємства.

Інші великі компанії, що виробляють автомобілі, мають в основному такий самий план корпоративної мережі, тобто менеджмент - головна компанія - франчайзингова компанія - дилери. При цьому основним завданням всієї мережі брендів підприємств є збільшення продажів автомобілів на основі підвищення якості послуг, що надаються клієнтам.

Проте більшість автосервісу та ремонту за кордоном виконуються так званими незалежними підприємствами, які фінансово не пов'язані з автомобільними компаніями. У США таких компаній близько 60 %, а в Японії понад 70 %. Вони також широко поширені у Великобританії, Франції та Німеччині. Основними видами діяльності цих підприємств є технічне обслуговування та ремонт, виробництво гаражного обладнання та інші роботи, тісно пов'язані з ремонтом автомобілів. Крім того, існує мережа автосервісних компаній, що належать страховим компаніям, які займаються переважно ремонтом застрахованих автомобілів після ДТП, нафтовим компаніям, у тому числі АЗС тощо.

Тому типовим є виконання різноманітних функцій сучасних зарубіжних автосервісних підприємств: продаж і купівля нових і вживаних автомобілів, продаж запчастин, продаж палива та мастила, виробництво різноманітного технічного обслуговування, зв'язки з громадськістю, діагностика тощо. Це призвело до створення різних типів підприємств з обслуговування автомобілів, як за призначенням, так і за типом послуг, що надаються.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: підручник / Дудченко О.А. - К.: Знання-Прес, 2003. - 511 с.
2. Форнальчик Є.Ю. Технічна експлуатація та надійність: навч. посіб. / Є. Ю. Форнальчик, М. С. Оліскевич - Львів : Афіша, 2004. - 492 с.
3. Наказ ДСНС України від 27.06.2013 року № 432 «Про затвердження Настанови з експлуатації транспортних засобів в органах та підрозділах ДСНС України». URL: <https://dsns.gov.ua/nakazi-z-osnovnoyi-diyalnosti/46675>
4. Калиновський А. Я. Розробка організаційної системи проведення технічного обслуговування аварійно-рятувальних комплексів контейнерного типу на прикладі міста Харкова / Калиновський А. Я., Коваленко Р. І., Березовський О. І. // Зб. наук. праць «Проблеми надзвичайних ситуацій». - Харків : НУЦЗУ, 2017. - Вип. 26. - С. 56-62.
5. Ларін О. М. Пожежна та аварійно-рятувальна техніка. Частина 1. Конструкції базових шасі та матеріали, які використовуються при виготовленні пожежної та аварійно-рятувальної техніки : навч. посібник / О. М. Ларін, М. І. Мисюра, Б. І. Кривошей, О. В. Воробйов. - Х.: УЦЗУ, 2007. - 937 с.
6. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту : затверджене наказом Мінтрансу України № 102 від 30.03.1998 р.

## ПРО ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНО-СВІТОВИХ ПІДХОДІВ ДО КЛАСИФІКАЦІЙНИХ ВИМОГ ЩОДО ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ АВТОМОБІЛІВ

*В. ПРИСЯЖНЮК, начальник відділу пожежно-рятувальної техніки та обладнання НВЦ  
С. СЕМИЧАЄВСЬКИЙ, старший науковий співробітник відділу пожежно-рятувальної  
техніки та обладнання НВЦ*

*М. ЯКИМЕНКО, науковий співробітник відділу пожежно-рятувальної техніки та  
обладнання НВЦ*

*М. ОСАДЧУК, науковий співробітник відділу пожежно-рятувальної техніки та  
обладнання НВЦ*

*В. СВІРСЬКИЙ, молодший науковий співробітник відділу пожежно-рятувальної техніки  
та обладнання НВЦ*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Для ліквідації надзвичайних ситуацій пожежно-рятувальні підрозділи ДСНС України використовують різну за призначенням пожежно-рятувальну техніку. У період з 2014 по 2022 роки щорічно для пожежно-рятувальних підрозділів України проводились закупівлі нової пожежно-рятувальної техніки та проводилось її оновлення у всіх регіонах. За період агресії російської федерації і на сьогоднішній день велика кількість пожежно-рятувальної техніки пошкоджена та зруйнована і відновленню не підлягає. У зв'язку з чим в рамках гуманітарної допомоги від країн партнерів надходить в Україну низка пожежно-рятувальної техніки яка за технічними характеристиками та конструктивними вимогами різниться від техніки, що експлуатується пожежно-рятувальними підрозділами та відповідає вимогам діючих в Україні національних стандартів. Класифікація, призначення та позначення пожежно-рятувальних автомобілів в Україні суттєво відрізняється від країн європейської співдружності. Тому необхідно вивчити питання стану нормативної бази в Україні та у провідних країнах світу, що регламентує класифікаційні вимоги до пожежно-рятувальних автомобілів, а також номенклатуру та позначення пожежно-рятувальних автомобілів, якими забезпечені підрозділи ДСНС України.

Наша держава рухається до членства з Євросоюзом і щорічно приймає низку нормативних документів, що відповідають європейським вимогам. Чинний в Україні ДСТУ EN 1846-1:2017 [1] прийнято методом підтвердження, що ускладнює його імплементацію у практичну діяльність.

Тому актуальним питанням є удосконалення чинної нормативної бази та визначення сучасних механізмів щодо ефективного використання пожежно-рятувальної техніки, а також встановлення оптимальної за номенклатурою, параметрами і показниками сукупності типорозмірного ряду пожежних автомобілів із зазначенням базових моделей та їх модифікацій, об'єднаних спільністю призначення.

Враховуючи вищенаведене, в ІДУ НД ЦЗ в рамках НДР «Пожежно-рятувальні автомобілі – класифікація» розроблено першу редакцію проекту ДСТУ EN 1846-1:202X *Пожежні та аварійно-рятувальні транспортні засоби. Частина 1. Номенклатура та позначення* (EN 1846-1:2011, IDT).

Основною метою науково-технічної розробки є визначення загально-світових підходів до класифікаційних вимог щодо пожежно-рятувальних автомобілів та розроблення відповідного національного стандарту України.

Проект стандарту складається з Національного вступу, Передмови до EN 1846-1:2011 [2], Вступу до EN 1846-1:2011 [2] та 6 розділів, а саме:

1. Сфера застосування.

2. Терміни та визначення понять.
- 2.1. Визначення загальних понять.
- 2.2. Визначення специфічних питань.
3. Класи за масою автомобілів.
4. Категорії автомобілів.
5. Типи автомобілів.
6. Позначення автомобілів.

Цей стандарт установлює класи і визначає категорії залежно від призначення і маси пожежних та аварійно-рятувальних транспортних засобів, а також регламентує систему позначання, яка встановлює різноманітні категорії, використовувані для характеризування транспортних засобів.

Національний стандарт буде прийнято відповідно до ДСТУ 1.7:2015 [3] методом перекладу EN 1846-1:2011 [2] (версія en) «Firefighting and rescue service vehicles – Part 1: Nomenclature and designation». Ступінь відповідності проекту національного стандарту міжнародному НД – «ідентичний».

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ EN 1846-1:2017 ((ISO/IEC Guide 21-1:2005, NEQ; ISO/IEC Guide 21-2:2005, NEQ). Зі зміною (ІПС № 5-2016)). Національна стандартизація. Правила та методи прийняття міжнародних і регіональних нормативних документів. – Введ. 2017-10-01. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 11 с.
2. EN 1846-1:2011 Firefighting and rescue service vehicles – Part 1: Nomenclature and designation. Document published on: 2011-04-27 – Brussels: European Committee For Standardization, 2011 – 10 p.
3. ДСТУ 1.7:2015 ((ISO/IEC Guide 21-1:2005, NEQ; ISO/IEC Guide 21-2:2005, NEQ). Зі зміною (ІПС № 5-2016)). Національна стандартизація. Правила та методи прийняття міжнародних і регіональних нормативних документів. – Введ. 2015-12-20. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 34 с.

УДК 614

#### ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛЕЙ ПІДТРИМКИ УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛОМ ПОЖЕЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

*С. РУДАКОВ, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри пожежної профілактики в населених пунктах*

*О. ПРИЙМАК, здобувач вищої освіти магістратури  
Національний університет цивільного захисту України*

Для ДСНС України актуальною задачею є вдосконалення моделей та алгоритмів такого напряму, як системний аналіз та моделювання екстрених та аварійно-рятувальних служб (далі – ЕАРС) міст для вдосконалення результативності їхньої діяльності. Цей напрямок використовують під час аналізу та розв'язання проблем організаційно-управлінського характеру в ЕАРС, що передбачає обґрунтування технічного оснащення служб та їхню необхідну чисельність, місць дислокації, а також детальну оцінку можливостей цих служб, що допомагає вивчити готовність пожежної техніки в конкретному гарнізоні.

Існує 2 види управління системами безпеки міст.

1. Оперативне, яке передбачає управління процесом функціонування всіх аварійно-рятувальних служб міст, а також містить основні необхідні дії: приймання та опрацювання повідомлення про ситуацію, висилання оперативних підрозділів до місця виклику та ін. Організація проектування діяльності та ресурсної оснащеності

оперативних пожежних підрозділів населених пунктів застосовується для таких завдань:

- формування цифрового образу населеного пункту;
- визначення ефективності в процесі діяльності підрозділів ДСНС;
- обґрунтування необхідності наявних пожежних депо, а також будівництва нових у межах населених пунктів із можливістю визначення конкретного місця їхньої дислокації;
- визначення територіальних меж обслуговування пожежних частин у межах населених пунктів;
- імітаційного моделювання дій оперативних пожежно-рятувальних підрозділів;
- обґрунтування вимог до розкладу виїздів на пожежу з урахуванням особливостей пожежної небезпеки конкретних будівель і споруд тощо.

В [1] наведені приклади використання цих систем у різних містах світу.

Негативним моментом використання таких систем є те, що вони є статичними, оцінки та розрахунки, що застосовуються в цих системах, не прораховують ймовірнісне функціонування рятувальних підрозділів, таких, як розподіл викликів та оперативних відділень пожежно-рятувальної служби в гарнізоні.

2. Стратегічне, яке передбачає довгострокове планування розвитку, а також реорганізацію систем безпеки з огляду на розрахунки з виведенням точок будівництва нових необхідних пунктів дислокації підрозділів аварійних служб, оснащення та переоснащення наявних підрозділів; обґрунтування чисельності особового складу тощо [2]. При цьому важливо вести дані дослідження з урахуванням «генеральних планів розвитку міста, прогнозів динаміки обсягу і характеру діяльності систем безпеки міст, різноманітність просторових закономірностей і багато іншого». Тому для реалізації стратегічного управління всіх аварійних служб міст використовують комп'ютерну систему «Система управління силами та засобами цивільного захисту» (СУСЗЦЗ). Така система СУСЗЦЗ є засобом реалізації методу імітаційного моделювання.

Для обґрунтування оцінювання надійності та вибору пожежного обладнання з використанням показників ризику втрати працездатності (відмови) і загальної відносної користі для використання під час ухвалення управлінських рішень щодо матеріально-технічного забезпечення був проведений покомпонентний аналіз комплексного критерію відносної загальної користі, а також повний розбір алгоритму ранжування профільного пожежно-технічного оснащення і подано загальну схему реалізації алгоритму вибору кращого обладнання з метою подальшого переоснащення пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України.

Для підтримки управління переоснащенням парку пожежних автомобілів (ПА) в [3] запропоновано «два критерії, які послужили основою моделі ухвалення рішень з точки зору песимістичних і оптимістичних критеріїв вибору варіантів реалізації концепції переоснащення». Це дало змогу розробити методику оцінювання результативності переоснащення підрозділів ДСНС України новими зразками пожежно-рятувальної техніки та пожежно-технічного устаткування, яка ґрунтується на аналізі значень двох критеріїв з подальшим ранжуванням їх у порядку переважності для переоснащення.

Процес переоснащення в короткі терміни дає змогу здійснити інформаційно-аналітична модель, яка передбачає оцінку ефективності функціонування основної пожежної техніки. Ця модель враховує обстановку в гарнізоні, вимагає мінімальних матеріальних і часових витрат, але в ній не розглянуто важливого аспекту. Тому розробка моделі підтримки управління розподілом ПА дасть змогу використати додатковий критерій, який допоможе точніше визначити стан пожежно-рятувальних підрозділів та використати інші алгоритми ранжування, що обґрунтує процес



розподілу ПА з урахуванням часової характеристики (оснащеності підрозділів сучасними зразками техніки та обладнання).

Таким чином, виявлено, що для підтримання на належному рівні оперативної та технічної готовності, оснащеності необхідно розробити різні математичні та інформаційно-аналітичні моделі, геоінформаційні системи.

Використання критеріїв оперативної та технічної готовності в сукупності з оснащеністю гарнізонів сучасними зразками техніки та обладнання є основою для розроблення й удосконалення процедур ухвалення рішень щодо розподілу ПА, що дасть змогу теоретично і практично реалізувати раціоналізований спосіб оцінки обстановки на конкретній території та вжиття заходів щодо її поліпшення.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. А. В. Пукас. Програмне забезпечення геоінформаційних систем. Тернопіль, 2023. -65 с.
2. Кустов М. В., Федоряка О. І., Корнієнко Р. В. Ефективність методу територіального розміщення пожежних підрозділів різної функціональної спроможності. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2022. № 2(36). С. 54–65. doi: 10.52363/2524-0226- 2022-36-5
3. С. В. Рудаков, О. О. Приймак. Модель підтримки управління розподілом пожежних автомобілів у гарнізонах України. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, курсантів, аспірантів «Наука про цивільний захист як шлях встановлення молодих вчених. – Черкаси. ЧІПБ ім.. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2024. С.210-212.

**УДК 628.3:614.8**

#### **ЗАБЕЗПЕЧЕНІСТЬ ГРОМАД ЯКІСНОЮ ВОДОЮ ЯК ОСНОВНА ЗАДАЧА ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ**

*М. ТАВРЕЛЬ, старший викладач кафедри безпеки праці та охорони довкілля  
ТОВ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»*

Технічна і питна вода це цінний ресурс, який впливає на різні аспекти життя громад, а її належна якість є необхідними умовами для запобігання багатьом проблемам, включаючи епідемії, пожежі, пошкодження інфраструктури і т.п.

Забруднена вода може бути джерелом різних інфекційних захворювань, таких як гастроентерит, дизентерія, холера та інші захворювання. Високоякісна питна вода, що надходить через системи очищення та дезінфекції, забезпечує безпеку для споживання і запобігає розповсюдженню інфекцій.

Також важлива якість технічної води, яка використовується в системах водопостачання, водовідведення та санітарії. Неякісна технічна вода може привести до накопичення забруднюючих речовин у системах водопостачання, що зрештою вплине на загальний рівень здоров'я громади.

Також вода, що використовується в гідрантах, водяних резервуарах та інших системах пожежогасіння, повинна бути чистою і без вмісту домішок, щоб забезпечити належний тиск і не засмітити систему.

Неякісна технічна вода, що використовується для охолодження обладнання, в промислових процесах та системах опалення вода може привести до корозії і відкладення на покритті, що може призвести до зниження ефективності або руйнації.

Забруднена вода може зменшити якість води в природніх та штучних водоймах, що вплине на екосистеми і ресурси, які використовуються населенням. Надмірне цвітіння водоростей, викликане високим рівнем поживних речовин у воді, може призвести до утворення мертвих зон і зменшення кисню у воді, що загрожує водним організмам і призведе до замору риби.

Так одним з ефективних методів підвищення якості води є аерація. Встановлення аераторів на початковому етапі водозабору дозволить насичувати воду киснем, що зменшить ймовірність розвитку небажаних водоростей, зокрема токсичних синьо-зелених водоростей. Це також покращить загальний стан водного середовища і забезпечить зменшення мутності і неприємного запаху.

Використання геотермальних теплообмінників для охолодження води є додатковим заходом для контролю якості води. Охолодження води в літній період дозволить знизити її температуру з 30 °С до 18...20 °С, що також зменшує шкідливе цвітіння водоростей і підвищує розчинність кисню в воді.

Якісна вода сприяє соціальній стабільності, забезпечуючи доступ до безпечних ресурсів і покращуючи умови життя. Наявність чистої води впливає на якість життя населення і знижує ризики, пов'язані з епідеміологічними захворюваннями, пожежогасінням, станом систем водопостачання та загальним станом водойми.

Отже забезпечення громад якісною водою є критично важливою задачею у рамках цивільного захисту. Високої якості технічної та питної води можна досягти за допомогою аерації та терморегуляції водойм є критично важливим для безпеки та здоров'я населення, підтримання стабільності громади, забезпечення водопостачання та запобігання екологічним проблемам.

**УДК 614.841.45**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОМАСОПЕРЕНОСУ У ВЕРТИКАЛЬНИХ КАБЕЛЬНИХ ТУНЕЛЯХ АТОМНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ**

*Сергій ТРОШКІН, ад'юнкт*

*Олег КУЛІЦА, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри безпеки об'єктів будівництва та охорони праці*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

На даний час на чотирьох атомних електричних станціях (далі – АЕС) України експлуатуються 15 енергоблоків із загальною встановленою потужністю 13 835 МВт, що складає 55,2 % від сумарної встановленої потужності всіх електростанцій країни. На АЕС знаходиться велика кількість спеціальних приміщень, коридорів та камер з різними температурними режимами та тиском, що передуює необхідність прокладки кабельних ліній як в каналах, кабельних напівповерхів, подвійних полах, шахтах, відкрито розташованих коробах так і у вертикальних кабельних тунелях, які знаходяться в облаштуванні реакторного відділення та з'єднує важливі комунікаційні елементи реакторного управління з контайментом по всій його висоті, кабельний тунель розділений на протипожежні відсіки висотою не більше ніж 6 метрів, протяжність кабельного тунелю становить 25 метрів починаючи з відмітки 20,000 метрів реакторного відділення блоку водо-водяного енергетичного реактору (рис. 1).

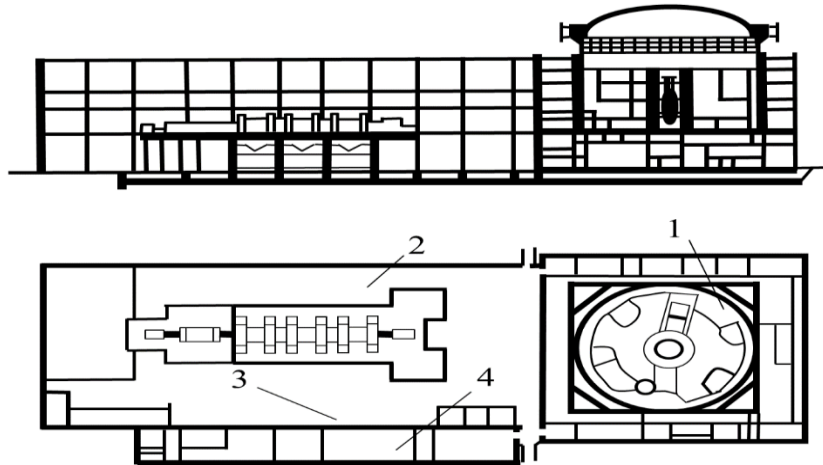


Рисунок 1 – Водно-водяний енергетичний реактор: 1 – контаймент; 2 – турбінне відділення; 3 – діаграторне відділення; 4 – етажерка електротехнічних приладів

Дослідження температурного режиму пожежі є актуальним питанням, так як вертикальні кабельні тунелі відрізняються геометричною конфігурацією, видом кабелів, що прокладені у них, пожежним навантаженням та аеродинамічними характеристиками. Це може привести до того, що температурний режим пожежі у таких тунелях може відрізнитись як від стандартного так і між собою. У такому разі не можна гарантувати відповідність меж вогнестійкості випробовуваних конструкцій чинним нормативам [1-6]. У цьому випадку може істотно знизиться безпека людей і матеріальних цінностей під час пожеж у вертикальних кабельних тунелях АЕС.

Як основний метод визначення вогнестійкості залізобетонних будівельних конструкцій вертикальних кабельних тунелів АЕС використовують метод випробувань за стандартним температурним режимом [4] у вигляді залежності температури середовища від часу (1):

$$\theta_g = T_0 + 345 \log_{10}(8t + 1), \quad (1)$$

де:  $t$  – час, хв.;  $T_0$  – початкова температура середовища,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $\theta_g$  – температура газового середовища у протипожежному відсіку,  $^{\circ}\text{C}$ .

У 1979 році в Нідерландах були проведені дослідження “ТНО”, які повторно підтверджені під час повномасштабних випробувань у тунелі «Рунехамп» у Норвегії [7]. Температурна пожежна крива RWS описується наступною залежністю (рис. 2).

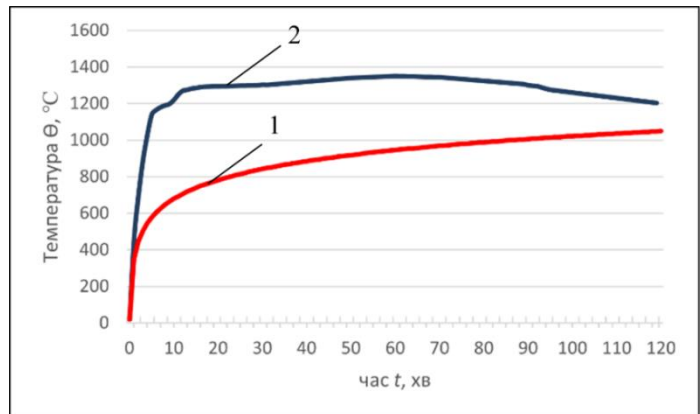


Рисунок 2 – Температурні режими пожеж: 1 – стандартний температурний режим пожежі [4]; 2 – температурна пожежна крива RWS [7]

У роботах [8-9] авторський колектив до складу якого входив Ковалишин В.В. досліджував динаміку розвитку пожеж у кабельних спорудах та описав динаміку температури в зоні горіння без подачі та з подачею інертних газів. Роботи зарубіжних вчених були присвячені як математичному моделюванню, так і реальним експериментам [10-13]. У роботі [10] встановлено, що ширина тунелю мало впливає на

швидкість вигорання пожежного навантаження. Вимірювались розподіли температури в тунелях з різними умовами вентиляції. У чисельному моделюванні [11] проаналізовано причини пожеж у тунелях. Робота [11] присвячена аналізу параметрів швидкості вигорання полівінілхлоридної ізоляції.

Було розглянуто лінійна швидкість поширення пожежі при різному виді укладки кабелів як горизонтально встановлених так і вертикально. Незважаючи на практичну значущість таких результатів, відсутні дані про верифікацію математичних моделей пожеж у вертикальних кабельних тунелях АЕС на основі експериментальних даних.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ГБН В. 2.2-34620942-002:2015. Лінійно-кабельні споруди телекомунікацій. Проектування;
2. НАПБ 03.005-2002 (ВБН В.1.1-034-2003, ГНД 34.03.307-2004, ВБН В.1.1-034-03.307-2003). Протипожежні норми проектування атомних електростанцій з водо-водяними енергетичними реакторами;
3. Серия норм МАГАТЭ по безопасности. Пожарная безопасность при эксплуатации атомных электростанций. № NS-G-2.1;
4. ДСТУ Б В.1.1-4-98. «Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробування на вогнестійкість. Загальні вимоги»;
5. EN 1991-1-2:2010 Eurocode 1: Actions on structures – Part 1–2: General actions -Actions on structures exposed to fire;
6. EN 1992-1-2:2005 Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1–2: General rules – Structural fire design, Brussels, 2004;
7. Chapter VII.4 "Fire resistance of structures" of technical report 1999 05.05.B "Fire and Smoke Control in Tunnels";
8. Ковалишин В.В. Перевірка на адекватність моделювання процесів розвитку і гасіння пожеж в кабельних тунелях (в обмежених об'ємах) // Науковий вісник Українського науково-дослідного інституту пожежної безпеки. – Київ: УкрНДІЦЗ, 2013. – № 1 (27). – С. 38 – 44;
9. Ji J. et al. Influence of aspect ratio of tunnel on smoke temperature distribution under ceiling in near field of fire source //Applied Thermal Engineering. – 2016. – Т. 106. – С. 1094-1102;
10. Tian X. et al. Full-scale tunnel fire experimental study of fire-induced smoke temperature profiles with methanol-gasoline blends //Applied Thermal Engineering. – 2017. – Т. 116. – С. 233-243;
11. Modic J. Fire simulation in road tunnels //Tunnelling and underground space technology. – 2003. – Т. 18. – №. 5. – С. 525-530.

**УДК 371**

#### **ПРО ЗНАЧЕННЯ НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДЛЯ САМООРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ КУРСАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ**

*А. ЧОП, курсант*

*Костянтин ГРИГОРЕНКО, старший викладач*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

Маючи на меті підвищення якості підготовки фахівців, слід поряд з повідомленням певних програмних відомостей більш активно здійснювати управління процесом отримання та засвоєння знань студентами, особливо при їхній самостійній роботі. Певний внесок у розв'язання цього завдання має зробити більш ретельна розробка і впровадження у процес навчання сучасних, науково обґрунтованих навчальних і методичних посібників, які з використаними у них способів представлення знань відходять від традиційного виконання, що характерне для

більшості навчальної літератури. Водночас навчальні посібники повинні виконувати не лише інформаційну, але і організаційно-контролюючу та керуючу функції.

Керуюча функція навчального посібника проявляється у рубрикації, у текстовому виділенні основних положень навчального матеріалу, у наявності структурно-логічних схем, що виявляють взаємозв'язок навчальних матеріалів, у узагальнюючих висновках.

Для підвищення ефективності самостійної роботи студента навчальні посібники повинні також доповнюватися методичними рекомендаціями, що виконують лише керівну та спрямовуючу роль. У рекомендаціях повинні визначати, в якій послідовності слід вивчати матеріал дисципліни, звертати увагу на особливості вивчення окремих тем та розділів, допомагати відбирати найбільш важливі та необхідні відомості зі змісту навчального посібника, а також давати пояснення питанням програми, які зазвичай викликають найбільші труднощі та призводять до помилок. Організаційно-контролююча функція навчального посібника проявляється при переході до активних форм навчання, що сприяє розвитку навичок самостійної роботи слухачів.

Одним із методів активізації навчальної діяльності може бути створення проблемної ситуації. Проблемні ситуації ставлять студента перед необхідністю вибору процесу прийняття рішення, що формує як його волю, а й його мислення.

Постановка того, хто навчається перед необхідністю вибору та прийняття рішення, може бути реалізована за допомогою навчальних посібників керуючого типу, в яких створюються умови для самоконтролю та самокорекції в процесі самостійного вивчення програмного матеріалу. Такий посібник складається з трьох частин. Перша включає інформаційний текст, складений на підставі програми навчальної дисципліни, вивчаючи яку студент отримує можливість визначити обсяг необхідного для засвоєння матеріалу. Здійснення самоконтролю починається з другої частини посібника, що містить питання щодо інформаційного тексту та вибіркові відповіді до них, які студент повинен піддати аналізу. Перед питанням наводиться інформація, яка концентрує увагу на певній частині раніше вивченого матеріалу і з якої послідовно впливає поставлене питання. Робота з другою частиною не передбачає засвоєння нових знань, але дозволяє студенту коригувати раніше отримані знання (на лекціях, практичних заняттях тощо) відповідно до тих, які він опанував у ході вивчення інформаційного тексту, представленого в першій частині. Вибравши та проаналізувавши відповідь, студент звертається за підтвердженням до третьої частини посібника – консультацій-коментарів до запропонованих відповідей на поставлені в попередній частині питання. Консультації побудовані так, що у разі підтвердження достовірності відповіді вони розвивають далі запропоновану думку, у разі помилковості його допомагають знайти правильний шлях і визначити неточність. Самоконтроль за допомогою консультацій дає можливість осмислити помилку та самостійно її усунути.

Слід наголосити, що зазначені програмовані матеріали не виконують роль тесту для контролю знань, оскільки призначені для активізації пізнавального процесу. Приймаючи рішення та відкидаючи невірні відповіді, студент зустрічається з необхідністю не просто засвоювати інформацію, але аналізувати її, крім несуттєвого, робити висновки і, таким чином, підходити до правильної відповіді на поставлене запитання.

Студент включається до активного пізнавального процесу, що супроводжується формуванням прийомів самостійної розумової діяльності.

Навчальні посібники зазначеної структури повинні органічно включатися до освітнього процесу, визначаючи різні форми самостійної роботи студента.

## **ПРО ОРГАНІЗАЦІЮ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СЛУХАЧІВ У ВИЩОМУ НАВЧАЛЬНОМУ ЗАКЛАДІ ТЕХНІЧНОГО ПРОФІЛЮ**

*А. ЧОП, курсант*

*Костянтин ГРИГОРЕНКО, старший викладач*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

З програми навчальної дисципліни «Вища математика» для вищих навчальних закладів слідує, що самостійна робота курсантів є складовою частиною навчальної роботи. Основною метою цієї роботи є закріплення і поглиблення отриманих знань та навичок, пошук і придбання нових знань (в тому числі з використанням автоматизованих навчальних систем), а також підготовка до майбутніх занять, модулів, залікам та іспитам. На самостійну роботу студентів відводиться більше 50% годин, що виділяються для даної дисципліни, і ця робота організовується, забезпечується і контролюється кафедрою вищої математики та інформаційних технологій. Самостійна робота курсантів та студентів передбачає виконання обчислювальних робіт, підготовку до підсумкових контролів у відповідності з навчальним планом. Основна мета цих видів занять полягає у навчанні курсантів та студентів методам самостійної роботи з навчальним матеріалом. Матеріал, що потребує вивчення на самостійних заняттях, намічається при розробці програми та затверджується на засіданнях кафедри і розписаний у планах лекційних та практичних занять. Матеріал, який пропонується для самостійної роботи, по можливості, не повинен містити нових математичних понять, а розширювати та поглиблювати представлення про уже засвоєні поняття та означення, має містити відомості, які поглиблюють знання, отримані на лекції та закріплені на практичному занятті, а також містити і проблемні питання. І саме важливе, що матеріал, запропонований для самостійного вивчення, має задовольняти вимоги дидактичного забезпечення самостійної роботи (достатньо повно бути викладене у підручнику; наявність достатньої кількості навчальних посібників, методичних матеріалів для виконання обчислювальних робіт).

Позааудиторна робота курсантів та студентів проводиться під керівництвом викладача з метою придбання навичок роботи над математичною літературою, фундаментального вивчення теоретичних питань та тих тем навчальних програм, які необхідні для виконання обчислювальних робіт, написання рефератів та підготовки до підсумкового контролю. Відмітимо, що об'єм навчального матеріалу, що виноситься на одну годину самостійного заняття, не має перевищувати об'єму, що запланованого на одну годину лекції або практичного заняття. Отже, підвищення ефективності самостійної роботи і контролю, неможливе без впровадження нових інформаційних технологій з використанням відповідного навчально-методичного та інформаційно-програмного забезпечення дисципліни. Одним із шляхів вирішення даної задачі є використання для вивчення математичних дисциплін дистанційного навчання.

## STRUKTURA I DZIAŁALNOŚĆ: OCHOTNICZA STRAŻ POŻARNA RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

*Vladyslav SOMKIN*

*Opiekun naukowy – Tetyana CZUBINA, doktor nauk historycznych, profesor  
Czerkaski instytut bezpieczeństwa pożarowego im. Bohaterów Czarnobyla  
Narodowego Uniwersytetu obrony cywilnej Ukrainy;  
Akademia Pożarnicza m. Warszawa*

Ochotnicza Straż Pożarna Rzeczypospolitej Polskiej tworzy się z ludzi miejscowej gminy, którzy dobrowolnie zgodzili się realizować swój obowiązek obywatelski jako w postaci służby w jednostce pożarniczej działającej na podstawie ustawodawstwa Polski i Ustawy «O stowarzyszeniach publicznych» w szczególności.

Szczegółowo ich zadanie i organizację określa Statut Ochotniczej Straży Pożarnej i ich Związek. Biorąc pod uwagę, że jednostki te są samoorganizowane, ich działania w zakresie ochrony przeciwpożarowej muszą zostać uzgodnione z odpowiednim szefem departamentu (miasta) Państwowego Departamentu Ochrony Przeciwożarowej.

Podstawy prawne funkcjonowania OSP. Podstawowe dokumenty prawne Rzeczypospolitej Polskiej (zwane dalej DPO): Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z 2 kwietnia 1997 r.; Ustawa Rzeczypospolitej Polskiej z 24 sierpnia 1991 r. «O ochronie przeciwpożarowej»; Ustawa Rzeczypospolitej Polskiej z 24 sierpnia 1991 r. «O Państwowej ochronie przeciwpożarowej Rzeczypospolitej Polskiej»; Dekret Ministra Spraw Wewnętrznych i administracji Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 29 grudnia 1999 r. W sprawie odpowiednich zasad organizacji Państwowego Systemu Ratownictwa i Ratownictwa; Statut dobrowolnej ochrony przeciwpożarowej.

Cele i zadania OSP. Prowadzenie działalności mającej na celu zapobieganie pożarom oraz współdziałanie w tym zakresie z Państwową Strażą Pożarną, organami samorządowymi i innymi podmiotami, udział w akcjach ratowniczych przeprowadzanych w czasie pożarów, zagrożeń ekologicznych związanych z ochroną środowiska, wypadków oraz innych klęsk i zdarzeń, informowanie ludności o istniejących zagrożeniach pożarowych i ekologicznych oraz sposobach ochrony przed nimi; wykonywanie zadań wynikających z przepisów o ochronie przeciwpożarowej, działania na rzecz ochrony środowiska, wspomaganie rozwoju społeczności lokalnych na własnym terenie; wykonywanie innych zadań określonych w statucie OSP, występy na zawodach sportowo- pożarniczych.

ZOSP reallizuje swoje cele poprzez: współdziałanie z Państwową Strażą Pożarną, organami administracji publicznej oraz innymi podmiotami, udzielanie pomocy OSP w wyposażeniu w sprzęt, zaopatrywanie w mundury, odznaki i dystynkcje oraz organizowanie szkoleń, gromadzenie środków finansowych, zapewnienie doradztwa prawnego w zakresie funkcjonowanie OSP, Mobilizowanie społeczeństwa do udziału w realizacji zadań ochrony przeciwpożarowej, inicjowanie i organizowanie imprez sportowych jak również przeglądów dorobku amatorskiego ruchu artystycznego OSP, prowadzenie działalności wydawniczej, organizowanie wystaw, udzielanie pomocy w gromadzeniu eksponatów muzealnych, przedstawienie organom administracji publicznej wniosków dotyczących doskonalenia stanu ochrony przeciwpożarowej, przedłużeniem działalności OSP jest tworzenie młodzieżowych drużyn pożarniczych, w których to młodzi ludzie poznają tajniki służby strażackiej, zasady zapobiegania pożarom oraz zachowania się podczas zagrożenia.

Obowiązki ratownika OSP. Wykonywanie rozkazów i poleceń dowódców; Niezwłoczne stawianie się w wyznaczone miejsce na zarządzony alarm; Sprawdzanie sprzętu i wyposażenia przydzielonego do obsługi; Zaangażowanie w wykonanie powierzonego zadania bojowego; Uzyskanie niezbędnego wykszolenia; Przestrzeganie zasad i przepisów BHP; Wykonywanie badań lekarskich; Dbanie o powierzony sprzęt i wyposażenie oraz mienie OSP;

Dbanie o dobre imię OSP oraz wykazywanie się koleżeństwem i zrozumieniem wobec kolegów.

Uprawnienia ratownika OSP. Zapewnienie badań lekarskich; Zapewnienie niezbędnych środków ochrony osobistej; Wypłacenie ustalonego ekwiwalentu pieniężnego za udział w akcjach i ćwiczeniach; Ochrona prawna w czasie wykonywania zadań i obowiązków ratownika OSP; Świadczenie odszkodowawcze z tytułu wypadku w czasie działań ratowniczych i ćwiczeń; Ubezpieczenie od wypadków zaistniałych w czasie wykonywania zadań statutowych; Zapewnienie umundurowania i dystynkcji.

Wymagania, stawiane ratownikowi OSP. Wiek 18-65 lat; wykształcenie co najmniej pełne podstawowe; dobry stan zdrowia potwierdzony zaświadczeniem lekarskim; wykształcenie pożarnicze: podstawowe strażaka ratownika, uzupełniające w związku z pełnioną funkcją, samokształcenie doskonalące. Cechy osobiste: odporność na stres – opanowanie i spokój w sytuacjach trudnych; zdyscyplinowanie i zaangażowanie oraz poczucie odpowiedzialności; Zdolność podejmowania szybkich decyzji; stanowczość i konsekwencja w realizacji powierzonego zadania; koleżeństwo i kultura osobista.

Finansowanie części OSP: 1). fundusze na sprzęt, szkolenia i wyżywienie (z wyjątkiem szkoleń bezpłatnych, które prowadzi Państwowa Straż Pożarna), jak również zapewnienie gotowości bojowej jednostek OSP jest w zakresie odpowiedzialności lokalnych władz terytorialnych, które również odpowiadają za darmowe mundury członków OSP (mundur ochronny bojowy); ubezpieczenie członków OSP i żon młodych strażaków; przydzielanie funduszy na badania lekarskie; 2). fundusze od firm ubezpieczeniowych; 3). środki z budżetu państwa, które częściowo obejmują funkcjonowanie części ochotniczej straży pożarnej, jeśli działają one w ramach KSRG.

#### SPIS LITERATURY

1. Чмига В. О. Діяльність органів державної влади у сфері цивільного захисту : навч. посіб. / В. О. Чмига, Н. Г. Клименко, М. Г. Орел; За заг. ред. В. О. Чмиги. – К. : Вид во НАДУ, 2008. – 152 с.

2. Труш О. О. Досвід побудови та діяльності систем цивільного захисту країн – членів ЄС Центральної Європи / О. О. Труш // Теорія та практика державного управління : зб. наук. пр. – Х. : Вид-во ХарПІ НАДУ «Магістр», 2010. – Вип. 2. – С.454–461.

#### UDC 614.8

#### PROBLEMATIC ISSUES OF PREVENTING ELECTRIC SHOCK DURING FIREFIGHTING AND EMERGENCY RESPONSE

*Oleh ZEMLIANSKYI, Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Deputy Head of the Department of Automatic Safety Systems and Electrical Installations  
Cherkasy Institute of Fire Safety named after Heroes of Chernobyl  
of the National University of Civil Protection of Ukraine  
Daniel GJORGJIEVSKI  
Crisis Management Center of the Republic of Macedonia*

The danger of electric shock arises at facilities of various purposes. Globally accepted methods of preventing injuries during firefighting and emergency response include de-energizing the facility, using dielectric equipment, applying extinguishing agents from safe distances, maintaining safe distances from energized objects, and implementing measures to prevent harm from high step voltages [1].



A distinctive feature of ensuring electrical safety during firefighting in Ukraine is the use of grounding devices. At the same time, there are contradictory provisions regarding the specifics of this measure. Specifically, [2] provides for one or two grounding devices, which are intended to ground either the fire truck's pump or the fire hose nozzle. However, such a grounding device will not provide complete protection against electric shock due to the high ground resistance, which would require increasing the number or length of the grounding rods. Moreover, the specifics of grounding firefighting and emergency equipment are only defined for extinguishing fires at power facilities [3], where the grounding devices provided in [2] are not used, and the vehicles and nozzles are connected to the existing grounding circuits at the site.

An analysis of possible hazardous factors leading to electric shock and the relevant safety measures has shown that spills of extinguishing agents, which occur during firefighting, have been overlooked. It is worth noting that such spills can come into contact with both neutral and phase conductors of electrical equipment. Therefore, grounding fire hoses can, on the contrary, lead to an increase in the potential difference between the fire hose and the ground at the location of the rescuer. As a result, this can increase the current during an electric shock.

Thus, there is a need to revise the approaches adopted in Ukraine for extinguishing energized facilities, taking into account international experience.

#### REFERENCES

1. Electrical Safety Handbook for Emergency Responders Revised 5<sup>th</sup>. [https://www.sikkimfire.nic.in/Download/Download\\_1.pdf](https://www.sikkimfire.nic.in/Download/Download_1.pdf)
2. Nakaz DSNS vid 29.05.2013 № 358 «Pro zatverdzhennia Norm tabelnoi nalezhnosti, vytrat i terminiv ekspluatatsii pozhezhno-riativalnoho, tekhnolohichnoho i harazhnoho obladnannia, instrumentu, indyvidualnoho ozbroiennia ta sporiadzhennia, remontno-ekspluatatsiinykh materialiv pidrozdiliv DSNS Ukrainy»
3. Nakaz Ministerstva enerhetyky ta vuhilnoi promyslovosti Ukrainy vid 22.12.2011 № 863 «Instruktsiia z hasinnia pozhezh na enerhetychnykh ob'ektakh Ukrainy».

### **CFD - SIMULATION OF A WALL CONSTRUCTION CONTAINING SPRUCE WOOD.**

Kitzmüller Peter, Josef Huber

IBS – Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung Gesellschaft m.b.H., Linz

#### INTRODUCTION

Ensuring safe evacuation during a fire, providing firefighters with a safe and effective means of engagement, and preventing building collapse to protect the surrounding area are general requirements of fire safety. Real-scale fire test results are typically well-accepted and provide a high level of confidence in the safety of the tested building element. However, drawbacks include the associated time and costs for producing test specimens, conditioning according to test specifications, and the need for potential design adaptations if test results are negative. Modeling fire behavior using numerical methods can be a promising approach to substitute fire resistance tests during the product development phase. This shortens time to market and allows the evaluation of a higher number of design ideas. Numerical methods for simulating fire resistance tests, such as computational fluid dynamics (CFD) or finite element analysis (FEM), have been developed and validated in recent years at IBS in Linz with a focus on non-combustible building elements. In the research project PROSIM, a model was developed that can describe the behavior of gypsum and wood building materials under thermal influences. Since gypsum is an important building material for fire protection, the first step was to examine this material for its temperature-dependent properties and model it

accordingly [1]. In a further step, the SimBraWood research project aimed at developing a simulation model that describes the thermal conversion of wood and heat transfer through wood. Wood poses a further challenge due to the significant loss of mass during pyrolysis. In addition to the moisture bound in the wood, which is released in the event of a fire, the material reacts and the thermal properties change drastically. This presents challenges for the numerical methods, since abrupt changes can cause instabilities. When modeling the physical processes, the aim was to strike a balance between the correct representation of the processes involved and a reasonable calculation speed. The wood model was calibrated and validated using experiments with spruce wood samples.

The combined model for gypsum and wood was also validated using experiments. A wall construction made of wood and gypsum and mineral wool was subjected to a fire resistance test. During this test, the temperatures inside the wall construction were measured and compared with simulation results, which showed a very good correlation with the experiment.

### FIRE TEST

The test was part of a series of tests carried out on wall and ceiling structures commonly used in timber house construction. Figure 1 shows the structure of the test specimen (wall) including the probe plan (type K thermocouples).

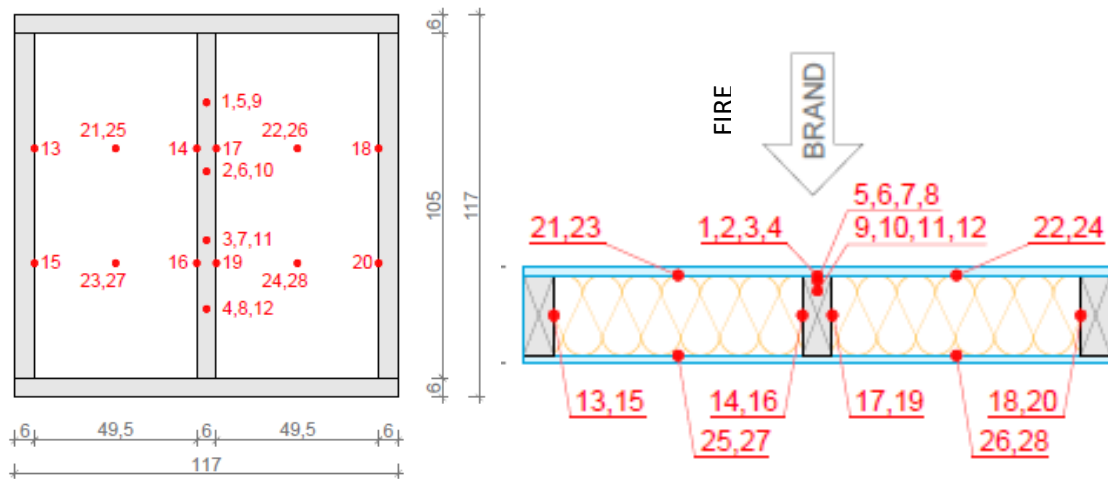
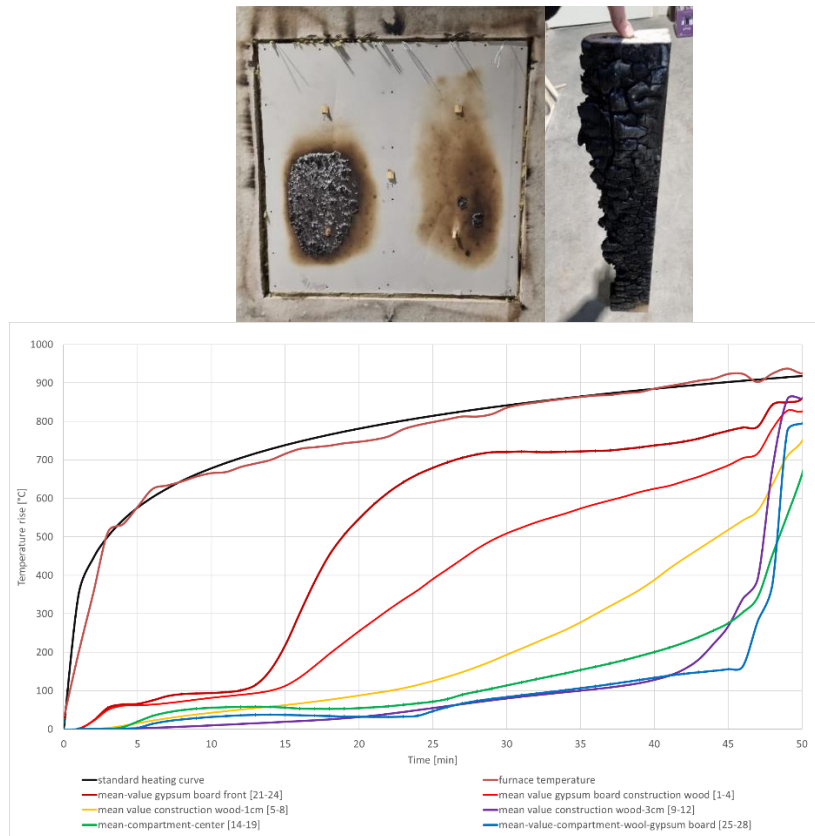


Figure 1 Test design including probe plan

The wall element was installed in a 120 cm x 120 cm test frame. It is a wall consisting of a timber frame made of spruce construction timber, which was covered with fire-resistant gypsum boards. Mineral wool (melting point < 1000°C) was used as insulation. The furnace was fired according to the standard temperature-time curve (ISO 834-1) [10]. The thermocouples were installed in the construction as shown in the sketch in Figure 1. Notches guiding the thermocouples through the construction were milled into the surfaces, to ensure that the gypsum board lay flat.

The test was carried out over a period of 55 minutes. At this point, discoloration was visible on the side of the fire-resistant gypsum board facing away from the fire (see Figure 2). The fire was therefore extinguished. The gypsum board has completely fallen off. The mineral wool has melted and collapsed. The mid-section of the construction timber was charred, leaving a residual cross-section of about 1/3 of its original thickness.



*Figure 2 Left: test specimen after the end of the experiment from the side facing away from the fire. Center: close-up of the mid-section of the construction timber. Right: mean value of the temperature curves at the various measuring points (ambient temperature of about 25 [°C])*

The measured temperatures up to minute 55 are shown in Figure 2. It can be clearly seen that there is a sudden temperature increase after the fire-resistant gypsum board facing the fire falls off. This can be seen in all measured values after minute 45 in Figure 2. The dark red line is the average value of measuring points 21-24, which are located on the side of the fire behind the fire-resistant gypsum board. This is where the fastest temperature increase is observed. The bound water in the gypsum is consumed after about 13 minutes. The light red line is the average of measuring points 1-4, which were placed between the fire-resistant gypsum board and the construction timber. Here the water lasts a little longer, until minute 15. Due to the higher mass of the construction timber compared to the mineral wool, the temperatures do not rise as sharply here; the same applies to the measuring points in the construction timber. The increase in temperature values is less pronounced for measurement curves 5-8 (at a depth of 1 cm, shown in yellow) and 9-12 (at a depth of 3 cm, shown in purple). The green line corresponds to the measuring points in the middle of the infill area between the central construction timber and the mineral wool (14, 16, 17, 19). In this case, the increase to 75°C (or the absolute temperature value of 100°C) is faster than for the two previously mentioned measurement curves. One possible explanation may be that the water vapor can penetrate the mineral wool well and condenses in the cooler areas. After just 4 minutes, the temperatures in the middle of the infill area start to rise, as does the temperature in the rear area at the 5-minute mark, as can be seen from the rise in the blue line. The blue line corresponds to measuring points 25-28. The mineral wool has dried out completely after about 25 minutes, which can be seen from the rise in the temperatures above the absolute temperature value for the blue curve (100°C).

## MATERIAL DATA

For this paper, spruce wood with a dry density of about 543 kg/m<sup>3</sup> was used. Samples in different states (conditioned, dry and pyrolyzed) were prepared to determine the temperature-dependent density, heat capacity and thermal conductivity. A detailed description of the measurement methods and the results of the temperature-dependent thermophysical properties of spruce wood, which are used as input data for the numerical simulations in this paper, can be found in the paper by Cziegler and Kaschnitz [2].

## SIMULATION MODEL

The gypsum model developed by Kitzmüller serves as the basis for the simulation [1,3-4]. This model was mapped as a CFD model in ANSYS Fluent.

As part of the research project SimBraWood, which is a cooperation between IBS - Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung (IBS), Holzforschung Austria (HFA) and Österreichisches Gießerei-Institut (ÖGI), a simulation model for wood-based materials was developed. In this model, as with the gypsum model, the phase change of the water stored in the wood is also taken into account. In addition, the mass of wood is greatly reduced due to pyrolysis. The wood reacts to form carbon, and gaseous, partly combustible substances are released which escape from the porous structure.

This model incorporates the experimentally determined pyrolysis mass loss into the specific heat, thus taking it into account. This makes it possible to predict the temperatures with sufficient accuracy, while the decomposition processes into coal and gas can be set aside without violating the continuity equation.

Another aspect of the model is the approach to damage modeling. In a real fire, the layer of coal would continuously shrink as pieces of coal fall off. Here, a simplified approach was chosen. By manipulating the thermal conductivity, a thermal short circuit can be created that can map the observed temperature increase.

For all other temperature-dependent material data, the measurement results as described in [2] are used. The data were mapped by polynomial functions in Ansys Fluent.

In order to describe the transport processes of the gaseous components in the wood, the porous zone model from Fluent was applied to the wood domain. The porous zone model can be used for a variety of single-phase and multi-phase problems, including flow through solids, which corresponds to our problem. In laminar flows through porous media, the pressure drop is typically proportional to the velocity, which can be described by Darcy's law [5]:

$$\nabla p = -\frac{\mu}{\alpha} \vec{v} \quad (1)$$

$\alpha$  is the permeability and  $\mu$  is the viscosity.

A detailed description of the thermodynamic equation systems with which Fluent's multiphase model works is not provided here. Further information can be found in reference [6].

## COMPUTATIONAL DOMAIN

A cube from the middle area, with the dimensions 200 [mm] x 200 [mm], as shown in Figure 3, was modeled from the wall construction (test).

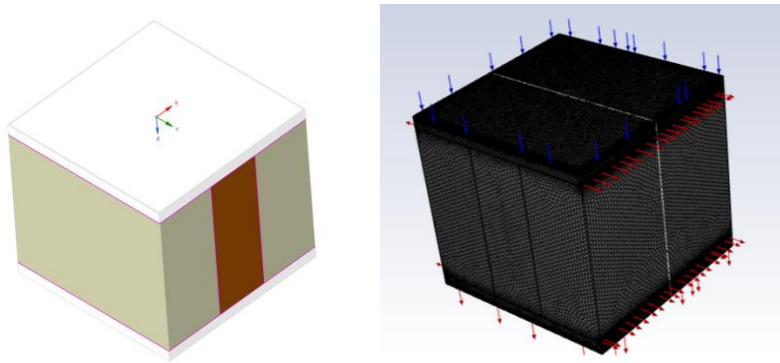


Figure 3 Left: 3D model of the computational domain. The gypsum boards are shown in white, the mineral wool in gray and the construction timber made of solid spruce in brown. Right: 3D mesh

The calculation grid used consists of 1.03 million cells. Pressure outlets were installed all around, on the fire side and the ambient side, so that the water vapor that forms can diffuse out. The gypsum surfaces on the side facing the fire were defined as a “wall” with the standard fire curve as a boundary condition (fire side) and room temperature as a boundary condition (ambient side). Symmetry boundary conditions were applied to all other surfaces.

## RESULTS

The test described in the fire test section could be well simulated. Figure 4 left shows the comparison of the measuring points in front of the construction timber and inside the construction timber (at 1 cm and 3 cm depth). The red lines correspond to the point between the construction timber and the fire-resistant gypsum board on the fire side. Behind the fire-resistant gypsum board, a very good correlation was achieved. The yellow curves depict the values 1 cm inside the construction timber, and the purple curves the values 3 cm inside. Here, too, the simulation corresponds well with the real fire test over parts of the curve.

The moisture content in wooden components often varies considerably in practice (between 12 % and 18 %) and depends on the duration of drying and the storage conditions. It is therefore advisable to carry out the simulation for a low and a high value of wood moisture. This provides an estimate of the possible results in a real experiment. In the simulation presented here, a wood moisture of 10.5 % was used.

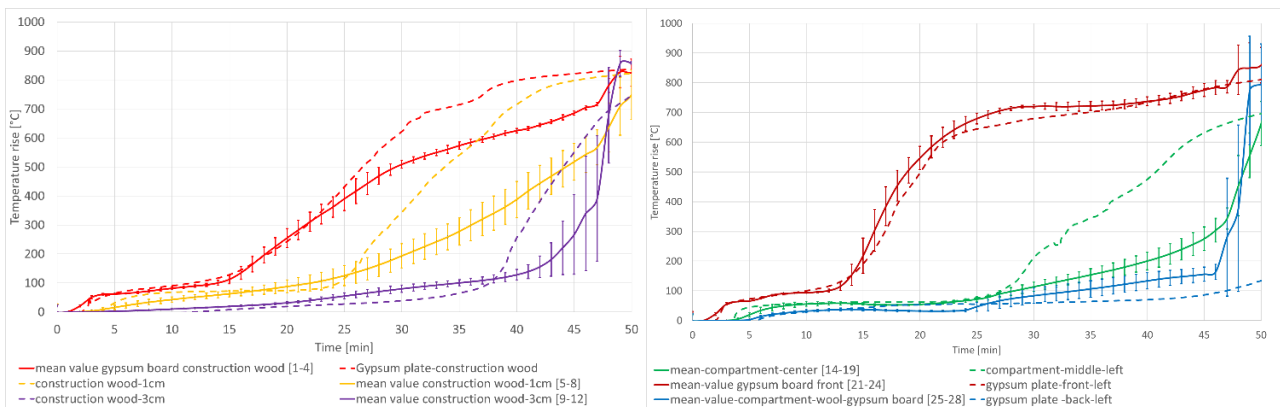
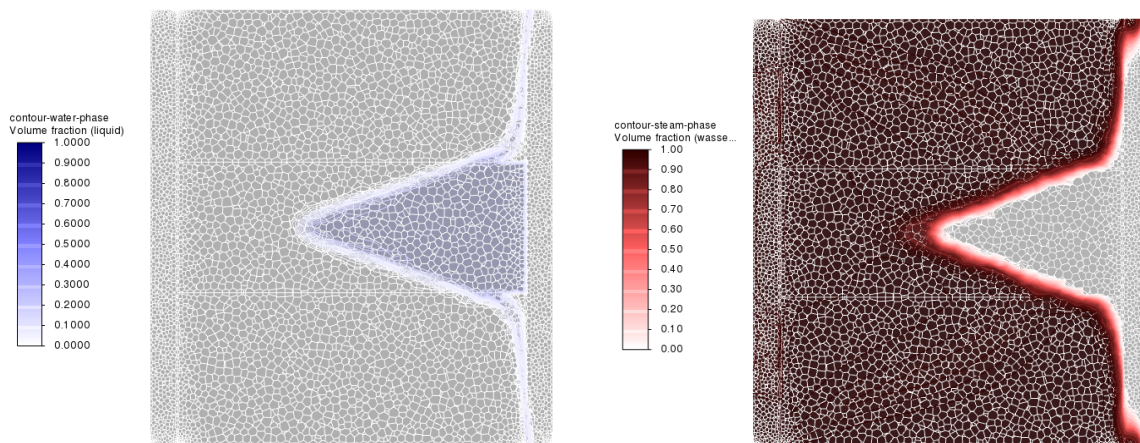


Figure 4 Left: Comparison of the measurement points located on the fire-resistant gypsum board facing the fire, the construction timber and inside the construction timber. The dashed lines correspond to the simulation results. The bars

*next to the measurement curves correspond to the standard deviation. Right: Comparison of the measurement points in the infill area. The bars next to the measurement curves correspond to the standard deviation.*

Figure 4 right compares the measurement points in the infill area. Here, the dark red curve again shows an almost perfect match. This is the measurement point on the fire side between the fire-resistant gypsum board and the mineral wool. The measurement points in the middle of the infill area (green curve) also show a good correlation with the measurements over large parts of the time course. The speed of the water vapor diffusion had to be increased as part of the calibration. This is modeled by reducing the resistance value of the mineral wool. The measuring points in the infill area on the surface of the fire-resistant gypsum board (blue curve) show a good match up to 25 minutes. From minute 25 onwards, the blue curve should start to rise again. A possible cause of the deviation could be that the computational domain is too small. The measuring points in the real fire test are further away from the construction timber than those in the simulation.

Another possible result of a CFD simulation is an insight into the transport processes within the building materials. Figure 5 right shows the water vapor content. The scale from 0 to 1 corresponds to the volume fraction of the multiphase model. At a value of 1, only water vapor is present. In contrast, Figure 5 left shows the volume fraction of water. The blue area in the middle corresponds to the wood moisture. The water leaking from the fire-resistant gypsum board condenses in areas below 100°C and forms a kind of “wave” that moves through the building materials and is driven by the pressure gradient. Condensation and evaporation take place in the water/water vapor interface. In this area, the temperature is around 100°C. The construction timber made of spruce can be seen in the middle. This is the coolest area in the construction, owing to the mass and moisture content of the wood. On the cold side (ambient side), you can see the transition from mineral wool to the fire-resistant gypsum board.



*Figure 5 Water and water vapor in the wall cross-section during minute 55.*

In addition to the variables mentioned, pressure, flow velocity and much more can also be examined in detail. Particularly noteworthy in this context is the “look inside the construction”. Furthermore, the influence exerted on the measuring point by the built-in thermocouples is eliminated. Temperature measurements of materials with low thermal conductivity are problematic because the measuring probe itself acts as a thermal bridge to the environment and cools the measuring point [7-9].

## OUTLOOK

The investigation of the wall construction containing spruce wood using the CFD software Fluent demonstrated good agreement with experimental examinations. The heat release caused by the burning of the sample is not considered. The insulation of the char layer and potential issues such as the destruction of the char layer at high temperatures have a significant impact. This is considered through a simplified model approach. Future research at IBS will focus on developing more accurate models that incorporate the burning process, char layer degradation, and the behavior of complex materials like fire-resistant glass and intumescent coatings to enhance the precision of numerical predictions for fire resistance testing.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The research project “SimBraWood” was funded by ACR with funds from the Federal Ministry of Labour and Economic Affairs. ACR – Austrian Cooperative Research is an interdisciplinary network of private, non-profit research institutes with the aim of supporting small and medium-sized companies in their research and innovation activities.

## REFERENCES

- [1] P. F. Kitzmüller, „Simulation des Wärmetransportes durch Gips“, Masterarbeit, Technische Universität Wien, 2020.
- [2] E. Kaschnitz, A. Cziegler, “High temperature thermophysical properties for the numerical simulation of construction materials exposed to fire load”, präsentiert auf der “35<sup>th</sup> International Thermal Conductivity Conference, Boston”, Boston, 25-28 September 2022.
- [3] R. Prieler, R. Langbauer, H. Gerhardtter, P. Kitzmüller, S. Thumser, G. Schwabegger, C. Hochenauer, “Modelling approach to predict the fire-related heat transfer in porous gypsum based on multi-phase simulations including water vapour transport, phase change and radiative heat transfer”, Applied Thermal Engineering, Issue 206, 2022.
- [4] R. B. Langbauer, „Numerische Simulation des Wärmetransports durch Gips“, Masterarbeit Technische Universität Graz, 2019.
- [5] H. Darcy, “Les fontaines publiques de la ville de Dijon: Exposition et application des principes à suivre et des formules à employer dans les questions de distribution d’eau : Ouvrage terminé par un appendice relatif aux fournitures d’eau de plusieurs villes, au filtrage des eaux et à la fabrication des tuyaux de fonte, de plomb, de tôle et de bitume, Victor Dalmont, éditeur”, 1856.
- [6] ANSYS Inc, “Ansys fluent theory guide”, USA, 2023.
- [7] J. V. Beck, “Determination of undisturbed temperatures from thermocouple measurements using correction kernels”, Nuclear Engineering and Design, Issue 7, pages 9-12, 1968.
- [8] Ian Pope, Juan P. Hidalgo, José L. Torero, “A correction method for thermal disturbances induced by thermocouples in a low-conductivity charring material”, Fire Safety Journal, Issue 120, 2021,
- [9] Beck, J. V, "Thermocouple Temperature Disturbances in Low Conductivity Materials.", J. Heat Transfer, pages 124-131, 1962.
- [10] ISO 834-1:1999, “Fire-resistance tests - Elements of building construction - Part 1: General requirements, Committee: ISO SC 092 021999.

## Секція 2. Технології пожежної та техногенної безпеки

УДК 614.8

### **ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИХ ФІЛЬТРІВ ЯК ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ЙМОВІРНОСТІ ВИБУХУ**

*О. АНТОШКІН, канд. техн. наук, доцент, старший викладач  
Національний університет цивільного захисту України*

Деякі з технологічних процесів (деревообробка, транспортування та зберігання рослинної сировини, видобуток та обробка корисних копалин тощо) супроводжуються утворенням пилу, який зависає у повітрі, осідає на поверхнях. Це тягне за собою негативний вплив на людей та навколишнє середовище, на працездатність обладнання та механізмів і при досягненні нижньої концентраційної межі (за певних умов) може призвести до вибуху.

Окрім традиційних та розповсюджених технічних рішень по зменшенню ступеню запилення повітря (системи вентиляції та аспірації з механічними, інерційним, центробіжним фільтруванням), можуть бути використані електростатичні фільтри.

В роботі [1] експериментальним шляхом було досліджено роботу електростатичних фільтрів. В якості імітатора пилу було використано вогнегасний аерозоль [2] як близький за своїми характеристиками до пилу та такий, що може бути відтворений при проведенні наступних експериментів. За результатами експериментів було виявлено низку недоліків розробленої установки та проблемних питань щодо застосування вказаного методу очищення повітря. По-перше, мова йде про швидке забруднення електродів осілим пилом. По-друге, підвищення продуктивності установки для більших за розміром приміщень але гірших умов роботи може бути за рахунок або збільшення напруги на електродах, або збільшення їх площі.

Для подовження роботи електростатичного фільтра без повного очищення електродів конструкцію пристрою дооснащують двигуном з ексцентріком, який обертає вісь із закріпленому на неї електродом. Таким часом до накопичувального боксу струшується частина осілого пилу, який не встиг закоксуватися. Хоча таке вдосконалення конструкції не відмінняє регулярної механічної очистки або промивання електродів в рамках технічного обслуговування фільтра.

Продуктивність роботи електростатичного фільтра напряму залежить від площі робочих електродів. Але збільшення цього параметру тягне за собою збільшення габаритних розмірів обладнання. Суттєво «заощадити» в цьому випадку дозволяє застосування осаджувальних електродів у формі трубки з внутрішньою робочою поверхнею.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Антошкин А. А., Галица В. И., Литвяк А. Н. Экспериментальное исследование влияния электростатического поля на скорость осаждения огнетушащего аэрозоля. Проблемы пожарной безопасности. 2018. № 43. С.9–13. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/9311/1/antoshkin.pdf>.

2. Дерев'янюк О.А., Антошкин О.А., Бондаренко С.М., Дурєєв В.О., Литвяк О.М., Мурін М.М. Сучасні засоби автоматичного пожежогасіння: Навч. посібник. – Х.: УЦЗУ, 2008. – 181 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/8497>.



## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЛИВНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПРОТИПОЖЕЖНИХ ВОДЯНИХ ЗАВІС

*Вадим БЕНЕДЮК, начальник відділу систем протипожежного захисту  
Олексій ТИМОШЕНКО, старший науковий співробітник  
Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Головним аспектом застосування водяних протипожежних завіс є загальновідома їхня захисна дія від теплового випромінювання полум'я пожежі. Разом з цим, проведені експериментальні дослідження [1], також показали ефективність водяних завіс у вигляді суцільного потоку від проникнення диму.

Загалом обладнання для створення протипожежних водяних завіс поділяється, як мінімум, на три основних види: один – гідравлічне обладнання для створення завіси у вигляді суцільного потоку, другий – гідравлічне обладнання для створення завіс у вигляді розпиленого віялоподібного потоку зі спеціальних дренчерних зрошувачів із бічним розпилюванням, третій - гідравлічне обладнання для створення завіс у вигляді тонко розпиленого потоку води (ТРВ) тощо.

У даній публікації більш детально будуть висвітлені питання щодо водяної завіси у вигляді суцільного потоку, що спадає зверху донизу. Загальний вигляд водяної завіси у вигляді суцільного потоку наведено на рисунку 1.



Рисунок 1 – Загальний вигляд водяної завіси у вигляді суцільного потоку

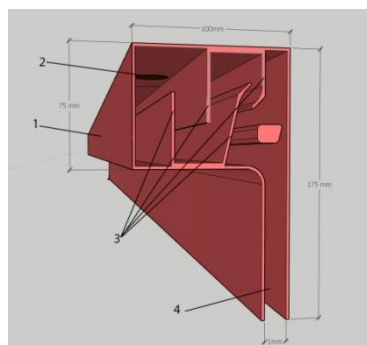


Рисунок 2 – Загальний вигляд поперечного розрізу зливного пристрою для створення водяної завіси у вигляді суцільного потоку

Як видно з наведеного на рисунку 1, водяна завіса являє собою суцільний потік, що перекриває всю площу прямокутного захищеного отвору в стіні будівлі розмірами  $h \times a = (1300 \times 2000)$  мм. При цьому товщина завіси складала  $(1,0 \pm 0,2)$  мм. Згідно наведених у [1] матеріалів натурних досліджень середні значення коефіцієнта екранування для такої завіси складали: від проникнення теплового потоку  $-(98 \pm 2)\%$ , від проникнення диму  $-(70-30)\%$  у діапазоні роботи завіси (5–15) хв, при надлишковому тиску задимленого середовища у об'ємі випробувального приміщення перед завісою величиною до 10,5 Па.

На рисунку 2 наведено загальний вигляд поперечного розрізу експериментального зразка зливного пристрою для створення водяної завіси у вигляді суцільного потоку (далі – зливний пристрій). Зливний пристрій являє собою зварний металевий короб 1, у якому передбачені входні водяні патрубки 2, система спрямляючих (стабілізуючих потік) лопаток 3 та вихідний канал 4, у вигляді плоскої щілини.

Загалом дроблення струменів рідини, що формуються насадками, в повітрі,

відбувається від дії сили земного тяжіння, від дії опору тертю струменя об повітря, від утворення вихрових явищ у самій насадці тощо. На перші дві причини частково можливо вплинути змінюючи в'язкість та поверхневий натяг рідини, на третю причину можна впливати конструктивними способами: зменшенням шорсткості при виконанні внутрішніх поверхонь насадки, забезпеченням умов ламінарності потоку рідини всередині насадки тощо.

При розробці експериментального зразка зливного пристрою ширина, довжина, та висота його вихідного каналу 4 (плоскої щілини) та робочий тиск і витрата води розраховувались таким чином, щоб теоретично була забезпечена ламінарність потоку у вихідному каналі 4 зливного пристрою.

У [2] шляхом вирішення системи диференціальних рівнянь Нав'є–Стокса, які описують гідромеханіку в'язкої рідини виведено формулу (1) для визначення величини витрати рідини через переріз плоскої щілини  $|Q|$ , що забезпечує в ній ламінарність потоку:

$$|Q| = (\Delta p \cdot a / 12 \cdot \mu \cdot l) \cdot s^3, \text{ л/с} \quad (1)$$

де  $|Q|$  – максимально допустима величина витрати води зі зливного пристрою, л/с;

$\Delta p$  = перепад гідравлічного тиску по довжині випускного каналу  $l$ , Па;

$l$  – довжина випускного каналу (плоскої щілини) зливного пристрою, см;

$a$  – ширина зливного пристрою (ширина водяної завіси), см;

$s$  – висота випускного каналу (плоскої щілини) зливного пристрою, см;

$\mu$  – динамічна в'язкість води, Па·с;

Підставляючи в формулу (1) отримані експериментальні числові значення, знаходимо максимально допустиму витрату води через плоску щілину  $|Q|$ , більше якої ламінарний рух потоку змінюється на турбулентний:

$$|Q| = (\Delta p \cdot a / 12 \cdot \mu \cdot l) \cdot s^3 = (20000 \cdot 200 / 12 \cdot 10,1 \cdot 10^{-4} \cdot 10) \cdot 0,1^3 = 33000 \text{ см}^3/\text{с} = 33 \text{ л/с}$$

де  $\Delta p = 20000$  Па;  $a = 200$  см;  $\mu = 10,1 \cdot 10^{-4}$  Па·с;  $l = 10$  см;  $s = 0,1$  см.

При цьому експериментальне мінімальне значення витрати води складає  $Q_e = 5,3 \text{ л/с} < |Q|$ , що означає про те, що теоретично забезпечено ламінарність течії води в вихідному каналі зливного пристрою, тобто початково створено сприятливі умови для формування суцільної водяної завіси.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Провести дослідження ефективності застосування протипожежних водяних завіс для створення перешкоди поширенню пожежі між будинками та в будинках // Звіт про НДР / ІДУ НД ЦЗ. - К. – 2023 – 205 с. Державний реєстраційний номер: 0123U102121.

2. Ковальов І. О., Ратушний О. В., Колісніченко Е. В. Інтегральний курс механіки рідини й газу: навчальний посібник. Суми: Сумський державний університет, 2023. 401 с.

### ВПЛИВ НАПОВНЮВАЧІВ НА ВОДОПОГЛИНАННЯ ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИВІВ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

*Андрій БЕРЕЗОВСЬКИЙ, канд. техн. наук, доцент*

*Богдан КОПИЛ*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

Будівельні норми вимагають проектування з урахуванням міркувань безпеки, що часто суперечить сучасним, витонченим архітектурним стилям. Адже, вогнезахист металевих конструкцій є надважливим фактором в забезпеченні протипожежного захисту як конкретної будівельної конструкції так і всієї будівлі в цілому [1, 2].

У огляді [3] описані деякі недавні роботи, пов'язані з розробкою вогнезахисного покриття, що спучується, придатного для захисту негорючих підкладок, таких як конструкційна сталь, від вогню. Описані ключові фактори складів, що спучуються, зв'язуючих, антипіренів, наповнювачів, модифікаторів, нанорозмірних добавок, які впливають на властивості і характеристики таких покриттів.

Полімерні вогнезахисні покриття, що спучуються (реактивні), ідеально підходять для вирішення цієї задачі [4, 5]. Принцип роботи таких покриттів полягає в ізолюванні конструкції, що захищається від вогню, забезпечуючи термічний бар'єр, уповільнюючи швидкість нагрівання металоконструкції та забезпечують необхідний за проектом час для гасіння пожежі до руйнування конструкцій [6]. Вона забезпечує економічно ефективне рішення, відповідаючи всім технічним вимогам, не порушуючи при цьому естетику сталевих конструкцій і не збільшуючи її вагу [7].

Вивчення стійкості вогнезахисних засобів до впливу вологи має стати необхідним етапом розробки нових технологій реактивних покриттів. Ця інформація важлива для прогнозування терміну служби вогнезахисного покриття з метою його своєчасної заміни та забезпечення надійного та ефективного вогнезахисту.

В роботі [9] показано, що інтумесцентні покриття, незалежно від природи полімерного зв'язуючого, в умовах вологості знижують вогнезахисні властивості в середньому на 10%. Втрата вогнестійкості покриття відбувається за рахунок вилуговування пентаеритриту, поліфосфату амонію та деструкції полімеру в результаті гідролізу. Автори пропонують вводити наноглини в досліджувану систему, це створює бар'єрний ефект і максимально покращує хімічну формулу вогнезахисного покриття.

Недоліком реактивних фарб, що містять в якості інтумесцентних добавок високу частку гідрофільних компонентів, є виняткова чутливість полімерних покриттєвих плівок до дії води, невисока механічна міцність і зниження вогнезахисних характеристик покриттєвої плівки в процесі їх експлуатації внаслідок вимивання гідрофільних компонентів [9]. Технічний результат даної роботи полягає в усуненні або зменшенні зазначених недоліків водно-дисперсійних покриттів, що містять інтумесцентні добавки.

Із метою зменшення сорбції води високонаповнених водних дисперсій останнім часом як нанорозмірний модифікатор використовують гідрофобізований діоксид кремнію [9]. Діоксид кремнію, володіючи сильними електричними полями, виконує також роль стабілізатора водних дисперсій полімерів [10], запобігає осіданню наповнювачів, надає седиментаційної стійкості й тиксотропних властивостей високонаповненим водно-дисперсійним покриттям [11].

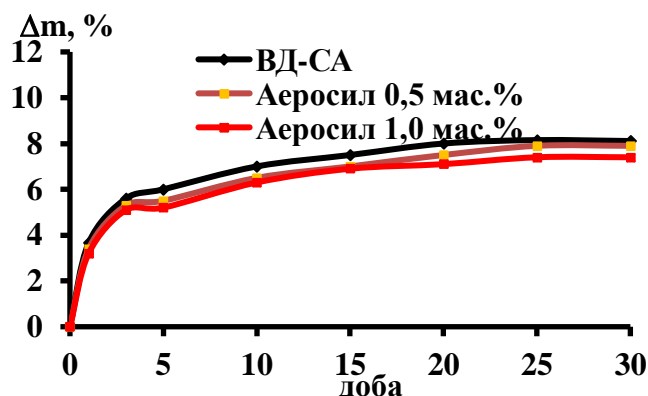
Для оцінки водопоглинання підготовлені скляні пластинки розміром 30×30×1 мм з дослідними покриттями занурювали у дистильовану воду (температура води 23 ± 2 °С), через задані проміжки часу (1, 3, 5, 10, 15, 20, 25 та 30 діб) пластинки послідовно виймали з води, залишки вологи ретельно видаляли фільтрувальним папером, витримували зразок протягом 1 години при температурі 40 °С і зважували. Зміну маси ( $\Delta m$ , %) для кожного зразка розраховували за наступною формулою:

$$\Delta m = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

де  $m_0$  і  $m_1$  – маса покриття до і після занурення в воду, відповідно, г.

Проводили три паралельні вимірювання зміни маси і визначали середнє значення. Похибка вимірів не перевищувала 5%.

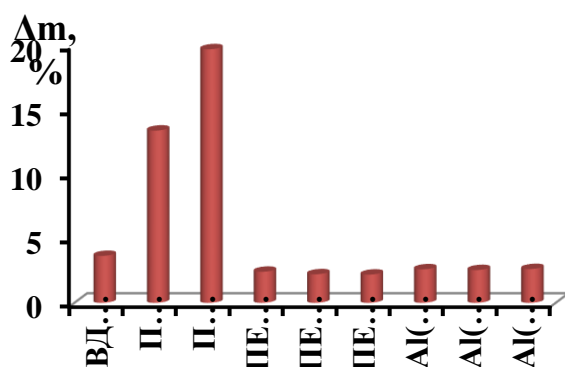
На рис.1 представлено залежності впливу кількісного вмісту гідрофобізованого аеросилу (0,5; 1,0 мас.%) на водопоглинання досліджуваної стирол-акрилової водної дисперсії (ВД-СА).



Рисинук 1 – Залежність впливу кількісного вмісту аеросилу (0,5; 1,0 мас.%) на водопоглинання досліджуваної стирол-акрилової дисперсії

Наведенні залежності рис. 1 показують, що введення малих добавок аеросилу (0,5 та 1,0 мас. %) дозволяє знизити водопоглинання досліджуваних зразків ВД-СА на 2,5 – 9 % відповідно. Ймовірно, це пов'язано із заповненням вільних вакансій в об'ємі сформованої плівки частинками аеросилу з високою питомою поверхнею та формуванням граничного шару гідрофобізованого аеросилу на поверхні стирол-акрилової плівки.

На рис. 2 та рис. 3 представлено залежності впливу кількісного вмісту інтумесцентних наповнювачів (ПФА=20, 30; ПЕ=15, 20, 25; Al(OH)<sub>3</sub>=20, 30, 40 мас.%) за перші 24 години (рис. 2) та протягом 30 діб (рис. 3) на водопоглинання досліджуваних плівок ВД-СА.



Рисунук 2 – Залежність впливу кількісного вмісту інтумесцентних наповнювачів за перші 24 години експозиції (ПФА=20, 30; ПЕ=15, 20, 25; Al (ОН)<sub>3</sub>=20, 30, 40 мас.%) на водопоглинання досліджуваних плівок ВД-СА

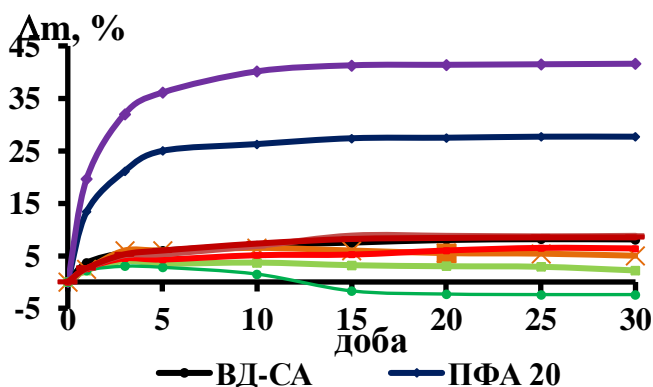


Рисунок 3 – Залежність впливу кількісного вмісту інтумесцентних наповнювачів (ПФА=20, 30; ПЕ=15, 20, 25;  $Al(OH)_3$ =20, 30, 40 мас.%) протягом 30 діб на водопоглинання досліджуваних плівок ВД-СА.

На даних графіках (рис. 2 та рис. 3) можна побачити залежність показника водопоглинання від часу витримки зразків у воді. У перші 24 години експозиції у воді найбільшу водопоглинаючу дію проявляє фосфоровмісний антипірен ПФА (від 3,17 до 5,4 разів). Покриви, наповненні гідроксидом алюмінію в кількості 20 мас. % має менше водопоглинання (на 2 %) в порівнянні з ВД-СА. Водопоглинання зростає досить повільно та врівноважується, що свідчить про максимальне набухання полімерної плівки.

Зниження водопоглинання стирол-акрилових покриттів, наповнених при введенні гідрофобізованого аеросилу, імовірно, пов'язане з тим, що дрібнодисперсний аеросил із високою питомою поверхнею ( $300 \text{ м}^2/\text{г}$ ) формує більш щільно упаковану структуру, що призводить до зменшення дефектності поверхні стирол-акрилового покриття. Локалізація на поверхні дефектних структур частинок гідрофобізованого аеросилу також спричиняє зменшення змочування цих структур водою, унаслідок чого погіршується змочування поверхні стирол-акрилового покриття та знижується дефектність його структури [6].

Отримані результати водопоглинання стирол-акрилових покриттів можуть бути інтерпретовані з точки зору збільшення вкладу бар'єрного ефекту аеросилу в системах з високою в'язкістю, що зберігає хімічний склад інтумесцентного покриття. Розроблені покриття можуть експлуатуватися на межі вода-повітря, низьке водопоглинання свідчить про його високі захисні характеристики.

Подальшим напрямком досліджень буде вплив інтумесцентних наповнювачів на експлуатаційні характеристики водно-дисперсійних покриттів. Наявність таких досліджень було б основою для систематизації та узагальнення з метою створення водостійких вогнезахисних покриттів.

Отже, отримані результати можуть бути використані при розробці водостійких вогнезахисних покриттів для металокопункцій на основі системи поліфосфат амонію/пентаеритрит/ алюмінію гідроксид /стирол-акрилова дисперсія.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Yasir M., Ahmad F., Yusoff P. S. M. M., Ullah S., Jimenez M. Latest trends for structural steel protection by using intumescent fire protective coatings: a review. *Surface Engineering*. 2019. № 36 (4). С. 334–363.
2. Андрущенко Л., Борисенко В., Горонескуль М., Кудін О. Інтумесцентні вогнезахисні покриття у сучасному будівництві (огляд). *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2019. № 1(29). С. 121–138.
3. Mariappan T. Recent developments of intumescent fire protection coatings for structural steel: A review. *Journal of Fire Sciences*. 2016. № 34(2). С. 120–163.
4. Zybina O., Gravit M. Intumescent Coatings for Fire Protection of Building Structures and Materials. *Springer Series on Polymer and Composite Materials*. 2020. 216 p.
5. Беліков А. С., Коваленко О. В., Клименко Г. О., Харченко В. В. До питання зниження горючості та підвищення вогнестійкості металевих конструкцій. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2022. № 4 (010), 2022. С. 20-25.
6. Григоренко О. М., Золкіна Є. С. Дослідження спучування вогнезахисних епоксидних покриттів, модифікованих металовмісними добавками. *Проблеми пожежної безпеки*, 2018. (43), 31–37.
7. Демідов Д. В., Саєнко Н. В., Биков Р. О., Саєнко Л. В., Ільєнко К. О. Спрямоване регулювання горючості та вогнезахисних характеристик лакофарбових покриттів. *Інтегровані технології промисловості*. 2019. Вип. 1. С. 52–60.

8. Vakhitova L., Kalafat K., Plavan V., Bessarabov V., Taran N., Zagoriy G. Comparing the effect of nanoclays on the water-resistance of intumescent fire-retardant coatings. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. 3(6), 111.

9. Березовський А., Копил Б., Іщенко І., Саєнко Н. Вплив співвідношення вогнезахисних компонентів на вогнезахисну ефективність покривів металевих конструкцій на водній основі. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*. 2023. 7(2), 19–28.

10. Демідов Д. В., Саєнко Н. В., Попов Ю. В., Биков Р. О., Уманська Т. І. Реологічні та енергетичні характеристики високонаповнених акрил-стирольних водних дисперсій. *Науковий вісник будівництва*. 2018. 94 (4), 171–177.

11. Makarov A. S., Andreeva I. A., Tretinnik V. Y. Rheological properties of polymer-containing aqueous aerosil dispersions, *Colloid Journal*. 2001. Vol. 63, №. 6, pp. 731-737.

12. Saienko N. V., Bikov R., Skripinets A., Demidov D. V. (2021). Research of the influence of silicate fillers on water absorption and microstructure of styrene-acrylic dispersion coatings. *In Materials Science Forum*. 2021. Vol. 1038, pp. 61–67. Trans Tech Publications Ltd.

**УДК 614.8:534**

### **ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПЛЕКСУ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ (КЗІЗ) ЗА ДОПОМОГОЮ УСТАНОВКИ «ШТУЧНІ ЛЕГЕНІ»**

*П. БОРОДИЧ, канд. техн. наук, доцент*

*Р. ДОЛГОПОЛОВ, здобувач вищої освіти*

*Національний університет цивільного захисту України*

Установка «Штучні легені», яка використовується під час проведення випробувань, фактично уявляє собою стенд-імітатор зовнішнього дихання людини. Під час випробувань на стенді визначають час захисної дії, умови дихання, а також параметри основних систем та пристроїв.

Стенд імітує вентиляційну функцію легень та легеневий газообмін. Споживання кисню та виділення двоокису вуглецю імітується при реакції горіння метанолу. Для імітації вентиляційної функції легень стенд створює пульсуючий потік газу зі зміною об'ємної витрати, яка є близькою до синусоїдальної з рівною тривалістю фаз вдиху та видиху.

Стенд імітує температуро-вологовий режим видиху шляхом нагрівання та зволоження газоповітряної суміші, що видихається. При цьому забезпечуються значення:

- виділення двоокису вуглецю за стандартних умов (температура  $t=0^{\circ}\text{C}$ ; відносна вологість  $\varphi=0\%$ );
- поглинання кисню за стандартних умов;
- легенева вентиляція за легеневих умов (температура  $t=37^{\circ}\text{C}$ ; відносна вологість  $\varphi=100\%$ );
- дихальний об'єм за легеневих умов.

До складу стенда повинна входити кліматична камера, де підтримується температура в діапазоні від мінус  $40^{\circ}\text{C}$  до  $60^{\circ}\text{C}$  з відхиленням від заданої величини не більше  $2^{\circ}\text{C}$ , зі швидкістю повітряного потоку від 0,3 до 0,9 м/с. Стенд комплектують контрольно-вимірювальними приладами та пристроями, які дозволяють встановлювати та контролювати параметри дихального навантаження та реєструвати наступні параметри ізолюючих апаратів:

- опір диханню в діапазоні від мінус 1000 до 1000 Па з похибкою не більше 20 Па;
- об'ємну долю двоокису вуглецю у суміші, яка вдихується, в діапазоні від 0 до 5% з похибкою не більше 0,1%;

• об'ємну долю кисню у суміші, яка вдихується, в діапазоні від 0 до 25% з похибкою не більше 0,1%;

Газоповітряна суміш, яка відбирається для аналізу, після його закінчення повертається до системи стенда.

При підготовці ізолюючого апарата до випробувань допускається мінімальне втручання в його конструкцію, яке необхідне для визначення деяких параметрів, але при дотриманні умови, що це не порушить нормальної роботи апарата. Допускається приєднання до лицевої частини пристрою для відбору проб газоповітряної суміші та контролю її температури під лицевою частиною.

Після підготовки апарата та настройки стенда на дихальний режим, що відповідає умовам конкретного випробування, зразок поміщають до кліматичної камери у вертикальному стані, лицева частина надягають на муляж голови людини, що є підключеним до стенду, і закривають камеру.

Випробування проводять за різних умов дихання (різної легеневої вентиляції) і значень температури навколишнього повітря в кліматичній камері.

Випробування, як правило, проводять при чотирьох дихальних режимах. Кількість випробувань для кожного режиму, який визначається сукупністю дихального режиму та значення температури навколишнього середовища, наведено в табл. 1.

Перед проведенням випробувань за температури навколишнього середовища 25 та 40°C зразок витримують у кліматичній камері за заданої температури протягом 30 хвилин, а перед випробуванням за температури 60°C його завчасно витримують за температури 25°C протягом 30 хвилин. Перед проведенням випробувань за температури мінус 40 завчасно витримка зразка становить 30 хвилин за температури 0°C.

Після витримки апарата включають стенд, відкривають вентиль балона апарата, а потім через рівні проміжки часу, але не рідше ніж через 10 хвилин, реєструють у протоколі випробувань наступні параметри: тиск газоповітряної суміші в балоні, об'ємну долю двоокису вуглецю й кисню у повітрі, що поступає на вдих, об'ємну долю двоокису вуглецю в повітроподавальній системі, опір диханню на вдиху та видиху, температуру газоповітряної суміші, яка видихається.

Таблиця 1.

Об'єм випробувань ізолюючого апарата на стенді-імітаторі зовнішнього дихання

| Температура у кліматичній камері, °C | Легенева вентиляція, л/хв. |    |    |    |
|--------------------------------------|----------------------------|----|----|----|
|                                      | 12,5                       | 30 | 60 | 85 |
| 25±1                                 | 1                          | 3  | 2  | 1  |
| 40±1                                 | -                          | 2  | 1  | -  |
| 60±2                                 | -                          | 2  | -  | -  |
| Мінус 40±2                           | -                          | 2  | 1  | -  |

По закінченню випробувань у протоколі реєструються працездатність зразку, умовний та фактичний час захисної дії, тиск газоповітряної суміші, при якому спрацював сигнальний пристрій, факти замірзання та запотівання скла лицевої частини. Випробування проводять до вичерпання захисної здатності зразка. Для регенеративного дихального апарата він визначається настанням однієї з нижчезказаних подій: зниження тиску кисню в балоні до 3 МПа, перевищення допустимих значень опору диханню на вдиху та видиху; збільшення об'ємної долі двоокису вуглецю у газовій суміші, яка поступає на вдих, більше 1,5%; зменшення об'ємної долі кисню у газоповітряній суміші, яка поступає на вдих, нижче 21%; перевищення нормативних значень об'ємної долі двоокису вуглецю в дихальному мішку та температури повітря, яке поступає на вдих.

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТРОЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ НА ЛЮДЯХ У ЛАБОРАТОРНИХ УМОВАХ КОМПЛЕКСУ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ (КЗІЗ)

*П. БОРОДИЧ, канд. техн. наук, доцент*

*В. КОНОНОВИЧ, канд. наук з держ. упр., доцент, начальник кафедри*

*В. ЄМЕЦЬ, здобувач вищої освіти*

*Національний університет цивільного захисту України*

Необхідність проведення контрольних випробувань на людях можна довести, наприклад, таким прикладом – відомі до цього часу динамічні установки штучних легень недостатньо імітують дихання людини, в них відсутня повна (за масою та об'ємом) імітація споживання кисню людиною при різних дихальних режимах і співвідношеннях споживання кисню і виділення діоксиду вуглецю.

Діючі установки не дозволяють контролювати вологість дихальної суміші на виході з апарата. Останнє не дозволяє достовірно оцінювати значення одного з основних параметрів якості ізолюючих засобів захисту органів дихання – температуру газової суміші, яка вдихується, оскільки для різних значень вологості допустимі температури істотно відрізняються. Крім того, параметри дихання існуючих установок можуть змінюватися лише вручну за командою оператора, у той час як при реальному використанні ізолюючих апаратів параметри дихання людини і характеристики апаратів тісно пов'язані один з одним. Відомо також, що параметри дихання людей дуже сильно залежать від віку, ваги, фізичного навантаження та ін., що вносить до характеристики дихання, створюваного на стенді «Штучні легені», високий ступінь невизначеності. Тому в наявності проблема неадекватності умов і результатів випробувань ЗІЗОД на установках «Штучні легені» та людей. Це серйозно ускладнює, наприклад, процес проектування ізолюючих апаратів в умовах невизначеності і, в ряді випадків, може направити його неправильним шляхом. У зв'язку з цим визначальними перевірками якості засобів індивідуального захисту до теперішнього часу є їх випробування на добровольцях-випробувачах. Одночасно треба мати на увазі, що ці випробування є досить дорогими і вимагають наявності кваліфікованого персоналу.

Таким чином, лабораторні дослідження на людях доповнюють основну оцінку КЗІЗ, яку отримали під час випробувань на приладах, а також на стенді-імітаторі дихання. Їх метою є визначення захисних властивостей КЗІЗ, умов дихання, фізіологічних реакцій газодимозахисників, особливостей роботи складових частин та систем КЗІЗ, зручності користування ним тощо.

В основі лабораторних досліджень – застосування методу визначення працездатності людини в КЗІЗ, суттю якого є оцінка його впливу на працездатність газодимозахисника шляхом дослідження його функціонального стану та можливості виконання роботи в заданих умовах. Функціональний стан газодимозахисника в КЗІЗ і можливість виконання роботи оцінюють за наступними показниками:

- обмеження рухомості;
- частота серцевих скорочень;
- артеріальний тиск;
- середня температура тіла;
- витривалість до статичного навантаження;
- час простої зоро-моторної реакції;
- якість виконання коректурної проби;
- гострота зору;
- поріг чутності;



- самооцінка тим, хто проводить випробування, функціонального стану;
- працездатність.

Лабораторні дослідження КЗІЗ повинні починатись з попередньої оцінки їх впливу на рухомість людини. Після цього проводять:

- визначення працездатності людини в КЗІЗ у лабораторних умовах при виконанні дозованого фізичного навантаження та навантаження оператора в оптимальних мікрокліматичних умовах та на границі заданого мікрокліматичного діапазону експлуатації (як правило, залучається не менше трьох випробувачів);

- визначення працездатності людини в КЗІЗ у лабораторних умовах при моделюванні основних елементів професійної діяльності на границях заданого мікрокліматичного діапазону експлуатації КЗІЗ (як правило, залучається не менше трьох випробувачів);

- визначення працездатності людини в КЗІЗ у виробничих умовах за найбільш характерних умов та режимів роботи (як правило, залучається не менше десяти випробувачів).

Інші показники оцінюють саме під час оцінки працездатності в КЗІЗ.

Випробування відбуваються під керівництвом начальника спеціалізованого дослідницького підрозділу, який призначає відповідального за випробування. Останній залучає для участі у випробуваннях: випробувачів, відповідального за підготовку КЗІЗ, лікаря та фізіолога.

В якості випробувачів залучаються газодимозахисники, які регулярно працюють у засобах індивідуального захисту та мають відповідні медичні показання. Допуск до випробування здійснює лікар. Перед дослідженнями випробувач отримує повну інформацію щодо їх характеру та обсягу.

Випробування проводять в ергометричному залі (площа 20 м<sup>2</sup>, висота 2,7 м), камерах тепла та холоду (об'єм не менше 12 м<sup>3</sup>, діапазон температур від мінус 50 до плюс 50 °С), а також камері масляного туману. Для створення фізичних навантажень використовують:

- стенд-рухома доріжку (швидкість руху транспортера міняється від 30 до 100 м/хв.), на якій встановлено імітатор носилок вагою 40 кг;
- вертикальний ергометр із вантажами 10 і 20 кг та висотою підйому 1,2 м;
- стенд-нескінченну драбину зі змінною швидкістю руху поперечин драбини в діапазоні від 4 до 20 м/хв. та змінним нахилом драбини від 65 до 90;
- помости висотою 20 см, 30 см та 40 см;
- секундомір;
- вантаж (ящик із ручками або гиря) масою 20 кг.

Дозоване фізичне навантаження здійснюється як шляхом виконання типових навантажувальних тестів, так і шляхом виконання дозованої фізичної роботи, яка імітує реальне навантаження газодимозахисників під час гасіння пожеж та проведення аварійно-рятувальних робіт. На випробувачах повинен бути штатний комплект захисного одягу, а під час роботи в камері тепла та холоду крім того повинні бути одягнутими рукавиці та шерстяний підшоломник.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЛІГОННИХ ВИПРОБУВАНЬ КОМПЛЕКСУ ЗАСОБІВ  
ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ (КЗІЗ)**

*П. БОРОДИЧ, канд. техн. наук, доцент,*

*Р. ПОНОМАРЕНКО, д-р техн. наук, професор, начальник факультету*

*В. ЄМЕЦЬ, здобувач вищої освіти*

*Національний університет цивільного захисту України*

Полігонні випробування КЗІЗ відбуваються на відкритому повітрі та в теплодимокамері. Ланки газодимозахисної служби у складі не менше трьох осіб в захисному одязі зі спорядженням виконують визначений програмою досліджень комплекс вправ.

Етапи полігонних випробувань:

- вивчення конструкції засобу індивідуального захисту;
- вивчення правил користування та підготовки;
- спорядження та перевірку КЗІЗ;
- робота в КЗІЗ.

Мета полігонних випробувань – перевірка відповідності КЗІЗ загальним технічним вимогам (в першу чергу відповідності будові людини, можливості виконання типових операцій для проведення аварійно-рятувальних робіт, легкодоступності та зручності в застосуванні, неможливості пошкодити найбільш важливі елементи конструкції тощо).

Перед початком випробувань та після їх завершення перевіряють тактико-технічні характеристики засобу захисту (під час виконання перевірки № 2), у випробувача заміряють масу тілі, ріст, частоту дихання, частоту пульсу, артеріальний тиск, температуру тіла. Під час випробувань після кожного виду робіт (вправ) фіксують наступні параметри: протяжність вправи (робота та відпочинок); частота пульсу; показання манометру.

Детальний зміст кожного виду вправ визначається особою, яка призначена за проведення випробувань. Порядок та протяжність виконання вправ можуть коригуватись залежно від КЗІЗ, часу його захисної дії, місцевих особливостей. Перелік типових вправ, які виконуються під час полігонних випробувань ізольованих апаратів, наведено в табл. 1.

Полігонні випробування проводять до:

- зниження запасу газоповітряної суміші в КЗІЗ нижче визначеної в ТТХ норми;
- порушення нормальної роботи засобів індивідуального захисту (несправність якого-небудь пристрою, витікання запасу газоповітряної суміші тощо);
- з'явлення суб'єктивного відчуття, яке не дає проводити випробування (високий опір диханню, погіршення самопочуття та ін.);
- підвищення частоти пульсу до 150 хв.<sup>-1</sup>, якщо вона не зменшується протягом 5 хвилин відпочинку.

Після закінчення кожного випробування проводять опитування газодимозахисників щодо самопочуття, умов дихання, зручності користування при виконанні різноманітних робіт. Результати опитування фіксуються у протоколі.

Таблиця 1

Перелік вправ, які проводяться під час полігонних випробувань ізолюючих апаратів

| Найменування вправ  | Протяжність вправ, хв. |               |                |
|---|------------------------|---------------|----------------|
|   | на свіжому повітрі     | в димо-камері | в тепло-камері |
| Рух по горизонтальній поверхні (швидкість 50–80 м/хв.)  | 5                      | -             | -              |
| Робота з ручним немеханізованим пожежним інструментом (лом, сокира тощо)                                  | 10/3                   | -             | -              |
| Підйом та спуск по драбині (маршовій, вертикальній, штурмовій тощо)                                       | 5/2                    | -             | -              |
| Проведення розвідки з пошуком людини (манекена) та винесення її на свіже повітря                          | -                      | 10/3          | -              |
| Виніс майна з приміщень (ящиків 30–40 кг)   | -                      | 10/3          | -              |
| Проведення розвідки з пошуком людини, включення її до рятувального пристрою та виведення на свіже повітря | -                      | 10/3          | -              |
| Перенесення вантажу масою 10 кг   | -                      | -             | 8/3            |
| Робота на вертикальному ергометрі   | -                      | -             | 5              |

*Пояснення.* В чисельнику указано протяжність виконання вправ, а у знаменнику – протяжність відпочинку після виконання вправи.

За результатами лабораторних та полігонних випробувань підтверджують вірогідність безвідмовної роботи КЗІЗ. Відмови під час лабораторних та полігонних випробувань на людях визначає той, хто працює в засобах індивідуального захисту, за результатами суб'єктивної «оперативної» перевірки перед початком роботи та протягом всієї апаратозміни. До них відносяться, наприклад, відчутні, проте все ж такі, що можна перенести: підвищенні опори диханню та температура газоповітряної суміші, яку вдихає газодимозахисник. До них також відносять виникнення обов'язкової необхідності переключення людини в запасний засіб захисту або саморятувальник та суттєві поломки підвісної системи, які ускладнюють утримання засобу захисту в робочому стані. При випробуваннях враховують тільки відмови, які залежать від внутрішніх причин, тобто від конструкції КЗІЗ, та не враховують відмови, які були викликані зовнішніми випадковими впливами.

Загальною ознакою відмови під час випробувань на людях є втрата здатності засобу захисту захищати органи дихання та зору (а в ізолюючих костюмах і поверхні тіла) людини та обов'язкова необхідність переключення в резервний засіб захисту чи саморятувальник, або необхідність покинути місце роботи і виключитись з апарата.

Для ізолюючих апаратів, наприклад, результати вважаються позитивними, якщо під час проведення 340 апаратозмін не виникло жодної відмови.

## АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ ПОКРАЩЕННЯ ВОГНЕЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БОЙОВОГО ОДЯГУ ВОГНЕБОРЦІВ

*М. ГОРОНЕСКУЛЬ*

*Національний університет цивільного захисту України*

Успішна ліквідація наслідків техногенних катастроф багато в чому визначається якістю бойового одягу та спорядженням пожежників-рятувальників. Одяг пожежного, як засіб захисту, покликаний компенсувати вплив небезпечних і шкідливих чинників, захищаючи рятувальника і стабілізуючи тим самим його працездатність.

Індивідуальний захисний одяг пожежних є єдиним джерелом захисту під час гасіння пожежі. Захисний одяг має бути зручним для носіння. Вимоги до захисту та комфорту завжди є суперечливими чинниками щодо захисного одягу. Відповідний вибір матеріалу, дизайн одягу та остаточна оцінка результатів відіграють вирішальну роль у прогнозуванні ефективності та комфорту одягу. Пожежні стикаються з низкою небезпек під час гасіння пожеж, що може спричинити травми та смертельні випадки.

Загалом, стандартний захисний одяг є багатошаровою конструкцією, яка є важкою та громіздкою для забезпечення бажаного теплового захисту. Це, у свою чергу, зменшує здатність захисного одягу передавати внутрішнє тепло в навколишнє середовище та створює тепловий стрес для пожежників. Таким чином, волога, що утворюється в результаті потовиділення, залишається всередині системи одягу, що призводить до температурного дискомфорту для користувача [1].

Різноманітні організації, такі як CEN (Європейський комітет стандартизації), NFPA (Національна асоціація протипожежного захисту), ISO (Міжнародна організація стандартів), AS/NZS (Спільний австралійсько-новозеландський стандарт) і TC (Технічний комітет) видають і керують стандартами для індивідуального захисного одягу пожежних. Ці стандарти встановлюють мінімальні вимоги до матеріалів одягу, дизайну та робочих характеристик.

В Україні діє низка національних стандартів, які поширюються на засоби індивідуального захисту пожежників [2], зокрема ДСТУ 9209:2023 «Засоби індивідуального захисту пожежників. Класифікація, технічні вимоги та методи випробування».

Ідеальна система захисного одягу пожежних повинна відповідати таким наступним вимогам: стійкість до випромінювання та конвекції тепла, стійкість до ударів та стирання, комфорт у різних погодних умовах, водовідштовхувальна здатність, легкість очищення, стійкість до хімічних речовин, довговічність за розумною ціною, стійкість до пошкодження іскрою, регульоване вентиляційне охолодження та вогнестійкість [1].

В огляді [3] продемонстрована можливість підвищення рівня захисту персоналу від впливу шкідливих чинників при ліквідації наслідків аварій за рахунок застосування кремнійорганічних матеріалів для створення захисних покриттів одягу.

Науковці зазначають, що різноманітний хімічний склад сполук кремнію, забезпечує їхню дуже високу термічну стабільність та дозволяє застосовувати їх як вогнестійкі матеріали для покриття або антипірени в полімерних композитах. У залежності від хімічної структури та умов термічної деградації вогнезахисні покриття можуть утворюватися за різними механізмами. Це безпосередньо впливає на склад продуктів деградації, особливо проміжних продуктів, в діапазоні температур 200–400°C [4].

На даний час доступні кілька типів кремнійорганічних сполук, включаючи силани, полісилоксани та полісилсесквіоксани, а також структури, що містять гетероатоми в головному ланцюзі, такі як полікарбосилан і полісилазани. Дисперсія таких сполук в органічних полімерах може вплинути на поведінку полімеру у випадку пожежі через дію конденсованої фази, утворюючи керамічну термічно стабільну захисну фазу на ранній стадії горіння [5].

Однак деякі питання розробки вогнезахисних покриттів залишаються до теперішнього часу невирішеними. Це обумовлено тим, що хоча кремнійорганічні каучуки мають більш високу термостійкість у порівнянні з іншими полімерами, мають низьку швидкість горіння без утворення палаючих крапель, низький рівень токсичних викидів [6], однак стійкість до займання цих матеріалів не є достатньою. Тому, були проаналізовані сучасні світові тенденції розвитку вогнезахисних матеріалів на кремнійорганічній полімерній основі. Аналіз показав, що особлива увага приділяється новітнім способам створення вогнезахисних покриттів для бавовняних, вовняних, синтетичних тканин, що володіють додатково брудо-, водо-, олійостійкістю, і здатністю до самоочищення. Проведений аналіз науково-технічної і патентної літератури дозволив виявити, що актуальною тенденцією вдосконалення захисного обмундирування пожежних і їх спорядження є розробка захисних покриттів поліфункціонального призначення.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Nayak, R., Houshyar, S. & Padhye, R. Recent trends and future scope in the protection and comfort of fire-fighters' personal protective clothing. *Fire Sci Rev* 3, 4 (2014). <https://doi.org/10.1186/s40038-014-0004-0>
2. Семичаєвський С. В. Про сучасні вимоги до класифікації засобів індивідуального захисту пожежників, показників якості, методів і процедур їх оцінювання / С. В. Семичаєвський, В. В. Присяжнюк, М. Л. Якіменко, М. В. Осадчук, В. В. Свірський // Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія : Технічні науки. - 2022. - Т. 33(72), № 4. - С. 304-311. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.4/47>.
3. Тарахно Е.В., Андрющенко Л.А., Кудин А.М., Трефилова Л.Н. Применение кремнийорганических материалов для огнестойкого защитного обмундирования // Проблемы пожарной безопасности. 2014. № 36. С. 243-258
4. Zielecka M, Rabajczyk A, Pastuszka Ł, Jurecki L. Flame Resistant Silicone-Containing Coating Materials. *Coatings*. 2020; 10(5):479. <https://doi.org/10.3390/coatings10050479>
5. Han Z., Fina A., Camino G. Chapter 12 - Organosilicon Compounds as Polymer Fire Retardants, Editor(s): Constantine D. Papaspyrides, Pantelis Kiliaris, Polymer Green Flame Retardants, Elsevier, 2014, Pages 389-418. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53808-6.00012-3>
6. Ілів В.В., Гивлюд М.М., Котів М.В. Підвищення довговічності будівельних матеріалів і будівель кремнійорганічними речовинами // Вісник Націон. університету «Львівська політехніка». 2002. № 441. С.79–82.

## ВИКОРИСТАННЯ ЕКСПРЕС-МЕТОДУ ДЛЯ ПОРІВНЯЛЬНОЇ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕАКТИВНИХ ВОГНЕЗАХИСНИХ ЗАСОБІВ

*О. ГРИГОРЕНКО, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри  
Національний університет цивільного захисту України*

Реактивні вогнезахисні засоби (РВЗ) є складними з точки зору взаємодії його основних компонентів: плівкоутворювача, карбонізуючого агенту, каталізатора (джерела кислоти), джерела вуглецю та газоутворювача. Це спричиняє певні труднощі під час досліджень спрямованих на розробку нових рецептур РВП, зокрема на дослідження кратності їх спучування під впливом температури полум'я, структури утвореного коксового шару та його міцності, а також вогнезахисної ефективності. Складність розробки нових рецептур РВЗ полягає у необхідності підготовки великої кількості зразків для опрацювання плану експерименту та безпосередньо у складності методів випробувань [1]. Особливо це стосується досліджень з визначення ефективності вогнезахисту будівельних конструкцій, зокрема металевих.

Проблема може бути вирішеною шляхом використання спрощених експрес-методів для порівняльної оцінки ефективності РВЗ, що дозволили б враховувати час досягнення критичних температур металевими конструкціями, що захищені відповідними РВП.

У якості базового методу було обрано описаний в [2] метод. На відміну від наведеного методу, як критерій ефективності обрано не порівняння температур на реверсі металевої пластини, а порівняння часу досягнення критичної температури (500 °С) на зовнішній стороні металевих пластин, що захищені вогнезахисними засобами. Як джерело теплового випромінювання пропонується використовувати електричну піч з ізолюваною на відміну від [2] випробувальною камерою, що сприяє акумуляції тепла (рис. 1а). При цьому температурний режим печі є повільнішим від стандартного температурного проте дозволяє отримати температуру на реверсі металевої пластини понад 950 °С, що цілком достатньо для порівняльної оцінки вогнезахисної ефективності РВЗ для металевих конструкцій. Дослідження за таких умов є обґрунтованим, оскільки, як правило, зі зменшенням інтенсивності нагрівання ефективність вогнезахисту реактивних засобів знижується, що пояснюється сповільненням протікання фізико-хімічних перетворень між компонентами РВЗ.

Випробування пропонується здійснювати на 3 зразках металевих пластин розмірами 120×120×3 мм для кожного дослідження.

Вимірювання значень температури пропонується здійснювати за допомогою термопар типу L та двадцятичотириканального приладу фіксації температури (рис. 1б). Для контролю температури всередині нагрівальної камери – одну термопару. Для контролю температури зворотного від нагрівальної камери боку пластинки, замість однієї термопари, що передбачено методом випробувань наведеним у [2], пропонується використовувати 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.

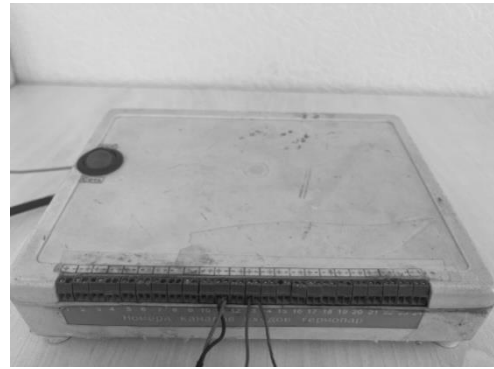
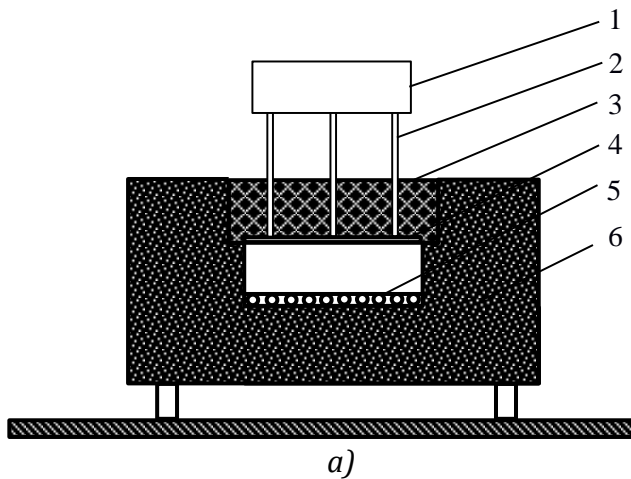


Рисунок 1 – Обладнання, що використовували для порівняльної оцінки вогнезахисної ефективності РВП: *а* – схема випробувальної печі: 1 – прилад для фіксації температури, 2 – термопари, 3 – блок утримувача зразка, 4 – дослідний зразок (пластина із нанесеним вогнезахисним засобом), 5 – нагрівальний елемент, 6 – теплоізоляція; *б* – прилад фіксації температури

Порядок проведення випробувань. Попередньо підготовлену пластину розмірами 120×120×3 мм з нанесеним вогнезахисним засобом розміщують у випробувальній печі та фіксують термопари у спосіб, що наведено на рис. 1а. Одночасно із ввімкненням електричних нагрівальних елементів відбувається ввімкнення вимірювання приладом фіксації температури. Випробування проводиться доти, доки температура на зовнішній стороні металеві пластини не досягне 500 °С хоча б у 3 точках. Усереднений за результатами випробування на 3 зразках час є часом досягнення критичної температури (500 °С).

Для побудови залежності температури зовнішньої сторони пластини від часу пропонується брати середнє значення температури виміряне у п'яти точках усереднене за результатами 3 випробувань. Оцінка ефективності вогнезахисту РВЗ за допомогою оптимізованого методу може бути здійснена шляхом порівняння результатів випробувань досліджуваного РВЗ з результатами випробувань інших вогнезахисних РВЗ, у випадку, якщо випробування проводяться за однакових умов.

Використання оптимізованого методу дозволяє істотно скоротити час на підготовку зразків при плануванні та проведенні експерименту, а також дослідити ефективність реактивних вогнезахисних засобів за температурних режимів, що відрізняються від стандартного режиму пожежі.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Григоренко О. М., Саєнко Н. В., Золкіна Є. С., Липовий В. О. Оптимізація методу оцінки ефективності реактивних вогнезахисних покриттів. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2024. № 1(39). С. 124–134. URL: <http://pes.nuczu.edu.ua/images/arhiv/39/9.pdf>.
2. ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29:2010. Захист від пожежі. Вогнезахисне оброблення будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання. [Чинний від 2011-11-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 9 с. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=26657](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=26657).

## ЕФЕКТИВНІ МЕТОДИ БОРОТЬБИ З ЛІСОВИМИ ПОЖЕЖАМИ

*Олександр ЗОБЕНКО, доктор філософії*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

Ефективна боротьба з лісовими пожежами вимагає поєднання сучасних технологій, стратегічного планування та превентивних заходів. Основною задачею є раннє виявлення пожеж за допомогою систем супутникового моніторингу та дронів з тепловізійною камерою, що дозволяє мінімізувати площу загорянь.

Використання авіаційних засобів для гасіння великих осередків вогню та інноваційних засобів, таких як водоутримуючі гелі та піна, значно підвищує ефективність гасіння [1]. Важливим фактором є і підготовка місцевих громад до реагування на надзвичайні ситуації, включаючи створення планів евакуації та навчання. Крім того, запобігання лісовим пожежам через контрольовані випалювання, очищення територій від сухої рослинності та підтримання належного рівня вологості ґрунту може значно зменшити ризик виникнення стихії.

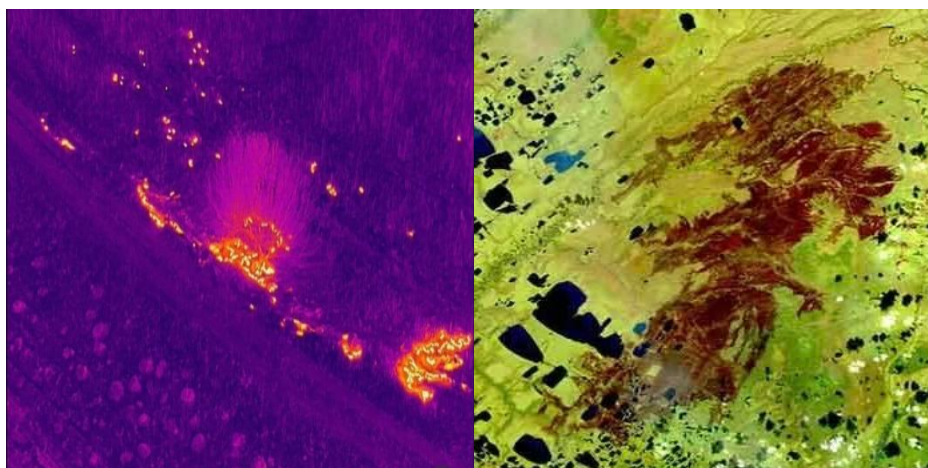


Рисунок 1 – Знімки з дрона та супутника

Значну роль у боротьбі з лісовими пожежами відіграє також співпраця між різними рівнями влади та організацій, що займаються питаннями безпеки та екології. Координація між державними структурами, місцевими пожежними підрозділами, лісовими господарствами та волонтерами дозволяє швидко реагувати на загоряння та ефективно розподіляти ресурси.

Важливими елементами є також використання інформаційних технологій для прогнозування ризиків виникнення пожеж, заснованих на даних про погодні умови, рівень вологості та структури лісових насаджень. Впровадження моделей штучного інтелекту, здатних аналізувати ці фактори та прогнозувати можливі осередки пожеж, дозволяє значно підвищити ефективність превентивних заходів [2].

Однак, навіть найефективніші методи гасіння не принесуть довготривалих результатів без паралельного впровадження екологічно відповідальних підходів до управління лісами. Це включає стале лісокористування, відновлення лісів після пожеж, а також підвищення обізнаності населення про небезпеку неконтрольованих багать та шкідливі наслідки підпалів [3]. Тільки комплексний підхід, що об'єднує превентивні



заходи, ефективні технології гасіння та екологічну освіту, здатен забезпечити стійке зниження кількості лісових пожеж і зменшити їх руйнівний вплив на довкілля.

Отже ефективна боротьба з лісовими пожежами є багатокомпонентним процесом, що вимагає комплексного підходу. Використання сучасних технологій, таких як супутникове спостереження, дрони та авіація, у поєднанні з інноваційними засобами гасіння, дозволяє швидко реагувати на надзвичайні ситуації. Ключовою залишається співпраця між державними структурами, місцевими громадами та екологічними організаціями, що допомагає створити ефективну систему раннього реагування та запобігання лісовим пожегам. Тільки завдяки поєднанню технологій, освітніх ініціатив та екологічної відповідальності можна забезпечити стійкий захист лісів і зменшити шкоду від пожеж, які завдають катастрофічних наслідків природному середовищу.

#### СПРИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Акімов, О. М. «Лісові пожежі: причини, наслідки та методи боротьби», Київ: Наукова думка, 2018.
2. Бондар, В. В. «Сучасні технології в гасінні лісових пожеж», Лісове господарство України, 2020, №3, с. 45–52.
3. Довгопол, І. О. «Превентивні заходи проти лісових пожеж», Екологічна безпека і природокористування, 2019, т. 7, №2, с. 12–19.

**УДК 614.841.45**

### **ЩОДО РОЗРОБЛЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАТКОВКИ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА ПРИ ІМІТАЦІЇ ЙОГО АВАРІЙНОГО ВИТОКУ**

*Павло ІЛЛЮЧЕНКО*

*Вадим НІЖНИК, д-р техн. наук, професор*

*Олександр НІКУЛІН, д-р техн. наук*

*О. РАТУШНИЙ*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Вважається, що пожежі за участю викиду ізоляційних рідин класу О1 [1] приносять найбільші матеріальні втрати (клас О1 - температура займання  $\leq 300$  °С, нижча теплота згорання  $\geq 42$  °МДж/кг). Особливо масштабними можуть бути пожежі на маслonaповнених трансформаторах, адже кількість діелектричного масла в деяких з них може сягати понад 50 тон. Для зменшення нижче температури спалаху (150 °С) масла під час аварійного розливу в маслоприймачах трансформаторів [2,3] застосовують шар засипки з гірських порід, недоліком застосування яких є ресурсозатратне періодичне очищення від сміття, що накопичується під впливом природніх умов.

Способом заміни засипки з гірських порід в маслоприймачах може стати улаштування замість неї теплообмінної системи, де в якості холодоагенту застосовано воду. Основою цієї роботи є теплообмінні процеси, що протікають в кожухотрубних теплообмінних апаратах типу рідина – рідина [4] та в теплообмінниках, в яких використовується теплоємність фазового переходу робочого тіла [5] (питома теплота пароутворення води складає  $2,3 \cdot 10^6$  Дж/кг).

Для реалізації цієї ідеї було спроектовано теплообмінну установку із застосуванням теплових труб відкритого типу, конструкція якої має забезпечити зниження температури розігрітого масла від 250 °С до температури нижче спалаху та розроблено програму та

методику експериментальних досліджень [6, 7]. На практиці особливості конструкції теплообмінника реалізовано наступним чином (рисунок 1, а) та б):

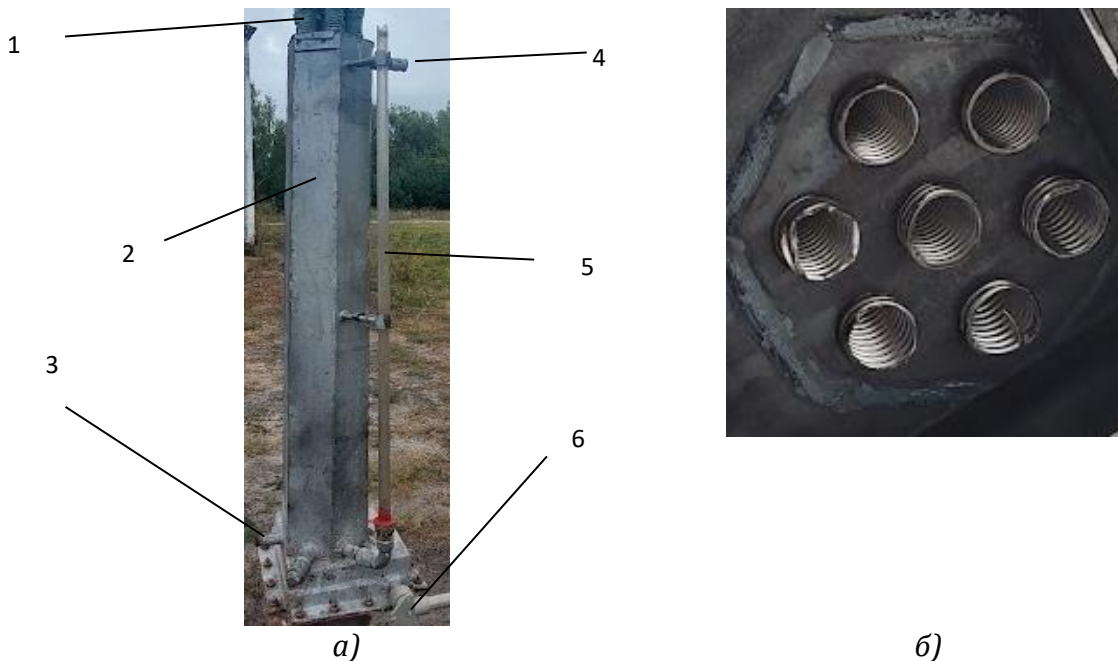


Рисунок 1 – Конструкція теплообмінника

а) – зовнішній вигляд теплообмінника; б) – улаштування труб з нержавіючої сталі в трубній решітці теплообмінника

Будова та принцип роботи експериментальної установки в наступному. Розігріте в спеціальній ємності (що імітує розгерметизований корпус трансформатора) до температури  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$  масло через під'єднану магістраль до патрубку 4 з подається в корпус теплообмінника 2, всередині якого (від дна до верхньої кришки) вбудований водяний охолоджуючий контур з семи гофрованих трубок 1 (далі – трубок) з низьковуглецевої аустенітної нержавіючої сталі марки AISI 304 [8] (рисунок 1, б). Водяний контур заповнюється водою через патрубок 6 на висоту 1000 мм (робоча поверхня теплообміну). Характеристики трубок наступні: внутрішній діаметр - 25 мм (1"), товщина стінки трубки - 0,3 мм, коефіцієнт теплопровідності -  $17\text{ Вт/м}^{\circ}\text{K}$ , питома теплоємність за температури  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $504\text{ Дж/}(\text{кг}^{\circ}\text{K})$ , внутрішній об'єм  $0,71\text{ дм}^3/$  на 1 п.м, площа зовнішньої поверхні -  $0,18\text{ м}^2/$ на 1 п.м. Специфічну конфігурацію улаштування трубок в трубній решітці теплообмінника (рисунок 1, б) обрано з урахуванням досвіду конструювання кожухотрубних теплообмінних апаратів, де одним із стандартизованих способів розміщення застосовується спосіб правильних шестикутників. Для візуального спостереження за рівнем заповнення масла в корпус 2 за принципом сполучених посудин влаштована трубка 5 з кварцевого скла. Під час заповнення корпусу 2 гарячим маслом, здійснюється через стінки трубок 1 відбір теплоти водою, через що вона швидко закипає, і при цьому, відповідно, інтенсифікується процес теплообміну. Для стеження за зниженням температури масла по мірі підняття його рівня всередині корпусу 2, від його дна між трубками 1 по висоті поверхні теплообміну на відстані 100 мм одна від одної установлені термопари ТХА, остання з яких улаштована на рівні патрубка для зливу охолодженого масла 4 (на відстані 1000 мм від дна корпусу 2). За задумом, в процесі підняття рівня масла його температура буде знижуватися, і складатиме не більше ніж  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  на рівні патрубка зливу 4. В результаті нещодавніх експериментальних досліджень, що були проведені з метою апробації конструкції теплообмінної установки, було підтверджено здатність останньої знизити температуру розігрітого масла з витратою 10 л/хв нижче

температури спалаху. В подальшому передбачено продовження проведення експериментальних досліджень для підтвердження отриманого результату, а також для отримання характеристик охолодження масла з різними витратами.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Fire hazard testing. Part 1-40. Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products. Insulating liquids: IEC 60695-1-40:2013. International Electrotechnical Commission. 2013. 64 p.
2. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. – К.: Міненерговугілля України, 2017. – 617 с.
3. EN IEC 61936-1:2021 Power installations exceeding 1 kV AC and 1,5 kV DC - Part 1: AC.
4. В.В. Іванченко. Конструювання та розрахунок кожухотрубчастих теплообмінних апаратів/ В.В. Іванченко, О.І Барвін, Ю.М. Штонда: – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля. – 2006. – 208 с.
5. Применение тепловых труб в системах обеспечения тепловых режимов РЭА: современное состояние и перспективы / С.М. Хайрнасоев / НТУУ «Киевский политехнический институт»/ Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 2015. — № 2-3. — С. 19-33, 69. — Бібліогр.: 58 назв. — рос.
6. П.Іллюченко, В.Ніжник, О.Нікулін Про удосконалення системи попередження розвитку пожежі на маслоприймачах. Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій», м. Черкаси, 26 квітня 2022 р. С. 127-129.
7. П. Іллюченко, В. Ніжник, О. Нікулін. Методика експериментальних досліджень та обґрунтування параметрів теплообмінної системи для зниження температури трансформаторного масла нижче температури спалаху у маслоприймачі трансформаторної підстанції. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека № 1 (15). Київ: 2023. с. 116-127.
8. URL: [https://www.kofulso.net/dir\\_info.htm](https://www.kofulso.net/dir_info.htm) (дата звернення 12.09.2024).

#### УДК 614.8

### АНАЛІЗ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ДОПОВНЕННЯ СТАНДАРТУ ТЕРМІНІВ ТА ВИЗНАЧЕНЬ ОСНОВНИХ ПОНЯТЬ У СФЕРІ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

*К. КАРПЕНКО, курсантка 2 курсу факультету пожежної безпеки  
Національний університет цивільного захисту України*

Важливою складовою міжнародної співпраці та імплементації нормативних документів Європейського Союзу, що стосуються пожежної безпеки, у законодавство України, є знання мови партнера та особливостей перекладу відповідної професійної термінології. У пожежній справі використовується ДСТУ 2272:2006 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять, що допомагає у розумінні визначень та переклад їх німецькою, англійською, французькою мовами. Згідно ДСТУ 2272:2006 терміни, встановлені стандартом, застосовують у національних стандартах та в інших нормативних документах національного рівня прийняття (кодексах ustalеної практики, технічних умовах), у нормативних документах інших видів і рівнів прийняття, а також у технічній і довідковій літературі, у комп'ютерних інформаційних системах. Для наукової, навчально-методичної та публіцистичної літератури терміни стандарту – рекомендовані.

Дане видання 2006 року не має достатньої кількості термінів іноземними мовами для повного розуміння специфіки їх вживання. У нашому сьогодні ми працюємо з великою кількістю видань, що публікують статті та дослідження, використовуючи професійну лексику. Порівняно з 2006 роком є необхідність доповнення та внесення деяких коректив до ДСТУ 2272:2006, додавши перелік

визначень англійською мовою, що набули широкого поширення у пожежній справі в англomовних країнах, наприклад:

- Evacuation route – escape route;
- Fire loss – fire damage;
- Extinguishant – fire fighting chemicals;
- Fire fighting plan – evacuation procedure;
- Fireguard – fire protection;
- Probability of fire – probability of ignition;
- Fire curtain – roof screen or roof curtain boards.

Зміни в напрямку вдосконалення знань та навичок володіння кількома мовами професійного спрямування дають можливість співпрацювати з іноземними партнерами більш ефективно, а також будувати міцне підґрунтя для розвитку в науково-дослідницькій роботі.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 2272:2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. Київ, 2006.
2. ДСТУ 2273:2006. Протипожежна техніка. Терміни та визначення основних понять. Київ, 2006.
3. Stacey R., Gibson S., Hedley P. European Glossary for wildfires and forest fires. European Union-INTERREG IVC. 2012. 138 p. URL: <https://gfmco.online/literature/EUFOFINET-Fire-Glossary.pdf>.

**УДК 614.841.45**

#### **ЩОДО МЕТОДУ ВИПРОБУВАНЬ З ВИЗНАЧЕННЯ ВОГНЕЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОГНЕЗАХИСНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ДЕРЕВИНИ**

*В. КОВАЛЕНКО, канд. техн. наук, с. н. с.*

*О. ДОБРОСТАН, канд. техн. наук, старший дослідник*

*Ю. ДОЛІШНИЙ*

*Окс. ДОБРОСТАН, канд. біол. наук*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Для визначення показників якості засобів вогнезахисту для деревини використовують міждержавний стандарт ГОСТ 16363 [1], за яким визначають групи вогнезахисної ефективності цих засобів. Цей стандарт поширюється на вогнезахисні покриття і вогнезахисні засоби для поверхневого та глибокого просочування виробів з деревини, призначені для зниження їхньої пожежної небезпечності. Він встановлює класифікаційний метод випробування і прискорений метод випробування для визначення вогнезахисних властивостей.

Сутність цих методів полягає у визначенні втрати маси деревини, обробленої вогнезахисним покритвом або просочувальною речовиною, під час вогневого впливу за певних умов випробування. Класифікаційний метод застосовують для визначення групи вогнезахисної ефективності. Метод прискорених випробувань застосовують для контролювання вогнезахисної ефективності засобів вогнезахисту, які пройшли класифікаційні випробування. Під час класифікаційних випробувань використовують десять зразків, а для прискорених – три зразки. Якщо втрата маси не більше ніж 9 %, то вважають, що засіб вогнезахисту має I групу вогнезахисної ефективності, якщо втрата маси більше ніж 9 %, але не більше ніж 25 % – II групу вогнезахисної ефективності. Якщо втрата маси більше ніж 25 %, то вважають, що засіб не забезпечує вогнезахист деревини.

Необхідно зазначити, що методи, наведені в ГОСТ 16363 [1], мають низку недоліків і потребують модифікації. В Інституті державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту (ІДУ НД ЦЗ) на виконання Плану наукової та науково-технічної діяльності ДСНС виконана науково-дослідна робота (НДР) «Дослідження показників якості вогнезахисних матеріалів» («Методи контролю вогнезахисту») [2]. Одним із результатів виконання цієї НДР є проект національного стандарту ДСТУ XXXX:202\_ «Речовини вогнезахисні для деревини. Метод визначення вогнезахисних властивостей», який замінить ГОСТ 16363 [1]. Орієнтовний термін надання чинності стандарту 2025 р.

Розроблений стандарт буде поширюватись на вогнезахисні покриття й вогнезахисні засоби для поверхневого та глибокого просочування виробів із деревини, призначені для зниження їхньої пожежної небезпечності. Стандарт розроблено з урахуванням вимог ДСТУ 1.7 [3] і він містить такі основні структурні елементи:

- Сфера застосування;
- Нормативні посилання;
- Терміни та визначення понять;
- Випробувальне обладнання;
- Підготування до випробування;
- Процедура випробування;
- Подання результатів;
- Додаток А (довідковий) Форма протоколу випробування.

Суть методу випробувань полягає у визначенні втрати маси зразків вогнезахищеної деревини під час вогневих випробувань внаслідок впливу полум'я пальника з заданими параметрами (початкова температура газоподібних продуктів горіння на виході з керамічної реакційної камери становить  $(200 \pm 5)$  °С) на зразок вогнезахищеної деревини протягом  $(120 \pm 2)$  с, який розташований в керамічній реакційній камері стенда для визначення вогнезахисної ефективності вогнезахисних засобів для деревини, за умов, що сприяють акумуляції тепла. Випробуванням піддаються десять зразків деревини. Обчислюють втрату маси  $P_i$  (%) кожного з десяти зразків, які випробувано, за такою формулою (результат розрахунку округлюють до 0,1 %):

$$P_i = \frac{(m_1 - m_2) \times 100}{m_1} \quad (1)$$

де  $m_1$  – маса зразка до випробування, г;

$m_2$  – маса зразка після випробування, г.

Обчислюють середнє арифметичне значення  $P_{cp}$  втрати маси десяти зразків, які випробувано. Результат обчислення округлюють до 0,1 %.

Для кожного зразка визначають виконання такої умови:

$$|(P_{cp} - P_i)| \leq 3,0 \quad (2)$$

де  $P_{cp}$  – середнє арифметичне значення втрати маси, %;

$P_i$  – значення втрати маси одного з десяти випробних зразків, %.

За результат беруть середнє арифметичне значення  $P_{cp}$  втрати маси десяти зразків, які відповідають умові (2), округлене до цілого числа. Крім того, під час випробувань фіксують максимальну температуру газоподібних продуктів горіння та тривалість самостійного горіння зразка.

Вогнезахисний засіб вважають придатним для вогнезахисту виробів із деревини в разі, якщо середнє значення  $P_{\text{ср}}$  втрати маси зразків не більше ніж 9 %. В іншому разі вогнезахисний засіб не придатний для вогнезахисту виробів із деревини.

Результати випробування та розрахунків подають до протоколу випробування, рекомендовану форму якого наведено в додатку А.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ГОСТ 16363-98 Засоби вогнезахисні для деревини. Методи визначення вогнезахисних властивостей. Чинний від 01.09.2000. Минск : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1998. – 7 с.

2. Звіт про НДР (остаточний). Дослідження показників якості вогнезахисних матеріалів («Методи контролю вогнезахисту») / Кер. Коваленко В. ІДУ НД ЦЗ. Київ, 2023. – 259 с. № 0122U002325.

3. ДСТУ 1.7:2015 Національна стандартизація. Правила та методи прийняття міжнародних і регіональних нормативних документів (ISO/IEC Guide 21-1:2005, NEQ; ISO/IEC Guide 21-2:2005, NEQ). – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2015. – 34 с.

**УДК 614.841.45**

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОТИПОЖЕЖНИХ КАРНИЗІВ НА ПРОЦЕСИ ПОШИРЕННЯ ПОЖЕЖІ

*Богдан КОВАЛИШИН, аспірант*

*Ярослав БАЛЛО канд. техн. наук, старший дослідник, заступник начальника відділу нормативно-технічного забезпечення НДЦ протипожежного захисту  
Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Розкриття закономірностей впливу параметрів протипожежних карнизів на ефективність запобігання поширення пожежі ззовні будівлі на вище розташовані поверхи є однією із найбільш актуальних задач у сфері забезпечення пожежної безпеки об'єктів будівництва. На сьогоднішній день, згідно з вимогами вітчизняних та зарубіжних будівельних норм, здебільшого використовуються протипожежні карнизи прямокутної форми, які виступають за межі фасаду на ширину 0,3 м, 0,75 м та 1,5 м згідно вимог [1,2]. В роботі [3–5] проводилось моделювання впливу форми протипожежних карнизів на процеси обмеження поширення пожежі на вище розташовані поверхи. Зокрема, в зазначеній роботі було встановлено, що прямий контакт турбулентного теплового потоку від пожежі з перешкодою необтічної форми збільшує площу критичного прогріву фасаду будинку під протипожежним карнизом та над ним фактично на 30-35 % для певних конструктивних типів фасадних систем будинку. Попередні отримані результати моделювання доводять значний вплив форми протипожежних карнизів на ефективність обмеження поширення пожежі уздовж зовнішніх огорожувальних конструкцій, а саме встановлено, що використання карнизів обтічної форми може бути ефективним конструктивним протипожежним заходом. Разом із тим, на сьогодні відсутні експериментальні дані щодо впливу конструктивних параметрів протипожежних карнизів на процеси поширення пожежі. Таким чином, за допомогою верифікованої програми експериментальних досліджень з оцінки обмеження впливу пожежі від джерела теплового випромінювання на зовнішні огорожувальні конструкції проведено серію натурних вогневих експериментів.

В якості досліджуваних типів фасадної протипожежної перешкоди використано протипожежний карниз шириною 0,3 м прямої форми (рис 1. «а») та протипожежний карниз шириною 0,3 м у формі «вінглету» (рис 1. «б»). На рисунку 1 наведено зовнішній

вигляд даних типів карнизів та фрагменти натурних вогневих досліджень під час оцінювання їх ефективності.

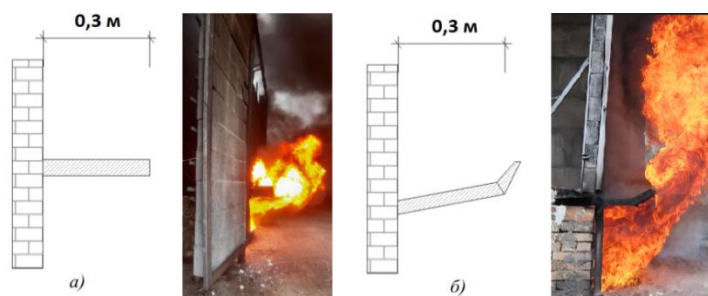


Рисунок 1 – Досліджувані види протипожежних карнизів та фото фрагменту натурних вогневих досліджень

Серія натурних вогневих досліджень передбачало проведення трьох випробувань тривалістю не менше 1800 секунд кожне, під час яких фіксувалася динаміка зміни температури біля поверхні фасаду випробувальної установки. В якості модельного вогнища пожежі використовувалося деко модельного вогнища пожежі 34В та 60 літрів дизельного пального. Під час визначення значень основної температурної кривої для кожної досліджуваної ділянки фасаду приймають середнє арифметичне трьох результатів випробувань.

За результатом проведених натурних вогневих досліджень встановлено, що на рівні 1400 мм (найбільша нормативна відстань по вертикалі між вікнами різних поверхів) для вертикального фрагменту фасаду обладнаного прямим протипожежним карнизом шириною 0,3 м значення температури становить в межах 210–240 °С. В цей же час, для тих самих термодар, які розташовуються у фрагменті фасаду під час використання протипожежного карнизу шириною 0,3 м у формі «вінглету» значення температури становило в межах 160–190 °С.

Таким чином, експериментально підтверджено гіпотезу, що наявність протипожежним карнизу шириною не менше 0,3 м обтічної форми, а саме у формі «вінглету» дозволяє знизити значення температури на рівні вище розташованого по вертикалі поверху в межах 18-22%. При цьому, під час застосування протипожежним карнизу шириною не менше 0,3 м у формі «вінглету», спостерігалось зниження ефекту повторного приєднання полум'я вздовж площини фасаду, що ймовірно впливало на зменшення площі прогріву вище розташованого фасаду. Разом із тим, дане візуальне спостереження потребує технічного підтвердження та фіксації, в тому числі, із застосуванням тепловізору.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Висотні будівлі. Основні положення. ДБН В.2.2-41:2019. – [Чинний від 2020-01-01]. – К.: Мінрегіон України від 26.03.2019 № 86. – 2019. – 53 с. – (Державні будівельні норми України).
2. ДСТУ 9192:2022. Пожежна безпека. Проектування висотних громадських будівель з умовною висотою від 100 м до 150 м. [Чинний від 2023-05-01]. Вид. офіц. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2023. 39 с.
3. Яковчук Р. С., Балло Я. В., Кузик А. Д. та ін. FDS моделювання ефективності протипожежних карнизів на запобігання поширенню пожежі фасадними конструкціями висотних будівель *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. Львів. 2021 – №23, С. 39-45.
4. Nilsson M., Mossberg A., Husted B., Anderson J. Protection against external fire spread – Horizontal projections or spandrels. *14th International Fire Science & Engineering Conference*, Royal Holloway College, University of London, UK, 2016. Vol. 2, pp. 1163-1174.
5. Балло Я. В., Яковчук Р. С., Ніжник В. В. та ін. Дослідження конструктивних параметрів протипожежних карнизів для запобігання поширенню пожежі фасадними конструкціями висотних будинків. *Журнал Пожежна безпека*. Львів, 2020. – №37 – С. 16–23.

## ЗМІНА ДОВЖИНИ ПОЖЕЖНИХ РУКАВІВ ДІАМЕТРОМ 77 ММ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ПОЖЕЖНОГО СТВОЛА PROTEK 366

*Денис КОЛЕШНИКОВ, канд. техн. наук, доцент*

*Сергій СТАСЬ, канд. техн. наук, доцент*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

У Черкаському інституті пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України було здійснено дослідження особливостей поведінки пожежних рукавів діаметром 77 мм під час подачі ними вогнегасних речовин [1]. Перед усім були вивчені питання зміни їх геометричних параметрів, а саме довжин й діаметрів. В роботі [1] представлені результати вимірювання основних геометричних параметрів декількох видів пожежних рукавів при транспортуванні води (їх зовнішнього діаметра і довжини). Були використані 3 типи рукавів, зразки відібрано випадковим чином, всі рукава раніше використовувалися під час реальної роботи пожежних розрахунків. Для порівняння результатів, окрім напірних латексних пожежних рукавів діаметром 77 мм додатково випробовували рукави напірні пожежні із двостороннім полімерним покриттям та латексні діаметрами по 51 мм.

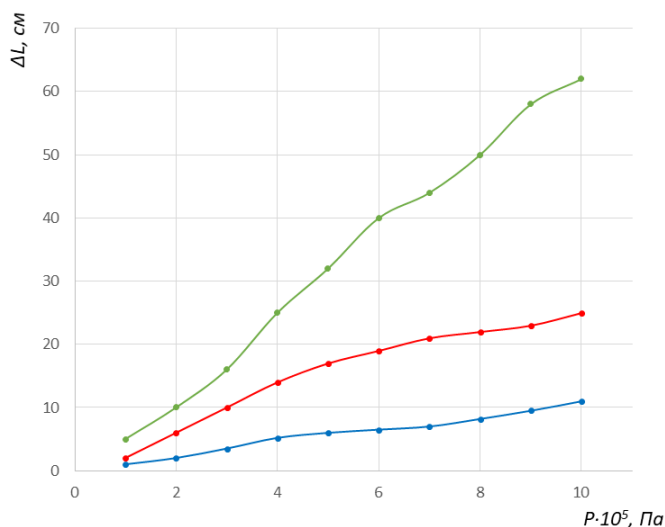


Рисунок 1 – Картина змін довжин досліджуваних пожежних рукавів при застосуванні пожежного ствола PROTEK 366, 1 – рукав напірний пожежний латексний діаметром мм 51; 2 – рукав напірний латексний пожежний діаметром 77 мм типу; 3 – рукав пожежний напірний із двостороннім полімерним покриттям 51 мм

Кожного з типів рукавів було взято по 6 одиниць. Результати, представлені в роботі [1], є усередненням для кожного з трьох типів рукавів. Найбільше значення зміни довжини з використанням заглушки на кінці пожежного рукава (без застосування пожежного ствола PROTEK 366) було зафіксовано при генеруванні потоку вогнегасної рідини для рукавів діаметром 77 мм при тиску на вході 0,8 МПа. Зміна довжини склала в середньому 790 мм, а відносне подовження становило 0,04 при середньому значенні початкової довжини рукавів 2011 см [1]. Результати експериментів для трьох типів пожежних рукавів подано на рис.1.



Максимальне подовження було зафіксоване при генеруванні потоку вогнегасної рідини з використанням рукава діаметром 77 мм при тиску на його вході 1,0 МПа та витраті близько 1,9 л/с. Зміна довжини склала 620 мм. Таким чином, для даного рукава відносне подовження становило 0,032 (довжина досліджуваного рукава – 1960 см) [2]. Зазначимо, що відповідно до ДСТУ 9069:2021 «Протипожежна техніка. Рукави пожежні плоскоскладані для пожежно-рятувальних автомобілів. Загальні вимоги та методи випробування» навіть найбільше серед визначених у дослідженні значень відносного подовження (0,032) відповідає чинним вимогам до застосування пожежних рукавів.

Такі дослідження мають на меті сприяти визначенню деяких оптимальних режимів експлуатації пожежних рукавів, оскільки їх розтяг по довжині та розтяг/звуження по товщині при транспортуванні рідин разом із механічними пошкодженнями під час експлуатації врешті-решт призводять до їх виходу з ладу. Отримані результати можуть бути враховані та реалізовані при проектуванні нових та удосконаленні існуючих конструкцій пожежних стволів та насадок [3,4].

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

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. Стась С. В. Визначення величини подовження вживаних пожежних напірних рукавів типу т шляхом проведення натурних експериментів / С. В. Стась, А. О. Биченко, Д. В. Колесніков, О. І. Мигаленко, М. О. Пустовіт // «Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація». – 2023. – Т. 7. – №2. – С. 227–240. <https://doi.org/10.31731/2524.2636.2023.7.2.227.240>.

3. Стась С. В. Аналіз системи генерування струминних потоків, що застосовуються в пожежогасінні / С. В. Стась // Вісник НТУУ «КПІ». Машинобудування. – 2011. – №63 – С.240–243.

4. Yakhno O., Stas S., Gnativ R. Taking into account the fluid compressibility at its unsteady flow in pressure pipelines of fire extinguishing systems (Врахування стисливості рідини за неусталеної течії в напірних трубопроводах систем пожежогасіння). Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2015, vol. 3, no. 7 (75), pp. 38–42. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.42447>.

**УДК 614.8**

### МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БПЛА ДЛЯ ПОЖЕЖОГАСІННЯ ТА МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖ

*Р. КРАВЦІВ, командир навчального взводу*

*К. АФАНАСЕНКО, канд. техн. наук, доцент, заступник начальника кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій*

*Д. МИРОШНИЧЕНКО, здобувач вищої освіти*

*Національний університет цивільного захисту України*

Безпілотний літальний апарат (БПЛА) – літальний апарат, призначений для польотів без людини на борту, керований або за спеціальною програмою, або за допомогою спеціальної станції управління. У сучасному світі все більшої актуальності набуває використання безпілотних літальних апаратів для гасіння та моніторингу пожеж. Пожежі можуть виникнути в будь-якому місці та в будь-який час, створюючи серйозну загрозу життю та майну людей. Швидке виявлення пожеж, ефективне втручання та постійний моніторинг можуть врятувати не лише ресурси, а й людські життя.

Сучасність вимагає від нас сучасними методами вирішувати поточні проблеми, в тому числі проблему пожеж та пожежного моніторингу, що робить особливо актуальним

використання дронів у цій сфері. Скануючи навколишнє середовище для виявлення потенційно небезпечних зон, безпілотні літальні апарати можуть оцінювати ризики та небезпеки для персоналу, відстежувати рух вогню та контролювати його поширення. Ці можливості економлять час для швидкого реагування та вжиття відповідних заходів для локалізації та гасіння. Значною перевагою використання БПЛА для гасіння пожеж і моніторингу ситуації є їх здатність працювати в складних або небезпечних умовах.

З розвитком технологій збільшується використання дронів з різними пристроями, що полегшує роботу рятувальних команд. Оснащені тепловізором і системою обробки даних у реальному часі, дрони дозволяють ефективно виявляти джерела пожежі та визначати її інтенсивність, забезпечуючи оперативне та цілеспрямоване реагування, що часто визначає ефективність пожежогасіння.

Окрім гасіння пожеж, пожежно-рятувальні підрозділи беруть активну участь у пошуково-рятувальних роботах, де інноваційні технології значно полегшують роботу особового складу для більш ефективного виконання завдань. Шляхом сканування великих територій за допомогою безпілотника, оснащеного тепловізором, рятувальники можуть ідентифікувати осіб, які потрапили в біду. Під час реагування на стихійні лиха, такі як землетруси, ці технології моніторингу допомагають визначити небезпечні витoki хімікатів. Крім того, використовуючи БПЛА з високою вантажопідйомністю, пожежники можуть доставити цінний вантаж до місця надзвичайної події набагато швидше та з меншими ресурсами порівняно з наземним транспортом.

З розвитком технологій виникла потреба у вдосконаленні можливостей безпілотних літальних апаратів, що призводить до широкого розмаїття типів БПЛА. Залежно від конструкції та розміру БПЛА відрізняються за функціональністю, що дозволяє виконувати різноманітні завдання за допомогою дронів.

Найпоширенішими, простими та економічно вигідними видами БПЛА, що використовуються в різних сферах, є багатороторні дрони (рис. 1). Цей тип дрона містить більше одного двигуна, звідки і його назва. Їх невеликий розмір і чудова маневреність роблять їх найкращим вибором для аерофотозйомки. Найпопулярнішими сьогодні є квадрокоптери, оснащені чотирма двигунами (роторами). Також виділяють трикоптери (3 ротори), гексакоптери (6 роторів) і октокоптери (8 роторів).

Завдяки підвищеній маневреності він може рухатися вертикально вгору-вниз по одній вертикальній лінії, вперед-назад, убік, а також обертатися навколо своєї осі, що дозволяє наближатися до конструкцій і будівель значно ближче. Однак основними недоліками цих типів безпілотників є обмежена витривалість і швидкість, що обмежує їх використання для тривалого спостереження і спостереження на великій відстані.

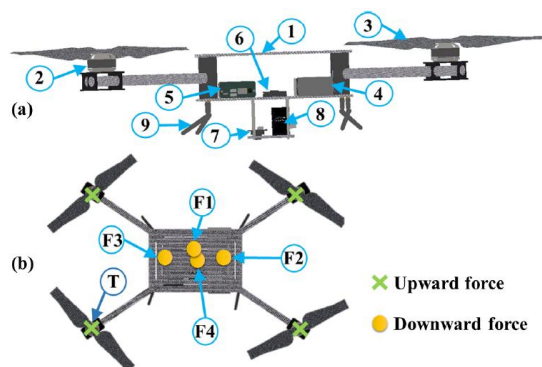


Рисунок 1 – (а), компоненти квадрокоптера, (1) корпус квадрокоптера, (2) двигуни BLDC, (3) гвинти, (4) акумулятор, (5) USRP E312, (6) Pixhawk контролер польоту, (7) ширококутова камера, (8) приймач FSO та (9) антени

Одним із серйозних викликів як для екології, так і для пожежно-рятувальних підрозділів є лісові пожежі, площа яких може перевищувати десятки тисяч квадратних метрів. Відповідно, гасіння таких пожеж потребує значного часу. Оскільки пожежа може поширюватися на тисячі кілометрів, визначити її поширення стає проблематично. Щоб вирішити цю проблему та досягти швидких результатів у гасінні пожежі, на допомогу приходять дрони з нерухомим крилом (рис. 2).



Рисунок 2 – Зовнішній вигляд дрону з нерухомим крилом

За своєю конструкцією та принципом роботи ці види дронів нагадують нам літаки, тому вони здатні використовувати повітря та генерувати сили, які дозволяють їм залишатися в повітрі, використовуючи переваги своєї аеродинаміки. Завдяки їх можливостям середній час польоту становить кілька годин, а при вищій щільності палива тривалість польоту збільшується і може досягати більше шістнадцяти годин, що дозволяє спостерігати поширення вогню протягом тривалого часу.

Пожежні підрозділи використовують безпілотні літальні апарати не тільки для моніторингу, а й для гасіння пожеж. Безпілотники, оснащені протипожежним обладнанням, допомагають гасити пожежі у багатоповерхівках. Для вирішення проблеми гасіння масштабних пожеж можна використовувати Volocopter, модифікувавши його для транспортування великої кількості води. Цей потужний дрон має високу вантажопідйомність.

Одним із способів гасіння лісових пожеж є створення зворотних пожеж. Пожежники використовують дрон, щоб скинути вогняні кулі, щоб приборкати пожежу, що виникла. Запалювальні речовини, розміром з м'яч для пінг-понгу, вибухають при ударі об землю і викликають невелику пожежу. Метою цього методу є усунення всіх можливих осередків загоряння для запобігання поширенню вогню.

В індустрії дронів існують не тільки безпілотні літальні апарати, але й пристрої, здатні перевозити пасажирів. Ehang є однією з провідних компаній у виробництві таких типів дронів. Вони також розробили протипожежний дрон, модифікувавши Ehang 216, встановивши шість снарядів, які стріляють сухим порошком ABC, і сопло високого тиску, яке розсіює піну для гасіння пожежі.

– Розглядаючи ці типи безпілотних літальних апаратів та їх потенційне використання під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, можна виділити основні переваги дронів у гасінні та моніторингу пожеж, а саме:

- Швидке розгортання є основною перевагою використання БПЛА для гасіння пожеж та розвідки, оскільки кожна хвилина відіграє вирішальну роль у надзвичайних ситуаціях;

- Охоплюючи велику територію безпілотником, оснащеним камерою, ми можемо знімати зображення високої роздільної здатності та відео в реальному часі, даючи пожежним підрозділам перевагу в організації розвідки;

– Модернізувавши дрони тепловізійними камерами, ми отримуємо можливість виявляти коливання температури, приховані гарячі точки та зони тління, які інакше могли б залишитися непоміченими. Ця технологія допомагає пожежникам ефективно спрямовувати свої зусилля та ресурси на запобігання новим займанням;

- Зусилля, необхідні для гасіння пожеж, вимагають безперервного циклу дій і оцінки ситуації, тому дрони відіграють ключову роль у моніторингу прогресу, особливо в гасінні лісових пожеж.

Підсумовуючи, можна сказати, що використання безпілотних літальних апаратів для гасіння пожеж пропонує численні переваги, які підвищують ефективність, безпеку та загальну результативність пожежогасіння. Завдяки своїм повітряним можливостям, збору даних у режимі реального часу та спеціалізованим технологіям дрони стали незамінними активами в сучасних операціях гасіння пожеж.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Drone Autonomy/Drone Autonomy Software Platform. <https://droneharmony.com/> Last Accessed 07 Mar 2024.
2. JOUAV Unmanned Aircraft System. <https://www.jouav.com/> Last Accessed 07 Mar 2024.

**УДК 614.842**

#### **ЕЛЕКТРОПРИВІД МЕХАНІЗМУ ПЕРЕМІЩЕННЯ ПРОТИПОЖЕЖНИХ ВОРІТ**

*А. КУШНІР, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики*

*С. ВОВК, канд. техн. наук, доцент, докторант докторантури-ад'юнктури, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Противопожежні ворота відносяться до противопожежних перешкод, п. 6.2 ДБН В.1.1-7 [1], які запобігають поширенню вогню і продуктів горіння протягом тривалого часу, достатнього для безпечного евакуювання людей і організації процесу гасіння. Вони не дають можливість поширитися пожежі на сусідні приміщення та будівлі, ізолюючи вогнище займання, що дає можливість зменшити збитки від пожежі та забезпечити безпеку людям. Вони також можуть виконувати функції контролю доступу людей, автомобільного і спеціального транспорту в будівлю або приміщення. Противопожежні ворота встановлюються у виробничих цехах, складських приміщеннях, ангарах, гаражах і автостоянках висотних будівель та розважально-торгових закладах тощо. Так згідно п. 6.39 ДБН В.2.3-15 [2] у надземних закритих гаражах противопожежні відсіки повинні бути відокремлені противопожежними стінами та перекриттями 1-го типу. Прорізи в противопожежних стінах і перегородках слід захищати противопожежними перешкодами згідно з ДБН В.1.1-7 [1]. Згідно п.6.10 ДБН В.2.3-15 [2] противопожежні ворота в підземних гаражах, що відокремлюють рампи, повинні бути не менше 1-го типу (EI60), а в надземних гаражах – 2-го типу (EI30).

Противопожежні двері та ворота повинні мати пристрої для самозачинення [1]. Вогнестійкі властивості воріт забезпечуються за рахунок застосування в їх конструкції спеціальних сендвіч-панелей з наповнювачем з мінеральної вати і системи ущільнювачів. За своєю конструкцією противопожежні ворота бувають наступних типів: розпашні; відкатні; підйомні; рулонні.

Противопожежні ворота, що за технологічних або інших умов експлуатації повинні бути у відкритому положенні, слід обладнувати пристроями для їх автоматичного зачинення під час пожежі [1]. При необхідності їх можна використовувати в якості звичайних воріт, відкриваючи і закриваючи за потребою проїзд (прохід). Тоді їх

необхідно попередньо обладнати приводом відчинення/зачинення.

Електроприводи, що використовуються в протипожежних воротах є важливими елементами систем пожежної безпеки в будівлях і спорудах [3, 4]. Електроприводи, які використовуються в протипожежних воротах можуть бути:

- *електромеханічні* – ці електроприводи використовують електродвигуни для приводу механізму відчинення/зачинення воріт;
- *електрогідравлічні* – ці електроприводи поєднують електричну систему з гідравлічною, та забезпечують більший крутний момент та силу, і можуть використовуватися для великих і важких протипожежних воріт.

Керування воротами може здійснюватися за допомогою різних систем, серед яких: кнопки, фотоелементи, пульти дистанційного керування. Електроприводи можуть виконувати різні функції та забезпечувати різні режими роботи, які дозволяють адаптувати їх до конкретних потреб. Вони можуть мати запрограмований час відчинення і зачинення, аварійні режими, реагувати на сигнали тривоги або дистанційне керування. Електроприводи часто мають вбудовані системи безпеки, такі як датчики зупинки і перешкод. Їх також можна контролювати за допомогою центральної системи керування, яка дозволяє наглядати за роботою приводу та проводити його діагностику.

Для забезпечення надійної роботи, а також на випадок аварійного відключення основного джерела електроживлення, електропривод протипожежних воріт обладнується резервним джерелом електроживлення. Наприклад, автономним блоком безперебійного живлення (акумуляторними батареями) або генератором.

Електромеханічні приводи переміщення протипожежних воріт повинні бути прості і надійні. Не усі електричні двигуни можуть забезпечити ці вимоги. В якості виконавчого двигуна, можна використати безколекторний електродвигун постійного струму із уже вмонтованим редуктором, який задовольняє ці вимоги і має ряд переваг на іншими типами двигунів. Безколекторні, або як їх ще називають, безщітотні (вентильні) двигуни – це електродвигуни, що складаються із ротора з магнітами постійного струму і статора з обмотками. Конструкція безколекторного двигуна не має досить складного вузла, який іскрить і вимагає обслуговування – колектора. Роль колектора виконує електронне обладнання. За рахунок відсутності колектора, такі двигуни мають ряд переваг:

- високу швидкість і динаміку, точність позиціонування;
- велику перевантажувальну здатність за моментом;
- широкий діапазон зміни частоти обертання;
- високий пусковий момент;
- високі енергетичні показники, високий ККД і показник потужності на кілограм власної ваги, за рахунок значного зменшення втрат на комутацію;
- великий термін служби (ресурс електродвигуна обмежений тільки терміном служби підшипників);
- високу надійність і підвищений ресурс роботи за рахунок відсутності ковзних електричних контактів (колектора), які іскрять і вимагають обслуговування.

Застосування потужних неодимових магнітів зробили безколекторні двигуни ще більш компактними. Конструкція безколекторного двигуна дозволяє експлуатувати його в агресивних середовищах.

Безколекторні електродвигуни випускаються з напругою живлення 12В, 24В, 36В, 48В, 310 В та діапазоном потужностей від 4 Вт до 1700 Вт. Це дає можливість здійснювати живлення від акумуляторних батарей, що ідеально підходить в разі втрати основного джерела електроживлення.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2017. 35 с.

2. ДБН В.2.3-15:2007. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів. Зі Змінами № 1, № 2 та № 3. Вид. офіц. Київ : Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 47 с.
3. Марик Хмель. Вплив електроприводів та автоматики у протипожежних дверях на безпеку евакуації з будівлі під час пожежі. Системи вогнестійкого скла у протипожежному захисті будівель: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 2023. С.32-43.
4. Автоматика для воріт: <https://sizam.ua/ua/vorotnaya-avtomatika/>

**УДК 614.8**

## **РОЗРОБКА СКЛАДУ СИЛІКОФОСФАТНИХ КОМПОЗИЦІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

*Н. ЛИСАК, аспірант, викладач*

*О. СКОРОДУМОВА, д-р техн. наук, професор*

*А. ЧЕРНУХА, канд. техн. наук, доцент*

*Я. ГОНЧАРЕНКО, канд. техн. наук, старший викладач*

*Національний університет цивільного захисту України*

У сучасній архітектурі та будівництві питання вогнезахисту має ключове значення. Забезпечення високого рівня вогнестійкості є обов'язковим для всіх видів споруд, і цей аспект потрібно враховувати під час проектування будівельних конструкцій.

Одним із найпопулярніших будівельних матеріалів є деревина, що відзначається міцністю, легкістю та екологічністю. Поряд із нею активно застосовується пінополістирол, особливо екструдований (XPS), завдяки його чудовим теплоізоляційним характеристикам, високій щільності та простоті монтажу. Незважаючи на численні переваги таких матеріалів, вони обидва характеризуються високою горючістю, що може стати причиною швидкого поширення пожежі. Тому розробка ефективних вогнезахисних покриттів для таких матеріалів є пріоритетним напрямком у будівництві.

Одним із підходів до розв'язання вище описаної проблематики є використання композицій на основі силікофосфатних зв'язків, які демонструють високу термостійкість і механічну міцність [1]. Також є чимало досліджень про антипіренові властивості фосфорвмісних сполук, що підтверджують їхню здатність знижувати горючість матеріалів [2]. Крім того, такі речовини є стабільними в часі та екологічно безпечними, адже під час нагрівання не виділяють токсичних речовин.

У ході дослідження золі кремнекислоти модифікували фосфатним буферним розчином, варіюючи при цьому рН добавки (6, 7, 8) та її об'ємну частку (15, 20, 25 %).

Зміну оптичної густини золів у часі визначали за допомогою фотоколориметра КФК-2 при довжині хвилі 490 нм. Як розчин порівняння брали дистильовану воду. Спостерігали найнижчий час прихованої коагуляції для композицій із добавками буферного розчину рН 6, також відзначалося зростання цього параметру зі збільшенням об'ємної частки добавки. Для золів з рН 7 та 8 ця характеристика знаходилася на одному рівні.

Плинність золів була високою та незалежно від вмісту фосфатного буферного розчину в середньому складала 2 год, що є задовільним для якісного нанесення на поверхню матеріалу та утворення однорідного покриття. Фосфатний буферний розчин, імовірно, підсилює дію ацетатного, що утворюється при змішуванні оцтової кислоти та рідкого скла. Живучість золів була вищою порівняно із моделями без добавок. Прямопропорційна залежність між об'ємною часткою добавки та часом застигання золів може бути пояснена впливом розведення.

Зразки деревини сосни звичайної розмірами 9х6х3 см попередньо просушували в сушильній шафі при 100°C до постійної маси. Використовували зразки екструдованого

пінополістиролу марки XPS розміром 5x5x3 см. Одержані композиції кремнекислоти наносили на поверхню експериментальних моделей ванним методом. Нанесення 2–3 шарів покриття проводили після висушування попереднього шару, що здійснювалося шляхом термоудару при 80°C у сушильній шафі. Додатково на поверхню висушених зразків розпилювали 20%-й водний розчин амоній гідрофосфату та висушували.

Групу вогнезахисної ефективності покриттів на поверхні деревини визначали згідно з ДСТУ 4479:2005, групу горючості – згідно з ДСТУ 8829:2019. Зразки екструдованого пінополістиролу зважували до та після дії вогню протягом 10 с, втрату маси виражали у відсотках.

Оптимальні результати вогневих випробувань було отримано для покриттів на основі композицій з 25%-м вмістом фосфатного буферного розчину з рН 7 – втрата маси становила 6,2–7,9 %, що відповідає I групі вогнезахисної ефективності, зразки належали переважно до важкозаймистих.

Спостерігалася також залежність ефективності вогнезахисного покриття від кількості нанесених шарів композиції. У випадку нанесення одного-двох шарів композиції з рН 6 вдалося суттєво знизити втрати маси порівняно із необробленим зразком. Водночас, для зразків із трьома шарами композиції при зростанні вмісту буферного розчину спостерігалася погіршення вогнезахисної ефективності покриття. Це може бути пов'язано зі зростанням кількості мікронеоднорідностей при збільшенні кількості шарів покриття та утворенням тріщин. У разі використання буферного розчину з рН 7 для зразків, вкритих трьома шарами композиції, при збільшенні вмісту добавки спостерігали зменшення втрати маси. Очевидно, що на стійкість покриття до дії вогню впливає також і кількість води, що використовувалася для утворення буферного розчину. Вона може знаходитися в міжглобульному просторі гелевого покриття та додатково охолоджувати його поверхню під час випаровування при дії вогню.

Горіння екструдованого пінополістиролу із вогнезахисним покриттям досліджуваного складу відзначалося відсутністю палаючих крапель. Використання фосфатного буферного розчину з рН 8 дозволило підвищити час загоряння зразка до 5–6 с, що майже вдвічі перевищувало відповідний параметр для необробленого XPS. При цьому процес горіння протікав повільно та без налипання на металеву поверхню установки. Модифікування золів кремнієвої кислоти буферними розчинами з рН 6–7 більш істотно підвищувало вогнестійкість пінопласту – горіння починалося через 7–8 с, зразки не підтримували горіння або не загоралися зовсім. Втрати маси коливалися в діапазоні 0–1,95 % залежно від кількості шарів нанесеного покриття та рН розчину.

Отже, золь кремнієвої кислоти, модифікований фосфатним буферним розчином з рН 7 (при 20-25 %-му вмісті добавки), потенційно може розглядатися як універсальний вогнезахисний склад для будівельних матеріалів, таких як деревина та екструдований пінополістирол. Результати представленого дослідження можуть стати основою для подальших розробок у сфері вогнезахисту та сприяти підвищенню стандартів безпеки в будівництві.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Li, T., & He, J. (2017). Mechanically robust, humidity-resistant, thermally stable high performance antireflective thin films with reinforcing silicon phosphate centers. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 170, 95–101. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2017.05.068>
2. Green, J. (1992). A review of Phosphorus-Containing flame retardants. *Journal of Fire Sciences*, 10(6), 470–487. <https://doi.org/10.1177/073490419201000602>

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕВАКУАЦІЇ МАЛОМОБІЛЬНИХ ГРУП НАСЕЛЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОЖЕЖНИХ ЛІФТІВ

*Р. МАЙБОРОДА, старший викладач кафедри пожежної профілактики в населених пунктах*

*Н. РАШКЕВИЧ, PhD, доцент кафедри пожежної профілактики в населених пунктах  
Юрій ОТРОШ, д-р техн. наук, професор, начальник кафедри пожежної профілактики в населених пунктах*

*Національний університет цивільного захисту України*

*В. СУР'ЯНІНОВ, асистент кафедри залізобетонних конструкцій та транспортних споруд  
Одеська державна академія будівництва та архітектури*

Евакуація під час пожежі спрямована на забезпечення безпеки та захисту життя людей. Швидка та організована евакуація дозволяє мінімізувати ризик отримання травм або загибелі від впливу вогню, диму та токсичних продуктів горіння [1, 2].

Моделювання умов евакуації під час пожежі дозволяє створити детальну віртуальну модель евакуаційного сценарію, враховуючи різні фактори, такі як архітектурні особливості будівлі, розміщення виходів, поведінку учасників евакуації [2, 3]. Це інструмент з виявлення проблем в планах евакуації, оцінки поведінки учасників, а також засіб для розробки оптимальних стратегій з підвищення загальної готовності до пожежної небезпеки.

До основних етапів моделювання за допомогою програмного комплексу Pathfinder можна віднести:

1. Візуалізація тривимірної моделі будівлі на підставі проєктної документації. Процес починається з імпорту архітектурних креслень у Pathfinder, після чого розробляється детальна модель, яка включає всі важливі елементи конструкції, такі як стіни, двері, сходи і ліфти.

2. Визначення характеристик учасників евакуації. Цей процес включає класифікацію осіб, які можуть брати участь в евакуації, та оцінку їхніх можливостей і обмежень, що дозволяє забезпечити безпечний та ефективний вихід з будівлі.

3. Налаштування параметрів симуляції. Передбачає можливість визначення місця загорання (підвал, перший поверх, верхні поверхи), можливі наслідки (поява диму, температура), врахувати можливість використання пожежних ліфтів.

4. Запуск процесу симуляції евакуації з обраними маршрутами, щоб проаналізувати час, необхідний для переміщення учасників до безпечних зон.

5. Оцінка результатів моделювання, що передбачає збір даних про час евакуації, кількість учасників, які змогли покинути будівлю, та ефективність роботи пожежних ліфтів.

На основі отриманих результатів формуються рекомендації щодо покращення системи евакуації, включаючи зміни в проєктуванні будівлі, дообладнання ліфтів.

В роботі [4] за допомогою програмного комплексу Pathfinder обґрунтована можливість евакуації при пожежі маломобільних груп населення з висотних житлових будинків з використанням пожежних ліфтів, рис. 1.

Використання пожежних ліфтів для евакуації маломобільних груп населення є ефективним заходом, що забезпечує швидкість, безпеку та доступність, проте вимагає належного проєктування, обладнання та підготовки для досягнення максимальних результатів у надзвичайних ситуаціях [4].





Рисунок 1 – Початок евакуації людей

З метою підвищення рівня пожежної безпеки, забезпечення постійної готовності та працездатності пожежних ліфтів для можливої евакуації маломобільних груп населення, необхідно передбачити заходи:

1. Здійснювати планове технічне обслуговування для виявлення та усунення можливих несправностей, що можуть вплинути на роботу ліфта в екстрених ситуаціях.

2. Забезпечити резервне живлення ліфтів у разі відключення електроенергії під час пожежі, щоб гарантувати їх безперервну роботу.

3. Обладнати ліфт автоматичною системою управління, яка активується під час пожежі, забезпечуючи безпечний рух ліфта та зупинку на потрібних поверхах для евакуації.

4. Забезпечити системою вентиляції та захисту від проникнення диму в ліфтову шахту.

5. Забезпечити чітке маркування та освітлення шляхів, що ведуть до пожежного ліфта, для швидкої та безпечної евакуації навіть в умовах поганої видимості або диму.

6. Проводити навчання мешканців житлових будинків, особливо маломобільних груп, правильному користуванню пожежними ліфтами.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кукузенко А.М., Рашкевич Н.В., Отрош Ю.А. Визначення стану безпеки шляхів евакуації: матеріали Міжнародної науково-методичної конференції (Міжнародна наукова конференція EAS) «Безпека людини у сучасних умовах» Харків, НТУ «ХПІ», 1-2.12.2022 р.

2. Щолоков Е. Е., Рашкевич Н. В., Отрош Ю. А., Майборода Р. І., Тригуб В. В. Евакуація при пожежі з дитячих ігрових майданчиків з повністю закритим устаткуванням The 12th International scientific and practical conference “Innovative development of science, technology and education”. Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2024. С. 117-122.

3. Рубан А.В., Рашкевич Н.В., Отрош В.Ю. Моделювання евакуації людей при пожежі в програмному забезпеченні Pathfinder. Modern Technologies for Solving Actual Society's Problems. Edited by O. Nestorenko and Iryna Ostopolets. Publishing House of University of Technology, Katowice, 2022. С. 412-420.

4. Майборода Р.І., Отрош Ю.А., Рашкевич Н.В., Мележик Р.С. Дослідження евакуації маломобільних груп населення з житлових висотних будинків при пожежі. Комунальне господарство міст, 2023, том 4, випуск 178. С. 219-231. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-219-231>

## СПОСОБИ УКРІПЛЕННЯ БЕРЕГОВИХ ЛІНІЙ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА ЗМЕНШЕННЯ ЗБИТКІВ ВІД НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРУ

*Костянтин МИГАЛЕНКО, канд. техн. наук, доцент*

*Євгенія ТОРЧЕВСЬКА, курсант*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

Проблеми надзвичайних ситуацій природного характеру існували в Україні та світі з давніх часів. Передусім зазначимо, що кожен рік, а інколи і частіше, відбуваються стихійні лиха: паводки на Закарпатті, смерчі на Волині, снігопади та екологічні катастрофи можуть бути зумовлені як властивостями Землі, так і космосу. Збитки внаслідок різних стихійних лих в світі становлять щорічно близько 30 млрд. доларів, а кількість жертв оцінюється у 250 тис. чоловік. Однак найбільш небезпечними слід вважати екологічні катастрофи, пов'язані з природою.

Провівши аналіз виникнення та розвитку надзвичайних ситуацій природного характеру, що мали місце на території України встановлено, що паводки на карпатських річках повторюються 4–5 разів на рік. Частота їх формування в багаторічному розрізі підпорядковується певним закономірностям, які проявляються у чергуванні періодів підвищеної та низької водності. Саме в періоди підвищеної водності паводки набувають загрозливого, нерідко катастрофічного характеру.

Вражаючими факторами під час повені є великі маси води, великі маси льоду, фрагменти зруйнованих будівель і споруд, великі маси з уламками гірських порід, електричний струм при обриві дротів ЛЕП, пожежі, що виникають при замкненні електродротів, електрокабелів. Унаслідок цього люди отримують такі основні травми та ушкодження як забиття, переломи, порізи, переохолодження, утоплення, електроураження.

Основною задачею для зменшення ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій та зменшення вартості робіт по їх ліквідації, підвищення рівня готовності персоналу реагування на ці ситуації є необхідність проведення комплексу запобіжних організаційних та інженерно-технічних заходів.

Відомо, що боротьба з місцевими розмивами берегів і дна за допомогою постійних споруд ведеться двома методами: зменшення розмиваючої сили потоку шляхом відхилення струменя від зони розмиву; підвищення опору русла в зоні розмиву.

Способи захисту є наступні: обвалування, тобто огороження земель, що затоплюються, земляними дамбами; влаштування обвідних чи розвантажувальних русел (канал) завдяки яким витрати води, а відповідно, і рівні води в головному руслі знижуються до безпечних відміток; підсипка і підвищення територій, що підлягають затопленню.

Такі способи захисту вимагають великої кількості матеріалів. Тому їх зводять з найбільш дешевих місцевих матеріалів. Нами пропонуються для регуляційних робіт застосовувати наступні матеріали і конструкції:

1) камінь, скачаний або рваний усіх порід, за винятком досить пористих вапняків, слабких піщаників, що легко руйнуються у воді і при дії морозу. Для зовнішніх частин накидань або «одягів» необхідний камінь у поперечнику не менш 25-30 см (30-50 кг) щоб уникнути віднесення його льодоходом;

2) щебінь, галька і гравій тих же порід, що і камінь;

3) пісок, піщано-глинисті, глинисті ґрунти, що йдуть у внутрішні частини споруд;

4) дерево, що застосовується у виді лапника (ялинові гілки), лозин, хмизу, дерев, колів, дощок, обаполів, паль. Хмиз використовують переважно вербових порід, свіжовирубаний, краще осіннього рубання, товщиною до 4 см. і довжиною 1,5-2,5 м;

5) рослинні матеріали: трави, що висіваються, дерен, мох, очерет і т.п.;

6) метал, у вигляді оцинкованого дроту діаметром 2-5 мм, тросу, цвяхів, болтів, анкерів, скоб.

За результатами дослідження нами рекомендується наступні берегоукріплюючі конструкції із місцевих матеріалів.

У зоні вище меженного рівня води в річці (яка покривається водою тільки в паводки) найпростішим кріпленням може бути посів трав ( $P=10$  Па); сорти трав підбираються за місцевими кліматичними і ґрунтовими умовами. На піщаних берегах попередньо насипається шар (у 12-15 см) рослинної землі.

Більш міцним є покриття берегового укосу дерном ( $P = 10-20$  Па), плитки якого укладаються і «пришиваються» колами або металевими сітками при швидкостях течії  $V = 0,8-1,1$  м/с або «у стінку» при швидкостях  $V = 1,7-2$  м/с.

На пологих піщаних берегах застосовують висадку свіжозрубаної верби (верболіз) рядами, борознами або гніздами. Опір їх розмивові характеризується величиною  $P = 20-30$  Па спочатку, а після до 50 Па. Замість висадки верби можна застосовувати хмизову вистилку – шар хмизу товщиною 15-20 см, «пришитий» до берега сталевими канатами і кілками і витримує швидкості руху води  $V = 1,5-1,9$  м/с, це кріплення довговічне після проростання.

Більш міцним, але в той же час простим кріпленням є вертикальні тини, які косо спрямовані до течії рівнобіжними або пересічними (у клітину) рядами, що, проростаючи, витримують  $P = 50$  Па, а при заповненні кліток галькою або каменем до 100-120 Па і більше. Розміри кліток – 0,7-2 м, укіс – не крутіше 1:1-1:1,5; під гальку або кам'яне заповнення кліток товщиною 0,2-0,4 м підстиляється шар моху, соломи, хмизу, торфу або підсипається шар щебеню і гравію. Рослинні кріплення застосовують там, де на місці є необхідні матеріали.

#### **Висновки:**

- для боротьби з паводками необхідно використовувати місцеві матеріали і конструкції;

- всі регуляційні конструкції повинні мати достатній опір розмивові, руйнуванню водою, мати гнучкість;

- матеріали і конструкції повинні зберігатись поблизу небезпечних ділянок русел рік чи огороджуючих дамб, що дає змогу в мінімальні терміни ліквідувати місце розмиву.

- в подальшому необхідно проводити дослідження по ефективності розчищення і поглиблення русел рік і водойм на яких найчастіше виникають паводки та дослідження нових типів конструкцій які можуть застосовуватись підчас паводків.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Інформація Головного управління ДСНС України в Закарпатській області про надзвичайну ситуацію, що виникла внаслідок формування та проходження паводку в 2020-23 роки.

2. Державні будівельні норми. Захист від небезпечних геологічних процесів. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення: ДБН В.1.1-3-97. – Введ. 1997-07-01. – Київ: Держбуд України, 1998. – 47 с.

3. Інженерна геологія Механіка ґрунтів, основи та фундаменти: Підручник / М.Л. Зоценко, В.І. Коваленко (та ін.). – Видання друге, перероблене і доповнене. – Полтава: ПНТУ, 2004. – 568 с.

4. Тищенко Є.О., Ленартович Є.С., Мигаленко К.І., Мигаленко О.І. Спеціальне водопостачання. – Черкаси: 2016. – 240 с.

5. Антіпов І.А., Кулешов М.М., Петухова О.А. Протипожежне водопостачання. – Харків, 2004. – 184 с.

6. J.I. Barredo, P. Salamon, L. Feyen, R.J Nicholls. Coastal flood damage potential in Europe. – JRC/ European commission. – 2009.

**РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ  
ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КОМПРЕСІЙНОЇ ПІНИ  
ДЛЯ ГАСІННЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСТИЛА**

*Вадим НИЖНИК, д-р техн. наук, професор*

*Олександр НІКУЛІН, д-р техн. наук*

*Максим ОСАДЧУК*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Трансформаторна підстанція [1] надзвичайно важлива складова в енергетичній галузі, вона забезпечує постачання електроенергії споживачам за рахунок зниження або підвищенні напруги з урахуванням вимог енергосистеми за допомогою трансформаторів.

Трансформатор [2] в свою чергу є найбільш пожежонебезпечним видом обладнання за рахунок трансформаторного мастила, яке необхідне для охолодження та ізоляції, запобігання іскріння та інших пожежонебезпечних явищ.

Враховуючи, що електроенергія є невід'ємною складовою життя та широко присутня у всіх сферах діяльності, то відповідно енергетична галузь надзвичайно сильно інтегрована в повсякденне життя.

Відповідно трансформаторні підстанції мають масових характер застосування зокрема на об'єктах промисловості, що суттєво підвищує пожежну небезпечність цих об'єктів. А це значить, що потрібно відповідно реагувати на виклики сучасності, та забезпечити можливість швидкого гасіння пожежі у разі її виникнення. Враховуючи, що такі пожежі досить небезпечні, можливі вибухи, розгерметизації трансформаторного обладнання, виникають великими прощами пожежі і гасити їх потрібно лише спеціальними вогнегасними речовинами.

За своїми технічними характеристиками трансформатори, що використовуються на електропідстанціях знаходиться велика кількість трансформаторного мастила в межах від 200 л до 60 000 л. Досить слушно на сьогоднішній день актуальним є питання з розроблення нових, або покращення вже відомих вогнегасних речовин які широко використовуються для гасіння трансформаторного мастила.

Метою даної роботи є розроблення методики експериментальних досліджень щодо визначення можливості гасіння трансформаторного мастила компресійною піною та іншими водопінними вогнегасними речовинами на основі компресійної піни. Виявити недоліки у такому гасінні та запропонувати шляхи їх вирішення за рахунок модифікації даних вогнегасних речовин.

Основою дослідження є практичне відпрацювання експериментальних способів вдосконалення гасіння трансформаторного мастила за рахунок варіювання підходів подавання вогнегасної речовини, зміни засобів та насадків різних форм та технічних характеристик, але головне, це покращення властивостей вогнегасної речовини за рахунок додавання добавок.

Для реалізації поставленої задачі в якості джерела постачання вогнегасної речовини використовується [3, 4] установка для вироблення та подавання вогнегасної речовини (рисунку 1).

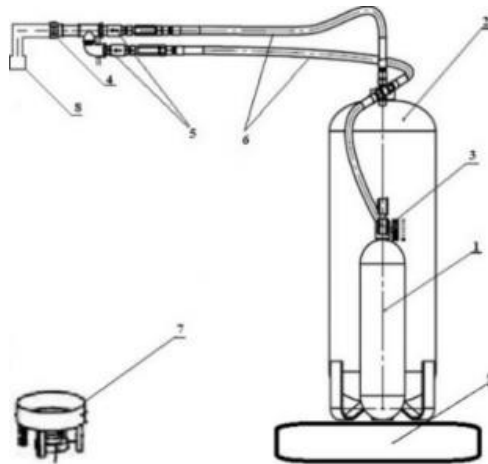


Рисунок 1 – Установа для вироблення та подавання вогнегасної речовини:

1 – балон зі стисненим повітрям, або компресор; 2 – ємність для розчину піноутворювача; 3 – редуктор; 4 – пінозмішувач; 5 – вентиля для регулювання витрати розчину піноутворювача та повітря; 6 – трубопроводи для подачі розчину піноутворювача та стиснутого повітря; 7 – модельне вогнище пожежі класу В; 8 – пінний насадок; 9 – ваги електронні

Висновок. Використання даної Методики експериментальних досліджень застосовуючи установку для вироблення та подавання вогнегасної речовини стане можливим в лабораторних умовах проводити натурні експерименти визначення ефективності застосування водопінних вогнегасних речовин для гасіння трансформаторного мастила.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 2790-94 Системи електропостачальні номінальною напругою 1000 В: джерела, мережі, перетворювачі та споживачі електричної енергії. Терміни та визначення.
2. Трансформатор. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Трансформатор>.
3. Розроблення експериментального лабораторного зразка системи пінного пожежогасіння, що споживає стиснене повітря (CAFS) // А.І. Кодрик та ін. // «Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека», 2018, № 2 (6), с. 4–9.
4. Функціонально-фізична схема установки для генерації компресійної піни // А.І. Кодрик та ін. // Науково-технічний збірник «Комунальне господарство містя», Випуск № 146, 2018, с. 32–36.

## ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ОБЛАДНАННЯ БАЗОВИХ СТАНЦІЙ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ СИСТЕМАМИ ПОЖЕЖОГАСІННЯ

*Вадим НІЖНИК, д-р техн. наук, професор, начальник науково-дослідного центру протипожежного захисту*

*Ю. ФЕЩУК, канд. техн. наук, старший дослідник, заступник начальника науково-дослідного центру протипожежного захисту*

*В. МИХАЙЛОВ, д-р пед. наук, професор, старший науковий співробітник сектору пожежної безпеки об'єктів та технологій науково-дослідного центру протипожежного захисту*

*Ю. ЛУЦЕНКО, канд. техн. наук, начальник сектору пожежної безпеки об'єктів та технологій науково-дослідного центру протипожежного захисту*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Телекомунікаційний сектор відіграє важливу роль у формуванні економіки та способів обміну інформацією і знаннями між людьми в кожній країні. Номери мобільних телефонів поширюються з експонентною швидкістю. В Україні налічується вже більш ніж 51 млн. абонентів різних мобільних операторів [1]. Одна з ключових цілей стратегії розвитку електронних комунікацій країни до 2030 року – 98 % населення країни матимуть мобільний зв'язок [2]. Задовільнення цього попиту вимагає від постачальників послуг розширення зони обслуговування, улаштуваючи базові станції мобільного зв'язку, максимально захищаючи їх від пожежних ризиків, що забезпечує стабільне покриття радіосигналом для тисячі користувачів. Лише за останні шість місяців в нашій країні побудовано більше 2 тис. базових станцій мобільного зв'язку у понад 300 населених пунктів [3].

Зростання та розвиток мереж мобільного зв'язку призводить до збільшення попиту на електроенергію з боку телекомунікаційного сектора. Компоненти базової станції, що використовують електроенергію, генерують тепло як побічний продукт споживання [4]. А фактором, який може суттєво вплинути на працездатність базових станцій є робоча температура обладнання. Неважко зрозуміти, що в разі низької ефективності охолодження обладнання, яке досягається кондиціонуванням повітря в приміщенні базової станції, може спалахнути пожежа. Водночас, вітчизняні нормативно-правові акти та національне законодавство багатьох інших країн (Німеччина, Китай, Індія, Японія, Південна Корея, Саудівська Аравія, ОАЕ, Кувейт), передбачають обов'язкове обладнання базових станцій мобільного зв'язку системами пожежогасіння.

Проте, розгалуження однотипних за призначенням об'єктів базових станцій мобільного зв'язку, але різних за комплектуванням системними комплексами телекомунікаційного та електропостачального обладнання з відповідними пожежонебезпечними властивостями їх матеріалів [5], не передбачає визначення окремого порядку проведення аналізу і підходів до оцінки ризику пожежної небезпеки.

Розгляд означеного питання виявив наявність інших колізій в чинних нормативно-правових актах. Так, у Таблиці 2 Додатку А «Перелік однотипних за призначенням об'єктів, які підлягають обладнанню системами пожежної сигналізації та пожежогасіння, тип системи передавання тривожних сповіщень» ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту» зазначено, що системи пожежогасіння локального застосування обладнуються в приміщеннях базових станцій, зокрема розміщених як окремий об'єкт [6].

У свою чергу в підрозділі 14 «Рухомий (мобільний) зв'язок та безпроводовий доступ» розділу VI. «Вимоги пожежної безпеки для окремих спеціалізованих об'єктів НАПБ

В.01.053-2016/520 «Правила пожежної безпеки в галузі зв'язку» [5] зазначається, що об'єкти рухомого (мобільного) зв'язку, що окремо розташовані, прибудовані, надбудовані та вбудовані, до яких зокрема відносяться базові станції, повинні обладнуватися системами пожежної сигналізації. Там же зазначено, що системою пожежогасіння обладнуються лише центри комунікації мобільного зв'язку при проектній потужності обладнання більше 12 кВт. Також відомо, що сучасні базові станції мають максимальну проектну потужність до 8 кВт і не мають постійних робочих місць.

Водночас сумнівними виглядають вимоги ДСТУ Б В.1.1-36-2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» щодо визначення категорії за вибухопожежною (пожежною) небезпекою споруди базової станції мобільного зв'язку. Так, з огляду на вимоги пунктів 6.1 і 7 цього стандарту, ймовірність питомої пожежної навантаги для твердих і рідких горючих речовин, розташованих в приміщенні сучасної типової базової станції зв'язку площею близько 16 м<sup>2</sup>, може не перевищувати 180 МДж/м<sup>2</sup> [7]. Необхідних розрахунків щодо цього питання раніше не проводилось.

З огляду на зазначене та з урахуванням зарубіжного досвіду, виникає необхідність обґрунтування умов, доцільності або відсутності доцільності обладнання приміщень базових станцій мобільного зв'язку системами пожежного захисту, зокрема шляхом проведення експериментальних досліджень.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Суспільство. Мобільний зв'язок в Україні. <http://uateka.com/uk/article/society/1227>.
2. Мінцифри презентувало стратегію розвитку електронних комунікацій до 2030: долучайтеся до обговорення. URL : <https://www.kmu.gov.ua/news/mintsyfyry-prezentuvala-stratehiu-rozvytku-elektronnykh-komunikatsii-do-2030-doluchaitesia-do-obhovorennia>.
3. З початку року в Україні встановили 2295 станцій мобільного зв'язку. URL : <https://suspilne.media/778897-z-pocatku-roku-v-ukraini-vstanovili-2295-stancij-mobilnogo-zvazku/>.
4. Mohamad Aris, A., & Shabani, B. (2015). Sustainable power supply solutions for off-grid base stations. *Energies*, 8(10), 10904-10941.
5. НАПБ В.01.053-2016/520 «Правила пожежної безпеки в галузі зв'язку», затверджених наказом Адміністрації Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України та МВС України від 30.03.2016 № 239/229 «Про затвердження Правил пожежної безпеки в галузі зв'язку», які зареєстровано в Мін'юсті України 06.05.2016 за № 684/28814. Офіційний вісник України від 31.05.2016, № 40, стор. 9.
6. ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту». Будстандарт онлайн. [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=59526](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=59526).
7. ДСТУ Б В.1.1-36-2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою». URL : [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=65419](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=65419).

## КОРИГУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ ЩОДО ПРОМІЖКУ ЧАСУ ДО ДОСЯГНЕННЯ КРИТИЧНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

*С. НОВАК, канд. техн. наук, с. н. с.*

*О. ДОБРОСТАН, канд. техн. наук, старший дослідник*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

*М. ПУСТОВИЙ*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

*М. НОВАК*

*Національний університет харчових технологій*

Під час вогневих випробувань зразків захищених сталевих конструкцій за методами, наведеними в EN 13381-4 [1], EN 13381-8 [2], EN 16623 [3] і EAD 350140-00-1106 [4], здійснюють вимірювання їхньої температури за умов впливу стандартного температурного режиму згідно з EN 1363-1 [5] і визначають значення проміжку часу до досягнення критичної (проектної) температури. За методами [1; 2] зазвичай визначають проміжки часу до досягнення значень температури, які становлять від 350 °С до 700 °С (з кроком 50 °С), а за методами [3; 4] – до досягнення температури 500 °С. Під час цих випробувань застосовують низку випробних зразків, які повинні мати однакові параметри – коефіцієнт поперечного перерізу і товщину вогнезахисту. Зокрема, таку вимогу подано в EN 13381-4 [1] для навантажених конструкцій та коротких конструкцій для порівняння. На практиці такі випробні зразки мають певні відмінності у зазначених параметрах [1–4]. Також можливі відмінності у фактичних температурних режимах у печі й початковій температурі цих зразків під час випробувань. Це, зокрема, має місце у разі, якщо нагрівання експонованих і контрольних зразків згідно з EN 16623 [3] і EAD 350140-00-1106 [4] здійснюють під час різних випробувань. Наведені вище відмінності впливають на значення проміжку часу до досягнення критичної температури і через це, для підвищення достовірності отримуваних за [1–4] результатів, експериментальні дані щодо цього експериментального проміжку часу потребують коригування [6; 7].

Проведеним в цій роботі дослідженням запропоновано процедуру коригування експериментальних даних щодо проміжку часу до досягнення критичної температури сталевих конструкцій, отримуваних під час вогневих випробувань згідно з [1–4]. На першому її етапі здійснюють коригування експериментально визначеного проміжку часу  $t_{\text{exp}}$  для усунення впливу відмінності фактичного температурного режиму в печі від номінального, який подано в 5.1.1 EN 1363-1 [5]. Під час цього коригування розраховують відхил площі під кривою фактичної середньої температури в печі від площі під кривою номінального температурного режиму і визначають значення проміжку часу  $t_{c,1}$ , максимально наближене до проміжку часу за номінального температурного режиму [7]. На наступному етапі проміжок часу  $t_{c,1}$  коригують для усунення впливу відмінності початкової температури випробних зразків. Під час цього коригування визначають значення проміжку часу  $t_{c,2}$ , максимально наближене до проміжку часу за номінальної початкової температури, яка становить 20 °С [6]. На третьому етапі здійснюють коригування проміжку часу  $t_{c,2}$  для усунення впливу відмінності у параметрах випробних зразків. Для EN 13381-4 [1] і EN 13381-8 [2] проміжок часу до досягнення короткою конструкцією кожного зі значень проектної температури коригують для тих самих значень коефіцієнта поперечного перерізу й товщини вогнезахисту, якими характеризується навантажена конструкція або висока



ненавантажена колона. Для EN 16623 [3] і EAD 350140-00-1106 [4] під час цього коригування розраховують середнє арифметичне значення коефіцієнта поперечного перерізу чотирьох випробних зразках і беруть це значення за номінальне. Вважаючи залежність проміжку часу до досягнення критичної температури від коефіцієнта поперечного перерізу лінійною, для кожного випробного зразка визначають коригований на номінальне значення цього коефіцієнта проміжок часу  $t_{c,з}$ . Коригування проміжку часу  $t_{c,з}$  для усунення впливу відмінності у товщині вогнезахисту на чотирьох випробних зразках здійснюють аналогічним чином [6] і визначають проміжок часу  $t_{exp,c}$ .

В подальшому, якщо для EN 13381-4 [1] і EN 13381-8 [2] показники щодо коригованих проміжків часу  $t_{exp,c}$  за мінімальної та (або) максимальної товщини вогнезахисту на навантаженій конструкції та (або) високій ненавантаженій колоні менші за показники, отримані з використанням короткої конструкції для порівняння з аналогічними параметрами, то проміжки часу до досягнення проектної температури для всіх коротких конструкцій коригують з урахуванням показників щодо «здатності до зчеплення» і використовують для оцінювання теплових показників застосовної системи вогнезахисту. Кориговані проміжки часу  $t_{exp,c}$ , отримані для експонованих і контрольних зразків, застосовують у прийнятті рішення щодо стійкості застосовної системи вогнезахисту до зовнішніх впливів відповідно до поданих в EN 16623 [3] і EAD 350140-00-1106 [4] критеріїв.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. EN 13381-4:2013 Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 4: Applied passive protection to steel members. European committee for standardization. Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. 2013. CEN. 83 p.
2. EN 13381-8:2013 Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 8: Applied reactive protection to steel members. European committee for standardization. Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. 2013. CEN. 80 p.
3. EN 16623:2015 Paints and varnishes – Reactive coatings for fire protection of metallic substrates – Definitions, requirements, characteristics and marking. CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. 2015 CEN. 42 p.
4. EAD 350140-00-1106 Renderings and rendering kits intended for fire resistant applications. EOTA 2017. 48 p.
5. EN 1363-1:2020. Fire resistance tests – Part 1: General Requirements. European committee for standardization. Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brussels. 2020 CEN. 54 p.
6. Новак С., Добростан О., Пустовий М., Новак М. Коригування проміжку часу до досягнення критичної температури для випробних зразків захищених сталевих конструкцій. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. 2024. № 1 (17). С. 71–84.
7. Новак С., Новак М., Пустовий М. Вплив відхилу температури в печі від номінального режиму на результати випробування сталевих конструкцій на вогнестійкість. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. 2023. № 2 (16). С. 88–104.

## **ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ В УМОВАХ ТЕХНОГЕННОЇ НЕБЕЗПЕКИ**

*Ігор НОЖКО, канд. пед. наук*

*Сергій ГОНЧАР*

*А. ГУРІНЕНКО*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

У сучасних умовах техногенна безпека стає одним із ключових викликів для суспільства, особливо в промислово розвинених регіонах, де концентрація об'єктів підвищеного ризику є досить високою. З огляду на це, питання забезпечення оперативного та безпечного реагування на пожежі, вибухи та інші техногенні аварії набуває надзвичайної важливості. Однією з найперспективніших технологій у цій сфері є використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та автономних роботизованих систем, які дозволяють не тільки швидко й точно моніторити ситуацію, але й сприяють активній участі в ліквідації надзвичайних подій.

### **Безпілотні технології в контексті пожежної безпеки**

Безпілотні літальні апарати (дрони) вже продемонстрували свою ефективність у ряді галузей, і пожежна та техногенна безпека не є винятком. Сучасні дрони оснащуються тепловізійними камерами, газовими датчиками та системами штучного інтелекту, що дозволяє їм в режимі реального часу передавати дані про температуру, концентрацію небезпечних газів та розповсюдження вогню. Це особливо корисно в умовах важкодоступних або небезпечних для людей зон, наприклад, при пожежах на хімічних заводах, нафтопереробних комплексах або у густонаселених районах із складною архітектурою.

БПЛА можуть діяти автономно або під контролем оператора, швидко переміщаючись над епіцентром події, що дозволяє рятувальним командам оперативно отримувати точні дані про масштаби небезпеки. Це значно скорочує час на оцінку ситуації та допомагає уникнути людських жертв. Такі рішення вже активно використовуються у провідних країнах світу і показують значні результати у зменшенні шкоди від пожеж.

### **Технології моніторингу та виявлення техногенних аварій**

Дрони здатні виконувати не лише функції моніторингу, а й активно брати участь у ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Для цього вони оснащуються спеціальними пристроями для розпилення вогнегасильних речовин або води. Важливо, що дрони можуть працювати у високотемпературних та токсичних середовищах, де перебування людини є небезпечним або неможливим.

Особливо перспективним є використання безпілотників для моніторингу техногенних аварій, пов'язаних із витоком шкідливих речовин, радіаційними викидами або хімічними забрудненнями. Дрони з відповідними датчиками можуть швидко і точно визначати рівні забруднення атмосфери або водних ресурсів, що дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо евакуації населення чи інших заходів реагування.

### **Перспективи розвитку**

З розвитком технологій штучного інтелекту та автоматизації безпілотні системи ставатимуть все більш автономними, що дозволить їм виконувати складніші завдання без втручання людини. Наприклад, можна очікувати появи повністю автономних

систем, здатних самостійно оцінювати ситуацію та приймати рішення щодо ліквідації пожеж або інших техногенних аварій.

Крім того, розвиток 5G та інтернету речей (IoT) відкриває нові можливості для інтеграції дронів у загальну систему управління безпекою. Це дозволить створити єдині мережі, де дрони, датчики та інші автоматизовані системи будуть спільно працювати для забезпечення максимальної ефективності в реагуванні на надзвичайні ситуації.

### **Висновки**

Використання безпілотних технологій у сфері пожежної та техногенної безпеки вже сьогодні демонструє значний потенціал. Дрони та автономні роботизовані системи здатні значно покращити якість моніторингу, скоротити час реагування та мінімізувати ризики для життя людей. Проте для максимального ефекту від впровадження цих технологій необхідно вирішити питання нормативного регулювання, безпеки та інтеграції з іншими системами.

Інновації у цій сфері відкривають широкі перспективи для підвищення рівня техногенної безпеки, що робить безпілотні системи важливим елементом у боротьбі з сучасними викликами.

### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Ausonio, E., Bagnerini, P., & Ghio, M. (2021). "Drone Swarms in Fire Suppression Activities: A Conceptual Framework" – цей документ описує інноваційні методи гасіння лісових пожеж із використанням рою дронів, які генерують постійний потік гасильної рідини, симулюючи дощ, що може значно покращити ефективність боротьби з пожежами.

2. AL-Dosari, K., Hunaiti, Z., & Balachandran, W. (2023). "Systematic Review on Civilian Drones in Safety and Security Applications" – це систематичне дослідження цивільних дронів у сфері безпеки, зокрема у моніторингу, пошуку й порятунку, та інших аспектах безпеки, що може бути корисним для дослідження їхнього застосування в пожежній безпеці.

3. Ghio, M., Bagnerini, P., & Ausonio, E. (2023). "A Survey on Robotic Technologies for Forest Firefighting" – дослідження присвячене застосуванню роботів та дронів для боротьби з лісовими пожежами, яке підкреслює координацію рою дронів для виконання завдань з моніторингу та гасіння пожеж.

4. Постолатій М. О., Ковальський В. П. «Пожежна та техногенна безпека» (2020) — розглядає інформаційно-аналітичні системи для оцінки ризиків надзвичайних ситуацій та оптимізацію ресурсів для ліквідації наслідків катастроф.

**УДК 624.9**

## **ЩОДО ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО ПЕРВИННИХ МОБІЛЬНИХ УКРИТТІВ**

*Б. ОВЧАРЕНКО*

*Г. ТРУНЦЕВ*

*В. КОВАЛЕНКО, канд. техн. наук, с. н. с.*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Відповідно до змін внесених до Кодексу цивільного захисту на теперішній час фонд захисних споруд цивільного захисту складається із:

- захисних споруд цивільного захисту (сховища, протирадіаційні укриття);
- споруд подвійного призначення;
- первинних (мобільних) укриттів (далі – ПМУ);
- найпростіших укриттів.

Відповідно до [1] первинне (мобільне) укриття - це технічний виріб, у тому числі блок-модульного типу, призначений для короткострокового (до 4 годин) захисту

населення на місцевості шляхом зменшення непрямой дії звичайних засобів ураження під час воєнних (бойових) дій. ПМУ монтується чи виготовляється з дотриманням вимог національних стандартів та/або технічних регламентів, що заявлені у документі про відповідність. Приклад ПМУ наведений на рисунку.



Рисунок – Первинне (мобільне) укриття

За результатами аналізу нормативних документів чинних в Україні та країн Європейського союзу встановлено, що вимоги до ПМУ, які використовуються для захисту, населення відсутні. Враховуючи вищевикладене розробка вимог до вищезазначених укриттів є актуальною науково-технічною задачею.

Вимоги до проектування та будівництва захисних споруд цивільного захисту та споруд подвійного призначення із захисними властивостями сховищ або протирадіаційних укриттів наведено в [2]. Захисні властивості захисних споруд цивільного захисту передбачають захист від:

- дії повітряної ударної хвилі від побічної дії зброї масового ураження з розрахунковим надмірним тиском;
- дії повітряної ударної хвилі при застосуванні звичайних засобів ураження;
- проникнення уламками засобів звичайного ураження;
- дії небезпечних хімічних речовин, радіоактивних речовин бойових отруйних речовин, небезпечних біологічних речовин та бактеріальних засобів ураження;
- дії проникаючої радіації та іонізуючого випромінювання від радіоактивного забруднення місцевості, води та повітря, шляхом забезпечення нормативного ступеня послаблення радіаційного впливу (ступеня захисту);
- катастрофічного затоплення (для сховищ, що розташовуються у зонах можливого катастрофічного затоплення);
- дії високих температур та продуктів горіння при пожежах.

Відповідно до вимог [1] ПМУ є технічним виробом, який на відміну від захисних споруд цивільного захисту не є об'єктом будівництва та повинен забезпечити захист населення шляхом зменшення непрямой дії звичайних засобів ураження, а саме: мати захисні властивості від дії повітряної ударної хвилі при застосуванні звичайних засобів ураження та проникнення уламками засобів звичайного ураження. Крім того забезпечити безпечність перебування у споруді протягом 4 годин, у тому числі з дотриманням санітарно-гігієнічних норм, пожежної безпеки тощо.

Враховуючи вищевикладене та на виконання вимог [1] потребує розроблення нормативний документ, який буде містити вимоги до ПМУ, у тому числі вимоги до основного матеріалу, вимоги до конструкцій та обладнання для можливості

оперативного монтування, без проведення земляних робіт та процесу будівництва, вимоги до захисних властивостей укриттів та методів їх визначення.

Розробка цього нормативного документа дозволить виготовляти якісні укриття, які у місцях масового перебування людей забезпечать їх захист від непрямой дії звичайних засобів ураження під час воєнних дій.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кодекс цивільного захисту України.
2. ДБН В.2.2-5:2023 Захисні споруди цивільного захисту, затверджені наказом Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України від 10.08.2023 року № 702.

#### УДК 614.84

### АНАЛІЗ ВОГНЕЗАХИСТУ МЕТАЛЕВИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

*Костянтин ОСТАПОВ, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри  
Національний університет цивільного захисту України*

Будь-яка виробнича або робоча одиниця, що знаходиться в будівлі, більш - менш насичена технічним обладнанням, яке включає металеві та неметалеві конструкції та насичена кабелями та проводами електроживлення. Природно, що тут є повітря, люди, горючі та мастильні матеріали та джерела можливого запалювання. Тобто, існує так званий класичний трикутник пожежі плюс людський фактор.

Час втрати несучої здатності комплексу конструкцій виробничої одиниці при пожежі залежить більш за все від теплофізичних властивостей матеріалу будівельних елементів, їх конструктивних особливостей. Будівельні конструктиви (панелі, ферми, перекриття та ін.), з урахуванням ступеня пожежної стійкості будівель та споруд і згідно вимог пожежної безпеки, повинні забезпечувати нормативну ступень вогнестійкості різними способами. Одним з відносно ефективних способів підвищення пожежної стійкості різноманітних будівельних конструкцій є використання покриттів, що надійно адгезують з металом, спучуються при нагріві, ізолюючи від тепла та припиняючи потрапляння кисню до осередку пожежі – стають на заваді розповсюдженню полум'я. Покриття, без суттєвого збільшення товщини найбільш навантажених елементів конструкцій, без будь-яких змін дизайну будівлі повинні відповідати вимоги пожежної безпеки [1].

На сьогодні для захисту від пожеж дерев'яних і металевих будівельних конструкцій існує багато традиційних і нових вогнезахисних заходів та речовин [2] таких, як: покриття поверхонь складами (композиціями), що спучуються при пожежах (пасивний протипожежний захист). А також – покриття іншими складами речовин типу гелеутворюючих [3], які найбільш ефективні при оперативній роботі пожежних (активний протипожежний захист, під час гасіння).

Так в роботі [4] автори пропонують підвищувати вогнестійкість збірних залізобетонних колон за рахунок посилення армування. За результатами випробувань встановлено, що вогнестійкість з'єднань збірної залізобетонної колони вище, ніж зони, що не об'єднані. Також встановлено, що колони із збірного залізобетону армовані кластерною арматурою, володіють більш високою вогнестійкістю, чим колони, армовані арматурою великого діаметра. За рахунок використання в залізобетонних конструкціях додаткової металевий арматури буде відбуватися збільшення маси цих конструкцій, що в свою чергу буде впливати на обмеження при застосуванні у будівництві.

В [5] розглянуто підвищення вогнестійкості залізобетонних конструкцій з

поліпропіленового мікрОВОлокна. Зростання будівництва багатоповерхових, технічно складних будівель і споруд є передумовою широкого використання конструкцій з важкого бетону. Особливий вид руйнування цього типу бетону розглядається при дії вогневого вибуху. Одним із способів захисту є поліпропіленове мікрОВОлокно, метою якого є підвищення вогнестійкості бетонних та залізобетонних конструкцій. Показано, що поліпропіленове мікрОВОлокно може повністю запобігти вибуховому руйнуванню бетону. Проте, поза увагою дослідників залишилися питання підвищення вогнестійкості залізобетонних конструкцій з використанням вогнезахисних покриттів.

В роботі [6] пропонується підвищувати вогнестійкість залізобетонних конструкцій за рахунок їхньої ізоляції полімерними композитами армованих волокном (FRP). За результатами проведених випробувань встановлено, що теплові властивості протипожежної ізоляції залізобетонних конструкцій FRP підвищують вогнестійкість. А в роботі [5] автори провели випробування щодо підвищення вогнестійкості та міцності бетону за рахунок використання неорганічних композитів на основі фосфатного цементу, армованих волокном (FRiP), а також порівняльну оцінку застосування FRiP з FRP. Та отримані результати порівняли з результатами використання ізоляції на основі. За результатами випробувань встановлено, що композити FRiP забезпечують відмінне зчеплення з бетонною основою та значно підвищують вогнестійкість в порівнянні з композитами FRP. Однак створення ізоляції залізобетонних конструкцій з FRiP та FRP потребує проведення додаткових робіт та витрат.

В роботі [6] визначено, що гелеутворюючі вогнезахисні системи з амонійними каталізаторами гелеутворення створюють менш міцні шари гелю, з невисокою адгезією до твёрдих поверхонь. При нагріванні вони значно розтріскуються та можуть зсіпатися, як порошок. При термічній дії, для них характерно розшарування деяких фрагментів покриття та їх звалювання, хоча й після розшарування на поверхні, вона достатньо довго не спалахує.

На сьогодні є ряд вогнестійких покриттів протипожежного захисту, які займають провідне місце при застосуванні в практиці пасивного захисту елементів будівель. В роботі [6] ті, які найбільш розповсюджені, докладно описані, як покриття для поверхонь будівельних конструкцій таких, як: стійки, балки, ригелі та ін. Ряд вогнестійких покриттів постійно поповнюється більш ефективними та не дуже коштовними засобами. Таким чином, дослідження, що присвячено поповненню цього ряду покриттів, що адгезують з металом можна вважати актуальним.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. V. Sadkovyi, V. Andronov, O. Semkiv et al. Fire resistance of reinforced concrete and steel structures. Kharkiv: PC TECHNOLOGY CENTER (2021) 180 DOI: 10.15587/978-617-7319-43-5
2. D. Dubinin, A. Lisniak, S. Shevchenko, I. Krivoruchko, Yu. Gaponenko Eksperymental'ne doslidzhennja rozvytku pozhezhi v budivli. Problemy nadzvychajnyh sytuacij, 34, (2021) 110–121. (2021) DOI: 10.52363/2524-0226-2021-34-8 2
3. K. Ostapov et al., 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, 100, (2019) 30–36. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.174592
4. H. Xu et al., Experimental study on fire resistance of precast concrete columns with efficient reinforcement, Engineering Structures, 204, (2020) 109947. DOI: 10.1016/j.engstruct.2019.109947
5. Q. Xu, C. Han, Y.C. Wang, X. Li, L. Chen, Q. Liu Experimental and numerical investigations of fire resistance of continuous high strength steel reinforced concrete Tbeams. Fire Safety Journal. 78. (2015) 142–154. URL: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2015.09.001>
6. V.K.R. Kodur, P.P. Bhatt, M.Z. Naser, High temperature properties of fiber reinforced polymers and fire insulation for fire resistance modeling of strengthened concrete structures, Composites Part B: Engineering, 175, (2019) 107104. DOI: 10.1016/j.compositesb.2019.107104.

## РОЗРОБКА ПРОЄКТУ УДОСКОНАЛЕННЯ ВІЗКА ПІДВАГОННОГО ГАСІННЯ З РОЗПИЛЮВАЧЕМ ГЕЛЕУТВОРЮЮЧИХ СКЛАДІВ

*Костянтин ОСТАПОВ, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри  
Національний університет цивільного захисту України*

Щодо шляху доставки двох складових ВГР (гелеутворюючої сполуки  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95\text{SiO}_2 + \text{CaCl}_2$ ) до потрібного місця у підвагонному просторі, то тут удосконалення візка доцільно пов'язати з універсальним змішувач-розпилювачем типу «сегнерове колесо», проект якого нами запропоновано [1].

Він містить: раму вузької колії з двома балонами, що заповнені під тиском двома компонентами ГУС та прикріплені до рами рухомого візка з двома колісними парами, де перша і друга колісні пари приєднані тросом з зачіпками до барабанної лебідки з відповідним приводом «тягни-штовхай». Візок встановлено у колії посередині основної колії руху вагонів метро. Удосконалення візка підвагонного гасіння полягає у використанні змішувача-розпилювача типу «сегнерове колесо» з двома загнутими до гори під кутом (відносно горизонтальної площини візка) кінцевими насадками, які дозволяють змінювати дисперсність крапель та розпилюють компоненти ГУС у вигляді дрібнодисперсного туману рівномірно на усі поверхні підвагонного простору. Завдяки дрібнодисперсному рівномірному розпиленню компонент ГУС вдається рівномірно покрити всі елементи обладнання під вагоном, отримати однаково стійку адгезію на всіх поверхнях пожежогасіння та зменшити втрати ВГР від стикання та осипання [2-4].

На рис. 4а наведено схеми до проекту удосконаленого візка вузької колії зі спрощеним блоком керування. Спрощення блоку керування рухом візка вузької колії стає можливим завдяки конструктивному зменшенню кількості балонів з ВГР до 2-х штук (рис. 1а).

Тягова лебідка з барабаном, що закріплена тросом з зачіпками, задіяна за принципом «тягни-штовхай», забезпечує човниковий рух візка з одночасним розпорошуванням попередньо змішаної рідини ГУС у підвагонний простір. Спрощений блок управління керує рухом візка за аналогією з системою автоматичного регулювання швидкості вагонів. Візок з вогнегасниками зупиняється в залежності від факту досягнення їм осередку пожежі. Про що сигналізують температурний та швидкісний датчики, які встановлені на візку. Всі режими руху візка, включаючи його повернення на вихідне положення для заміни порожніх вогнегасників, заповненими, здійснюється дистанційно.

На рис. 1б показано, схему роботи універсального змішувач-розпилювача типу «сегнерове колесо». Так, за рахунок реактивного обертання змішувач-розпилювача типу «сегнерове колесо», створюється можливість наповнення підвагонного простору дрібнодисперсним «туманом» ГУС та за рахунок реверсивного зміщення візка («туди-сюди» біля осередку пожежі) шарами покриваються деталі та вузли всього палаючого підвагонного обладнання. Тут  $\alpha$  – нахил кінця насадки змішувач-розпилювачу, тобто кут атаки на пожежу.

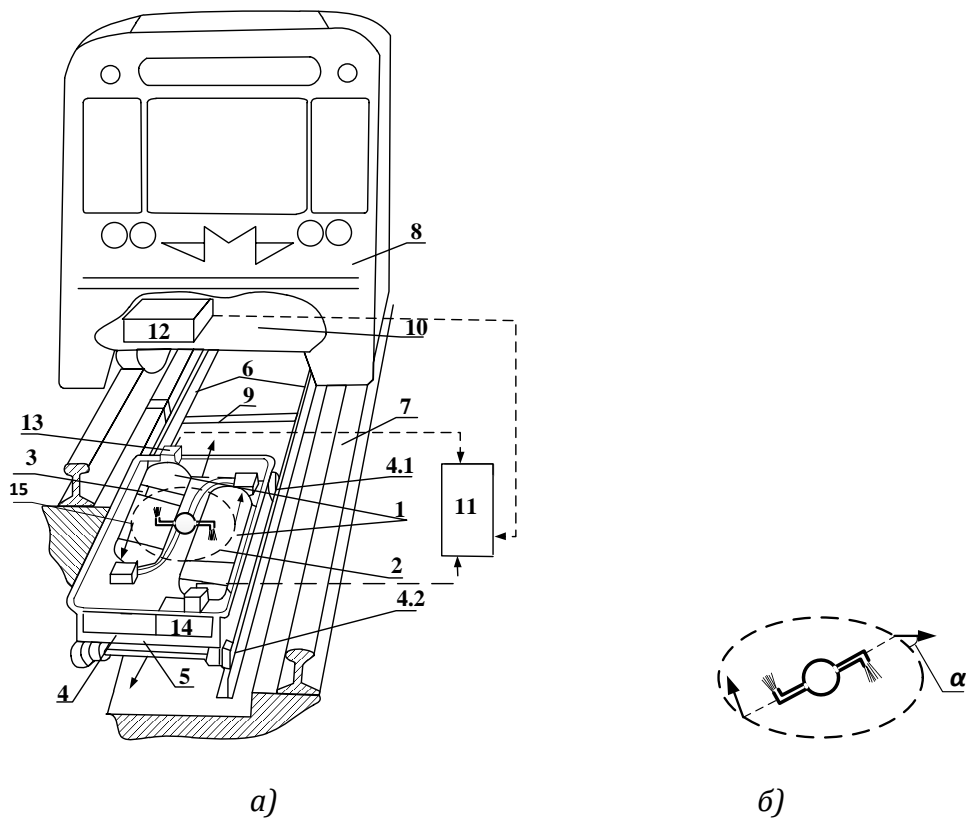


Рисунок 1 – Схеми до проекту удосконаленого візка підвагонного гасіння: а) устрій підвагонного гасіння: 1 – балони з компонентами ГУС; 2 – хомути кріплення; 3 – замки кріплення; 4 – візок; 4.1, 4.2 – перша і друга колісні пари; 5 – зчіпка; 6 – вузькоколійна дорога; 7 – основна колія; 8 – вагон метрополітену; 9 – шпала; 10 – тягова лебідка з тросом «тягни-штовхай»; 11 – система управління рухом візка; 12 – система управління рухом вагону, 13 – датчик температури; 14 – тахометр 15 – розпилювач типу «сегнерове колесо»; б) схема роботи змішувач-розпилювача типу «сегнерове колесо»

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пат. 154597 Україна, МПК (2023.01) A62C 35/00 Візок для підвагонного гасіння пожеж гелеутворюючими складами / Остапов К.М., Сенчихін Ю.М., Аветісян В.Г., Мележик Р.С.; заявник та патентовласник Нац. у-т цив. зах. України – u202303215; заяв. 03.07.2023; опубл. 23.11.2023, Бюл. № 47 url: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/18841>.
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.
3. Ostapov et al., Improving the installation of fire gasing with geelating compounds. Problems of emergency situations. 2021. Vol. 33. P. 4–14. url: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/14116>.
4. Ostapov K. M., Senchihin Yu. N., Syrovoy V. V. Development of the installation for the binary feed of gelling formulations to 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>.



## ПРО ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЗРАЗКА ПОЖЕЖНОГО ЛАФЕТНОГО СТВОЛА ВИРОБНИЦТВА НІМЕЧЧИНИ

*В. ПРИСЯЖНЮК, канд. техн. наук, начальник відділу пожежно-рятувальної техніки та обладнання НВЦ*

*С. СЕМИЧАЄВСЬКИЙ, старший науковий співробітник відділу пожежно-рятувальної техніки та обладнання НВЦ*

*М. ЯКИМЕНКО, науковий співробітник відділу пожежно-рятувальної техніки та обладнання НВЦ*

*М. ОСАДЧУК, науковий співробітник відділу пожежно-рятувальної техніки та обладнання НВЦ*

*В. СВІРСЬКИЙ, молодший науковий співробітник відділу пожежно-рятувальної техніки та обладнання НВЦ*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Фахівцями ІДУ НД ЦЗ було проведено експериментальні дослідження з визначення показників якості зразка пожежного лафетного ствола NSN WASSERWERFER 83 виробництва Німеччини із використанням методів випробувань, наведених в ДСТУ EN 15767-1:2017 [1] та ДСТУ EN 15767-2:2017 [2]. Загальний вигляд пожежного лафетного ствола NSN WASSERWERFER 83 наведено на рисунку 1.

Під час проведення експериментальних досліджень для визначення показників якості пожежного лафетного ствола використовувалися такі методи випробувань згідно з ДСТУ EN 15767-1:2017 [1] та ДСТУ EN 15767-2:2017 [2], а саме:

- перевірка комплектності та маркування пожежного лафетного ствола;

- перевірка габаритних розмірів пожежного лафетного ствола;

- перевірка маси пожежного лафетного ствола;

- визначення оптимального (найбільш ефективного) кута нахилу пожежного лафетного ствола у вертикальній площині, при якому спостерігається максимальна дальність подавання суцільного (компактного) струменя води;

- визначення дальності подавання суцільного (компактного) водяного струменя із пожежного лафетного ствола;

- визначення дальності подавання розпиленого водяного струменя із пожежного лафетного ствола.

Під час порівняння технічних характеристик пожежного лафетного ствола NSN WASSERWERFER 83, що відповідає вимогам ДСТУ EN 15767-1:2017 [1] та ДСТУ EN 15767-2:2017 [2] з характеристиками лафетного ствола СЛК різних модифікацій згідно з ДСТУ 2802-94 [3] встановлено, що перевагами пожежного лафетного ствола NSN WASSERWERFER 83 у порівнянні з лафетними стволами з модифікаціями СЛК -20, СЛК -40 та СЛК -60 є можливість роботи за трьох різних витрат вогнегасної речовини - до 50 л/с, до 55 л/ та до 60 л/с (пожежний ствол будь якої модифікації СЛК призначено для роботи тільки за одного значення витрати вогнегасної речовини) та можливість формування як компактного струменя води, так і розпиленого (пожежний ствол будь якої модифікації СЛК формує тільки компактний струмінь).

Разом з тим, до недоліку вказаного пожежного лафетного ствола NSN



Рисунок 1 – Загальний вигляд пожежного лафетного ствола NSN WASSERWERFER 83

WASSERWERFER 83 слід віднести його велику масу і габаритні розміри, що ускладнює його доставку до місця пожежі та приведення у дію під час проведення дій за призначенням пожежно-рятувальними підрозділами.

За результатами аналізування нормативних документів визначено, що ДСТУ EN 15767-1:2017 [1] та ДСТУ EN 15767-2:2017 [2] містять більш сучасні технічні вимоги до пожежних лафетних стволів, має чіткі та змістовні методи контролю показників якості у порівнянні з національним стандартом ДСТУ 2802-94 [3] який є застарілим і не відповідає сучасним європейським вимогам.

За результатами експериментальних досліджень визначено рекомендації щодо ефективного застосування пожежного лафетного ствола NSN WASSERWERFER 83, а саме:

– під час оснащення пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС пожежними лафетними стволами надавати перевагу технічним характеристикам стволів, подібних до досліджуваного зразка пожежного лафетного ствола NSN WASSERWERFER 83;

– для забезпечення продуктивної роботи даного лафетного ствола необхідно використовувати пожежну мотопомпу або пожежну автоцистерну з насосом продуктивністю не менше ніж 60 л/с;

– для сприяння у впровадженні в Україні сучасних європейських технічних вимог до пожежних лафетних стволів доцільно забезпечити технічний переклад ДСТУ EN 15767-1:2017 [1] та ДСТУ EN 15767-2:2017 [2].

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ EN 15767-1:2017 (EN 15767-1:2009, IDT). Переносні та пересувні засоби подавання вогнегасних речовин, що їх нагнітають пожежні насоси. Переносні та пересувні лафетні пожежні стволи. Частина 1. Загальні вимоги щодо переносних і пересувних пожежних стволів. – Введ. 2017-10-01. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 19 с.

2. ДСТУ EN 15767-2:2017 (EN 15767-2:2009, IDT). Переносні та пересувні засоби подавання вогнегасних речовин, що їх нагнітають пожежні насоси. Переносні та пересувні лафетні пожежні стволи. Частина 2. Водяні стволи. – Введ. 2017-10-01. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 23 с.

3. ДСТУ 2802-94 (ГОСТ 9029-95). Стволи пожежні лафетні комбіновані. Технічні умови. – Введ. 1995-06-20. – К.: Держстандарт України, 1995. – 15 с.

**УДК 614.841.45**

#### **МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ СПІВВІДНОШЕННЯ НЕОБХІДНОЇ МІНІМАЛЬНОЇ ТОВЩИНИ ВОГНЕЗАХИСТУ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА РІЗНИМИ НОМІНАЛЬНИМИ ТЕМПЕРАТУРНИМИ РЕЖИМАМИ ПОЖЕЖІ**

*М. ПУСТОВИЙ*

*І. МАЛАДИКА, канд. техн. наук, доцент*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

*С. НОВАК, канд. техн. наук, с. н. с.*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Одним із важливих показників вогнезахисту для сталевих конструкцій є його мінімальна товщина, необхідна для забезпечення несучої здатності конструкції під час пожежі [1]. Методи визначення цієї товщини для сталевих конструкцій, оснащених пасивними і реактивними системами вогнезахисту різних типів, наведено в EN 13381-4 [2] і EN 13381-8 [3]. Ці методи призначено для оцінювання цієї товщини вогнезахисту для широкого діапазону нормованих параметрів сталевих конструкцій (коефіцієнта поперечного перерізу, проектної (критичної) температури і проміжку часу

збереженості вогнестійкості) тільки за стандартного температурного режиму згідно з EN 1363-1 [4]. Для інших номінальних температурних режимів пожежі аналогічних стандартних методів визначення цієї товщини вогнезахисту для сталевих конструкцій не встановлено. Водночас в EN 1993-1-2 [5] подано розрахункові процедури, прийнятні для визначення необхідної мінімальної товщини вогнезахисту цих конструкцій за різними температурними режимами пожежі. Для їхнього застосування необхідно використовувати властивості вогнезахисних матеріалів, оцінені з використанням процедур, що наведені в EN 13381-4 [2] або EN 13381-8 [3].

Зважаючи на наявну невизначеність і практичну значимість даних щодо співвідношення між необхідною мінімальною товщиною систем вогнезахисту конкретних торгових марок за різними номінальними температурними режимами пожежі, актуальним слід вважати дослідження, спрямовані на подальше удосконалення і розвиток методів оцінювання необхідної товщини вогнезахисту сталевих конструкцій за різними рівнями теплового впливу, які відображають різні сценарії пожежі, і визначення зазначеного співвідношення.

Проведеним в цій роботі дослідженням запропоновано метод визначення цього співвідношення, придатного для отримання достовірних результатів оцінювання пасивних і реактивних систем вогнезахисту сталевих конструкцій. Сутність цього методу полягає у проведенні випробування за стандартного температурного режиму згідно з EN 1363-1 [4] набору навантажених і ненавантажених конструкцій, визначенні за отриманими експериментальними даними теплофізичних властивостей застосовного вогнезахисного матеріалу, розрахунку за отриманими даними щодо цих властивостей необхідної мінімальної товщини вогнезахисту за різними номінальними температурними режимами пожежі й співвідношення між цими товщинами.

Потрібно зазначити те, що в запропонованому методі застосовано низку процедур. Деякі з них є стандартизованими, зокрема це процедури вибирання зразків конструкцій і проведення їхнього випробування, коригування експериментально отриманих проміжків часу до досягнення проєктних температур з урахуванням відмінностей у значеннях коефіцієнта поперечного перерізу і товщини вогнезахисту навантаженої конструкція та короткої конструкції для порівняння, коригування проміжків часу для коротких конструкцій з урахуванням показників щодо «здатності до зчеплення», а також вибирання діапазону і параметрів сталевих конструкцій для визначення значень необхідної мінімальної товщини вогнезахисту.

Водночас в цьому методі застосовано нестандартизовані процедури коригування проміжків часу для навантажених конструкцій і коротких конструкцій для порівняння, нагрівання яких здійснювали під час різних випробувань, що призвело до відмінностей у фактичних температурних режимах у печі й початковій температурі зразків під час цих випробувань. Іншими нестандартизованими процедурами, застосованими в запропонованому методі, є розрахункові процедури визначення теплофізичних властивостей вогнезахисного матеріалу і необхідної мінімальної товщини вогнезахисту, які засновано на положеннях, наведених в ДСТУ Б В.1.1-17 [6], EN 13381-4 [2], EN 13381-8 [3] і роботах [1; 7]. За цими процедурами визначення зазначених показників здійснюють шляхом розв'язання оберненої і прямої задач теплопровідності в постановці, наведеній в роботах [1; 7].

Визначено напрями подальших досліджень, які орієнтовані на виявлення впливу теплових параметрів різних номінальних температурних режимів пожежі на показники щодо «здатності до зчеплення» і теплофізичні властивості вогнезахисних матеріалів, які застосовують в пасивних і реактивних системах вогнезахисту сталевих конструкцій.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Круковський П., Новак С., Поклонський В., Єременко С., Фролов Г. *Оцінка вогнестійкості металевих будівельних конструкцій і вогнезахисної здатності покриттів*

(розрахунково-експериментальний підхід): колективна монографія. Київ: ТОВ "Франко Пак", 2021. 148 с.

2. EN 13381-4:2013 Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 4: Applied passive protection to steel members. European committee for standardization. Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. 2013. CEN. 83 p.

3. EN 13381-8:2013 Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 8: Applied reactive protection to steel members. European committee for standardization. Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. 2013. CEN. 80 p.

4. EN 1363-1:2020 Fire resistance tests – Part 1: General Requirements. European committee for standardization. CEN-CENELEC Management Centre: rue de la Science 23, B-1040 Brussels. 2020 CEN. 54 p.

5. EN 1993-1-2:2005 Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design. European committee for standardization. Central Secretariat: rue de Stassart, 36, B-1050 Brussels. 2005 CEN. 78 p.

6. ДСТУ Б В.1.1-17:2007 (ENV 13381-4:2002, NEQ) Захист від пожежі. Вогнезахисні покриття для будівельних несучих металевих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності. Київ: *Мінрегіонбуд України*, 2008. 65 с.

7. Григорян Н., Круковський П., Новак С. Области застосування стандартизованих методів визначення вогнезахисної здатності вогнезахисних покриттів металевих конструкцій: колективна монографія. Черкаси ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2016. 137 с.

## **УДК 614. 841**

### **ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОВІДДАЧІ ПЕРЕГОРОДОК ІЗ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЕЙ**

*Н. РАШКЕВИЧ, PhD, доцент кафедри пожежної профілактики в населених пунктах  
Ю. ОТРОШ, д-р техн. наук, професор, начальник кафедри пожежної профілактики в населених пунктах*

*Національний університет цивільного захисту України*

*С. НЕУТОВ, канд. техн. наук, доцент, докторант кафедри будівельної механіки  
Одеська державна академія будівництва та архітектури*

Сендвіч-панелі широко застосовуються у сучасному будівництві для поділу простору в різних типах будівель завдяки своїй легкості, високій енергоефективності та швидкості монтажу. Ці панелі складаються з двох зовнішніх шарів, які, зазвичай, виконані з металу або іншого матеріалу, і внутрішнього шару, що забезпечує термоізоляцію [1]. Маючи велику кількість переваг, сендвіч-панелі характеризуються низькою межею вогнестійкості. Низька вогнестійкість ставить під загрозу не лише цілісність самих перегородок, але й безпеку людей, які перебувають у будівлі [2, 3].

Під час дослідження вогнестійкості сендвіч-панелі піддаються впливу високих температур у спеціальних печах відповідно до стандартних методик. Ці випробування дозволяють визначити, наскільки довго панель може витримувати вплив вогню без втрати несучої здатності та ізоляційних властивостей. Випробування на вертикальне та горизонтальне розповсюдження полум'я дозволяє оцінити, наскільки швидко вогонь поширюється по поверхні панелі. Це створює базу для розробки заходів з вогнезахисту [5, 6].

У ході роботи досліджений вплив коефіцієнта тепловіддачі на вогнестійкості сендвіч-панелей (рис. 1) [1]. Коефіцієнт тепловіддачі визначає, як швидко тепло передається від одного матеріалу до іншого або від поверхні матеріалу в навколишнє середовище.

При швидкості повітря 2 м/с коефіцієнт тепловіддачі є максимальним серед розглянутих умов. Конвективний внесок збільшується зі збільшенням швидкості

повітря, що сприяє більш ефективному перенесенню тепла від поверхні панелі до повітряного потоку. Радіаційний внесок полягає в інтенсивному тепловому випромінюванні з підвищенням температури поверхні.

При швидкості повітря 1 м/с також відбувається конвективно-радіаційний теплообмін, але коефіцієнт тепловіддачі буде нижчим, ніж у першому випадку. Конвективно-радіаційний внесок зменшується, оскільки повітряний потік переміщується повільніше, відповідно, менш ефективно відводить тепло від поверхні сендвіч-панелі. Така ситуація призводить до менш ефективного відведення тепла від панелі, що може сприяти підвищенню температури її поверхні під час пожежі.

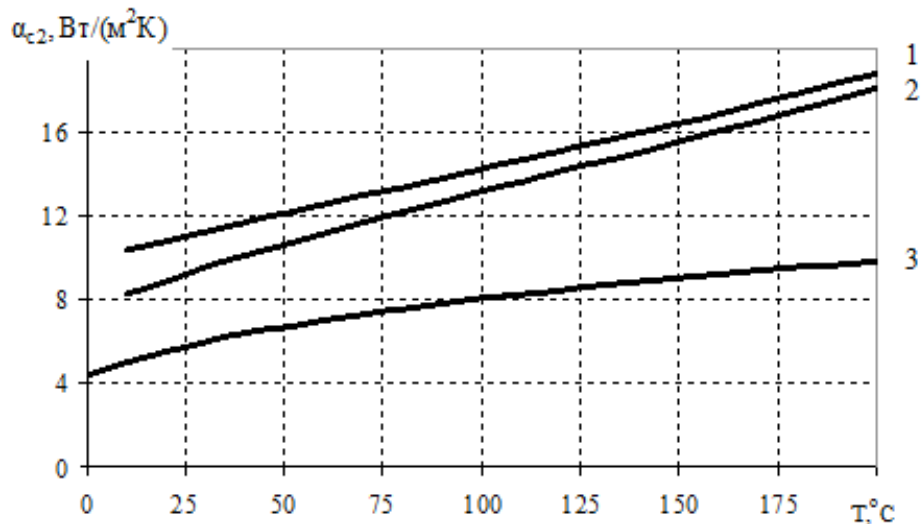


Рисунок 1 – Залежність коефіцієнту тепловіддачі від температури на поверхні сендвіч-панелі: 1 – конвективно-радіаційний теплообмін за швидкості повітря 2 м/с; 2 – конвективно-радіаційний теплообмін за швидкості повітря 1 м/с; 3 – конвективний теплообмін при швидкості повітря 1 м/с

У випадку конвективного теплообміну за швидкості повітря 1 м/с коефіцієнт тепловіддачі є найменшим серед розглянутих варіантів. Тепло передається виключно шляхом контакту поверхні панелі з повітрям. Швидкість конвекції при 1 м/с є відносно низькою, тому відведення тепла від поверхні панелі менш ефективно.

Таким чином, результати дослідження впливу коефіцієнта тепловіддачі на вогнестійкість сендвіч-панелей показали, що цей параметр має суттєвий вплив на поведінку конструкцій під час впливу високих температур. Виявлено, що підвищений коефіцієнт тепловіддачі сприяє більш ефективному відведенню тепла від поверхні панелі, що дозволяє зменшити ризик перегріву внутрішніх шарів та підвищити загальну вогнестійкість панелі. Дослідження також показало, що при низькому коефіцієнті тепловіддачі тепло накопичується всередині сендвіч-панелей, що призводить до підвищення температури і збільшує ймовірність займання ізоляційного матеріалу та інших компонентів. Це означає, що при виборі матеріалів і конструктивних рішень, необхідно враховувати не тільки їхні ізоляційні властивості, але й здатність до відведення тепла, щоб забезпечити максимальну вогнестійкість.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Данченко Ю. М., Качкар Є. В., Рашкевич Н. В. Дослідження впливу чинників на вогнестійкість перегородок із сендвіч-панелей. Комунальне господарство міст, 2023, том 1, вип. 175. С. 145–150.
2. Полупан В. А., Рашкевич Н. В., Майборода Р. І., Отрош Ю. А., Щолоков Е. Е. Вогнестійкість будівельних конструкцій як елемент системи пожежної безпеки. The I International Scientific and

Practical Conference «Current trends in the development of modern scientific thought», September 27 – 30, 2022, Haifa, Israel. С. 495–497.

3. Полупан В.А., Поліщук Т.Р., Рашкевич Н.В. Вимоги до сучасних методів розрахунку меж вогнестійкості будівельних конструкцій. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту». Харків: НУЦЗ України, 2023 р. С. 91.

4. Тараненко І.С., Рашкевич Н.В. Питання підвищення вогнестійкості будівельних конструкцій в умовах сьогодення. Матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2023. С. 75–77.

5. Степанко А.С., Отрош Ю.А., Кукузенко А.М., Рашкевич О.С., Рашкевич Н.В., Augusto Gerolin. Пожежна небезпека теплоізоляційних вогнезахисних матеріалів. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми пожежної безпеки 2022». м. Харків: НУЦЗУ, 12.10.2022 р. С. 130–132.

**УДК 624.012**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ НАВАНТАЖЕННЯ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ РЕБРИСТІЙ ЗАЛІЗОБЕТОННІЙ ПЛИТИ**

*Станіслав СІДНЕЙ, канд. техн. наук, доцент*

*Ірина РУДЕШКО*

*Д. РОМАНЕНКО*

*М. ЗУЄНКО*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

Використання виробничих та складських будівель та споруд передбачає великі площі приміщень без опорних конструкцій, що змушує будівельників проектувати перекриття або покриття із великими прольотами. Одним з типів конструкцій, що дозволяє перекрити великі прогони є залізобетонні ребристі плити [1]. Завдяки конструкторським особливостям, що підвищують жорсткість та несучу здатність даних конструкцій, а саме влаштування повздовжніх та поперечних ребер, залізобетонні ребристі плити спроможні перекрити великі прольоти не переходячи до граничних станів I-ої та II-груп.

Подібні конструкції призначені для прийняття постійного навантаження від власної ваги, обладнання, а також для періодичного навантаження від опадів.

Основними принципами сучасного будівництва є гарантування безпеки людям, що планують використовувати будівельні споруди та будівлі на протязі необхідного терміну [2].

З метою вивчення нелінійної поведінки залізобетонної ребристої плити при механічному навантаженні та за умовами теплового впливу від стандартного температурного режиму пожежі змодельована ідентична конструкція, що повністю відповідає конструктивним та геометричним параметрам залізобетонної ребристої плити серійного типу ПР 63-15. Геометрична модель досліджуваної конструкції представлена на рис. 1.

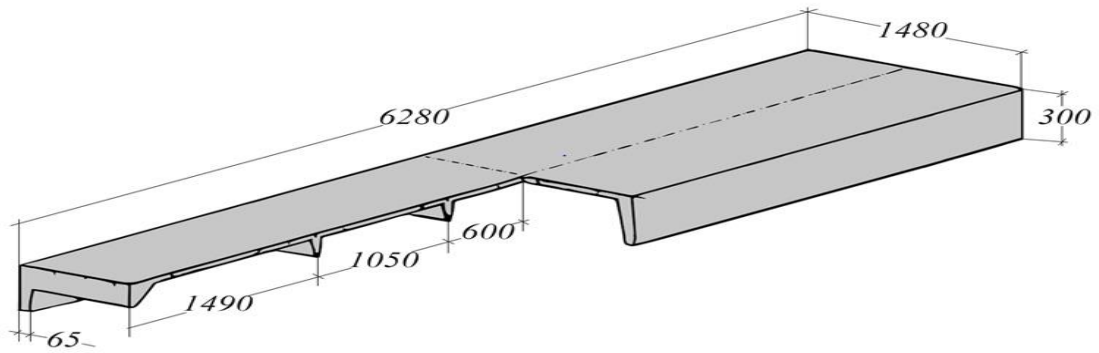
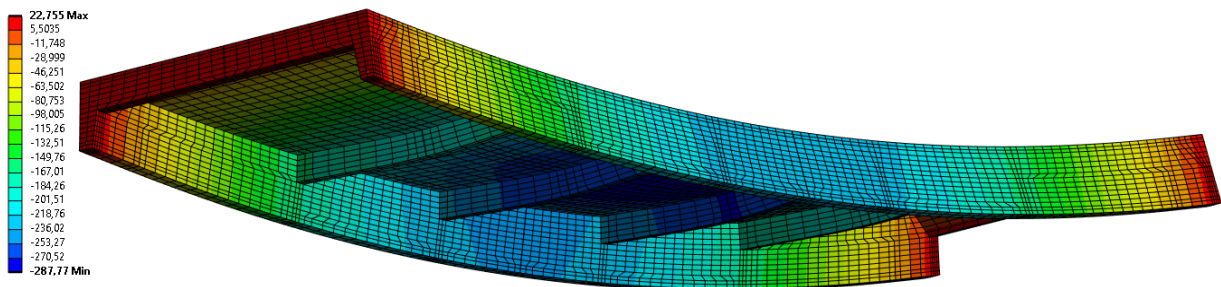
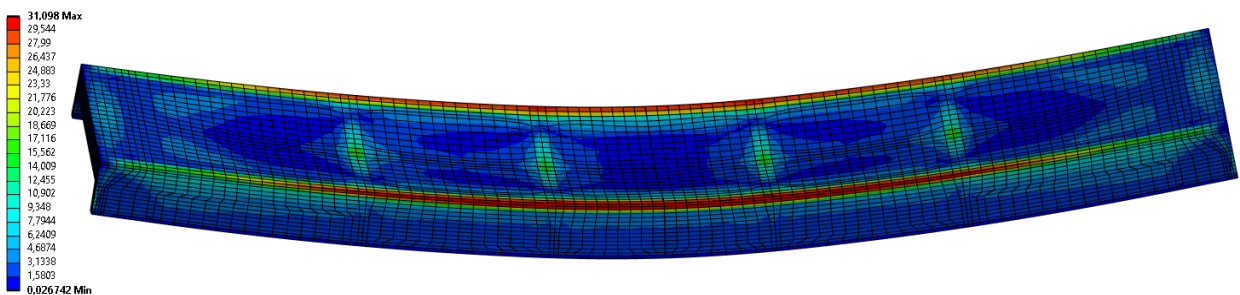


Рисунок 1 – Геометрична модель досліджуваної залізобетонної ребристої плити

Експериментальні дослідження проведені за допомогою комп'ютерного моделювання з врахуванням рекомендацій [3, 4]. Отримані результати вказують, що настання граничного стану вогнестійкості за втратою несучої здатності залізобетонної ребристої плити, що навантажена на 5,1 кПа спостерігається на 43,9 хв, причому швидкість наростання деформації також зафіксовано в той же час на 2634,4 с та склало 18,41 мм/хв. На рис. 2 представлено напружено-деформований стан досліджуваної залізобетонної ребристої плити за результатами математичного моделювання в умовах термосилового впливу при навантаженні 5,1 кПа.



*a*



*б*

Рисунок 2 – Напружено-деформований стан залізобетонної ребристої плити за результатами математичного моделювання в умовах термосилового впливу при навантаженні 5,1 кПа: *a* – прогин, *б* – розподіл напружень

За результатами проведених досліджень оцінки вогнестійкості залізобетонної ребристої плити визначені закономірність, що встановлює залежність між

показниками вогнестійкості та рівнем прикладеного механічного навантаження. Отримана залежність наближена до лінійної.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. «Features of evaluation of fire resistance of reinforced concrete ribbed slab under combined effect "explosion-fire"» Vasilchenko Alexey, Danilin Olexandr, Lutsenko Tatiana Materials Science Forum Volume 1038 MSF, Pages 492 - 499 2021 Annual International Scientific Applied Conference on Problems of Emergency Situations, PES 2021 Kharkiv 20 May Code 261659.
2. «Progressive collapse resistance of reinforced concrete beam-column connection under fire conditions» Yao Yao, Huiyun Zhang, Yan Fei Zhu, Yufei Liu, Structures Volume 47, January 2023, Pages 1265-1283.
3. EN 1992-1-1 (2004) Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC].
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].

#### УДК 624.012

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТИ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ РЕБРИСТОЇ ПЛИТИ ПІД ЧАС ВПЛИВУ ПОЖЕЖІ

*Станіслав СІДНЕЙ, канд. техн. наук, доцент*

*Артем ТЕЙЗЕ*

*Ірина РУДЕШКО*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

Одним з важливих аспектів є зменшення ризику під час пожежі шляхом забезпечення безпечної евакуації протягом необхідного часу. Для цього необхідно гарантувати роботу будівельних конструкцій під час пожежі протягом нормованого часу вказаного у класі вогнестійкості цієї конструкції [1]. Оцінка вогнестійкості будівельних конструкцій включає різні методи, включаючи розрахункові та експериментальні [2]. Вартість та складність експериментальних робіт значно вищі, ніж у випадку розрахункових методів, і можуть негативно впливати на навколишнє середовище. Тому використання комп'ютерного моделювання для оцінки вогнестійкості залізобетонних ребристих плит є актуальним і ефективним підходом [3].

З метою вивчення нелінійної поведінки залізобетонної ребристої плити при механічному навантаженні та за умовами теплового впливу від стандартного температурного режиму пожежі змодельована ідентична конструкція, що повністю відповідає конструктивним та геометричним параметрам залізобетонної ребристої плити серійного типу ПР 63-15.

При проведенні обчислювальних експериментів, щодо впливу стандартного температурного режиму пожежі прийняті теплофізичні характеристики по матеріалах досліджуваної конструкції бетону та сталевій арматурі за рекомендаціями EN 1992-1-2:2004.

Для розв'язання статичної задачі використовувалась теорія міцності бетону Друкера-Прагера критерії якої наведені у таблиці 1.



Таблиця 1 – Критерії теорії міцності бетону Друкера-Прагера

| № | Температура, $\theta$ , °C | Одноосьова міцність на стиск, $\sigma_{c1}$ , МПа | Одноосьова міцність на розтяг, $\sigma_{s1}$ , МПа | Двовісна міцність на стиск, $\sigma_{c2}$ , МПа |
|---|----------------------------|---|--|---|
| 1 | 0                          | 30  | 3  | 45  |
| 2 | 100                        | 30  | 3  | 45  |
| 3 | 500                        | 18  | 1,8  | 27  |
| 4 | 600                        | 13,5  | 1,35   | 20,25   |
| 5 | 800                        | 4,5   | 0,45   | 7,25  |
| 6 | 900                        | 2,4   | 0,24   | 3,6   |

Обчислювальні експерименти щодо оцінки вогнестійкості залізобетонної ребристої плити проведені за умовами механічного навантаження 50% від несучої здатності конструкції, що складає: 3570 Па.

Результати досліджень напружено-деформованого стану залізобетонної ребристої плити під час оцінювання вогнестійкості за граничним станом втрати несучої здатності наведені рис. 1.

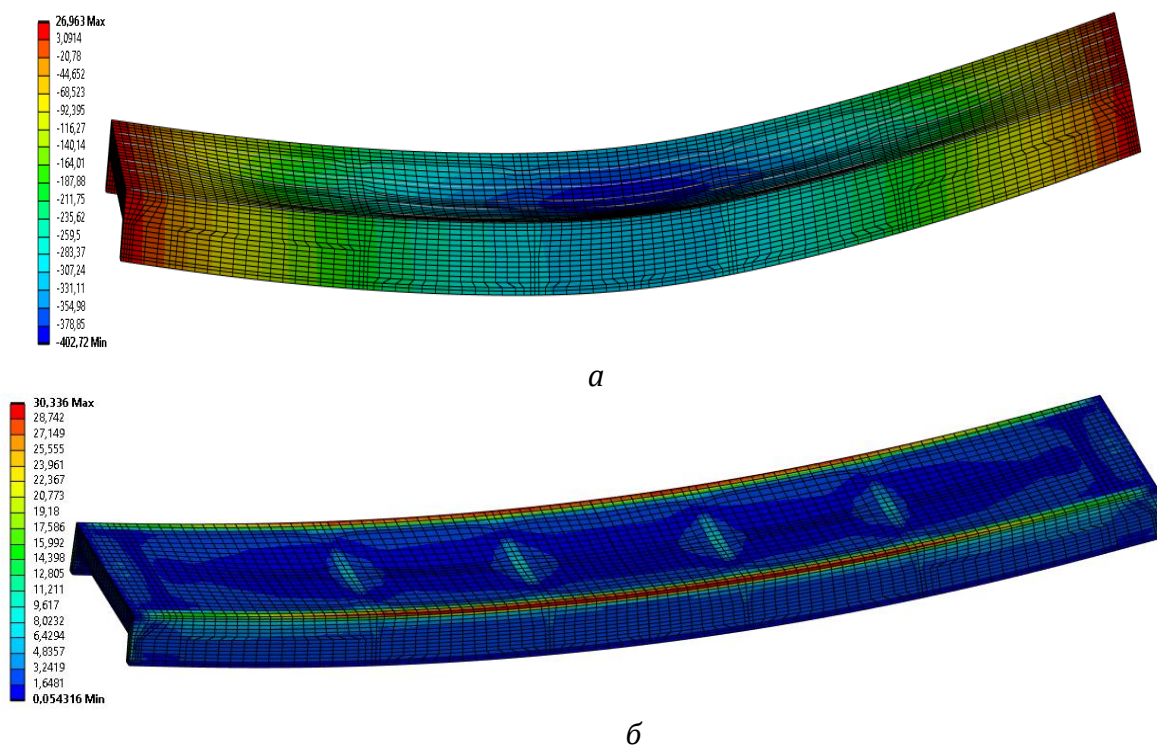


Рисунок 1 – Результати досліджень напружено-деформованого стану залізобетонної ребристої плити під час оцінювання вогнестійкості: а – прогин, б – поширення нормальних напружень у бетоні

Отримані результати вказують, що настання граничного стану вогнестійкості за втратою несучої здатності залізобетонної ребристої плити, що навантажена 5,1 кПа спостерігається на 43,9 хв, причому швидкість наростання деформації також зафіксовано в той же час на 2634,4 с та склало 18,41 мм/хв.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. «Progressive collapse resistance of reinforced concrete beam-column connection under fire conditions» Yao Yao, Huiyun Zhang, Yan Fei Zhu, Yufei Liu, Structures Volume 47, January 2023, Pages 1265-1283.

2. Computational study of bearing walls fire resistance tests efficiency using different combustion furnaces configurations Pozdieiev S., Nuianzin O., Sidnei S., Shchipets S. MATEC Web of Conferences, 2017, 116, 02027.

3. Pozdieiev S., Nekora O., Slovynsky V. The research of bearing capacity of reinforced concrete beam with use combined experimental-computational method // MATEC Web of Conferences, 116, art. no. 02024.

#### УДК 624.012.4

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ З НАГРІВАННЯ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПЛИТИ З ГОФРОВАНИМ ПРОФІЛЕМ

*Віталій СТЕПАНЕНКО*

*Олександр НУЯНЗІН, д-р техн. наук, доцент*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

Для проведення експерименту було використано малогабаритну вогневу піч для дослідження теплового впливу пожежі на будівельні конструкції [1–2].

Фрагмент сталезалізобетонної плити з гофрованим профілем (далі – фрагменти), товщиною 200 мм та номінальним розміром 1200×1200 мм було виготовлено заздалегідь до випробування. Рецептuru виготовлення зразку взято з [1] з метою створення можливості порівняння отриманих результатів з опублікованими раніше. Рис. 1 відображає процес встановлення.



Рисунок 1 – Фрагмент сталезалізобетонної плити з гофрованим профілем, виготовленої заздалегідь до випробування: 1 – огороження малогабаритної вогневої печі; 2 – фрагмент сталезалізобетонної плити для випробування

Фрагмент було закріплено в передній частині установки. Верхня частина установки закрита кришкою. Для щільності прилягання використано фольговану мінеральну вату. Під час випробувань проведено фотофіксацію і відеофіксацію експерименту. У процесі нагрівання фрагменту використано два пальники, що розташовані зверху та знизу дальньої частини установки. Факели полум'я розміщені на

80 см до випробувального зразка. На час випробувань фрагментів місця для пальників, які не було задіяно, закладені цеглою і мінеральною ватою для запобігання виходу пічних газів через отвори. На рис. 2 представлено загальне фото, зроблене у процесі експерименту.



Рисунок 2 – Вигляд малогабаритної вогневої печі перед початком випробування

Загалом було проведено 3 експерименти за стандартним температурним режимом пожежі у малогабаритній установці для дослідження теплового впливу пожежі на будівельні конструкції 3-х виготовлених за аналогічних умов з ідентичних матеріалів фрагментів.

Відповідно до проведеного експерименту, на обігрівній поверхні досліджуваного малогабаритного фрагменту відбувається рівномірний розподіл температур, максимальна досягнута температура становила 760°C. Максимальні температури: у контрольних точках склала 145°C; на необігрівній поверхні склала 45 °C а на рівні арматури – 350 °C. Спостерігались вони на останній хвилині експерименту та продовжували лінійно зростати після виходу з плато.

Підтверджено адекватність експериментальних даних: відносне відхилення не перевищило 4,1 %, а розраховані критерії адекватності (Фішера, Стьюдента та Кохрена) нижче за критичне значення.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Нуянзін О. М. Розвиток наукових основ оцінювання вогнестійкості залізобетонних будівельних конструкцій з використанням малогабаритних модульних вогневих печей. Дис. ... д-р. техн. наук : 21.06.02, Львів: Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, 2023, 418 с.
2. ДСТУ EN 1363-1:2023 Випробування на вогнестійкість. Частина 1. Загальні вимоги (EN 1363-1:2020, IDT).

## НЕБЕЗПЕКИ, ЩО ВИНИКАЮТЬ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГАЗОНАПОВНЕНОГО ОБЛАДНАННЯ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ

*А. ТАРНАВСЬКИЙ, канд. техн. наук, доцент*

*О. ЛЮБОВЕЦЬКИЙ*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 13.09.2022 № 1030 “Порядок ідентифікації об’єктів підвищеної безпеки та їх обліку” об’єкти транспортування природного газу віднесено до об’єктів підвищеної безпеки. Дані про пожежі та аварії на об’єктах транспортування газу обмежені внаслідок того, що ці об’єкти мають стратегічне значення для економіки держави й інформація про надзвичайні ситуації чи аварії на них не призначена для широкого розповсюдження.

Особливу пожежовибухонебезпеку становлять газоперекачувальні агрегати (ГПА) як основне обладнання компресорних станцій (КС).

Окрім прямих збитків, пов’язаних із руйнуванням ГПА, будівель та споруд КС, важких екологічних наслідків, в результаті пожеж і вибухів на даних об’єктах виникають побічні втрати через зниження продуктивності газопроводу і, як наслідок, припинення подачі природного газу окремим споживачам. Основне місце в системі протипожежного захисту сучасних КС займає протипожежний захист ГПА та дотримання загальних правил пожежної і техногенної безпеки на території самої КС.

Можливі фізичні прояви аварійних ситуацій і аварій на КС визначаються, в першу чергу, вибухопожежонебезпечними властивостями природного газу, а також високими значеннями тиску у газопроводі (до 5,48 МПа).

Аварійні ситуації і аварії технологічного обладнання КС можуть виникати через розрив зовнішнього технологічного газопроводу на повний перетин або руйнування ємностей, апаратів, зовнішніх установок, їх трубопровідної обв’язки, що супроводжується викидом природного газу із займанням або без його займання. При цьому основними фізичними проявами таких аварій і супровідними їхніми факторами ураження є:

- розрив газопроводу або його руйнування із викиданням і займанням значної кількості природного газу та утворенням струменя полум’я або колонної пожежі;
- розрив газопроводу або його руйнування із витіканням природного газу в атмосферу та наступним його розсіюванням;
- витікання природного газу всередині виробничого приміщення з утворенням вибухонебезпечної газоповітряної суміші, її займання та вибух з утворенням хвилі стискання і пожежі колонного типу у захищеному просторі.

Ці прояви аварійних ситуацій і аварій можуть мати різні варіації залежно від низки різноманітних факторів, наприклад, як діаметр газопроводу, наявність наземного обладнання, будинків і споруд поблизу місця аварії, відстань від місця розриву до найближчих запірних (відсічних) пристроїв, час перекриття аварійних ділянок трубопроводів, швидкість і напрямок вітру на момент виникнення аварії, спрацьовування запобіжних засобів тощо.

Головними уражаючими чинниками, що реалізуються під час аварії на газопроводах високого тиску і на обладнанні, що працює під тиском, є:

- ударна хвиля;
- теплове випромінювання від пожежі.

При розгерметизації газопроводу через високу швидкість газу, що виходить, утворюється газовий струмінь. При цьому розмір вибухопожежонебезпечної хмари, що утворюється при витіканні газового струменя, визначається балансом між газом, що

виходить через розрив і його розсіюванням, яке забезпечує на межі газового струменя існування концентрації горючого компонента, рівної нижній концентраційній межі поширення полум'я.

При руйнуванні технологічного обладнання, що працює під тиском, окрім газового струменя відбувається також миттєве викидання природного газу, що знаходиться в ньому і може формувати вибухопожежонебезпечну хмару незалежно від хмари, що сформована газовим струменем.

Газоповітряна суміш за наявності зовнішнього ініціатора може вибухнути і призвести до пожежі з утворенням факела або створити «вогняну кулю».

Основними причинами нестабільної роботи ГПА на КС є:

- граничні межі роботи агрегатів;
- утворення автоколивань у проточній частині (флатері);
- перевищення допустимих значень механічних параметрів (у з'єднаннях між рухомими та нерухомими частинами вузлів агрегатів (підшипниках, ущільненнях тощо), віброхарактеристик, характеристик нерівноваженості, відношеннях критичної частоти обертання у робочій частині обертання роторів агрегату.

На КС основними причинами відмов у роботі технологічного обладнання і факторами, що сприяють їхньому виникненню, є (у порядку зменшення):

- підвищена вібрація газопроводів, а також осідання газопроводів і опор;
- дефекти виготовлення технологічного устаткування (в першу чергу фасонних частин і арматури);
- брак під час виконання будівельно-монтажних робіт;
- корозія і зношування виробничого устаткування, газопроводів тощо.

Найбільш тяжкі наслідки аварійних ситуацій пов'язані із руйнуванням елементів компресорних установок і наступним витіканням природного газу. Безпосередніми причинами відмов і вибухів компресорних установок можуть бути понаднормове підвищення температури стиснутого повітря та перегрівання частин компресорної установки, надлишкова вологість підсмоктуваного газу, розряди статичної електрики, швидке підвищення тиску газу у компресорній установці вище від допустимого, неправильна експлуатація компресорної установки і незадовільний догляд за нею з боку обслуговуючого персоналу.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Порядок ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки та їх обліку: Постанова Кабінету Міністрів України від 13.09.2022 № 1030 (із змінами).
2. Технічний регламент обладнання, що працює під тиском: Постанова Кабінету Міністрів України від 16.01.2019 № 27 (із змінами).
3. Правила пожежної безпеки в Україні: затв. наказом Міністерства внутрішніх справ України від 30.12.2014 № 1417 (із змінами).
4. Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском: затв. наказом Міністерства соціальної політики України від 05.03.2018 № 333.

**ОСОБЛИВОСТІ БАЛАНСУ ІЗОЛЮЮЧОГО ТА ОХОЛОДЖУЮЧОГО ВНЕСКІВ  
ПІД ЧАС ГАСІННЯ РІДИН ПЛАВУЧИМИ ПОРИСТИМИ СИСТЕМАМИ**

*Д. ТРЕГУБОВ, канд. техн. наук, доцент*

*О. КІРЄЄВ, д-р техн. наук, професор*

*Національний університет цивільного захисту України*

Підвищення пожежної безпеки об'єктів з обертанням або зберіганням горючих рідин та забезпечення ефективності функціонування рятувальних підрозділів під час ліквідації пожеж класу «В» є важливими напрямками роботи служб ДСНС України. Припинення горіння пожеж класу «В» зі значною вільною поверхнею рідини є однією зі складніших проблем пожежогасіння, як у разі гасіння резервуарів, так й аварійних розливів. Такі пожежі відзначаються тривалістю, значними матеріальними й екологічними збитками, наявністю небезпечних чинників для життя людей [1]. На даний час ліквідацію таких пожеж проводять із застосуванням пін різної хімічної природи. Але ці засоби є або недостатньо ефективними, або дорогими, або неприйнятними з екологічної точки зору. Тому пошук альтернативних шляхів гасіння пожеж класу «В» залишається актуальною задачею. Для цього застосують усі відомі механізми гасіння: охолодження (як рідини, так й полум'я), ізолювання (у тому числі екранування), розбавлення (як газового простору, так й рідини), інгібування полум'я [1]. Але на даний час рівень існуючих наукових розробок не дозволяє у багатьох випадках замінити пінне пожежогасіння [2]. У цьому напрямку перспективним рішенням виявилось застосування твердих зернистих плавучих закритопористих систем, серед яких добре себе зарекомендувало на модельних вогнищах зернисте піноскло (ПС) у комбінації з засобами завершення гасіння [3].

Гасіння ізолюванням або охолодженням поверхні має сповільнити випаровування з досягненням концентрації пари менше за нижню концентраційну межу поширення полум'я ( $\varphi_n$ ). Існує теоретичний необхідний коефіцієнт сповільнення випаровування: так, за температури кипіння ( $t_{\text{кип}}$ ) концентрація пари рідин – 100 %, а для бензину  $\varphi_n \approx 1$  %, тобто необхідно сповільнити випаровування у 100 разів. Первинний ефект дії ПС на поверхню рідини – охолодження, але для легкокиплячих рідин він незначний – близько 5 °С, що зменшує тиск насиченої пари на 10–12 кПа та аналогічну частку концентрації. Ізолююча дія ПС має 2 складові: зменшення площі випаровування та гальмування дифузії пари у зону горіння, причому перша – головна. Площа випаровування зменшується приблизно на 50 % (з врахуванням змочування горючою рідиною частинок ПС). Так само зменшується масова швидкість випаровування й концентрація пари. Зернисте ПС забезпечує ефективне гасіння лише для висококиплячих рідин (з температурою спалаху  $t_{\text{сп}} > 100$  °С, вогнегасний шар сухого ПС – 4–6 см). Додаткова ізолююча дія ПС – екранування поверхні рідини від випромінювання полум'я, причому полум'я та його тепловий потік за рахунок стадій охолодження й ізолювання вже зменшені. Гасіння бензину (гексану) потребує накопичити шар ПС товщиною 0,5 м, що не технологічно, тому розроблено варіант гасіння з базовим шаром сухого ПС 12 см та завершенням гасіння шляхом додавання ізолюючого шару неорганічного гелю (продукт реакції аерозолів 10 % розчинів хлористого кальцію та рідкого скла) з витратою 0,2 г/см<sup>2</sup>, що забезпечує сповільнення випаровування, ще у 30 разів. Тобто, ПС забезпечило зниження інтенсивності випаровування на 70 %.

Для більш докладного дослідження внесків ізолювання та охолодження шаром ПС проведено експеримент з гасіння полярної рідини (н-гептанол, має аномально збільшену масову швидкість вигорання скрізь ПС серед усіх спиртів [4]), у порівнянні з

гасінням алканів з близькими  $t_{\text{кип}}$ ,  $t_{\text{сп}}$ , молярними масами  $M$  (н-октан, н-декан, н-додекан), табл. 1. Аномалія гептанолу зникає за шарів ПС, близьких до вогнегасних: за такої товщини шару ПС процес вигорання відбувається вже за принципом випаровування – більшу швидкість вигорання скрізь шар ПС мають вже більш легкокиплячі спирти.

Таблиця 1 – Характеристики горючих рідин та їх гасіння піносклом

| Параметр   | н-гептанол  | н-октан      | н-декан     | н-додекан   |
|--|-------------|--------------|-------------|-------------|
| $t_{\text{кип}} / t_{\text{сп}}, ^\circ\text{C}$                 | 176 / 74    | 126 / 14     | 174 / 47    | 216 / 77    |
| $t_{\text{сс}} / t_{\text{кип}} - t_{\text{сп}}, ^\circ\text{C}$ | 275 / 102   | 215 / 112    | 210 / 127   | 202 / 139   |
| $\Delta t_{\text{охПС}}, ^\circ\text{C}$ (розр.)                 | 14,74       | 7,73         | 14,36       | 24,7        |
| $P_{\text{нп залишковий}}, \text{кПа}$                           | 64,4        | 84,1         | 72,2        | 54,3        |
| $\varphi_{\text{н}}, \%$ / $K_{\text{гальм дод}}$                | 1 / 64,4    | 0,9 / 93,4   | 0,7 / 103,1 | 0,63 / 86,2 |
| $\beta / M, \text{г/моль}$                                       | 8 / 116     | 12,5 / 114   | 15,5 / 142  | 18,5 / 170  |
| $n_{\text{С+ОН}}$  | 8           | 8            | 10          | 12          |
| $n_{\text{Скласт рід./полум'я}}$                                 | 29 / 12     | 16 / 17      | 20 / 15,5   | 24 / 16,5   |
| $\Pi / h_{\text{ПС}}, \text{см}$                                 | 0,49 / 8–10 | 0,42 / 10–12 | 0,45 / 8    | 0,48 / 5–6  |

Більша  $t_{\text{сп}}$  полегшує гасіння охолодженням поверхні рідини шаром ПС. Більша  $t_{\text{кип}}$  збільшує стартову температуру поверхні під час такого гасіння. Більша  $t_{\text{сс}}$  напряму не пов'язана з температурою погасання, але ускладнює повторне запалювання від гарячої поверхні. Більше  $\beta$  визначає більшу потребу в кисні, що ускладнює горіння та полегшує гасіння. Більша  $M$  пов'язана з описаними факторами, але не корелює з  $\beta$  молекул з різним вмістом кисню. Для гептанолу і додекану основний механізм гасіння за подавання ПС – це охолодження поверхні рідини, а для октану та декану – ізолювання випаровування у зону горіння. Існує ефективна глибина охолодження, яка визначає найменшу витрату ПС для гасіння – шар ПС 4 см ( $\approx 2$  см зануреної частини), що є типовим для рідин з  $t_{\text{сп}} > 140$  °С.

Існує діапазон значень шару ПС ймовірного досягнення ефекту загасання гептанолу та октану, коли спостерігається слабке горіння, яке може випадковим чином згаснути й за трохи менших шарів ПС, а може зі слабким проявом спостерігатися й за дещо більших шарів ПС. Ефект подовження слабого горіння за збільшення шару ПС можна пов'язати зі зникненням гідродинамічного опору у вузьких каналах між частинками даної фракції ПС за малих тисків та концентрації пари горючої рідини. Тоді остаточне погасання за подавання сухого ПС є наслідком екранування поверхні рідини шаром ПС від теплового випромінювання полум'я. Цей ефект буде сильнішим у разі застосування білого ПС. Серед досліджуваних рідин найбільшу густину і плавучість ( $\Pi$ ) сухого ПС має гептанол; тоді для нього за однакового шару – ізолююча частина ПС буде більшою.

Близькість  $t_{\text{сп}}$  додекану і гептанолу не обумовили однаковий вогнегасний шар ПС (6 см проти 10 см), хоча  $t_{\text{сп}}$  є цільовою межею охолодження поверхні. Близькість  $t_{\text{кип}}$  декану і гептанолу наблизила масові швидкості вигорання – для декану менші значення і гасіння відбувається за меншого шару ПС (8 см). Близькість  $M$  октану й н-гептанолу дали близький вогнегасний шар ПС – 10 см, але для них різний механізм гасіння. Також в цих сполук однакова каркасна довжина молекул, що говорить про те, що під час початку гасіння, коли поверхня рідини має  $t_{\text{кип}}$  випаровування відбувається у мономерному стані.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Трегубов Д.Г. та ін. Фізико-хімічні основи розвитку та гасіння пожеж горючих рідин. Х.: НУЦЗ України, 2024. 216 с.
2. Дадашов І., Трегубов Д., Кіреєв О., Сенчихін Ю. Напрямки вдосконалення гасіння пожеж нафтопродуктів. Науковий вісник будівництва. 2018. №94(4). С. 238–249.

3. Дадашов І., Кіреєв О. Трегубов Д., Тарахно О. Гасіння горючих рідин твердими пористими матеріалами та гелеутворюючими системами. Х.: НУЦЗУ, 2021. 240 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/14033>

4. Трегубов Д.Г., Тарахно О.В., Соколов Д.Л., Трегубова Ф.Д. Ідентифікація кластерної будови вуглеводнів за температурами плавлення. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2021. №34. С. 94-109.

**УДК 614.84**

## **МЕХАНІЗМ РЕАЛІЗАЦІЇ ОСНОВНОЇ ВИМОГИ ЩОДО ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД**

*Ю. ФЕЩУК, канд. техн. наук, старший дослідник*

*О. СІЗІКОВ, канд. техн. наук, с. н. с.*

*А. ЦИГАНКОВ*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Законом [1] який є технічним регламентом і визначає правові та організаційні засади введення в обіг або надання будівельної продукції на ринку передбачено декларування показників будівельної продукції їх виробниками, а також визначення їх технічної прийнятності призначеними органами з оцінки відповідності. Це обумовлює необхідність встановлення та обґрунтування суттєвих експлуатаційних характеристик будівельної продукції, пов'язаних з основною вимогою щодо забезпечення пожежної безпеки будівель і споруд для впровадження в Україні європейської пожежної класифікації у національній нормативній базі.

Аналіз [2] показав, в даних державних будівельних нормах наведена лише одна із суттєвих пожежних характеристик, а саме – вогнестійкість і то не в повній мірі. Взагалі суттєвим недоліком цих будівельних норм є те, що в них не розкрито суттєві характеристики будівельної продукції щодо реакції на вогонь та стійкості до зовнішнього вогневого впливу.

Мета роботи – сформулювати механізм реалізації основної вимоги щодо пожежної безпеки і виразити у вигляді класів, що ідентичні до європейських, показники таких суттєвих характеристик як вогнестійкість, реакція на вогонь, стійкість до зовнішнього вогневого впливу з подальшим їх нормуванням.

Законом України [1], а також будівельними нормами, що регламентують основні вимоги з пожежної безпеки до будівель і споруд визначено основні принципи забезпечення пожежної безпеки. У зв'язку з цим запропоновано схему реалізації основної вимоги «пожежна безпека» до будівель в національній нормативній базі (рисунок 1), здійснено встановлення відповідності виду граничного стану до типу будівельної конструкції або частини (елемента) будинку та споруди, схематично розкрито суттєву характеристику будівельної продукції щодо реакції на вогонь, вогнестійкості, стійкості до зовнішнього вогневого впливу.

Висновок. Сформовано механізм реалізації основної вимоги щодо пожежної безпеки, який включає встановлення класів показників суттєвих характеристик: вогнестійкість, реакція на вогонь, стійкість до зовнішнього вогневого впливу.



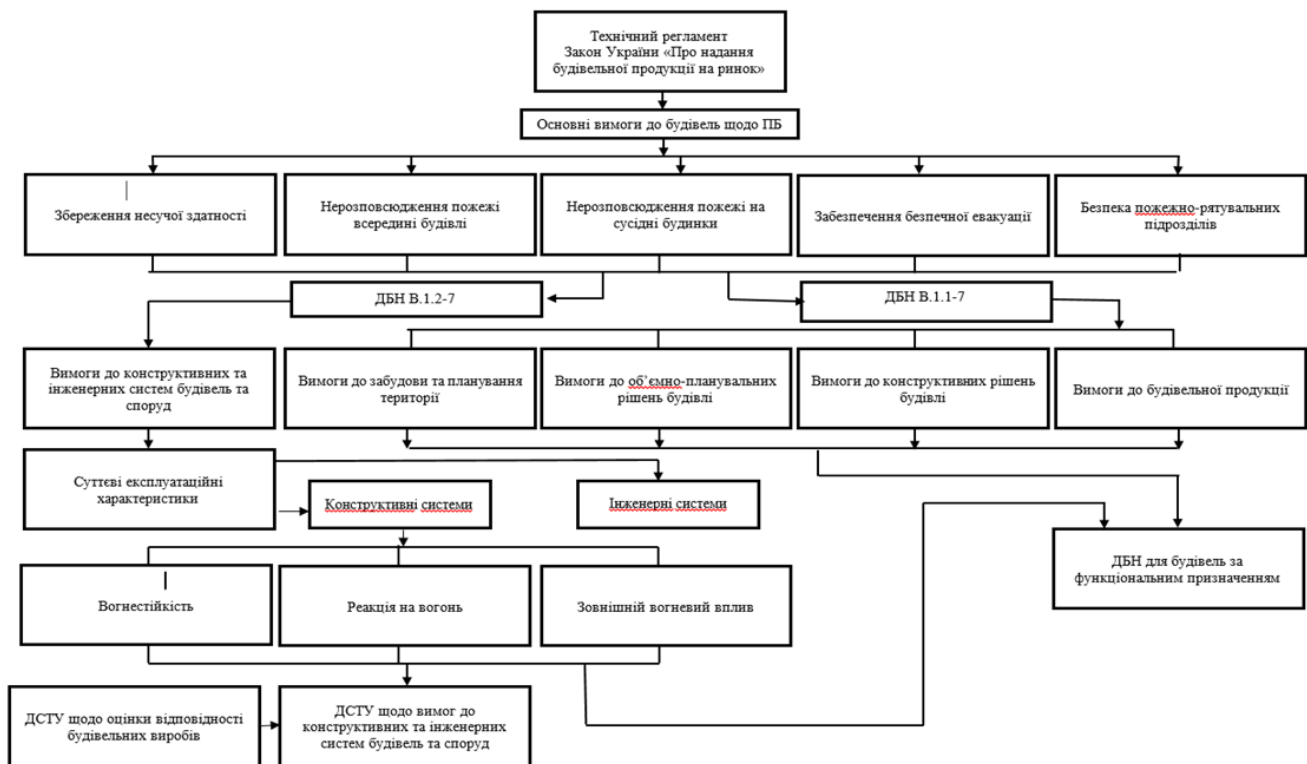


Рисунок 1 – Особливості реалізації основної вимоги «пожежна безпека» до будівель в національній нормативній базі

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України від 02.09.2020 № 850-IX «Про надання будівельної продукції на ринок».
2. ДБН В.1.2-7:2021 «Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека».

УДК 614.841

#### ВИЯВЛЕННЯ ТА ФІКСАЦІЯ ОСЕРЕДКОВИХ ОЗНАК ПОЖЕЖІ

*Р. ШЕВЧЕНКО, д-р техн. наук, професор, начальник кафедри*  
*О. ДЕРЕВ'ЯНКО, канд. техн. наук, доцент, старший викладач*  
*О. ЩЕРБАК, ад'юнкт*  
 Національний університет цивільного захисту України

Відкладення кіптяви на конструкціях та предметах присутні практично на будь-якій пожежі – як у зоні горіння, так і в зоні задимлення. Ця обставина дозволяє розглядати кіптяву як перспективний об'єкт при дослідженні пожеж.

Аналіз електричного опору шару кіптяви дозволяє досліджувати закопчення безпосередньо на місці пожежі і, таким чином, виявляти шляхи поширення основних конвективних потоків та осередкову зону.

Для безперервного виявлення та фіксації осередкових ознак пожежі горіння в університеті розроблено конструкцію та виготовлено випробувальний зразок пристрою для безперервного виявлення та фіксації осередкових ознак пожежі, конструкція якого представлена на Рис.1.



Рисунок 1 – Випробувальний зразок приладу для безперервного виявлення та фіксації осередкових ознак пожежі

Можливість універсального застосування цього приладу досягається шляхом конструктивного поєднання контактного блоку, обчислювального пристрою та штанги подовжувача.

Портативний пристрій для виявлення осередкових ознак пожежі складається з вимірювального блоку, корпус якого з'єднаний з телескопічною штангою, на протилежному кінці якої закріплено датчик Холла під'єднаний до вимірювального блоку відстані та розміщене на осі вимірювальне колесо. Вимірювальне колесо виготовлене з діелектричного матеріалу і на його зовнішній поверхні закріплені два кільцеві металеві вимірювальні електроди. Для виявлення осередкових ознак пожежі оператор фіксує значення опору як на рівних відстанях точок вимірювання опору однієї від другої, так і у разі значної зміни величини опору у порівнянні з попередніми значеннями. Виконання вимірювального колеса з діелектричного матеріалу дозволяє вимірювати лише електричний опір поверхні будівельної конструкції, що покрита кіптявою (сажею), не спотворюючи результати таких вимірів.

Однчасна фіксація вимірювальним блоком відстані точки виміру від базової точки дозволяє виключити необхідність проведення додаткових вимірювань із застосуванням рулеток і т. ін. Це скорочує час на проведення досліджень. За результатами такої оцінки визначається і фіксується місце осередку пожежі (місце первинного виникнення горіння).

Таким чином дані, що отримані за допомогою приладу у різних зонах пожежі можуть бути об'єктивною основою для диференціації зон закопчених конструкцій і предметів.

Практична апробація приладу показала, що найбільш ефективним є його застосування на місці пожеж при дослідженні залізобетонних конструкцій. Аналіз кіптяви на вогнетривких конструкціях дає можливість отримувати інформацію, що сприяє реконструкції пожежі, у разі незначного термічного впливу пожежі на конструкції, коли інші методики дослідження неорганічних будівельних матеріалів (матеріалів на основі цементу, вапна, гіпсу, сталей та ін.) є малоефективними.

Але остаточні висновки про осередок пожежі можуть бути сформовані лише у рамках пожежно-технічної експертизи на основі всього комплексу інформації, що є за пожежею, яка досліджується.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дослідження пожеж. Довідково-методичний посібник.- Київ: Пожінформтехніка, 1999. – 224 с.

**ВПЛИВ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕМЕНТІВ ПОЖЕЖНИХ КРАН-КОМПЛЕКТІВ НА ЕФЕКТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЇХ У ВИСОТНИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЛЯХ**

*Сергій ЩЕРБАК, канд. техн. наук, доцент, старший викладач кафедри пожежної та рятувальної підготовки факультету оперативно-рятувальних сил Національний університет цивільного захисту України*

За вимогами сучасних нормативних документів, основні характеристики елементів ПКК – довжина, тип і діаметр рукава; діаметр насадка ствола; спосіб одержання розпорошеного або компактного струменя; підключення до господарчо-питного або протипожежного водопроводу, – варіюються в значних межах. Крім цього, аналіз ПКК, присутніх на сьогоднішній день на ринках РФ, України та Західної Європи, показує, що далеко не всі виробники випускають обладнання, що відповідає вимогам нормативних документів. Таким чином, для вирішення питань ефективного використання ПКК з визначеними характеристиками у конкретних умовах їх експлуатації, необхідно провести дослідження не лише ПКК з характеристиками, які рекомендуються діючими нормативними документами, а і ПКК із характеристиками, що виходять за рамки вимог норм, але існують на ринках України, та відповідно використовуються в оснащенні будівель.

Невідповідність характеристик ПКК по таких позиціях, як тип рукава, може мати принципове значення при використанні ПКК у житлових висотних будівлях через гідравлічні характеристики систем водопостачання, на якій вони встановлюються. Так, за вимогами [1], тиск у господарчо-питному водопроводі будівлі може бути в межах (2 – 45) м, а в протипожежному – досягати 90 м. Це означає, що фактичний напір перед ПКК може змінюватися в десятки разів. При цьому, у найгірших умовах розміщення ПКК (верхні поверхи будівлі при нижній розводці або нижні – при верхній), якщо використовувати обладнання з максимальним опором, може виявитися, що кількість води, отримана із ПКК із напівжорстким рукавом або із ПКК із плоскозгорнутим, не може забезпечити відвід такої кількості тепла, що виділяється при пожежі в конкретній будівлі.

У нормативній документації відсутні вимоги з визначення конкретних значень елементів ПКК, а значить може скластися ситуація, коли встановлений ПКК не зможе взагалі ліквідувати виниклу пожежу або його використання в ряді випадків буде неефективно.

Для підвищення ефективності використання внутрішнього водопроводу при гасінні пожежі в житлових будівлях доцільно використовувати ПКК, вибираючи характеристики їхнього складових залежно від умов їхньої експлуатації в рамках вимог нормативної документації.

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2-15-2005. – [Чинний від 18-05-05]. – К. : Держбуд України, 2005. – 44 с. (Державні будівельні норми України).

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛООВОГО ВПЛИВУ ПОЖЕЖІ НА ФРАГМЕНТИ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН ЗА НАГРІВАННЯ У МАЛОГАБАРИТНІЙ ВОГНЕВІЙ ПЕЧІ

Вадим ЯНІШЕВСЬКИЙ,  
Олександр НУЯНЗІН, д-р техн. наук, доцент  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України

У роботі проаналізовано тепловий вплив пожежі на фрагменти залізобетонних колон на основі їхнього нагрівання за стандартним температурним режимом пожежі [1] у малогабаритній установці для дослідження теплового впливу пожежі на будівельні конструкції. На основі запропонованого способу створено методичку, яка дає можливість розрахунковим шляхом оцінити межу вогнестійкості повнорозмірної конструкції.

Зразок для випробувань встановлюється вертикально в геометричному центрі камери печі установки. Передня стінка установки відсутня, тому закривається кришкою. Для щільності прилягання було застосовано уплотнювач. На рис. 1 показано схема встановлення зразка для випробувань та елементи вогневої печі.

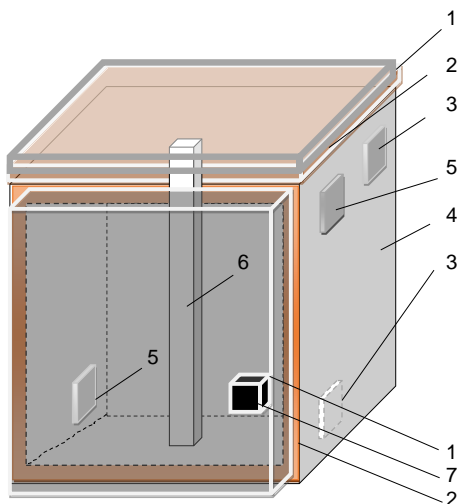


Рисунок 1 – Схема встановлення зразка для випробувань: 1 – кришка, що закриває передню та верхню частину установки; 2 – уплотнювач з мінеральної вати та вапняного шнура; 3 – місця для пальників, що не використовуються під час вогневих випробувань стін; 4 – огороження печі; 5 – пальники, що створюють температурних режим у камері печі; 6 – зразок, що досліджується, 7 – отвір виходу продуктів горіння.

При випробуванні колон використовується 2 пальники. Вони розміщуються діаметрально протилежно знизу та зверху установки на протилежних стінках камери, так щоб факели полум'яне перехрещувались (рис. 1.).

Для зняття цифрових значень температури в місцях установки термопари використовувався модуль аналого-цифрового перетворення (АЦП), що описано в роботі [2]. Для обробки отриманих даних використовувався плагін PLX DAQ для Microsoft Excel, який дозволяє в режимі реального часу бачити числові значення температури та будувати відповідні графіки.

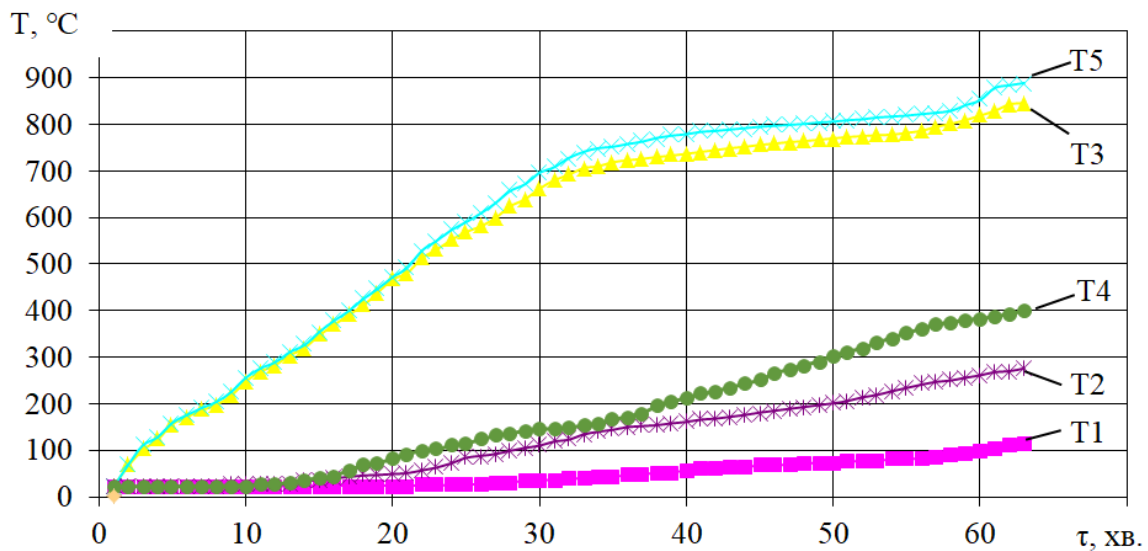


Рисунок 2 – Результати вимірювання температури досліджуваного зразка: T1-T5 – показання термопар

Як свідчать дані прогріву термопар (рис. 2), лінійна швидкість нагрівання камери печі відповідала «стандартній» температурній кривій пожежі, і знаходячись у межах визначених стандартом [1]. При досягненні значення 950 °C було встановлено стаціонарний режим за допомогою регулювання потужності нагріву печі. Випробування тривало 63 хвилини.

За результатами даної роботи встановлено що, прогрів конструкції на всіх рівнях був рівномірним у площинах розміщення термопар, максимальна температура на поверхні складала 709 °C, спостерігалась на останній хвилині експерименту та продовжувала лінійно зростати, максимальна досягнута температура у центрі колони складала 105 °C, спостерігалась на останній хвилині експерименту та продовжувала лінійно зростати; Адекватність експериментальних даних підтверджено: відносне відхилення не перевищило 4%, а розраховані критерії адекватності (Фішера, Стюдента та Кохрена) нижче за критичне значення.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ EN 1363-1:2023 Випробування на вогнестійкість. Частина 1. Загальні вимоги (EN 1363-1:2020, IDT).
2. Нуянзін О. М., Борисова А. С. Розрахункове оцінювання межі вогнестійкості залізобетонної плити за результатами вогневих випробувань без механічного навантаження. Civil security: Public administration and crisis management, 2023. №. 1 (2). С. 25–40.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ САМОЗАЙМАННЯ БУРОГО ВУГІЛЛЯ

В. ЛИПОВИЙ, канд. техн. наук, доцент

Р. КОМАРОВ, здобувач вищої освіти

Національний університет цивільного захисту України

При тепловому самозайманні [1] причиною прискорення окислення є зростання температури, обумовленою перевищенням генерації тепла над її витратою, а при ланцюговому – перевищення ймовірності розгалуження ланцюгів над ймовірністю їх обривів.

Генерація тепла  $Q_1$  при окисленні пропорційна швидкості реакції окислення  $U_0$  [2] та в умовах неізотермічного процесу знаходиться за рівнянням:

$$Q_1 = q\rho V U_0 C^n e^{-\frac{E}{RT}} \quad (1.1)$$

Де  $Q_1$  – енергія активації;

$q$  – питома теплота окислення;

$\rho$  – густина;

$V$  – об'єм;

$C^n$  – константа порядку реакції;

Для пояснення механізму займання можна прийняти умовно, що тепловідведення тепла  $Q_2$  з поверхні відбувається за наступним законом:

$$Q_2 = \alpha S (T - T_0) \quad (1.2)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м<sup>2</sup> К);

$S$  – площа поверхні тепловіддачі, м<sup>2</sup>;

$T, T_0$  – відповідно температура повітря та поверхні тепловіддачі, К/

Умови самозаймання можна представити модифікованою діаграмою, яка розроблена для ілюстрації умов теплового бурого вугілля.

На рис. 1.1 представлений графік залежності швидкості реакції та віддачі тепла від температури.

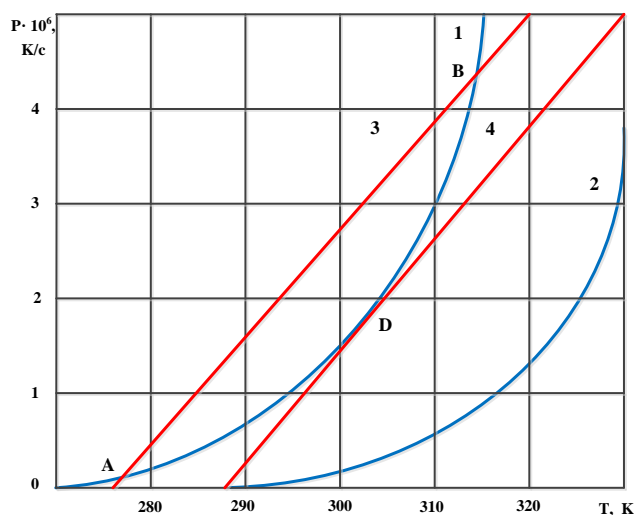


Рис. 1.1. Графік залежності швидкості реакції та віддачі тепла від температури

Криві 1, 2 характеризують температурну залежність швидкості самонагрівання вугілля  $P_t^+$

$$P_t^+ = C e^{-\frac{E}{RT}} \quad (1.3)$$

де  $P_t$  – швидкість тепловиділення. К/с.

Прямі 3,4 характеризують охолодження скупчення

$$P_t^- = P_0 \Delta T \quad (1.4)$$

Де  $P_t^-$  швидкість тепловіддачі, К/с.

Якщо припустити, що концентрація кисню практично не змінюється і коефіцієнт тепловіддачі залежить від температури, то система координат  $P - T$  рівняння (1.4) представляє пряму лінію (рис. 1.1). Криві 1 та 2 відповідають різним швидкостям хімічної реакції горючої речовини. При реакції по кривій 1 генерація тепла перевищує витрату, суміш горюче – повітря буде безперервно розігріватися. При тепловиділенні по кривій 2 самозаймання не відбудеться, оскільки генерація тепла менше його тепловіддачі.

Аналіз умов самозаймання за допомогою діаграми дозволяє виділити два випадки:

- перший – дотик тепловиділення та охолодження,
- другий – їх перетин.

При температурі навколишнього середовища  $T_0'$ , графіки тепловиділення 1 і охолодження 3 перетинаються в точках А та В. Ці точки характеризують два стаціонарні стани, при яких швидкості тепловиділення та охолодження рівні. В області температур до точки А інтенсивність тепловиділення перевищує тепловідведення, тому температура вугілля підвищується.

Графік охолодження 4 відображує процес тепловідведення при температурі навколишнього середовища  $T_0''$  у точці дотику Д швидкості тепловиділення та тепловіддачі, а також їх похідні за температурою рівні:

Аналізуючи рівняння (1.1) та (1.2) та їх графічну інтерпретацію можна визначити фізичні основи умов виникнення та розвитку пожеж та вибухів.

Таким чином, боротьба з осередками самонагрівання та самозаймання може бути заснована на усуненні та придушенні фізико-хімічних умов самозаймання [3]. Щоб запобігти самозайманню, треба зменшити хімічну активність бурого вугілля або збільшити тепловідведення. Для оцінки ефективності тих чи інших способів та методів боротьби із самозайманням необхідні кількісні показники схильності бурого вугілля до самозаймання.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мала гірнича енциклопедія: у 3 т. / За ред. В. С. Білецького. Донецьк: Східний видавничий дім, 2004–2013.
2. Саранчук В. І., Ільяшов М. О., Ошовський В. В. та ін. Основи хімії і фізики горючих копалин. Донецьк: Східний видавничий дім, 2008. 640 с.
3. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація.

*Serhii Pozdieiev doctor of technical sciences, professor of the department*

*Cherkassy Institute of Fire Safety of National University of Civil Defense of Ukraine*

*Novhorodchenko Alina doctor PhD, teacher of the department*

*Cherkassy Institute of Fire Safety of National University of Civil Defense of Ukraine*

*Zuzana Vranayova PhD, deputy dean*

*Technical University of Kosice*

*Frantisek Vranay PhD*

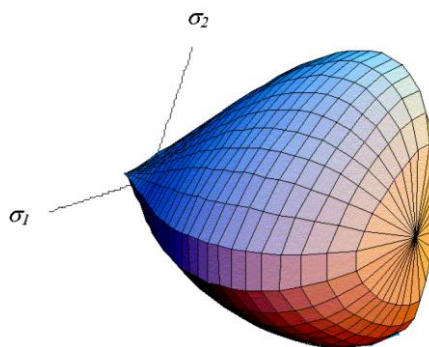
*Technical University of Kosice*

*doc. Ing. Eva Krídlová Burdová, PhD.*

### **MATHEMATICAL MODEL OF THE BEHAVIOR OF REINFORCING STEEL UNDER MECHANICAL LOAD CONDITIONS.**

The purpose of the article is the mathematical description of the phenomenology of material behavior under load conditions. The research includes mathematical relations of the theories of strength and plasticity. Relevance of the topic lies in the capabilities of the LS-DYNA software complex. With the help of which, to describe the properties of reinforced concrete, you can use a continuous material with reinforcement inclusions, take into account anisotropies and modified strength of the material [1].

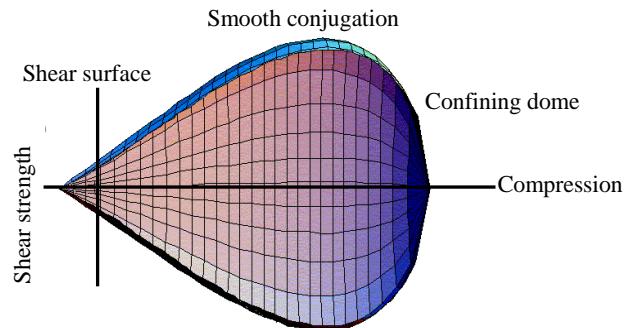
When describing concrete, a model of a continuous failure surface with a limiting dome was used, which is described in works Murray, Abu-Odeh i Bligh [2]. The main feature of this model is that the combinations of stresses that the material can withstand are limited by a special surface, which is composed of a yield surface and a brittle failure surface. So this surface covers all cases of destruction of concrete in a complex way and thereby establishes the conditions for either brittle or viscous destruction Fig. 1 shows the general view of the geometry of this surface.



**Fig 1. General view of the geometric configuration of the surface of concrete destruction.**



At the same time, parts of the destruction surface are unequal, and therefore this surface is divided into zones - a zone of destruction due to shear deformations and a zone of strengthening during compaction of concrete due to compression, which are interconnected and form a smooth and continuous surface. Fig. 2 shows the meridional section of this surface.



**Fig. 2. Meridional section of the surface of concrete destruction**

Conclusion. At the same time, the destruction of the material occurs when the limit deformation set by the user is reached. This model of viscoplastic deformation of concrete can be used to describe the influence of the current rate of deformation. The marginal effect of taking into account the rate of deformation is regulated by means of parameters set by the user. Deformation diagrams are used for future determination of the nature of deformation.

## References

1. DSTU-H B EN 1993-1-2:2012 Projection steel structures of steel structures. Part 1-2. Terms. Calculation of structures for fire resistance.– C.: Ukrarchbuildinform, 2012. – 77 p.
2. Murray, Y.D., A. Abu-Odeh, and R. Bligh, Evaluation of Concrete Material Model 159, FHWA-HRT-05-063, June 2006.
3. Fire resistance and fire protection metal structures: tutorial. Taras Shnal - Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House, 2010.
4. Hallquist, J.O.: LS-DYNA Theory Manual, Livermore Software Technology Corporation: California, USA 2005.
5. Improvement of the assessment method for fire resistance of steel structures in the temperature regime of fire under realistic conditions Shnal T., Pozdieiev., Nuianzin O., Sidnei S./ Materials Science Forum, 2020, 1006 MSF, p. 107–116.

## Секція 3. Інформаційні технології в попередженні та ліквідації надзвичайних ситуацій

УДК 614.8

### НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ З ОПТИМІЗОВАНИМ СКЛАДОМ

*О. АНТОШКІН, канд. техн. наук, доцент, ст. викладач*

*К. ТРИПОЛЬСЬКА, курсант*

*Національний університет цивільного захисту України*

В роботі [1] був представлений програмний комплекс «Веста» для проектування систем пожежної сигналізації [2] з оптимізованим складом шлейфів. При розміщенні пожежних сповіщувачів використовується нерегулярна схема, а оптимізація здійснюється за кількістю пожежних сповіщувачів та довжиною шлейфів.

Особливістю саме цього програмного продукту є те, що прокладання шлейфів може здійснюватися як без пріоритетів за напрямками дротових ліній, так і з ними (горизонтальний чи вертикальний). Приклад прокладання шлейфу без пріоритету та з ним наведено на рис. 1.

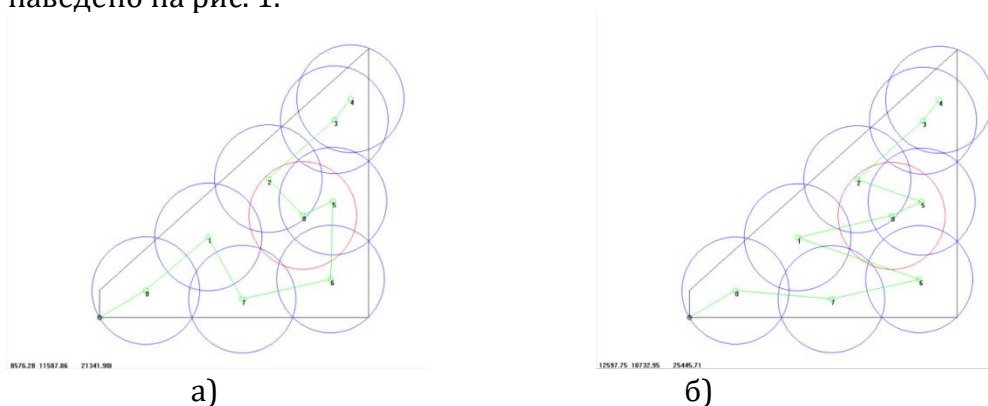


Рисунок 1 – Схема шлейфів: а) без орієнтації, б) з горизонтальною орієнтацією

Для ілюстрації відмінностей у прокладанні шлейфів навмисно був обраний приклад приміщення неправильної геометричної форми. Саме для таких випадків «працюють» переваги нерегулярного розміщення пожежних сповіщувачів.

У наведених прикладах кількість пожежних сповіщувачів однаково. Що і зрозуміло. Бо прокладання шлейфів відбувається вже після розміщення сповіщувачів. А от довжина шлейфів у першому випадку складає 21341 мм, а у другому – 25445 мм. Але один приклад не доказує, що введення орієнтації при прокладанні шлейфів дає гірший результат. Тому є очевидним вибір напрямку для подальших досліджень – оцінка впливу введення орієнтації шлейфів під час оптимізації їх складу.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Antoshkin O., Pankratov O. Construction of optimal wire sensor network for the area of complex shape // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. Vol. 6, N 4(84). P. 45-53. Way of Access : DOI:10.15587/1729-4061.2016.86171.

2. Дерев'янку О.А., Бондаренко С.М., Христич В.В., Антошкін О.А. Системи пожежної та охоронної сигналізації. Текст лекцій. Х.: НУЦЗУ, 2008. 149 с. Режим доступу: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/407>.

УДК 614.8

## **ВИКОРИСТАННЯ КОНЦЕПЦІЇ VPL ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ АВТОМАТИКА РАНЬОГО ВИЯВЛЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

*С. БОНДАРЕНКО, канд. техн. наук, доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

На сьогоднішній день уявити роботу сучасних систем, що забезпечують безпечну діяльність людини в різноманітних галузях, без використання електронних функціональних вузлів, необхідних для створення вимірювальних пристроїв, автоматичних систем безпеки та обчислювальної техніки практично неможливо. З моменту винаходу транзистору і по сьогоднішній день галузь приладобудування зробила гігантські кроки. Зараз в Україні розробкою та виробництвом тільки пристроїв, що служать ранньому виявленню ознак пожежі, займаються більше десяти підприємств.

Дисципліна «Автоматика раннього виявлення надзвичайних ситуацій» присвячена вивченню основ побудови систем автоматичного управління, орієнтованих на рішення задач контролю протікання технологічних процесів та виявлення загроз природного характеру. Синтезу математичних та імітаційних моделей реальних процесів, що відбуваються в системах пожежної та техногенної безпеки.

Для моделювання процесів що відбуваються в реальних системах раннього виявлення надзвичайних ситуацій використовують спеціалізоване програмне забезпечення, що створюється на основі концепції visual programming language (VPL). То б то мови програмування, яка дозволяє користувачам створювати моделі різноманітних систем, маніпулюючи елементами графічно, а не вказуючи їх текстово. VPL дозволяє будувати модель системи базуючись на ідеї «прямокутників і стрілок», де прямокутники або інші екранні об'єкти розглядаються як елементарні складові, з'єднані стрілками, лініями або дугами, які представляють сигнали.

Аналіз програмного забезпечення, використовується для моделювання процесів в різних галузях техніки показав, що для забезпечення лабораторних робіт дисципліни «Автоматика раннього виявлення надзвичайних ситуацій» доцільно використовувати програму VisSim. Це зручне візуальне середовище для моделювання систем автоматичної, яке має інтуїтивний інтерфейс та всі засоби для побудови структурно-динамічних схем систем управління будь-якої складності. І головне що схема побудована на папері виглядає так само як і в програмі. Вданій програмі можна отримувати часові та частотні характеристики, аналізувати стійкість системи. В арсеналі програми є засоби для генерування всіх типів вхідних сигналів, що можуть діяти в системі управління, також зручно можна представити і результати розрахунків: в вигляді часової діаграми, амплітудно-частотної та фазово-частотної характеристики.

При проведенні лабораторних робіт з дисципліни «Автоматика раннього виявлення надзвичайних ситуацій» пропонується поєднати процедури імітаційного моделювання роботи, як окремих елементів так і систем раннього виявлення в цілому,

в середовищі VisSim, з процедурою створення демонстраційних моделей на платформі Arduino Uno з застосуванням периферійних датчиків.

## ОСОБЛИВОСТІ ЛІКВІДАЦІЇ ТА ГАСІННЯ ПОЖЕЖ НА ОБ'ЄКТАХ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ ТА ВИКОРИСТОВУЮТЬ БІОГАЗ

Андрій БОРИСОВ, канд. держ. упр., старший дослідник

Анатолій КОДРИК, канд. техн. наук

Олександр ТИТЕНКО, канд. техн. наук

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

Враховуючи складності під час війни, багато приватних господарств та підприємств встановлюють джерела її постачання. Різкий ріст застосування об'єктів [1,2] що використовують ВДЕ потребує адекватних рішень стосовно забезпечення безпеки їх експлуатації з урахування особливостей виконання пожежно - рятувальних робіт під час гасіння пожеж на об'єктах і спорудах із наявністю альтернативних джерел енергії[2,3] в Україні.

### Особливості небезпеки біогазових установок

Процес анаеробного зброджування біомаси та відходів, під час експлуатації і технічного обслуговування такого обладнання, дає високі ризики утворення зон з вибухонебезпечною та сумішшю продуктів термічного розкладання речовин і матеріалів, що за наявності джерел запалювання може призвести до виникнення пожежі [4,5].

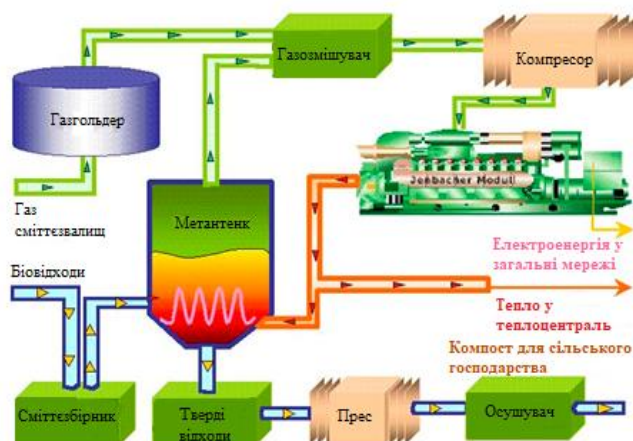


Рисунок 1 – Орієнтовна схема території біогазового комплексу

При виконанні робіт на таких об'єктах пожежники рятувальники повинні враховувати, що на установках з виробництва біогазу[5,6,7] можливо:

утворення зони з вибухонебезпечною концентрацією газо-пароповітряних сумішей та сумішей продуктів термічного розкладання речовин і матеріалів;

вибухи посудин під тиском, можливість викиду небезпечних хімічних речовин, сильне теплове випромінювання та конвективні потоки під час пожежі;

деформація та руйнування конструктивних елементів будівель, споруд, технологічного обладнання.

Основні способи зниження ризику – це недопущення появи джерела загоряння та запобігання витоку метану і створення вибухонебезпечного середовища [4,8]. Зони, в яких можливе виникнення вибухонебезпечних концентрацій метану, позначають як «0», «1», «2». Газгольдер, система подавання повітря до двигуна, камера згоряння і в особливих умовах експлуатації сам біореактор (метантенк) належать до зони «0».

**Зона «1»** охоплює простір, де можливе досягнення вибухонебезпечної концентрації. Зона 1 розташовується на відстані 1 м від частин установки, устаткування, з'єднань, оглядового скла, прокладок і отворів для обслуговування біореактору. До зони «1» належать простір навколо кінців вихлопних труб і газових факелів. Закриті простори або ями, в яких міститься сировина для біореактору, також належать до зони «1». Для закритих просторів радіуснебезпечної зони визначається по колу 4-5 м.

**Зона «2»** – місця, де виникнення вибухонебезпечної концентрації малоімовірно, але якщо це відбувається, то тільки на короткий час. Зона «2» розташована в області 1 – 3 м від частин установки, таких як місця з'єднань, втулки, отвори для обслуговування і розривні мембрани. Відкриті ями, замкнуті простори, що не мають вентиляції, де встановлені труби для передавання газу, належать до зони «2». Потенційними джерелами займання можуть стати електричні і механічні іскри, відкрите полум'я, гарячі поверхні і статична електрика.

При роботі на полігонах твердих побутових відходів[1,5], на яких проводиться відбір звалищного газу додатково треба враховувати, що:

пожежі проходять по типу піролізного (тління з середині) горіння, має місце значного задимлення;

горінням речовин і матеріалів, потрібні спеціальні вогнегасні речовини;  
неможливість достовірно визначити джерело виникнення пожежі;  
відсутність належного доступу для сил і засобів до осередків пожежі;  
великі розміри пожежі, можливість вибуху;  
наявність великої кількості ріжучих та колючих елементів;  
витік та загоряння метану та створення вибухонебезпечного середовища;  
обладнання для виробництва біогазу працює під тиском;  
наявність важких та токсичних газів, що розміщуються у низинах;  
потенційними джерелами займання можуть стати електричні та механічні іскри, відкрите полум'я, гарячі поверхні та статична електрика;  
відсутність або віддаленість джерел протипожежного водопостачання;  
пустоти, що утворюються на полігонах.

Перед проведенням робіт КГП зобов'язаний:

організувати розвідку пожежі;  
вивести з місця пожежі всіх сторонніх осіб;  
вжити заходів щодо створення безпечних умов для персоналу і пожежно-рятувальних підрозділів під час гасіння пожежі;  
визначити межі зон загазованості;  
установити розмір та форму пожежі;  
визначити загрозу вибуху горючих газів;  
уточнити місця розташування засувки для перекриття трубопроводів;  
встановити контроль за концентрацією газоповітряних сумішей;  
організувати в межах зони загазованості знеструмлення ліній електропередачі, припинення руху автомобільного та залізничного транспорту;  
визначити тактичні прийоми гасіння пожеж за властивостями речовин;  
визначити необхідну кількість сил і засобів для проведення оперативних дій на пожежі;

організувати знеструмлення об'єкта, відключення його від газопостачання та інші заходи;

Гасіння газу необхідно здійснювати якщо є можливість припинення його витоку одразу після припинення горіння.

У разі виникнення зони з вибухонебезпечною концентрацією необхідно виконувати розсіювання розпилених водяних струменів.

У разі загрози вибуху ферментатора (газгольдера) необхідно зменшити концентрацію газу, вжити інтенсивне охолодження ферментатора для зменшення тиску у ньому. Під час гасіння пожежі застосовувати:

*компактні водяні струмені для:*

гасіння струменевих факелів;

охолодження в зоні пожежі технологічного обладнання, ємностей, трубопроводів;

теплового захисту (охолодження) будинків, споруд, несучих конструкцій технологічних установок, що розміщені поза зоною пожежі на відстані 15 – 30 м від фронту полум'я залежно від параметрів витоків і розливів.

розпилені водяні струмені для:

теплового захисту (охолодження) аварійних і сусідніх із ними технологічних установок, комунікацій, ємностей, трубопроводів;

створення водяних завіс для обмеження руху хмари та її осадження;

створення водяних екранів для захисту особового складу.

Підрозділи, що залучаються до гасіння, повинені знати оперативно - тактичні особливості об'єкту. Враховуючи особливості розміщення таких об'єктів та їх конструктивні відмінності ефективним буде застосування сучасних технологій проведення розвідки пожежі та гасіння пожежі з використанням портативних газоаналізаторів, тепловізорів та безпілотних літальних апаратів.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Тверді побутові відходи в Україні: потенціал розвитку сценарії розвитку галузі поводження з твердими побутовими відходами. Підсумковий звіт. URL: <http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/0a7bb98c-9501-48f9-82c3>

2. Сайт державної служби статистики в Україні. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>

3. Офіційний сайт Енергетика України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.uaenergy.com.ua/index.php/2019/09/musornyiy-gaz/>

4. Findeisen C. Biogas – trends on the German and the international market / German Biogas Association. 2019. URL: [https://www.eclareon.com/sites/default/files/clemens\\_findei-sen\\_-\\_biogas\\_-\\_trends\\_on\\_the\\_german\\_and\\_international\\_market.pdf](https://www.eclareon.com/sites/default/files/clemens_findei-sen_-_biogas_-_trends_on_the_german_and_international_market.pdf).

5. BioEnergy Farm 2017. URL: <http://www.bioenergyfarm.eu/en>

6. Эдер Б., Шульц Х., Биогазовые установки: Практическое пособие. 2006. URL: [http://zorgbiogas.ru/upload/pdf/Biogas\\_plants\\_Practics.pdf](http://zorgbiogas.ru/upload/pdf/Biogas_plants_Practics.pdf)

7. Хажмурадов М.А. Установка та технологія по утилізації біогазу. Наука та інновації. 2006. № 4. С. 19.

8. Findeisen C. Biogas – trends on the German and the international market / German Biogas Association. 2019. URL: [https://www.eclareon.com/sites/default/files/clemens\\_findei-sen\\_-\\_biogas\\_-\\_trends\\_on\\_the\\_german\\_and\\_international\\_market.pdf](https://www.eclareon.com/sites/default/files/clemens_findei-sen_-_biogas_-_trends_on_the_german_and_international_market.pdf)

## РОЛЬ ЦЕНТРІВ БЕЗПЕКИ У МОДЕЛЮВАННІ ТА ПРОГНОЗУВАННІ ЗАТОПЛЕНЬ НА ТЕРИТОРІЇ ОБ'ЄДНАНИХ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД

*А. ГАВРИСЬ, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри цивільного захисту*

*О. ПЕКАРСЬКА, викладач кафедри цивільного захисту*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Центри безпеки є ключовим елементом забезпечення громадського порядку та захисту населення від надзвичайних ситуацій. Основна мета їхнього створення — забезпечити доступність публічних послуг для територіальних громад, особливо у сфері цивільного захисту та пожежної безпеки. Окрім цього, центри безпеки відіграють важливу роль у профілактичній роботі, що спрямована на підвищення культури безпеки серед населення та підготовку до можливих загроз [1].

На сьогодні центри безпеки є рекомендованими до створення, однак обов'язкове їх впровадження у всіх об'єднаних територіальних громадах дозволить забезпечити більш комплексний підхід до управління ризиками. Особливо це актуальне питання для гірських регіонів України, які періодично стикаються із проблемою затоплень, що можуть мати руйнівні наслідки для громад. Літні паводки в цих регіонах відбуваються кожні 3-4 роки, а інтенсивні повені кожні 11-19 років. Хоч теоретично прогнозувати паводки можна з точністю до 75-90%, на практиці реальний рівень передбачення становить лише близько 30% [2]. Це свідчить про значну різницю між можливостями сучасних методів моделювання та їхнім реальним використанням. Для кращого розуміння масштабів проблеми, необхідно розглянути статистичні дані затоплень у Львівській області за останні роки.

У 2020 році повені завдали значної шкоди західним областям України, а саме: у Львівській області було затоплено кілька сотень населених пунктів і тисячі будинків пошкоджено; в Івано-Франківській області, яка постраждала найбільше, загинуло п'ять осіб, а більше тисячі людей залишилося без даху над головою [3].

Найбільш вразливими районами Львівської області є південні. Наприклад, у 2020 році було зафіксовано чотири випадки затоплень, які найбільше вплинули на такі населені пункти як: Новий Калинів, Бабино, Головецьке, Луки, та інші.

Такі громади, як Турка, Жидачів, і Хирів, також регулярно піддаються затопленням через природні фактори (2008, 2013, 2019, 2020). Повторюваність цих подій у різні роки підтверджує потребу у впровадженні більш ефективних механізмів прогнозування та управління ризиками.

З огляду на це, до штату центрів безпеки доцільно включити фахівців, які зможуть прогнозувати та моделювати затоплення за допомогою сучасних програмних засобів, таких як ArcGIS. Що дозволить завчасно оцінити ризики, вжити превентивних заходів і значно мінімізувати потенційні втрати.

Програмне забезпечення ArcGIS може стати ефективним інструментом для прогнозування затоплень та планування управлінських заходів щодо мінімізації їхніх наслідків. Воно дозволяє створювати точні моделі паводків на територіях, схильних до затоплень, візуалізувати дані на карті, ідентифікувати потенційні зони ризику та розробляти рекомендації для запобігання критичним наслідкам. Інтеграція статистичних даних із програмою ArcGIS забезпечує можливість підвищення точності прогнозування паводків, що значно сприятиме зменшенню негативних наслідків і підвищенню ефективності управлінських рішень [4].

Таким чином, залучення фахівців із моделювання та прогнозування затоплень до центрів безпеки ОТГ та використання сучасних інструментів для аналізу, зокрема



програмного забезпечення ArcGIS, є необхідним кроком для своєчасного реагування на загрози затоплень і зменшення їх впливу на населені пункти. Це сприятиме підвищенню рівня захисту населення та забезпеченню сталого розвитку територіальних громад.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Альошкін С., Балло Я., Вівдич А. та інш. Рекомендації щодо створення Центрів безпеки громадян: Інформаційний посібник. 2018.
2. Шарко А., Пекарська О. Управління ризиками повеней в умовах децентралізації влади. *Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності*: Зб. наук. праць Міжнародної науково-практичної конференції (м.Львів 2024 р.). С. 92-94
3. Пекарська О., Гаврись А. Проблема формування безпечного середовища для життєдіяльності населення територіальних громад. *Актуальні питання забезпечення безпекового середовища в Україні*: зб. тез наук. доп. Всеукр. наук.-практ. конф. (Київ, 19 квітн. 2024 р.) [Електронне видання] / упоряд.: М.Г. Вербенський, В.О. Рядінська, А.І. Хальота, В.А. Мацько. Київ : ДНДІ МВС України, 2024. 415 с. – 93 ст.
4. В.Б. Мокін, Б. І Мокін, М. Я. Бабич та інш. Система підтримки прийняття управлінських рішень керівниками водогосподарських організацій для басейну річки Дністер з використанням геоінформаційних технологій. під ред. В. Б. Мокіна. — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. — 252 с.

**УДК 004.67**

#### **ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНОГО СУПРОВОДУ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ НАФТОПРОДУКТІВ**

*Сергій ГОНЧАР*

*Ігор НОЖКО, канд. пед. наук*

*А. СУЛЕЙМАНОВ*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

GPS моніторинг транспорту – це система контролю розташування, маршруту слідування, місць та тривалості зупинок, швидкісного режиму, а також інших параметрів машини. Вона функціонує в режимі реального часу і складається з двох основних компонентів – онлайн-трекера та програмного забезпечення. Трекер визначає координати транспортного засобу за допомогою супутників та передає дані на спеціальний сервер. Програмне забезпечення обробляє та аналізує отриману інформацію про положення та стан автомобіля.

*Супутниковий моніторинг транспорту являє собою програмно-апаратний комплекс, що складається з трьох основних елементів:*

1. GPS GSM трекер – основа системи управління транспортом GPS;
2. Сервер збирання даних;
3. Клієнтське програмне забезпечення (особистий кабінет або безпосередньо сама система транспортного контролю).

В основі системи GPS стеження є принцип прийому-передачі даних який полягає в аналізі просторових і часових координат транспортного засобу. Для цього використовується gps gsm трекер, встановлений на автомобілі. З його допомогою інформація збирається і передається на сервер системи моніторингу для подальшої обробки.

Існує два варіанти моніторингу:

- онлайн — з дистанційним передаванням координатної інформації;
- оффлайн — інформація зчитується по прибутті на диспетчерський пункт.

На транспортному засобі необхідно встановити мобільний модуль, що складається з приймача супутникових сигналів та модулів зберігання і передавання даних координат. Програмне забезпечення мобільного модуля отримує координатні дані від приймача сигналів, записує їх у модуль зберігання і по можливості передає за допомогою модуля передачі.

Модуль передачі дозволяє передавати дані, використовуючи бездротові мережі операторів мобільного зв'язку. Отримані дані аналізуються і видаються користувачу в текстовому вигляді, графічному або з використанням картографічної інформації.

В оффлайн варіанті відсутня необхідність дистанційного передавання даних. Це дозволяє використовувати дешевші мобільні модулі і відмовитися від послуг операторів мобільного зв'язку.

Мобільний модуль можна побудувати на основі приймачів супутникового сигналу, що працюють у стандартах NAVSTAR GPS.

Пристрій для збору і передачі даних, є ключовим елементом, на якому заснована будь-яка система GPS моніторингу і називається GPS-трекером.

Принцип роботи GPS-трекера заснований на зборі даних про місцезнаходження об'єкта, його швидкості, стані підключених до нього датчиків. Зібрана інформація передається через мобільний інтернет на сервер GPS моніторингу для подальшої обробки та відображення її в особистому кабінеті.

Технологічними особливостями трекера є його універсальність. Gps трекер стеження може бути оснащений:

- вбудованою GSM антеною;
- за необхідності дистанційною GPS-антеною;
- універсальними портами для підключення додаткового обладнання (датчик управління паливом, датчик температури, запалювання, відкриття/закриття дверей, ідентифікація водія).

Унікальною особливістю GPS-трекера є його *прошивка* – це спеціально розроблене програмне забезпечення, за допомогою якого дані обробляються і передаються на сервер. Його основною відмінністю є можливість передачі даних у два потоки. Один з каналів використовується для передачі інформації про останні зміни координат, швидкості, підключених датчиків (датчик управління паливом, датчик запалювання) і зміни вхідних даних з них. Другий потік обробляє необроблену інформацію за допомогою спеціалізованих фільтрів, позбавляючись від періодично відправленої необхідної інформації.

Ця концепція GPS-трекера дозволяє досягти:

- найточніших показників пробігу автомобіля;
- правильне графічне відображення маршруту;
- відсутність багатьох неіснуючих зупинок;
- надійний контроль за позиціонуванням автомобіля.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Directive (EU) 2022/1999 of the European Parliament and of the Council of 19 October 2022 on uniform procedures for checks on the transport of dangerous goods by road (codification) (Text with EEA relevance) [Електронний ресурс] // The European Parliament. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/en/ALL/?uri=CELEX:32022L1999&qid>.

2. Мельник В. П. Сучасні проблеми транспортування небезпечних речовин та шляхи вирішення / В. П. Мельник // Теорія та практика ліквідації надзвичайних ситуацій : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. — Черкаси : АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2010. — С. 85—87.

3. Freight volume (Road transport), tonne-kilometres [Електронний ресурс] <https://w3.unece.org/SDG/en/Indicator?id=88>. – Назва з екрана. – Дата публікації: – Дата перегляду: 08.11.2021.

## МОДЕЛЮВАННЯ ЗОНИ ЗАДИМЛЮВАНОСТІ В НАЙПРОСТІШОМУ УКРИТТІ

*А. ГРИЩЕНКО, ад'юнкт*

*Юрій ОТРОШ, д-р техн. наук, професор, начальник кафедри пожежної профілактики в населених пунктах*

*Н. РАШКЕВИЧ, PhD, доцент кафедри пожежної профілактики в населених пунктах  
Національний університет цивільного захисту України*

Підвали адміністративних установ, багатоквартирних житлових будинків є одними з найбільш поширених найпростіших укриттів для населення від зовнішніх загроз в умовах воєнного стану. Для забезпечення більш ефективного використання підвальних приміщень як укриттів необхідно враховувати стан конструкцій [1, 2], вентиляцію, засоби протипожежного захисту, можливість виходу. При виникненні пожежі, задимлення є однією з найнебезпечніших загроз, оскільки воно ускладнює евакуацію, знижує видимість, призводить до отруєння продуктами горіння та значно збільшує ймовірність загибелі. Завдяки моделюванню можна заздалегідь передбачити поширення диму в приміщеннях, що дозволяє розробити ефективні плани евакуації та оптимізувати роботу систем димовидалення [3, 4].

Об'єктом дослідження обрано найпростіше укриття, що знаходиться у підвалі адміністративної будівлі [5].

Для моделювання сценаріїв поширення небезпечних чинників пожежі було використано програмне забезпечення PyroSim. За його допомогою можна створити 3D-моделі приміщення, враховувати геометрію будівлі, наявність вентиляційних систем, розташування дверей та вікон, а також властивості матеріалів, що горять [3, 5].

Спочатку був опрацьований сценарій поширення небезпечних чинників пожежі без врахування вентиляції окрім відкритих дверних отворів. Визначено час блокування шляхів евакуації за різними параметрами відповідно до ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення», а саме: видимість, температура, концентрація кисню, діоксиду та оксиду вуглецю. Сценарій характеризується накопиченням диму в приміщенні, що призводить до значного погіршення видимості. Температура в приміщенні зростає через відсутність ефективного розсіювання тепла. Концентрація кисню швидко знижується, а концентрації діоксиду вуглецю та оксиду вуглецю стрімко зростають, створюючи небезпечні умови для перебування людей.

Критичний стан за видимістю для виходу 1 настає через 20 с, для виходу 2 – 108 с, за концентрацією кисню для виходу 1 через 40 с та температурою через 40,7 с, для виходу 2 за обома показниками майже через 600 с.

Також, був опрацьований сценарій поширення небезпечних чинників пожежі з врахування припливної вентиляції через три вентиляційні канали, діаметром 0,3048 м кожний з величиною об'ємного потоку 0,5 м<sup>3</sup>/с (рис. 1).

Критичний стан за видимістю для виходу 1 настає через 38,2 с, для виходу 2 – 127,4 с, за концентрацією кисню для виходу 1 через 52,5 с та температурою через 63,9 с, для виходу 2 за обома показниками майже через 600 с.

В обох сценаріях найшвидше настає критичний стан за видимістю, далі за концентрацією кисню та температурою.

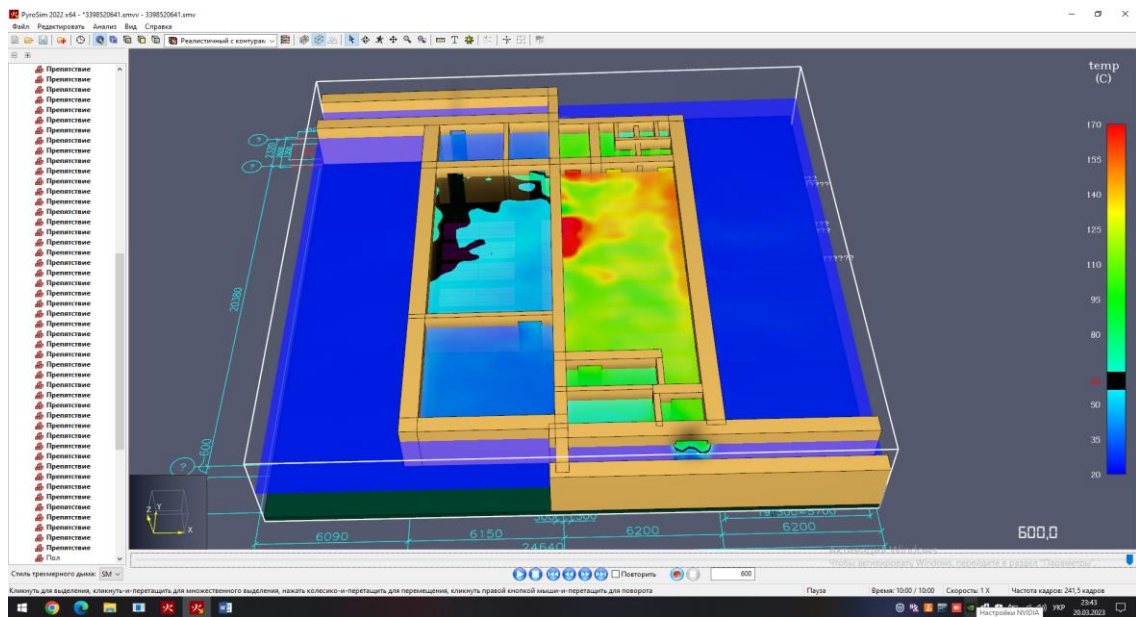


Рисунок 1 – Результати моделювання поширення небезпечних чинників пожежі з врахування припливної вентиляції через три вентиляційні канали

За результатами моделювання, додавання вентиляції сприяє збільшенню часу до блокування шляхів евакуації, оскільки покращується відведення диму та знижується його концентрація в приміщенні. Це дозволяє забезпечити більш безпечні умови для евакуації людей, збільшуючи видимість та зменшуючи ризик отруєння продуктами горіння. Таким чином, ефективна вентиляційна система значно підвищує шанси на успішну евакуацію в разі виникнення пожежі.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Отрош Ю.А., Майборода Р.І., Рашкевич Н.В., Ромін А.В. Дослідження методик розрахунку прогресуючого обвалення. *Механіка та математичні методи: науковий журнал*. Одеса: ОДАБА, 2023. Вип. 2. С. 25–40. <https://doi.org/10.31650/2618-0650-2023-5-2-25-40>
2. Майборода Р.І., Отрош Ю.А., Рашкевич Н.В., Мележик Р.С. Дослідження евакуації маломобільних груп населення з житлових висотних будинків при пожежі. *Комунальне господарство міст*, 2023, том 4, випуск 178. С. 219–231. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-219-231>
3. Олейник О.С., Отрош Ю.А., Рашкевич Н.В., Шаповал С.В. Моделювання можливої зони задимлюваності в зруйнованому укритті. *Комунальне господарство міст*, 2023, том 4, випуск 178. С. 210–218. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-210-218>
4. Рубан А.В., Рашкевич Н.В., Отрош В.Ю. Моделювання евакуації людей при пожежі в програмному забезпеченні Pathfinder. *Modern Technologies for Solving Actual Society's Problems*. Edited by O. Nestorenko and Iryna Ostapolets. Publishing House of University of Technology, Katowice, 2022. С. 412–420.
5. Олейник О.С., Отрош Ю.А., Ромін А.В. Моделювання поширення небезпечних факторів пожежі за допомогою прикладного програмного забезпечення PyroSim. Матеріали круглого столу (вебінару) «Запобігання надзвичайним ситуаціям та їх ліквідація». Харків: НУЦЗУ, 2022. С. 69–70.

## РОЗРОБКА ТА ВАЛІДАЦІЯ МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ РОЗЧИНІВ ПІНОУТВОРЮВАЧА ТА АНТИПІРЕНІВ ЗА ДОПОМОГОЮ КОЛОРИМЕТРІЇ ТА СПЕКТРОФОТОМЕТРІЇ

*Вікторія ДАГІЛЬ, старший викладач кафедри БОП та ОП*

*О. ДАНИК, викладач кафедри ФХОР та ГП*

*Г. КУЧЕР, курсант ФЦЗ*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

**Актуальність проблеми.** Оптичні методи дослідження речовини базуються на здатності цієї речовин утворювати оптичне випромінювання або взаємодіяти з ним. Фотометрія – сукупність оптичних методів і засобів вимірювання фотометричних величин світлового потоку, які дозволяють з високою точністю мати інформацію про склад сировини, про ступінь хімічної переробки, дає можливість впливати та коректувати технологічний процес, що дає значний економічний ефект, знижуючи енергетичні та інші затрати.

**Мета дослідження.** Розглянути суть роботи методів колориметрії та спектрофотометрії на підставі закону світлопоглинання та з використанням фотоколориметра в майбутньому провести дослідження концентрації зразків піноутворювача, та антипірена різних концентрацій.

**Виклад основного матеріалу.** Фотометричні властивості розчиненої речовини характеризуються коефіцієнтом пропускання  $T(\tau)$ , коефіцієнтом відбиття  $R(\rho)$  і коефіцієнтом поглинання  $A(\alpha)$ , сума яких дорівнює 1.

Визначення безрозмірних величин  $T$ ,  $R$  та  $A$  здійснюється за допомогою фотометрів (приладів для вимірювання фотометричних величин) внаслідок реєстрації реакцій приймача оптичного випромінювання на відповідні потоки випромінювання.

Методи аналізу, які базуються на поглинанні енергії світла молекулами речовини складають групу абсорбційних оптичних методів, які в залежності від типу частинок, що поглинають та способу трансформування енергії збудження поділяють на: атомно-абсорбційний аналіз, турбідиметрію, нефелометрію, молекулярний абсорбційний та люмінесцентний аналіз.

Пропонуємо виконати дослідження Розглянемо два вида фотометрії: колориметрія - поглинання поліхроматичного випромінювання видимого діапазону (380-760 нм); та спектрофотометрія - поглинання монохроматичного випромінювання видимого (380-760 нм), УФ (200-380 нм), ближнього ІЧ (0,8-25 мкм) діапазону.

Виконаємо порівняння технічних характеристик вузлів абсорбційних приладів

| №п/п | Вузол                      | Фотоколориметр                  | Спектрофотометр   |
|------|----------------------------|---------------------------------|---|
| 1    | Джерело випромінювання     | Лампа накаливання (400–1100 нм) | лампа накаливання (400–1100 нм)<br>воднева (220–350 нм)<br>дейтерієва (100–350 нм)<br>ртутна (200–400 нм) |
| 2    | Монохроматор (диспергатор) | світлофільтри                   | кварцові призми або дифракційні решітки   |
| 3    | Кювети                     | скляні                          | скляні і кварцові   |

|   |                      |  |
|---|----------------------|--|
| 4 | Перетворювач сигналу | Фотопомножувачі або фотоелементи             |
| 5 | Індикатор сигналу    | шкала в одиницях А або Т, або світлове табло |

**Необхідні прилади і реактиви:**

1. Фотоколориметр або спектрофотометр і кювети з товщиною шара 5 мм.
2. Колби мірні, місткістю 25 мл – 6 шт.
3. Бюретки – 2 шт.
4. Циліндр на 5 мл.
5. Розчин піноутворювача та антипірену.

**Розроблена методика роботи**

1) *Приготування серії стандартних розчинів.* У мірні колби місткістю 25 мл, відміряють з бюретки 1, 2, 3, 4, 5 мл розчину піноутворювача, додають по 1,5 мл розчину роданіду амонію (3 н.) і по 1 мл нітратної кислоти (1:1). Об'єм суміші в кожній колбі доводять до мітки дистильованою водою і ретельно перемішують.

2) *Вибір довжини хвилі.* Оскільки поглинання світла розчином носить вибірковий характер, то при різних довжинах хвиль оптична густина розчину (молярний коефіцієнт поглинання) має різні значення. Тому спочатку вибирають світлофільтр, при якому будуть проводити кількісне визначення. Для цього беруть середній розчин еталонної серії, заливають у кювету до мітки і ставлять її в гніздо фотоколориметра. Як розчин порівняння використовують дистильовану воду, яку заливають в іншу кювету і ставлять в інше гніздо фотоколориметра. Поперемінно включаючи усі світлофільтри, вимірюють для кожного з них значення оптичної густини А. За отриманими даними будують залежність оптичної густини від довжини хвилі. Для проведення кількісного визначення вибирають довжину хвилі, при якій спостерігається максимальне значення оптичної густини.

3) *Побудова градуувального графіка.* На фотоколориметрі виставляють обрану довжину хвилі і при ній вимірюють оптичну густина всіх стандартних розчинів. За отриманими даними будують градуувальний графік у координатах А–С. Для побудови градуувального графіка концентрації розчину можна виразити в мг.

4) *Визначення вмісту концентрації* Контрольний розчин готують так само як і стандартні, вимірюють його оптичну густина і за графіком знаходять відповідну їй концентрацію.

**Висновки.** Розроблена методика дозволяє, використовуючи фотоколориметричний та спектрофотометричний аналіз виконати дослідження концентрації зразків піноутворювача та антипірена. Даний метод є перспективним експрес-методом для встановлення концентрацій відомих сполук у різних за природою розчинах і тому данні дослідження будуть продовжені для отримання результатів.

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Analytical method validation and instrument performance verification / [ed. by Chung Chow Chan et al.]. – John Wiley & Sons, Inc. – 2004. – P. 11–51..
2. Analytical Chemistry: A Modern Approach to Analytical Science/ Ed. by R. Kellner, J.-M. Mermet, M. Otto, M. Valcarcel, H.M. Widmer. – UK: Wiley, 2004.
3. Величко В.В., Масленко С.М., Великонська Н.М. Аналітична хімія: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ.: НМетАУ, 2008. – 91 с.

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБЧИСЛЕНЬ

Владислав ДЕНДАРЕНКО, канд. техн. наук, доцент

В. КОМΠΑН

Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля

Національного університету цивільного захисту України

У сучасному світі цифрові інструменти дедалі частіше використовуються для автоматизації різних процесів, у тому числі й розрахунків. Одним із найзручніших і найпоширеніших інструментів є Google Sheets — онлайн-таблиця, яка дозволяє користувачам працювати з даними в реальному часі, створювати складні розрахунки і автоматизувати процеси обробки інформації. Основною перевагою цього сервісу є можливість використовувати вбудовані функції для швидких та точних обчислень.

#### 1. Переваги використання Google Sheets для автоматизації розрахунків

Google Sheets має ряд переваг, які роблять його ідеальним для автоматизації розрахунків:

- доступність в режимі онлайн: доступ до таблиць можна отримати з будь-якого пристрою, підключеного до інтернету;
- спільна робота: кілька користувачів можуть одночасно редагувати та переглядати дані в одному файлі;
- автоматичне збереження: всі зміни зберігаються автоматично, що мінімізує ризик втрати даних;
- великий набір функцій: Google Sheets має широкий набір вбудованих функцій (математичних, статистичних, логічних, текстових та інших) для роботи з даними.

#### 2. Основні функції для автоматизації розрахунків

Google Sheets пропонує різноманітний набір функцій для роботи з числами, текстом, датами та іншими типами даних. Деякі з них призначені для базових розрахунків, інші — для більш складних операцій. Нижче наведено приклади найпоширеніших функцій для автоматизації розрахунків.

Функція *SUM* використовується для підсумовування значень у діапазоні клітинок. Це одна з найпростіших і найчастіше вживаних функцій.

Приклад використання:

`=SUM(A1:A10)`

У цьому прикладі функція підсумовує значення з клітинок від A1 до A10.

Функція *IF* дозволяє виконувати умовні обчислення. Це надзвичайно корисний інструмент для автоматизації, оскільки дозволяє встановлювати різні результати залежно від виконання певних умов.

Приклад використання:

`=IF(B2>100, "Перевищено", "Нормально")`

У цьому прикладі, якщо значення в клітинці B2 більше 100, то виводиться текст “Перевищено”, інакше — “Нормально”.

Функція *VLOOKUP* (Vertical Lookup) використовується для пошуку значень у вертикальних масивах даних. Вона дозволяє автоматично знаходити потрібну інформацію в таблиці на основі заданих критеріїв.

Приклад використання:

`=VLOOKUP(A2, B1:D10, 2, FALSE)`

У цьому прикладі функція шукає значення з клітинки A2 у діапазоні B1:D10 та повертає значення з другого стовпця цього діапазону. Параметр FALSE вказує на необхідність точної відповідності.

Функція *ARRAYFORMULA* дозволяє виконувати операції над масивами даних, не вказуючи конкретні діапазони для кожної окремої клітинки. Це значно пришвидшує процес обчислень і підходить для автоматизації складних розрахунків.

Приклад використання:

=ARRAYFORMULA(A1:A10 \* B1:B10)

У цьому прикладі всі значення з діапазону A1:A10 будуть помножені на відповідні значення з діапазону B1:B10.

Функція *IMPORTRANGE* дозволяє імпортувати дані з іншої таблиці в Google Sheets. Це корисно для автоматизації процесу збору даних з різних джерел.

Приклад використання:

=IMPORTRANGE("https://docs.google.com/spreadsheets/d/abcd1234", "Лист1!A1:B10")

Ця функція імпортує дані з вказаного діапазону іншого документа Google Sheets.

### **Висновок**

Google Sheets — це потужний інструмент для автоматизації розрахунків, який має велику кількість вбудованих функцій для обробки даних. Використання таких функцій, як *SUM*, *IF*, *VLOOKUP*, *ARRAYFORMULA*, дозволяє значно прискорити обчислювальні процеси та уникнути рутинної роботи. Додатково, можливість використання Google Apps Script розширює межі можливостей Google Sheets і дає змогу автоматизувати навіть складні процеси.

Автоматизація розрахунків не тільки зменшує кількість помилок, але й підвищує ефективність роботи з великими обсягами даних, що є критичним у сучасних умовах сьогодення та аналітики.

### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Пархоменко В.В. Використання електронних таблиць EXCEL в історичних дослідженнях для аналізу бібліографічних даних: "Історія науки і біографістики". 2020, 2: 131-148 с.

**УДК 614.84**

### **МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ТЕПЛОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ПІД ЧАС ГОРІННЯ ЗРІДЖЕНОГО ГАЗУ**

<sup>1</sup>Юрій ДЕНДАРЕНКО, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт

<sup>2</sup>Ю. СЕНЧИХІН, канд. техн. наук, професор, доцент кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт

Олександр БЛАЩУК, старший викладач кафедри автоматичних систем безпеки та електроустановок

<sup>1</sup>Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України

<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України

1. Величину інтенсивності теплового випромінювання  $q$ , кВтм<sup>2</sup>, розраховують за формулою:

$$q = E_t \cdot F_q \cdot \tau, \quad (1)$$



де  $E_t$  – середньоповерхнева густина теплового випромінювання полум'я, кВт/м<sup>2</sup>;  
 $F_q$  – кутовий коефіцієнт опромінення;  
 $\tau$  – коефіцієнт пропускання атмосфери.

2. Значення  $E_t$  приймається на основі експериментальних даних. За їх відсутності допускається приймати величину  $E_t$ , що дорівнює 100 кВт/м<sup>2</sup>.

3. Розраховують ефективний діаметр  $d$ , м, проливу:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}}, \quad (2)$$

де  $F$  – площа проливу, м<sup>2</sup>.

Величину  $F$  визначають, виходячи з топографії місцевості та наявності обвалування. Допускається визначати  $F$  за умов, що 1 л рідини розливається на 0,15 м<sup>2</sup>.

4. Обчислюють висоту полум'я  $H$ , м:

$$H = 42 \cdot d \cdot \left( \frac{m}{\rho_B \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61}, \quad (3)$$

де  $m$  – питома масова швидкість вигорання зрідженого вуглеводневого газу, кг/м<sup>2</sup>/с (допускається за відсутності експериментальних даних приймати 0,1 кг/м<sup>2</sup>/с);

$\rho_B$  – густина повітря зовнішньої середовища, кг/м<sup>3</sup>;

$g = 9,81$  м/с<sup>2</sup> – прискорення вільного падіння.

5. Визначають кутовий коефіцієнт опромінення  $F_q$ :

$$F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2}, \quad (4)$$

$$\text{де } F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{1}{S} \cdot \arctg \left( \frac{h}{\sqrt{S^2 - 1}} \right) - \frac{h}{S} \times \left[ \arctg \left( \frac{\sqrt{S-1}}{\sqrt{S+1}} \right) - \frac{A}{(A^2 - 1)^{1/2}} \cdot \arctg \left( \frac{\sqrt{(A+1) \cdot (S-1)}}{\sqrt{(A-1) \cdot (S+1)}} \right) \right];$$

$$F_H = \frac{1}{\pi} \cdot \left[ \frac{(B-1/S)}{\sqrt{B^2 - 1}} \cdot \arctg \left( \frac{\sqrt{(B+1) \cdot (S-1)}}{\sqrt{(B-1) \cdot (S+1)}} \right) - \frac{(A-1/S)}{\sqrt{A^2 - 1}} \cdot \arctg \left( \frac{\sqrt{(A+1) \cdot (S-1)}}{\sqrt{(A-1) \cdot (S+1)}} \right) \right],$$

де  $A = (h^2 + S^2 + 1) / (2 \cdot S)$ ;

$B = (1 + S^2) / (2 \cdot S)$ ;

$S = 2 \cdot r / d$ ;

$h = 2 \cdot H / d$ .

6. Визначають коефіцієнт пропускання атмосфери:

$$\tau = \exp[-7,0 \cdot 10^{-4} \cdot (r - 0,5 \cdot d)]. \quad (5)$$

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Українська нафтогазова енциклопедія / за загальною редакцією В.С. Іванишина. – Львів : Сполом, 2016. – 603 с.

2. Альтернативні палива: підручник / А. Д. Кустовська, С. В. Іванов, Є. О. Бережний. — К. : НАУ, 2014. — 624 с.

3. Bukowski J.D., Liu Yu.N., LNGDr. Pillarella M.R. et al. Natural gas liquefaction technology for floating lng facilities. // Air Products and Chemicals, Inc. Allentown. – [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.airproducts.com/~media/downloads/white-papers/n/en-naturalgas-liquefaction-tech-for-floating-lng-facilities.pdf>.

## ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ЦІВКИ ВОДИ В СТВОЛІ УСТАНОВКИ ПОЖЕЖОГАСІННЯ ПІД ДІЄЮ УДАРНОЇ ХВИЛІ

*Д. ДУБІНІН, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт*

*Національний університет цивільного захисту України*

З урахуванням запропонованої математичної моделі [1] можна провести чисельне дослідження процесу подрібнення цівки води в стволі установки пожежогасіння під дією ударної хвилі. Ефективність використання технічних засобів пожежогасіння тонкорозпиленою водою розглянута в роботах [2–9].

Так в роботі наведені результати розрахунку дії ударної хвилі та супутнього газового потоку на цівку води в стволі на різний час (рис. 1–3) [1]. Результати відображені у вигляді поверхні фазового переходу рідина/газ у полі статичного тиску газу. Кольорова шкала тиску представлена на рисунках з лівої сторони. На початок дії ударної хвилі на рідину спостерігаємо, що основна частина води розтілася вздовж нижньої поверхні ствола, а частково розбризкана вода практично симетрично розосереджена вздовж осі цівки води. На час 5 мс від початку дії ударної хвилі (рис. 1) спостерігаємо перерозподіл тиску у частині розрахункового простору. На фронті ударної хвилі переміщення води практично не відбувається. В той же час, у супутньому потоці за фронтом хвилі з'являється рух води.

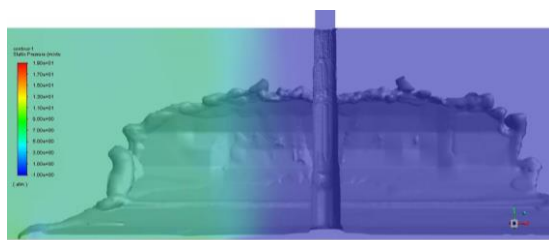


Рисунок 1 – Розподіл рідини у стволі на час 25 мкс від початку дії ударної хвилі [1]

Також маємо, що процес подрібнення води відбувається більш повільно порівняно з процесом розповсюдження ударної хвилі по стволу. Спостерігаємо зміщення рідини під дією газового потоку, що рухається за фронтом ударної хвилі (рис. 2). Крім того, великомасштабні вихорі у газовому потоці зумовлюють відривання води з поверхні ствола, що спостерігається у лівому нижньому куті.

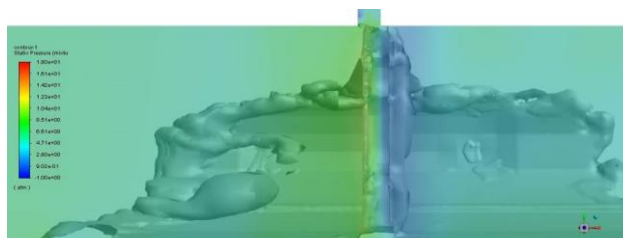


Рисунок 2 – Розподіл рідини у стволі на час 100 мкс від початку дії ударної хвилі [1]

У подальшому маємо прискорення руху рідини під дією газового потоку (рис. 3).

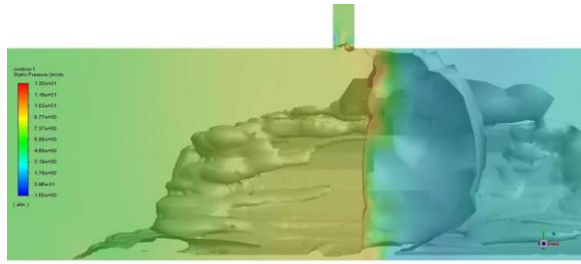


Рисунок 3 – Розподіл рідини у стволі на час 250 мкс від початку дії ударної хвилі [1]

Також відбувається перерозподіл рідини з рухом по всьому перетину ствола. Відривання води від нижньої стінки ствола продовжується.

На час до 0,5 мс від початку дії ударної хвилі на воду у ствола маємо повне переміщення рідини у газовому потоці на праву сторону відносно точки подавання води у ствол. Також спостерігаємо розпилення води, що продовжує подаватись у ствол. При цьому, вода не залишається на стінках ствола, що свідчить про високу якість розпилення води під дією високошвидкісного газового потоку.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Dubinin D., Korytchenko K., Krivoruchko Y., Tryfonov O., Sakun O., Ragimov S., Tryhub V. Numerical studies of the breakup of the water jet by a shock wave in the barrel of the fire extinguishing installation. *Sigurnost*. 2024. 66 (2). P. 139–150.
2. Дубінін Д. П. Дослідження вимог до перспективних засобів пожежогасіння тонкорозпиленою водою. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2021. № 33. С. 15–29.
3. Дубінін Д. П., Лісняк А. А., Шевченко С. М., Криворучко Є. М., Гапоненко Ю. І. Експериментальне дослідження розвитку пожежі в будівлі. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2021. № 34. С. 110–121.
4. Дубінін Д. П., Коритченко К. В., Лісняк А. А. Технічні засоби пожежогасіння дрібнорозпилим водняним струменем. *Проблеми пожежної безпеки*. 2018. № 43. С. 45–53. Дубінін Д. П., Коритченко К. В., Лісняк А. А., Криворучко Є. М. Експериментальне дослідження водяного аерозолі, що створюється установкою пожежогасіння періодично-імпульсної дії. *Проблеми пожежної безпеки*. 2020. № 47. С. 29–34.
5. Дубінін Д. П., Коритченко К. В., Лісняк А. А., Криворучко Є. М., Белоусов І. О. Експериментальне дослідження подавання водяного аерозолі через трубопровід. *Проблеми пожежної безпеки*. 2020. № 48. С. 45–52. URL:
6. Дубінін Д.П., Коритченко К.В., Лісняк А.А., Криворучко Є.М. Тенденції розвитку імпульсних вогнегасних систем для гасіння пожеж дрібнорозпилим водняним струменем. *Проблеми пожежної безпеки*. 2019. № 45. С. 41–47.
7. Дубінін Д. П., Коритченко К. В., Криворучко Є. М., Думчикова Д. М. Експериментальне дослідження методу гасіння пожежі водняним аерозолем у приміщеннях складної конфігурації. *Проблеми пожежної безпеки*. 2019. № 46. С. 47–53.
8. Dubinin D., Korytchenko K., Lisnyak A., Hrytsyna I., Trigub V. Improving the installation for fire extinguishing with finely-dispersed water. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. 2/10 (92). P. 8–43.
9. Дубінін Д. П., Коритченко К. В., Криворучко Є. М., Рагімов С. Ю., Тригуб В. В. Особливості процесу заповнення водою ствола установки пожежогасіння періодично-імпульсної дії. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2023. № 38. С. 69–79.

**МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТА З СУПЕРПАРАМАГНІТНИМИ ЧАСТКАМИ ПРИ СИЛЬНОМУ МАГНІТНОМУ ПОЛІ**

*В. ДУРЕЄВ, кандидат технічних наук, доцент, ст. викладач*

*О. ПІДКОПАЙ*

*Національний університет цивільного захисту України*

Серед номенклатури принципів дій теплових СП, що застосовуються в Україні, дуже часто застосовуються сповіщувачі з герконовим чутливим елементом, з реалізацією залежності магнітної індукції від температури (СПТМ-70). Розрахунковою схемою можна вважати рис. 1.

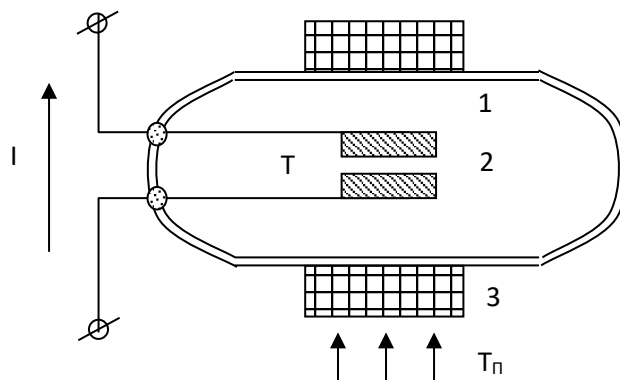


Рисунок 1 – Розрахункова схема теплового СП:  
1 – геркон; 2 – феритові контакти; 3 – кільцевий постійний магніт

Залежність намагніченості від зовнішнього магнітного поля і температури для матеріалів, що складаються з суперпарамагнітних часток, при сильному магнітному полі:

$$M_{\text{сильн}} = nm \left( 1 - \frac{k_B T}{mH} \right); \quad (1)$$

де  $n$  – кількість суперпарамагнітних часток в одиниці об'єму матеріалу контакту;  $m$  – магнітний момент, Ам<sup>2</sup>;  $H$  – зовнішнє магнітне поле, А/м.

Для переходу до лінійної форми, в рівнянні (1) дорівнюємо диференціал лівої та правої частини:

$$\frac{dM_{\text{сильн}}}{dT} = k_{\text{сильн}}; \quad k_{\text{сильн}} = -\frac{nk_B}{H}; \quad (2)$$

Тепло, що передане та поглинене магнітноконтактним герконом

$$C \cdot m \cdot d \frac{dT}{d\tau} + \alpha F dT = \alpha F dT_{\text{п}}, \quad (3)$$

де  $m$  – маса контактів, кг;  $C$  – теплоємність матеріалу контактів, Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>;  $\tau$  – час, сек;  $T$  – температура контактів, К;  $F$  – площа поверхні контактів, м<sup>2</sup>;  $\alpha$  – коефіцієнт конвекційного теплообміну, Вт·м<sup>-2</sup>·К<sup>-1</sup>;  $T_{\text{п}}$  – температура навколишнього повітря, К.

Для отримання математичних та розрахункових залежностей параметрів роботи магнітноконтактного сповіщувача, підставимо рівняння залежності намагніченості (2) в формулу балансу тепла (3).

$$C \cdot m \cdot \frac{1}{k_{\text{сильн}}} \cdot \frac{d}{d\tau} \Delta M_{\text{сильн}} + \alpha \cdot F \cdot \frac{1}{k_{\text{сильн}}} \cdot \Delta M_{\text{сильн}} = \alpha \cdot F \cdot \Delta T_{\text{п}}; \quad (4)$$

$$T_{\text{СИЛЬН}} \frac{\dot{m}_{\text{СИЛЬН}}}{m_{\text{СИЛЬН}}} + \overline{m_{\text{СИЛЬН}}} = K_{\text{СИЛЬН}} \overline{t_{\text{П}}}; \quad (5)$$

$$T_{\text{СИЛЬН}} = \frac{C \cdot m}{\alpha \cdot F}; \quad K_{\text{СИЛЬН}} = k_{\text{СИЛЬН}} \cdot \frac{T_{\text{ПО}}}{M_{\text{СИЛЬНО}}}, \quad (6)$$

де  $M_{\text{СИЛЬНО}}$  – намагніченість суперпарамагнітних часток при сильному магнітному полі у вихідній точці, А/м;  $T_{\text{СИЛЬН}}$  – інерційність, с;  $K_{\text{СИЛЬН}}$  – коефіцієнт посилення.

Отже, отримані рівняння (4÷6) динаміки магнітноконтального сповіщувача у відносних змінних для контактів з суперпарамагнітних часток при сильному магнітному полі. Рівняння динаміки являють собою стандартну інерційну ланку та зручні для дослідження роботи і визначення динамічних параметрів магнітноконтального сповіщувача. В рівняннях ураховуються: кількість суперпарамагнітних часток в одиниці об'єму матеріалу контакту  $n$ , магнітний момент матеріалу контакту  $m$ , зовнішнє магнітне поле, що створюється постійним магнітом  $H$ , постійна Больцмана  $k_B$ , поточна температура  $T$ .

Чисельні значення параметрів спрацювання магнітноконтального сповіщувача відповідають експериментальним даним з відхиленням не більше 5 %.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Abramov Y., Basmanov O., Salamov J., Mikhayluk A. Model of thermal effect of fire within a dike on the oil tank. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2018. Vol. 2. P. 95–100. URL: DOI:10.29202/nvngu/2018-2/12
2. O'Handley R. *Modern Magnetic Materials: Principles and Applications*. John Wiley & Sons. 2000. 786 p. DOI: 10.1109/MEI.2005.1490004
3. Carter, C. B. *Ceramic Materials: Science and Engineering*. Springer. 2007. 716 p. DOI: 10.1007/978-0-387-46271-4
4. Mahmoudi M. Temperature and frequency dependence of electromagnetic properties of sintering Li-Zn ferrites with nano SiO<sub>2</sub> additivet] / M. Mahmoudi, M. Kavanlouei // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2015. – Vol. 384. – P. 276–283. doi: 10.1016/j.jmmm.2015.02.053

УДК 614.8

#### МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ПОЗИСТОРНОГО ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТА

*В. ДУРЄЄВ, канд. техн. наук, доцент, ст. викладач*

*А. СКРИПНИК*

*Національний університет цивільного захисту України*

В сучасних АСПС можливе застосування теплових сповіщувачів з позисторним чутливим елементом (ЧЕ) (СП Бриз-11). Розрахункова схема такого ЧЕ представлена на рис. 1.

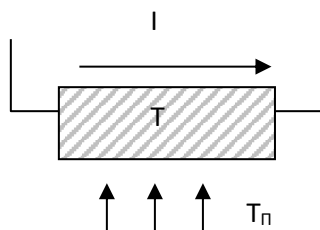


Рисунок 1 – Розрахункова схема позистора

Кількість тепла, передана та поглинена позистором:

$$C \cdot m \cdot d \frac{dT}{d\tau} + \alpha F dT = \alpha F dT_{\Pi}, \quad (1)$$

де  $C$  – теплоємність матеріалу термістора, Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>;  $m$  – маса термістора, кг;  $T$  – температура термістора, К;  $\tau$  – година, сік;  $\alpha$  – коефіцієнт конвекційного теплообміну, Вт·м<sup>-2</sup>·К<sup>-1</sup>;  $F$  – площа поверхні термістора, м<sup>2</sup>;  $T_{\Pi}$  – температура навколишнього повітря, До.

Залежність опору  $R_{\Pi}$  позистора в діапазоні робочих температур:

$$R_{\Pi} = R_{\text{нп}} \cdot e^{A \cdot T}, \quad (2)$$

де  $R_{\text{нп}}$  – номінальний опір позистора, Ом;  $A$  – температурний коефіцієнт опору, К<sup>-1</sup>;  $T$  – потокова температура позистора, С°.

Для переходу до лінійного рівняння динаміки позистора, дорівнюємо диференціали лівої та правої частини рівняння (2):

$$dR_{\Pi} = R_{\text{нп}} \cdot A \cdot e^{A \cdot T} dT. \quad (3)$$

де  $T_0$  – значення температури позистора в вихідній точці, К.

Для визначення рівняння динаміки СП об'єднуємо рівняння теплового балансу та опору в математичній моделі позистора. Підставимо (3) до (1), отримаємо:

$$\frac{C \cdot m}{R_{\text{нп}} \cdot A \cdot e^{A \cdot T_0}} \cdot d \frac{dR_{\Pi}}{d\tau} + \frac{\alpha \cdot F}{R_{\text{нп}} \cdot A \cdot e^{A \cdot T_0}} \cdot dR_{\Pi} = \alpha \cdot F \cdot dT_{\Pi}. \quad (4)$$

Лінеаризуємо рівняння (4) методом повного диференціала і здійснимо перехід до відносних змінних:

$$\frac{C \cdot m}{R_{\text{нп}} \cdot A \cdot e^{A \cdot T_0}} \cdot \dot{\Delta R}_{\Pi} + \frac{\alpha \cdot F}{R_{\text{нп}} \cdot A \cdot e^{A \cdot T_0}} \cdot \Delta R_{\Pi} = \alpha \cdot F \cdot dT_{\Pi}. \quad (5)$$

$$\bar{r} = \frac{\Delta R_{\Pi}}{R_0}; \quad \dot{\bar{r}} = \frac{\dot{\Delta R}_{\Pi}}{R_0}; \quad \bar{t}_{\Pi} = \frac{\Delta T_{\Pi}}{T_{\Pi 0}}, \quad (6)$$

де  $R_0$  – опір позистора у вихідній точці, Ом;  $T_{\Pi 0}$  – температура повітря у вихідній точці, С°.

Рівняння (5) динаміки позистора у відносних змінних має стандартний вигляд:

$$T_{\Pi} \dot{\bar{r}} + \bar{r} = K_{\Pi} \bar{t}_{\Pi}; \quad (7)$$

$$T_{\Pi} = \frac{C \cdot m}{\alpha \cdot F}; \quad K_{\Pi} = R_{\Pi} \cdot A \cdot e^{A \cdot T_0} \frac{T_{\Pi 0}}{R_0}, \quad (8)$$

де  $T_{\Pi}$  – постійна часу позистора, с;  $K_{\Pi}$  – коефіцієнт посилення позистора.

Отримане рівняння динаміки теплового СП з позистором дозволяє проводити параметричні дослідження динамічних параметрів: постійної часу, динамічної температури та часу спрацювання, з урахуванням сукупного впливу властивостей чутливих елементів. Складові, які входять в отримані рівняння, ураховують склад напівпровідникового матеріалу чутливих елементів та їх конструктивне оформлення. Порівняння отриманих результатів розрахунку динамічних параметрів СП Бриз-11 з експериментальними даними показує, що розбіжності не перевищують 5 %.

Отримані рівняння динаміки теплового пожежного сповіщувача з урахуванням сукупного впливу властивостей чутливих елементів. Рівняння являють собою інерційні пропорційні ланки з постійними коефіцієнтами і мають зручну форму для визначення та проведення досліджень динамічних параметрів сповіщувача: інерційності, температури та часу спрацювання при відомій швидкості зростання температури.

Теоретично визначено та експериментально підтверджено, що урахування в отриманому рівнянні динаміки коефіцієнтів які відповідають типу, матеріалу та

конструктивному виконанню чутливого елемента, ураховує більш детальний вплив інерційності на динамічну та статичну температури при відомій швидкості зростання температури спрацювання сповіщувача.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Abramov Y., Basmanov O., Salamov J., Mikhayluk A. Model of thermal effect of fire within a dike on the oil tank. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2018. Vol. 2. P. 95–100. URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85047843885&doi=10.29202%2fnvngu%2f2018-2%2f12&partnerID=40&md5=DOI:10.29202/nvngu/2018-2/12>.

**УДК 378.4:51:614.8:353.6**

### **ЗНАЧЕННЯ МАТЕМАТИКИ У СФЕРІ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ**

*Сергій КАСЯРУМ, канд. пед. наук, доцент, доцент кафедри вищої математики та інформаційних технологій  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України*

Важливим освітнім компонентом в освітньо-професійній підготовці майбутніх фахівців з пожежної безпеки та цивільного захисту є вища математика. Вивчення вказаної дисципліни сприяє формуванню як загальних, так й професійних компетентностей. Проте частіше значення її навчання у закладах вищої освіти, які безпосередньо готують фахівців зі вказаних галузей недооцінюється.

Зазвичай курс вищої математики містить у собі такі складники: елементи лінійної та векторної алгебри, елементи аналітичної геометрії, теорія диференціального числення, інтегрування, ряди та їх застосування, диференціальні рівняння, теорія ймовірностей та елементи математичної статистики.

Зауважимо, що опанування курсантами (студентами) вище перелічених складових курсу вищої математики сприяє не лише інтеграції математичних знань з орієнтацією на практичне їх використання під час вивчення освітніх компонент фахової підготовки, але й розвитку їх логіко-аналітичної компетентності.

Коротко продемонструємо використання математичних знань і математичних методів у сфері пожежної безпеки та цивільного захисту, зокрема використання математичного моделювання.

Сьогодні математика широко використовується для моделювання ситуацій під час надзвичайних ситуацій та ліквідації наслідків катастроф. Математичні розрахунки уможливають спрогнозувати розвиток подій, оцінювати ризики та ефективно планувати дії з мінімізації шкоди. Математичні моделі є незамінними інструментами для фахівців з пожежної безпеки та цивільного захисту, оскільки дають можливість не тільки розраховувати наслідки стихійних лих або техногенних катастроф, але й оптимізувати дії у відповідь. Наприклад, одним з напрямів використання математики є моделювання поширення вогню. Математичні моделі дозволяють спрогнозувати швидкість і напрямок руху полум'я в різних умовах – залежно від типу матеріалів, конструкцій будівель та погодних умов. Застосування диференціальних рівнянь використовуються для розрахунку теплового випромінювання, швидкості поширення пожежі та можливих зон ураження. Так, у дослідженні В. Агранат і В. Пермінова [1] продемонстровано математичну модель поведінки природних пожеж, яка враховує багато факторів таких як то: сушіння, піроліз, спалювання вугілля, турбулентне горіння газоподібних продуктів піролізу, обмін масою, імпульсом і енергією між газом і

твердою фазою, турбулентний потік газу і конвективний, кондуктивний і радіаційний теплообмін тощо.

Окрім вказаного вище, математичні моделі застосовуються для визначення концентрації токсичних речовин у повітрі під час хімічних аварій. Вони дозволяють оцінити масштаби забруднення території, що є критично важливим для планування евакуації населення та вибору заходів захисту.

Моделювання процесу евакуації під час надзвичайних ситуацій є ще однією важливою сферою застосування математичних методів. За допомогою побудови математичних моделей можна розробляти маршрути евакуації, які мінімізують час на переміщення людей до безпечних зон. Такі моделі враховують кількість евакуйованих осіб, ширину проходів, наявність бар'єрів і поведінкові особливості людей в умовах стресу. Прогнозування поведінки натовпу також може бути модифіковане на основі агентних моделей, що дозволяє врахувати різноманітні сценарії поведінки індивідів у натовпі. Це дозволяє оптимізувати евакуацію великих груп людей з місць масового скупчення, таких як стадіони або торгові центри, у разі пожежі або інших катастроф.

У статті «Modelling emergency evacuation from an industrial building under spreading fire using a social force model with fire dynamics» колективу авторів наведено модель динаміки натовпу для екстреної евакуації з промислової будівлі під час поширення пожежі [2]. Презентована дослідниками модель евакуації була реалізована в MATLAB для моделювання людської динаміки під час евакуації з великої одноповерхової будівлі під вогнем з одними дверима. За результатами дослідження зроблено висновок, що на загальний час евакуації впливають такі фактори як то: швидкість поширення вогню, щільність натовпу та ширина виходу. На думку дослідників розроблена ними математична модель може бути використана для моделювання ефективності процесу евакуації з промислової будівлі, і, таким чином, вона може покращити проектування виробництва для підвищення рівня безпеки [2].

Математична статистика та теорія ймовірностей використовуються для прогнозування ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій. Наприклад, при оцінці ризику природних катастроф, таких як землетруси, повені чи шторми, застосовуються статистичні моделі на основі минулих даних. Це дозволяє визначити, наскільки ймовірною є подія, і які зони перебувають у найбільшій небезпеці.

Окрім вказаного, зазначені методи уможливають оцінити ефективність запобіжних заходів і ресурсів, необхідних для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Розрахунки проводяться з урахуванням багатьох змінних, таких як інфраструктурні характеристики регіону, економічні можливості та технічні ресурси.

Зауважимо, що використання таких математичних методів супроводжується обробкою великих масивів даних. На сьогодні для проведення таких складних розрахунків, а також для підвищення точності і результатів прогнозування та виявлення надзвичайних ситуацій (катастроф) використовується штучний інтелект [3].

Математичні методи також широко використовуються для розв'язання проблем, пов'язаних з оптимізацією розподілу ресурсів. Під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, коли час і ресурси обмежені, необхідно забезпечити їх максимальну ефективність. Математичні методи оптимізації допомагають розподілити ресурси – пожежні бригади, медичні засоби, техніку – таким чином, щоб мінімізувати втрати та швидко реагувати на нові загрози. Наприклад, методи лінійного програмування можуть використовуватись для розв'язання задачі розміщення рятувальних загонів або оптимізації шляхів доставки гуманітарної допомоги.

У своєму дослідженні група дослідників вказують на те, що розподіл ресурсів у надзвичайних ситуаціях і маршрутизація транспортних засобів є найважливішими та невіддільними діями реагування в управлінні надзвичайними ситуаціями після катастроф. Зокрема, як вказують автори праці, на операції реагування на катастрофи



суттєво впливає висока невизначеність і неповна динамічна інформація про попит і ризик. З метою розв'язання проблеми дослідники пропонують розроблені ними моделі для багатоперіодного розподілу аварійних ресурсів і проблеми маршрутизації транспортних засобів за неоднозначності попиту [4].

В іншому дослідженні [5] автори презентують модель гуманітарної логістики перед катастрофою, яка оптимізує попереднє розташування центрів розподілу допомоги та зміцнення ділянок доріг, щоб якомога більше постраждалого населення могло ефективно отримати допомогу.

Математичні моделі також застосовуються для прогнозування довгострокових наслідків катастроф, таких як екологічні впливи або економічні втрати. Зокрема, моделі розсіювання шкідливих речовин у ґрунті та воді дозволяють визначити масштаб забруднення й планувати заходи з відновлення екосистем.

З огляду на все зазначене вище, підсумуємо: математичні знання є важливим складником в освітньо-професійній підготовці майбутніх фахівців з пожежної безпеки і цивільного захисту; математична підготовка фахівці є підґрунтям для вивчення багатьох фахових дисциплін; вивчення математики сприяє розвиткові логіко-аналітичної компетентності фахівців, що уможливорює діяти у незвичайних ситуаціях; застосування математичних методів у моделюванні ситуацій під час надзвичайних ситуацій є незамінним інструментом для фахівців з пожежної безпеки та цивільного захисту, зокрема побудова математичних моделей дає можливість швидше й ефективніше реагувати на загрози, мінімізуючи втрати та шкоду.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Agranat V., Perminov V. Mathematical modeling of wildland fire initiation and spread. *Environmental Modelling & Software*, 2020, 125: 104640.
2. Benseghir H., et al. Modelling emergency evacuation from an industrial building under spreading fire using a social force model with fire dynamics. *Materials Today: Proceedings*, 2021, 41: 38-42.
3. Albahri A. S., et al. A systematic review of trustworthy artificial intelligence applications in natural disasters. *Computers and Electrical Engineering*, 2024, 118: 109409.
4. Wang W., et al. Distributionally robust chance-constrained programming for multi-period emergency resource allocation and vehicle routing in disaster response operations. *Omega*, 2023, 120: 102915.
5. Monzón J., Liberatore F., Vitoriano B. A mathematical pre-disaster model with uncertainty and multiple criteria for facility location and network fortification. *Mathematics*, 2020, 8.4: 529.

## МАТЕМАТИЧНЕ ОПИСАННЯ ЛІНІЙ КОНТУРІВ ОБВУГЛЕНОЇ ЗОНИ ДЕРЕВ'ЯНИХ БАЛОК ІЗ ВОГНЕЗАХИСНИМ ОБЛИЦЮВАННЯМ

*Аліна НОВГОРОДЧЕНКО, доктор філософії, викладач кафедри  
В. НОВГОРОДЧЕНКО, викладач кафедри  
С. КРАВЧЕНКО, курсант 2-го курсу,  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України  
Ігор МАЦИК, аспірант кафедри  
Національний університет «Львівська політехніка»*

Сьогодні ефективним засобом забезпечення проєктної вогнестійкості дерев'яних конструкцій слугує застосування вогнезахисного облицювання і мало досліджений такий матеріал, як OSB плити. Актуальність теми в тому, що розроблена математична модель дозволяє спрогнозувати точну геометричну конфігурації необвугленої частини перерізу вогнезахисної балки та визначити її реальну несучу здатність. Мета роботи полягає в дослідженні описання геометричної зони обвуглювання в перерізі дерев'яної балки при наближенні її конфігурації за допомогою ліній Без'є з п'ятьма опорними точками для подальшої оцінки межі вогнестійкості даних конструкцій.

З огляду на припущення, що контур обвугленої зони може бути описаний за допомогою ізотерми із критичною температурою  $\theta_{кр} = 200$  °С, можна відтворити його з використанням певної параметричної кривої. У роботі [1] розвинений метод на основі використання параметричних кривих Без'є, конфігурація яких залежить від координат п'яти ключових точок, розташованих на ізотермі.

Унаслідок застосування розробленого математичної моделі, побудовано контури обвугленої зони для різних дерев'яних балок без вогнезахисту та з вогнезахисним облицюванням різної товщини. В табл. 1 наведений час початку обвуглювання перерізів дерев'яних балок із вогнезахисним облицюванням та без нього. Також були проведені розрахунки для визначення точності результатів, що отримані із застосуванням запропонованої моделі побудови ліній контурів обвугленої зони балок за допомогою ліній Без'є [2, 3].

Таблиця 1

| Ширина шару вогнезахисту, $d$ , мм | Початковий час бічного обвуглювання, $t_{0s}$ , хв | Початковий час торцевого обвуглювання, $t_{0e}$ , хв |
|------------------------------------|--|--|
| 0                                  | 0  | 0  |
| 12                                 | 14   | 13   |
| 24                                 | 30   | 26   |

На рис. 1 наведені контури зони обвуглювання, отримані для дерев'яної балки розміром 100×300 мм без вогнезахисту та з вогнезахисним облицюванням плитами OSB із товщиною 12 мм та 24 мм.

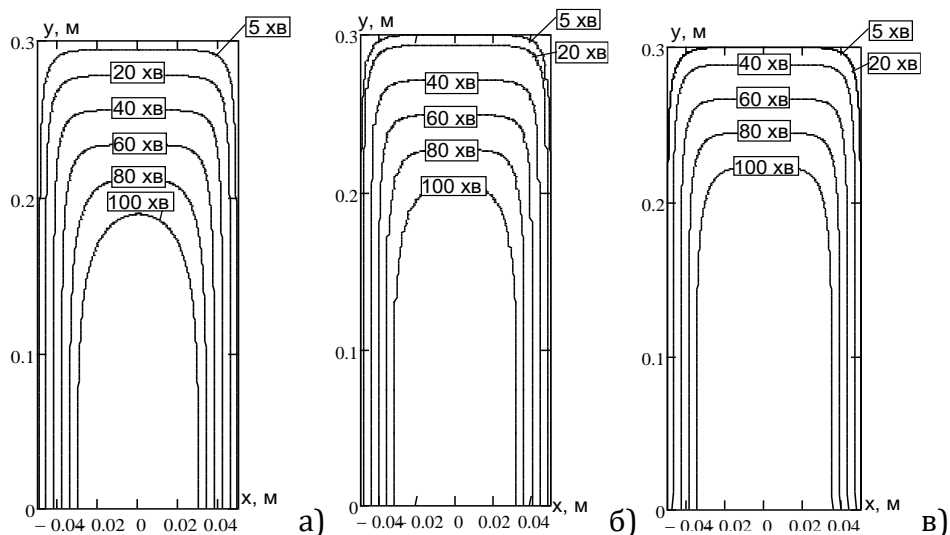


Рисунок 1 – Математична модель лінії контурів зон обуглювання у перерізі дерев'яної балки розміром 100×300 мм без вогнезахисту та з вогнезахисним облицюванням плитами OSB із різною товщиною: а) без вогнезахисту; б) із вогнезахисним облицюванням товщиною 12 мм; в) із вогнезахисним облицюванням товщиною 24 мм

Таким чином, аналітичний опис ліній контуру обугленої зони дозволяє отримати геометричні характеристики перерізів залишеної цілої частини дерев'яних балок певної геометричної конфігурації, з різною товщиною вогнезахисного облицювання, що можна використати для розрахунку міцності відповідних дерев'яних балок. Аналіз побудованих ліній контурів обуглювання у перерізах дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням плитами OSB із різною товщиною та без нього показує ефективність вогнезахисту даного облицювання.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Фещук Ю. Л. Геометрія зони обуглення дерев'яних колон з вогнезахисним облицюванням та без нього в умовах пожежі. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. Київ, 2018. Вип. 1 (5). С. 4–12.
2. Сергій ПОЗДЄЄВ, Ольга НЕКОРА, Микола ЗМАГА, Яна ЗМАГА, Аліна НОВГОРОДЧЕНКО Результати дослідження швидкості обуглювання фрагментів дерев'яних балок з облицюванням двох типів. - Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація №7, 2023. С. 119-130.
3. Сергій Поздєєв, Аліна Новгородченко, Яна Змага, Віталій Новгородченко Дослідження температурних розподілень у перерізах дерев'яних балок із вогнезахисним облицюванням// Том 8 № 1 (2024): Збірник наукових праць Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України «Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація» С. 83-90.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ЧАС ВИБУХУ ГАЗОПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ

*Віталій НУЯНЗІН, канд. техн. наук, доцент*

*Євген КОЦАР*

*Максим НАЛИВАЙКО*

*Дмитро ОРЕЛ*

*Валентин НАЛИВАЙКО*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

При аналізі процесу розповсюдження полум'я в обсязі кінцевих розмірів необхідно виходити із спільного розгляду рівнянь теплопровідності та дифузії [1] з урахуванням тепла, що виділяється, і витрати вихідної речовини в ході хімічної реакції [2]. Фактично, ці рівняння є рівняннями теплового і матеріального балансу системи. Модель поширення полум'я в просторі можна уявити, як деякий виділений елемент простору, в якому знаходиться суміш двох реагуючих газів і продуктів реакції. Зміна тепломістку суміші, що знаходиться в цьому елементі за нескінченно малий інтервал часу викликано наступними причинами: через межі елемента втікає і витікає деяку кількість газу, що вносить в елемент і виносить з нього свій вміст. Ця зміна тепломісту пов'язана, очевидно, із загальним рухом газу (конвективний потік), з молекулярним потоком тепла, пов'язаного з наявністю градієнта температури та концентрації. Далі частина тепла, що проноситься цим потоком, затримується в елементі і йде на зміну його вмісту. У середині елемента виділяється кілька тепла з допомогою хімічної реакції. Аналогічні члени входять у рівняння матеріального балансу виділеного елемента. Зміна концентрації суміші за нескінченно малий інтервал часу пов'язана в цій формулі з конвективним потоком речовини через межі елемента молекулярним потоком, викликаним концентрацією градієнтом, а також протіканням хімічної реакції. З урахуванням цих зауважень рівняння поширення тепла та речовини у векторній формі запишеться у вигляді:

$$C_p \rho \frac{dT}{dt} \operatorname{div}(\lambda \operatorname{grad} T + K_T D C_p \operatorname{grad} C + q_{\text{луч}}) + \Delta H_{\text{хим}}(C, T),$$

$$\rho \frac{dC}{dt} = \operatorname{div}(D \rho \operatorname{grad} C + K_T D \frac{\rho C}{T} \operatorname{grad} T) - W(C, T),$$

Таким чином, розгляд стійкості та коливання реакційної зони у проточній системі з урахуванням неоднорідності температур потребує аналізу рівняння перенесення енергії у приватних похідних. Щоб уникнути цього, у роботі [1] розглядається ідеалізований граничний випадок, який називають реактором ідеального змішування.

Баланс тепла всієї системи моделі ідеального змішування представляється без урахування просторового розподілу температур, таким чином, що середні значення величин, що залежать від температури, замінюються значенням цих величин при середній температурі (за обсягом).

Помилка усереднення, що виникає при такому підході, несуттєво впливає на якісні висновки та стосується лише чисельних множників, значення яких перебувають із стаціонарної теорії поширення фронту полум'я.

На рис. 1 представлено модель реактора ідеального змішування. Концентрація і температура в такому реакторі змінюються як за рахунок реакції та тепловідведення, так і за рахунок надходження тепла з вхідним потоком та винесенням їх з вихідним.

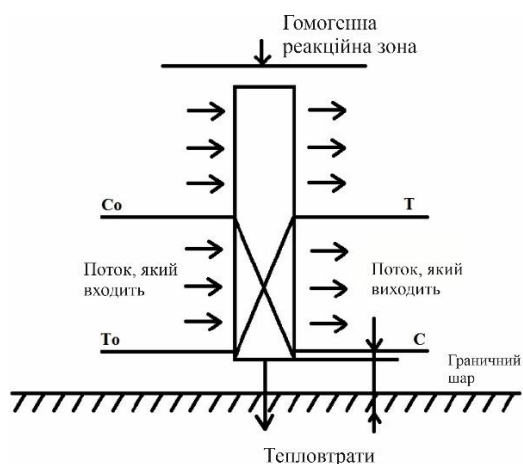


Рисунок 1 – Модель реактора ідеального змішування

На базі вищезгаданої моделі розглядається завдання про зростання тиску вибуху в обмеженому обсязі простору.

Використовуємо встановлені закономірності на прикладі: розгерметизація на газопроводі, що призвела до вибуху. Під час аварії, що супроводжується розгерметизацією газопроводу, починає відбуватися наступне: про те, що відбулося спрацювання арматури, свідчить падіння тиску газу [3]; запірна арматура закривається; газ починає виходити з ділянки газопроводу, який відтягтий арматурою [3].

Високий тиск викликає вихід газу в атмосферу в місцях, де сталося пошкодження. У місцях руйнування землі утворюється воронка. Фізична властивість метану змушує його піднятися в атмосферу. Тут же присутні інші гази, що мають у своєму складі певні суміші, які опускаються і осідають в приземному шарі. У цей же час найбільшу небезпеку становить «хмара вибухонебезпечної суміші», яка утворюється в процесі змішування газів та навколишнього повітря.

Існуючі дані [1] визначають, що близько 80% випадків аварій протікає з реалізацією пожежі, у зв'язку з утворенням іскор в результаті взаємодії частинок газу з металом або твердими частинками ґрунту. Локальне горіння, що протікає, з великою часткою ймовірності зміниться вибухом за допомогою процесу самоприскорення горіння по ландшафту місцевості і в лісозоні.

Отже, під час аварії на газопроводі горіння під час вибуху протікатиме за одним із двох варіантів - дефлаграційним або детонаційним. При прогнозуванні приймається, що процес розвитку відбуватиметься як детонації.

При прогнозуванні наслідків аварії на газопроводі зони детонації та повітряної ударної хвилі приймають з урахуванням напрямку вітру [2]. При цьому вважається, що зона детонації поширюється від газопроводу за вітром на відстань  $2r_0$ . Напряму вітру може викликати зміщення вибухонебезпечної суміші в будь-який бік від газопроводу. Тому, при прогнозуванні, умовно вважається, що зона детонації має дві смуги протягом усього кордону з обох боків газопроводу та має ширину  $2r_0$ . [1]. Уздовж цих смуг, міняючи межу детонації, розташовуються зони, в яких дій є вибухова хвиля. На поверхні землі ці зони виглядають як ділянки смуг протягом усього газопроводу.

Як правило, межі визначаються надлишковим тиском у 50 кПа та радіусом руйнування, яке воно утворює [2].

Всі вищезазначені варіанти, що моделюють вибух сумішей газу у відкритому просторі [2], а також вибух, що виникає при розгерметизації магістрального газопроводу під час аварії, розроблені так, щоб враховувалася їх реалізація за звичайного режиму функціонування об'єкта, тобто за відсутності впливу зовнішніх факторів, основним у тому числі є негативна температура довкілля. Зупинимось детальніше на аваріях газопроводів у цих умовах.

Руйнування газопроводу може статися навіть за незначного відхилення реальних умов експлуатації від тих, що прийняті в проектній документації. Функціонування газопроводів значно ускладнюють низькі температури. Як правило, саме вони підвищують ризик виникнення аварійної ситуації під час контролю лінійної частини та у процесі підтримки технологічних режимів.

Провівши аналіз аварій, встановлено, що основні причини ушкоджень газопроводу за мінусових режимів роботи.

При пошкодженні трубопроводу утворюються уламки, розліт яких є великою небезпекою. Встановлено залежність руйнування газопроводів від виду сталі, що міститься в них. Якщо сталі мають невелику в'язкість, то при аварії утворюються дрібні уламки.

Природний газ у процесі транспортування у зв'язку з тиском, що надається на нього, розширюється, газопровід розривається і шляхом стиснення утворюються повітряні ударні хвилі. У цьому виникають баричні ефекти.

Форма горіння газу безпосередньо пов'язана з наявністю джерела запалювання, що утворюється під час викиду газу. При утворенні джерела запалювання газ має струменеве горіння або пожежа набуває вигляду «колони». З урахуванням відсутності джерела запалення та несприятливих метеорологічних умов (температурна інверсія разом зі штилем) утворюється хмара метану, що складається з вибухонебезпечної газоподібної суміші.

У зарубіжних джерелах [3] неодноразово розглядалися вибухи, що відбуваються на відкритій місцевості, що супроводжуються хмарою ГПП ПГ. У цих роботах передбачалося, що вибух ПГ не становить жодної небезпеки через свою хімічну стабільність, досить низьку щільність і швидкість взаємодії кисню з сумішшю ПГ. Встановлено, що така небезпека все ж таки існує. Несприятливі метеорологічні умови Півночі, що супроводжуються аномально низькими температурами та тривалими штилями, не дозволяють ГВП розсіюватись, викликаючи її велику концентрацію. Тому у випадку, якщо є джерело запалювання, то разом з утворенням небезпечних концентраційних меж виникає висока ймовірність виникнення вибуху.

Для мінімізації втрат та можливості запобігання аварійним ситуаціям розробляються прилади вимірювання вибуху та протікаючих теплофізичних процесів.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Виникнення і розвиток горіння та вибуху. Припинення горіння. : підручник / [Г.І. Єлагін, Є.О. Тищенко, А.Г. Алексєєв, В.М. Нуянзін, А.О. Майборода] – Черкаси: черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля, НУЦЗ України 2020. – 444 с.
2. Єлагін Г. І. Розрахунки і моделювання в теорії пожежовибухонебезпечності // Єлагін Г. І., Алексєєв А. Г., Кришталь М. А. // Навчальний посібник. Черкаси: АПБ, 2013.-147 с.
3. Särdaqvist, S. Water for Manual Fire Suppression / S. Särdaqvist, G. Holmstedt // Journal of Fire PP. 209–231. Vol. 11, No. 4. 2001. Protection Engineering.

**ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ТЕОРІЇ КОРИСНОСТІ  
ПІД ЧАС ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ  
В УМОВАХ ЗАГРОЗИ ТА ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

*С. ПОТЕРЯЙКО, д-р наук з держ. упр., професор, заступник начальника науково-організаційного відділу*

*К. БЕЛІКОВА, д-р наук з держ. упр., професор, старший науковий співробітник науково-організаційного відділу*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Наразі вчені досліджують питання, пов'язані з прогнозуванням виникнення надзвичайних ситуацій (далі – НС) та можливих наслідків, удосконалення процесу прийняття рішень у зазначених умовах [1], [2, с. 172]. Однак, дослідженням щодо визначення конкретних прикладних методів прогнозування та розв'язанню розподільчих задач органами управління під час прийняття рішення на дії у НС присвячено поодинокі роботи, що обґрунтовує актуальність цього дослідження.

Прогнозування можливо визначити основою мистецтва управління, адже успіх в діях сил цивільного захисту багато в чому закладається заздалегідь, ще до того, як вони розпочнуть виконання завдань. Передумовою цього є реалістичний прогноз можливого розвитку НС. Зазначене надасть змогу керівнику органу управління заздалегідь вжити необхідних заходів щодо виявлення ознак НС, запобігання її виникненню та розвитку, унеможливлення настанню непередбачених подій, а у разі її виникнення – вміло використовувати наявні сили та засоби. Прогнозування можливих сценаріїв розвитку НС дозволяє успішно долати труднощі в управлінні підрозділами, обумовлених неповнотою даних про обставини та браком часу, заздалегідь визначити шляхи та способи досягнення мети дій.

З огляду на зазначене виокремлюємо кілька етапів прогнозованої діяльності керівника органу управління, в процесі якої формуються способи дій. На першому етапі прогнозуються можливі зміни обставин в загальних рисах. На другому – конкретизуються загальні припущення щодо розвитку НС, уточнюються можливі способи дій. Нарешті, на третьому етапі зіставляються прогнозовані варіанти розвитку подій, оцінюється ймовірність настання кожного з них, віддається перевага найбільш ймовірному та, виходячи з цього, окреслюються заходи, які слід вжити, задля ефективного виконання завдань. Водночас, за можливістю, використовуються математичні методи та моделі, спеціальні методи прогнозування.

Отже, прогнозування можливо визначити як вищий рівень творчості керівника, під час якого він розробляє можливі сценарії виникнення та розвитку НС, приймає рішення на застосування сил і засобів, складовою якого є їх розподіл за завданнями та районами дій. Рішення на проведення робіт у зоні НС є основою управління, його приймає і реалізує виконання керівник органу управління. Рішення містить певні елементи, зокрема розподіл сил та засобів за завданнями та напрямками дій.

Одним зі способів розв'язання розподільчих задач під час розроблення рішення, на наш погляд, може бути використання математичного методу теорії корисності, сутність якого зводиться до того, щоб на деяку множину елементів  $x_1 \in X$  розподілити певну множину елементів  $y_1 \in Y$ , водночас результат розподілу має бути найбільш ефективним. Слід зазначити, що з погляду методу теорії корисності ці міркування належать до так званих бінарних відношень слабого упорядкування (присутній знак  $\geq$ ), а це цілком відповідає твердженню про вкрай недостатню інформацію про  $X$ . Максимум функції (1) досягається за оцінкою Фішборна:

$$\bar{P}_i = \frac{2(n-i+1)}{n(n+1)} \quad (1)$$

де  $i=1, \dots, n$ ; – доля  $u$ , що відповідає  $i$ -му елементу  $x$ .

Вважаємо, що зазначений спосіб є інваріантним для розв'язання практично будь-яких розподільчих задач. Використовуючи метод теорії корисності, можна показати, що розподілення, яке отримуємо, буде найсприятливішим. Аналіз прикладів використання методу теорії корисності свідчить про те, що зазначений спосіб тим точніше, чим менший ступінь деталізації рішення, що приймається.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Терент'єва А. В. Управління надзвичайними ситуаціями з елементами кризового менеджменту. *Державне управління: удосконалення та розвиток*. Дніпро, 2015. № 9. URL: <http://www.dy.nauka.com.ua/?op=1&z=881> (дата звернення: 22.08.2024).
2. Клименко Н. Г. Роль цивільного захисту у забезпеченні національної безпеки України в сучасних умовах. *Збірник наукових праць Національної академії державного управління при Президентові України*. Київ, 2015. Вип. 2. С. 165–177.

**УДК 624. 042**

### ОЦІНКА СТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ОСНОВІ МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ СИСТЕМИ ҐРУНТ-ФУНДАМЕНТ-БУДІВЛЯ

*Р. ПУРДЕНКО, аспірант*

*Н. РАШКЕВИЧ, PhD, доцент кафедри пожежної профілактики в населених пунктах  
Юрій ОТРОШ, д-р техн. наук, професор, начальник кафедри пожежної профілактики в населених пунктах*

*Національний університет цивільного захисту України*

В умовах воєнного стану особливо важливими постають питання стійкості та надійності будівельних конструкцій, які під час вибухів, обстрілів та пожеж зазнають додаткових силових впливів. Як наслідок, можуть виникати суттєві пошкодження або, навіть, руйнування [1]. В рамках цього питання моделювання взаємодії системи ґрунт-фундамент-будівля стає важливим інструментом для оцінки стійкості будівель і забезпечення їхньої надійності в екстремальних умовах.

Підходи до оцінки стійкості будівельних конструкцій базуються на різних методологіях, що враховують фізико-механічні характеристики ґрунтів, властивості будівельних матеріалів, а також вплив зовнішніх навантажень [2, 3]. Одним із підходів є аналітичний, який використовує математичні моделі та рівняння для опису взаємодії між ґрунтом, фундаментом та будівлею. Цей підхід дозволяє досліджувати прості випадки деформації будівельних конструкцій, основ під дією навантажень, визначати розподіл напружень, оцінювати несучу здатність.

Поширення набув метод кінцевих елементів, який дозволяє моделювати складні взаємодії системи ґрунт-фундамент-будівля з урахуванням неоднорідності ґрунту, геометрії конструкцій та впливу динамічних і теплових навантажень. Результатом є детальні розрахунки для систем різної складності щодо деформацій, напружень та переміщень конструкцій.

Емпіричний підхід базується на використанні даних, отриманих із реальних спостережень, експериментів та випробувань, що часто є складним і дорогим процесом, особливо в умовах воєнного стану або екстремальних впливів.



Імітаційний підхід передбачає створення математичних або комп'ютерних моделей, які відтворюють поведінку реальної системи або процесу. У цьому підході використовується програмне забезпечення для моделювання різних сценаріїв та впливу різних факторів на систему.

У ході досліджень обраний імітаційний підхід. На базі програмного забезпечення «ЛІРА-САПР» розроблена чисельна модель та проведено чисельне моделювання лавиноподібного обвалення чотирьохповерхової стоянки для автомобілів (паркінг) при пожежі (вибуху) з врахуванням особливостей роботи ґрунтів та їх властивостей (рис. 1).

На початковому етапі була побудована тривимірна модель конструкції паркінгу, що включала основні несучі елементи, а також фундамент і ґрунтову основу. Для цього використовувалися точні геометричні параметри конструкції, матеріалів і ґрунтового середовища, які забезпечують точність і адекватність моделі.

Подальшому здійснювався вибір і налаштування фізико-механічних характеристик ґрунтів. Це дозволяє врахувати реальні умови взаємодії системи ґрунт-фундамент-будівля під дією навантажень, спричинених вибухом або пожежею.

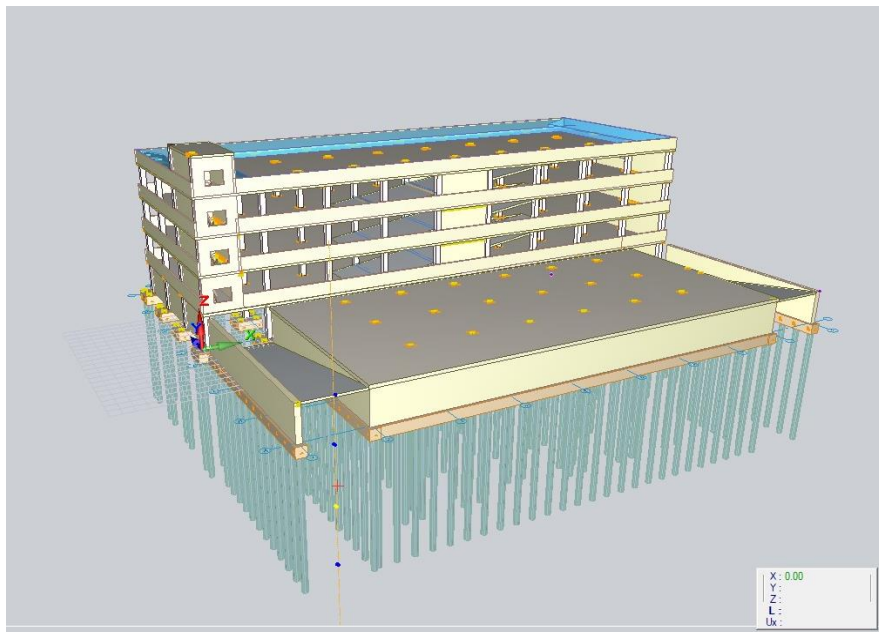


Рисунок 1 – Загальний вигляд моделі чотирьох поверхової стоянки для автомобілів (паркінг)

Наступний етап – моделювання впливу високотемпературних і силових факторів, що виникають під час пожежі або вибуху. У програмному середовищі «ЛІРА-САПР» за допомогою модуля САПФІР 3Д задаються відповідні теплові та динамічні навантаження, які імітують поширення температури та вплив ударної хвилі на конструкцію. Особливу увагу потрібно приділяти моделюванню процесу руйнування окремих елементів конструкції та їх взаємодії між собою, що дозволить відтворити лавиноподібний характер обвалення паркінгу.

Встановлено, що різноманітність ґрунтових умов та особливостей будівель вимагає індивідуального підходу до розробки моделі. Завдяки використанню модуля САПФІР 3Д можна моделювати різні сценарії впливу силових і температурних чинників, а також виявляти потенційно вразливі ділянки конструкції. Це, у свою чергу, сприяє прийняттю обґрунтованих рішень щодо підсилення конструкцій, оптимізації проектних рішень та підвищенню рівня безпеки будівельних об'єктів у складних

умовах експлуатації, особливо в умовах впливу надзвичайних ситуацій чи екстремальних навантажень.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рашкевич Н.В. Аналіз сучасного стану попередження надзвичайних ситуацій на територіях України, які зазнали ракетно-артилерійських уражень. Комунальне господарство міст, 2023. Том 4, випуск 178. С. 232–251.

2. Пурденко Р.Р., Отрош Ю.А., Рашкевич Н.В., Сур'янінов М.Г. Моделювання стійкості та надійності системи ґрунт-фундамент-будівля при дії силових та високотемпературних впливів. Механіка та математичні методи. VI/1/2024. С.36–48.

3. Рашкевич Н.В., Отрош Ю.А. Підходи до забезпечення стійкості будівель на слабких ґрунтах. Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми інженерної механіки» Одеса: ОДАБА, 5-7 червня 2024 року. С. 87–90.

**УДК 614.844**

#### ОСОБЛИВОСТІ ВОДЯНОГО СТРУМЕНЯ НА ВИХОДІ З ПОЖЕЖНОГО СТВОЛА ЧИ НАСАДКИ

*Сергій СТАСЬ, канд. техн. наук, доцент*

*Денис КОЛЕСНИКОВ, канд. техн. наук, доцент*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

Найважливішими елементами систем генерування вогнегасних потоків є пристрої формування струменів – пожежні стволи (або насадки). Керувати струменями за межами пожежних стволів не має можливості. Тому особливу увагу інженерів-конструкторів слід звертати на створення таких пристроїв, які б дозволили найкращим чином забезпечувати отримання потрібних характеристик вогнегасних струменів в зоні вогнища пожежі ще на етапі їх формування у стволах. Визначальними характеристиками пристроїв формування струменів у таких випадках є їх геометричні конструктивні параметри, а також витрата рідини, тиску на вході і виході ствола, вид одержуваного струменя, його дальність, особливості застосовуваних рідин. Зроблена спроба отримання опису для поля швидкостей руху рідини по всій довжині струминоформувального каналу всередині пожежного ствола і за його межами в компактній частині струменя.

На рис. 1. показано картину руху й розпаду струменя відповідно до моделі, запропонованої Леу М. К. та співавт. [1] та уточненої Лю Х. [2].

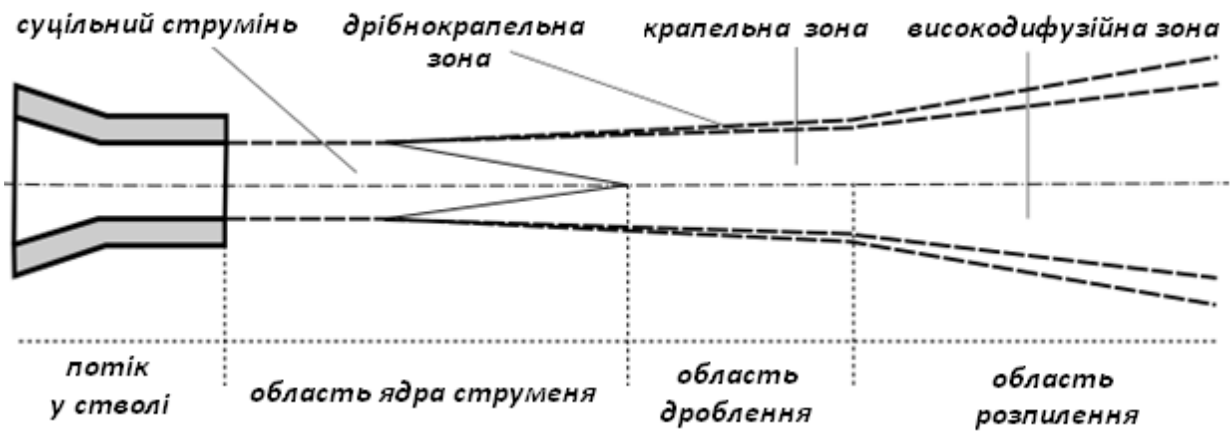


Рисунок 1 – Картина руху й розпаду струменя, сформованого пожежним стволом [3]

За допомогою високошвидкісної камери Лю Х. зі співавт. отримали і проаналізували зображення струменів рідини, сформованих пожежним стволом (монітором) при різних значеннях вихідного тиску [2]. Був проведений кількісний аналіз для струминної течії та проаналізовано чинники, що впливають на розширення струменя (зміна діаметра струменя в залежності від відстані від сопла ствола). Стверджується, що при однаковій відстані від ствола безрозмірне  $D_x d_0^{-1}$  зростає зі збільшенням вихідного тиску (рис. 2), де  $D_x$  – діаметр струменя на відстані  $L_x$  від ствола,  $d_0$  – діаметр вихідного отвору ствола. При постійному тиску і зростанні відстані,  $D_x d_0^{-1}$  спочатку збільшується, а потім зменшується. Причина в тому, що під час витікання води із сопла ствола, через вплив опору повітря, струмінь починає розсіюючись розширюватися. Далі, у міру збільшення відстані зовнішнє розпорошення струменя продовжує збільшуватися, відбираючи частину рідини від основного потоку до тих пір, поки останній не зникне.

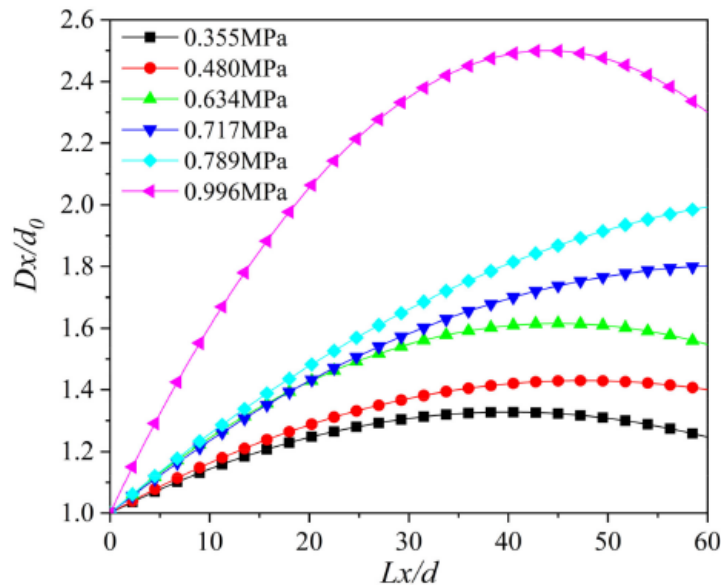
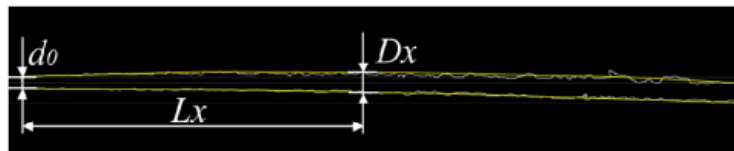


Рисунок 2 – Залежність для діаметра струменя відповідно до відстані від ствола при різних тисках, отримана Лю Х. [2]

Як видно із рис. 2, струмінь, сформований пожежним стволом має суттєві відмінності від струменів, що застосовуються, наприклад для різання матеріалів. Передусім це можна пояснити значно нижчими швидкостями руху й вищими витратами рідини у струменях, що застосовуються для пожежогасіння. Відповідно до цього картина руху рідини у струмені в зоні виходу з пожежного ствола має певні особливості, що можна продемонструвати таким чином. На гідродинамічній початковій ділянці в стволі поперечний переріз ядра епюри швидкостей постійно зменшується по довжині струминоформувального каналу. Далі ядро зникає, що свідчить про стійкий рух рідини. Таким чином, в зоні виходу струменя зі ствола плин рідини залишається стійким.

Довжина гідродинамічної початкової ділянки залежить від діаметра внутрішнього каналу ствола і числа Рейнольдса. Оскільки струмінь на виході зі ствола не має твердих меж, в ньому відбувається перерозподіл швидкостей, що й формує її гідродинамічну початкову ділянку. У струмені з'являється ядро, а по периметру її поперечного перерізу – зона переходу від локальної швидкості до «0» у навколишньому середовищі. За певних умов можна стверджувати про деяку подібність гідродинамічної початкової ділянки у вхідній зоні ствола та на його виході.

Оскільки для створення ефективних вогнегасних струменів на виході стволів, як правило, повинні бути стабілізовані потоки, доцільним вважається використання таких стволів і різних насадок, довжина яких буде перевищувати розмір початкової нестабілізованої ділянки [4,5]. При цьому довжина початкової ділянки  $\Delta L_{\text{пд}}$  перебуває в прямопропорційній залежності від значень числа Рейнольдса  $Re$  й діаметра ствола  $d_0$

$$\Delta L_{\text{пд}} \sim Re \sim d_0 ,$$

$$\Delta L_{\text{пд}} = \text{const } Re \cdot D ,$$

де у випадку каналу із круглим поперечним перерізом внутрішнього каналу пожежного ствола коефіцієнт пропорційності може бути обраний у діапазоні 0,16...0,2.

Зазначені результати можуть бути реалізовані при проектуванні нових та удосконаленні існуючих конструкцій пожежних стволів та насадок [6, 7].

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

5. M. Leu et al., "Mathematical Modeling and Experimental Verification of Stationary Waterjet Cleaning Process," *Journal of Manufacturing Science and Engineering, American Society of Mechanical Engineers (ASME)*, 120 (3), Jan 1998., 571-579. <https://doi.org/10.1115/1.2830161>.

6. X. Liu, J. Wang, B. Li, and W. Li, "Experimental study on jet flow characteristics of fire water monitor," *The Journal of Engineering*, vol. 2019, no. 13, pp. 150-154, 2019. <https://doi.org/10.1049/joe.2018.8950>.

7. Стась С. В. Особливості розподілу швидкості та тиску водяного струменя на виході з пожежного ствола або насадки / С. В. Стась, О. М. Яхно, Е. В. Лаврухін. // 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>.

8. Стась С. В. Врахування стисливості рідини за неусталеної течії в напірних трубопроводах систем пожежогасіння (Taking into account the fluid compressibility at its unsteady flow in pressure pipelines of fire extinguishing systems) / О. М. Яхно, С. В. Стась, Р. М. Гнатів // Вост.-Европ. журн. передових технологій. – 2015. – № 3/7. – С. 38-42, DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.42447>.

9. Стась С. В. Аналіз системи генерування струминних потоків, що застосовуються в пожежогасінні / С. В. Стась // Вісник НТУУ «КПІ». Машинобудування. – 2011. – №63 – С.240-243.

10. Пат. 146639 У України, МПК А62С31/00. Пожежний ствол./ Стась С.В., Колесніков Д. В., Яхно О.М., Луговський О.Ф., Ночніченко І. В.;/ Заяв. 22.05.2020, Опубл. 10.03.2021. Бюл. №10. – 5 с.

11. Стась, С. В. & Колесніков, Д. В. Швидкісні особливості водяного струменя на виході з пожежного ствола. Матеріали науково-технічної конференції «Гідроаеромеханіка в інженерній практиці», (26), 2021. – С. 217-219. <http://conf.pgm.kpi.ua/proc/article/view/240510>.

**УДК 614.841**

#### **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ НАГРІВАННЯ ПОВЕРХНІ OSB ПЛИТИ ДО ТЕМПЕРАТУРИ ЗАЙМАННЯ**

*Ю. ТЕРЛЕЦЬКИЙ, ТОВ «СВІСС КРОНО»*

*О. ПАЗЕН, канд. техн. наук*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Деревина – один із найбільш розповсюджених матеріалів, яка знайшла широке застосування у будівництві. Її також використовують у виробництві деревинно-композитних матеріалів, до яких відносяться OSB плити [1]. Ці плити є продуктом деревного походження – тришаровим композиційним матеріалом, виготовленим з пелюстко-подібної стружки, яка спресована в умовах високого тиску та температури, з використанням в якості в'язучого матеріалу синтетичних смол.

Однак суттєвим недоліком OSB плит, як і решти будівельних матеріалів на основі деревини є горючість. Відомо, що температура займання деревини знаходиться в межах 240...270 °С, температура самозаймання – в межах 350...450 °С [1]. Тому в даній роботі досліджено процес нагрівання OSB плит до температури займання внаслідок впливу пожежі.

Задля визначення часу досягнення температури займання проведено математичне моделювання процесу нагрівання OSB плити за умов впливу

стандартного температурного режиму пожежі. Для проведення цього дослідження було використано математичну модель процесу теплообміну, яка включає в себе диференціальне рівняння теплопровідності:

$$c\rho \frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial t}{\partial x} \right) \quad (1)$$

з крайовими умовами третього роду

$$\begin{cases} \lambda \frac{\partial t(0, \tau)}{\partial \tau} = -\alpha_0 (t_{cm} - t(0, \tau)), \\ \lambda \frac{\partial t(l, \tau)}{\partial \tau} = \alpha_l (t_c - t(l, \tau)), \end{cases} \quad (2)$$

при початковій умові

$$t(x, 0) = 20. \quad (3)$$

Під час математичного моделювання приймалися наступні параметри: питома теплоємність матеріалу  $c = 1700 \frac{Дж}{кг \cdot К}$ , густина  $\rho = 600 \frac{кг}{м^3}$ , коефіцієнт теплопровідності  $\lambda = 0,13 \frac{Вт}{м \cdot К}$ , закон зміни температури середовища пожежі  $t_{cm} = 345 \lg(8\tau + 1) + 20$ , коефіцієнт теплообміну між середовищем пожежі та OSB плитою  $\alpha_0 = 25 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ , температура середовища зі сторони поверхні яка необігривається  $t_c = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ , коефіцієнт теплообміну між OSB плитою та навколишнім середовищем  $\alpha_l = 4 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ , початкова температура становила  $20 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

З розв'язком поставленої задачі (1)-(3) детально можна ознайомитись у [2]. Дослідження проводилось до досягнення поверхнею OSB плити температури  $240 \dots 270 \text{ } ^\circ\text{C}$  для взірців товщиною від 10 мм до 2000 мм. Всього було проведено 22 дослідження. Результати моделювання наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Час досягнення температури займання OSB плити

| Товщина плити, мм  | 10   | 50   | 100  | 200  | 300  | 400  | 500  | 600  | 700  | 800  | 900  |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Час досягнення температури $240 \text{ } ^\circ\text{C}$ , сек | 160  | 160  | 160  | 157  | 145  | 125  | 103  | 84   | 71   | 63   | 56   |
| Час досягнення температури $270 \text{ } ^\circ\text{C}$ , сек | 198  | 198  | 198  | 195  | 185  | 165  | 140  | 117  | 99   | 86   | 77   |
| Товщина плити, мм  | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 |
| Час досягнення температури $240 \text{ } ^\circ\text{C}$ , сек | 52   | 48   | 45   | 43   | 41   | 40   | 38   | 37   | 37   | 36   | 36   |
| Час досягнення температури $270 \text{ } ^\circ\text{C}$ , сек | 70   | 65   | 61   | 58   | 55   | 53   | 52   | 50   | 49   | 48   | 47   |

Аналіз таблиці 1 свідчить про те, що час займання OSB плити буде залежати від її товщини. Якщо час досягнення температури  $240 \dots 270 \text{ } ^\circ\text{C}$  для плити товщиною 10 мм становить  $160 \dots 198$  с, то для плити товщиною 1000 мм цей час складатиме  $52 \dots 70$  с, а для плити товщиною 2000 мм –  $36 \dots 47$  с. Це пояснюється тим, що деревина має відносно низький коефіцієнт теплопровідності  $\lambda = 0,13 \frac{Вт}{м \cdot К}$  і при малих товщинах тепло встигає пройти крізь плиту та розсіятись у навколишньому середовищі. При більшій товщині плити тепло накопичується у конструкції та не встигає швидко проходити крізь плиту, тому процес нагрівання пришвидшується.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сірко З., Цапко О., Торчилевський Д., Цапко Ю., Бондаренко О., Апанасенко В. (2023). Вогнезахист дерев'яних будівельних конструкцій. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 1 (51), с. 241–249. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.51\(1\).241-249](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.51(1).241-249)

2. Тацій Р.М., Пазен О.Ю. (2015) Прямий метод розрахунку нестационарного температурного поля за умов пожежі. *Збірник наукових праць Пожежна безпека*, №26, с. 156-166.

**УДК 614.841**

**АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ДОВІДКОВО-ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ, ПРИДАТНИХ  
ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ БАЗИ ДАНИХ РЕЄСТРУ  
ПАСПОРТІВ РИЗИКІВ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО  
ТА ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРУ В РЕГІОНАХ УКРАЇНИ**

*О. ТЕСЛЕНКО, д-р філософії*

*О. ДОЦЕНКО*

*О. КРИКУН*

*С. ЦИМБАЛІСТИЙ*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Сучасне управління ризиками надзвичайних ситуацій (далі - НС) техногенного та природного характеру передбачає ефективне використання інформаційних технологій для збору, аналізу та збереження даних. Важливою складовою управління ризиками є паспортизація територій з метою оцінки потенційних небезпек та розробки заходів цивільного захисту, особливо в умовах воєнного періоду.

У нашій державі діюча нормативно-правова база у сфері запобігання і реагування на НС техногенного та природного характеру не повністю відповідає сучасним міжнародним вимогам. Такий стан справ вимагає здійснення в Україні невідкладних заходів щодо удосконалення державної політики у сфері запобігання і реагування на НС техногенного та природного характеру, а курс на європейську та євроатлантичну інтеграцію - передбачає міжнародне співробітництво з цих питань.

Згідно з п. 19 статті 171 документу [1] центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері ЦЗ, має здійснювати прогнозування ймовірності виникнення НС та районування території України щодо ризику виникнення НС. Задля цього органи місцевого самоврядування проводять паспортизацію територій своїх громад стосовно ризиків виникнення НС. Керівним документом для проведення паспортизації територій є чинний наказ [2]. Процес паспортизації передбачає складання Паспорта ризику виникнення НС техногенного та природного характеру, форма якого наведена в наказі [2].

Тимчасовий порядок паспортизації територій щодо ризиків виникнення на них НС техногенного та природного характеру визначає єдині вимоги до цього процесу. Його мета - оцінка поточного та прогнозного стану техногенної та природної безпеки регіонів і оперативне використання цієї інформації при плануванні заходів цивільного захисту та реагуванні на НС.

Паспортизація передбачає складання і ведення паспортів ризику виникнення НС техногенного та природного характеру у електронній та паперовій формах. Паспорт ризику є документом, який містить структуровані дані про окрему адміністративно-територіальну одиницю.

Електронна форма паспорта ризику є автоматизованою довідково-інформаційною системою, яка призначена для ведення та редагування узагальненого паспорта та регіональних паспортів ризику виникнення НС. Вона також здатна здійснювати пошук, аналіз інформації, що міститься у паспортах, та генерацію звітів на основі результатів аналізу.

Україна, як країна з високим рівнем ризику виникнення НС, потребує створення ефективної системи збору та обробки інформації про ризики на рівні регіонів. У цьому дослідженні пропонується розглянути використання геоінформаційних систем (далі - ГІС) з метою оцінки ризику виникнення НС техногенного та природного характеру. ГІС надають розширені можливості для аналізу просторових даних та їх взаємозв'язків, що дозволяє отримати більш повну та точну картину розподілу ризиків на території.

Завдяки ГІС можна здійснювати геопросторовий аналіз та моделювання потенційних небезпек, враховувати різноманітні фактори, такі як геологічні особливості, кліматичні умови, розташування критичних інфраструктурних об'єктів тощо. Це дозволяє виявити особливо уразливі території та об'єкти, які можуть бути підвищеною загрозою у разі НС.

Крім того, ГІС дозволяють виконувати прогнозування та моделювання ризиків на основі використання різноманітних алгоритмів та математичних моделей. Це дозволяє оцінити можливі наслідки НС, провести сценарний аналіз та розробити ефективні стратегії запобігання та реагування на небезпеку.

Застосування ГІС також сприяє покращенню візуалізації результатів аналізу, що дозволяє зрозуміти складну просторову інформацію та передати її в зручній формі для прийняття рішень. Завдяки цьому стає можливим розробка ефективних планів цивільного захисту, а також раціональне розподілення ресурсів та координація дій у разі НС.

Таким чином, використання ГІС у даній роботі надає значних можливостей для оцінки ризику виникнення НС, допомагає зрозуміти просторові зв'язки та взаємозв'язки між різними факторами, що сприяє розробці ефективних стратегій управління ризиками та цивільного захисту.

Отже аналізуючи спроможності даного методу аналізу, до його можливостей з оцінювання ризиків територій можна віднести наступне:

- інформаційно-довідкова функція стосовно явищ, які обумовлюють ризик, що полягає у своєчасному наданні достовірної інформації про явища або події та свідчать про наявність ризику, його зростання на об'єктах критичної інфраструктури. Оскільки електронна картографічна інформація постійно оновлюється (здебільшого в мережі Internet) це дає змогу своєчасно виявляти загрози виникнення аварій чи катастроф та виживати заходів для їх нейтралізації.

- функція автоматизованого картографування і обробки техногенно-небезпечних територій чи об'єктів, що полягає у наявності можливості переведення у цифровий формат географічних даних і можливості їх оброблення за допомогою засобів обчислювальної техніки, що суттєво скорочує час отримання даних і їх оброблення.

- функція просторового аналізу і моделювання явищ і процесів, які обумовлюють ризик. Дана функція полягає у можливості використання великої кількості просторових даних для здійснення всебічного аналізу та моделювання процесів, пов'язаних з ризиком НС на об'єктах критичної інфраструктури, включаючи вплив ряду факторів, які обумовлені просторово-часовими змінами території та об'єктів.

- функція моделювання процесів виникнення аварій та катастроф, що дозволяє створювати та використовувати комп'ютерні моделі виникнення аварій та катастроф на об'єктах критичної інфраструктури та дає змогу виявляти масштаби можливих лих і розробляти планові заходи із мінімізації завдання шкоди у разі їх виникнення.

- функція підтримки прийняття рішень стосовно зниження загроз і ризиків, що полягає в можливості з підготовки наочних інформаційно-аналітичних даних та висновків, зроблених на основі моделювання, розрахунків та оцінок відповідальним особам для прийняття рішень.

Зазначені функції тісно пов'язані за вирішуваними задачами. Цей зв'язок суттєвим чином впливає на тенденції розвитку ГІС, як на програмний засіб та середовище користування. До сучасних тенденцій розвитку і застосування геоінформаційних технологій для оцінки ризиків та загроз виникнення НС на об'єктах критичної інфраструктури належать:

- створення і підтримка на основі геоінформаційних технологій численних регіональних інформаційних систем для аналізу і обробки даних щодо природних



небезпек і їх використання для оцінки ризиків та загроз на об'єктах критичної інфраструктури;

- широке впровадження систем оповіщення реального часу на об'єктах критичної інфраструктури і їх поєднання з ГІС;

- моделювання НС на об'єктах критичної інфраструктури і розробка заходів з нейтралізації наслідків;

- планування розвитку інфраструктури територій і регіонів з врахуванням ризиків виникнення НС на об'єктах критичної інфраструктури.

Дані тенденції обумовлені впровадженням та популяризацією геоінформаційних технологій через Інтернет та розвитком можливостей широкого використання їх у сучасних мобільних додатках. Цей прогрес може призвести до появи різноманітних можливостей для залучення населення до оцінки ризиків та загроз, переважно використовуючи їхні інформаційні ресурси на місця, що дозволить значному прискоренню доступу до інформації, її якісному аналізу та наданню результатів для прийняття рішень в реальному часі.

Впровадження цієї системи сприятиме покращенню процесів оцінки та моніторингу ризиків і забезпечить зручний доступ до важливої інформації для служб цивільного захисту та інших учасників управління ризиками та прийняття рішень.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI. Відомості Верховної Ради України (ВВР). 2013.

2. Наказ МНС України № 659 від 24.09.2007 «Про удосконалення паспортизації територій щодо ризиків виникнення НС».

3. Збірник нормативно-правових актів з питань надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру. К-2001 – с. 531.

4. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т. 2. Організація управління в надзвичайних ситуаціях / За загальною редакцією В.М. Антонця.- К.: Купріянова, 2007.- 636 с.

5. Постанова КМУ від 29.03.2001 N 308 „Про Порядок створення і використання матеріальних резервів для запобігання, ліквідації надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру та їх наслідків”.

**УДК 614**

#### **ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ ЗОВНІШНЬОГО ТЕПЛОВИДІЛЕННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ ПОЖЕЖІ У ПРИМІЩЕННІ**

*В. ХРИСТИЧ, канд. техн. наук, доцент, заступник начальника кафедри автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій*

*М. МАЛЯРОВ, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій*

*М. ВАСИЛЕНКО, курсант факультету № 4*

*Національний університет цивільного захисту України*

Для цілей моделювання пожежі загальноприйнятним є швидкість тепловиділення, як вхідний параметр. Такі проекти вимагають використання моделі пожежі для підтвердження зроблених висновків. Базою є швидкість тепловиділення для типового паливного завантаження, що є відомими показниками і зазвичай вимірюються під час випробувань конусним калориметром.

У кількох дослідженнях були спроби визначити швидкість виділення тепла та/або місцезнаходження пожежі за допомогою зворотного моделювання пожежі [1-4]. Ці дослідження в першу чергу були зосереджені на використанні датчиків усередині будівлі та значною мірою засновані на використанні теоретичних кореляцій швидкості та температури.

Модель Девіса-Форні використовує алгоритми стельового струменя для визначення температури та концентрації диму для перетворення аналогових даних від детектора тепла або диму (на стелі). Згідно з цим, основне рівняння, яке пов'язує швидкість конвективного тепловиділення з температурою стельового струменя та радіальною відстанню від вогню, має вигляд [2]:

$$Q_c = 0,172^5 \sqrt{H} \left( \frac{r}{0,18H} \right)^{0,345} \left( \frac{\sqrt[3]{\Delta T_{cj}}}{\sqrt{T_\infty}} \right) 0,172 \quad (1)$$

$Q_c$  – швидкість конвективного тепловиділення;

$H$  – висота стелі над поверхнею пожежі;

$r$  – радіальне відхилення від шлейфової центральної лінії;

$\Delta T_{cj}$  – перевищення температури потоку під стелею;

$T_\infty$  – температура навколишнього середовища.

Використовуючи детектори тепла або диму, розташовані на стелі, можна отримати оцінку температури стельового струменя. При цьому повинна бути відома калібрувальна крива аналогового сигналу, створюваного детектором, залежно від температури/концентрації газу. Використовуючи цю інформацію, можна дати оцінку параметрів пожежі на основі температури або концентрації диму за допомогою використання кореляцій моделювання, що потім використовується як вхідні дані в зональну модель для прогнозування температури верхнього шару, висоти шару та визначення ймовірності поширення та зростання пожежі [3].

Після того, як сталося загоряння, розвиток пожежі в першу чергу обумовлений поширенням полум'я, а саме приміщення мало впливає на цей процес. Після того, як виникло полум'яне горіння, у повітря виділяються продукти горіння ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$ , сажа). Ці продукти згоряння більш гарячі та менш щільні, ніж навколишнє повітря та піднімаються до стелі. В результаті холодніше повітря захоплюється через різницю тисків і змішується з продуктами згоряння. Підйом продуктів згоряння та залучення повітря утворюють вогненний шлейф. Коли вогненний шлейф досягає стелі, гази рухаються по стелі, доки не стикаються зі стіною.

У більшості моделей площа джерела пожежі задається таким чином, щоб максимальна швидкість тепловиділення на одиниці площі джерела пожежі становила  $500 \text{ кВт/м}^2$ . Наприклад, стандарт NFPA92B рекомендує, щоб типовий коефіцієнт тепловиділення на одиницю площі офісів становив  $290 \text{ кВт/м}^2$ . Всі ці значення аналогічні, тому в якості розумної і репрезентативної оцінки було вибрано значення  $500 \text{ кВт/м}^2$ . А масова швидкість горіння є функцією коефіцієнта еквівалентності.

Аналіз даних є важливим етапом у дослідженні інформації та вимагає глибокого розуміння структури та змісту даних. Він допомагає виявити закономірності та тенденції, а також ухвалити обґрунтовані рішення на основі отриманої інформації. Структурування, систематизація даних дозволяє організувати їх таким чином, щоб можна було ефективно працювати з нею та отримувати необхідну для аналізу інформацію.

У ході дослідження було використано та проаналізовано зворотну модель пожежі, де програмний пакет IFM об'єднав селективний алгоритм зі стандартною зональною моделлю у спробі оцінити середній розмір пожежі у квазістаціонарних умовах або у відомий період часу, використовуючи профіль температури верхнього шару, що виходить із відкритих вікон.

У подальшому необхідно провести додатковий практичний аналіз та порівняти із реальним сценарієм пожежі за відомими експериментальними даними та знайти рішення, що радикально скорочує час практичного моделювання для швидкого опрацювання режимів пожежі в реальному часі.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Estimation of fire location and heat release rate by using sequential inverse method. Woei Shyan Lee, Shin Ku Lee. Department of Mechanical Engineering, Research Center for Energy Technology and Strategy, V. 26, № 1-2. 2005. - С. 201-207.
2. Davis, W. and Forney, G. (2001), Sensor-Driven Fire Model Version 1.1 (NISTIR 6705), NIST Interagency/Internal Report (NISTIR), National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, [online] <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.6705>.
3. Berry Dave, Usmani Asif, Torero Jose L, Tate, Austin et. all. FireGrid: Integrated emergency response and fire safety engineering for the future built environment, [online] <https://era.ed.ac.uk/handle/1842/1169>.
4. Signal processing algorithms for fire localization using temperature sensor arrays. Shu Wang, Martin Berentsen, Thomas Kaiser. 2005. [online] <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2005.06.004>.

#### УДК 614

### ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ МАРШРУТІВ ЕВАКУАЦІЇ З ОБ'ЄКТІВ З МАСОВИМ ПЕРЕБУВАННЯМ ЛЮДЕЙ

*В. ХРИСТИЧ, канд. техн. наук, доцент, заступник начальника кафедри автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій*

*М. МАЛЯРОВ, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій*

*Р. ВЕРЕЩАК, курсант факультету пожежної безпеки  
Національний університет цивільного захисту України*

Розуміння евакуації з багатолюдних будівель є серйозною проблемою в науці про пожежну безпеку. Загальний час, необхідний людям для виходу з будівлі, включає час, необхідний їм для того, щоб відреагувати на сигнал тривоги та прийняти рішення про евакуацію, і час, необхідний щоб пройти вибраним ними маршрут виходу. Зміна часу перед переміщенням призводить до суттєвих затримок евакуації, але контрольованих експериментів із цього приводу було мало.

Метою дослідження є отримання даних для перевірки моделювання евакуації та розрахунку часу евакуації шляхом аналізу поведінки евакуйованих з театру, що було досягнуто за допомогою навчань з евакуації під час пожежі з використанням методу вилучення докладних траєкторій евакуації. В роботі ми провели віртуальний експеримент, який досліджує рівень ризику, якому зазнають люди під час евакуації. Результати показали потенціал віртуальних експериментів для безпечного, швидкого та дешевого масштабування процесів, що спричиняють затримки під час евакуації натовпу перед переміщенням. Однією з цілей є перевірка, яка може спричинити краще розуміння ризиків на етапі евакуації перед переміщенням, зокрема, пов'язаного зі збиранням речей. Основну увагу було приділено пересуванню відвідувачів об'єкта з масовим перебуванням людей, саме вибору маршруту і пішохідному потоку, а не поведінці людей на етапі перед переміщенням чи ситуації паніки.

Важливим аспектом практики пожежної безпеки є сприяння швидкій та безпечній евакуації з багатолюдних будівель. Це потребує інфраструктурних рішень, як-от

забезпечення шляхів виходу. Що особливо важливо, він також спирається на розуміння поведінки людини під час евакуації під час пожежі. Наприклад, пожежна сигналізація, знаки виходу тощо повинні бути перевірені на предмет їх працездатності, або навіть ефективності, у попередженні або керівництві евакуйованими [1,2], а також має бути гарантовано безпечне проходження натовпу людей через шляхи евакуації [3, 4].

Щодо методологічних випробувань зі збирання траєкторій руху людей у театральних приміщеннях, в останніх дослідженнях було здійснено спроби комп'ютерного розпізнавання зображень чи інших сучасних технологій. Ямасіта та ін. [5, 6] досліджували розробку методу вимірювання пішохідних потоків під час навчань з евакуації в театрі. Вони оцінили кілька методів, у тому числі сучасні комп'ютерні програми розпізнавання зображень, систему RFID-міток та сканери LIDAR для точного вимірювання швидкості потоку евакуйованих біля дверей або коридорів. В емпіричному дослідженні [7] щодо динаміки пішоходів у не екстреної ситуації, коли глядач проходить через єдиний вихід на стадіоні (стан високої завантаженості), використовувалися стерео-камери для автоматичного виловлення маркерів, які учасники встановили на головах. Внаслідок цих досліджень вдалося отримати мікроскопічні траєкторії пішоходів; однак вони більше зосередилися на фізичній динаміці пішоходів у певній ділянці всієї кімнати, наприклад, на вузьких місцях.

Було зроблено припущення, що  $W_i$  (булева змінна), яка вказує, чи учасник евакуюється і протягом встановленого терміну ( $W_i = 1$ ) чи ні ( $W_i = 0$ ). Тоді, припустимо  $k_i$  позначає кількість дій, зроблених до початку руху учасником ( $k_i \in [0; 10]$ ). У логістичній регресії припускаємося, що  $W$  відповідає біномному розподілу, такому як  $W_i \sim \text{Binom}(1, \mu_i^4)$ . Величина  $\mu_i^4$  пов'язана з лінійним предиктором,  $\alpha_0 + \alpha_1 k_i$ , где  $\alpha_0$  и  $\alpha_1$  – параметри моделі через зворотну функцію логіт-зв'язки, такі що:

$$\mu_i^4 = [1 + \exp(\alpha_0 + \alpha_1 k_i)]^{-1} \quad (1)$$

Власне, ми моделювали можливість евакуації учасників протягом терміну  $P(W_i=1)=\mu_i^4$ , і підганяли стандартну модель до наших даних, використовуючи стандартний підхід максимальної правдоподібності, що має перевірені реалізації. Щоб оцінити, чи має кількість зібраних монет ненульовий вплив на  $P(W_i=1)$ , було виконано тест відношення правдоподібності для нульової гіпотези  $H_0: \alpha_1 = 0$ .

Оскільки залишається багато технічних проблем, пов'язаних із відстеженням великої кількості людей у переповнених, великих не лабораторних приміщеннях, наприклад, таких як театр, ні траєкторії руху евакуйованих, ні детальна поведінка евакуйованих на етапі евакуаційного руху для всього залу ще не отримано та потребує продовження досліджень.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2023 року.- Київ: Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту. ДСНС України, 2023.- 39 с.
2. Rochi E., Nilson D. and etc. A virtual reality experiment on flashing lights at emergency exit portals for road tunnel evacuation. *Fire Technol*, v.52, 2016.- pp. 623–647.
3. Loreglio R., Fozzone A. A mixed logit model for predicting exit choice during building evacuations. *Transp Res Part A* 92, 2016.- pp. 59–75.
4. Zhang J., Seyfied A. Quantification of bottleneck effects for different types of facilities. *Transp Res Proc* 2, 2014.- pp. 51–59.
5. Schacheider A., Klinsch W., and etc. Evacuation dynamics: empirical results, modeling and applications. In: Meyers RA (ed) *Encyclopedia of complexity and systems science* Springer, Heidelberg, 2009.- pp. 3142–3176.
6. Lovregio R., Ronhi E., Nilson D. A model of the decision-making process during pre-evacuation. *Fire Saf J* 78: 2015.- pp. 168–179.
7. Reneke P.A. Evacuation decision model. US Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology. 2013. Електронний ресурс. Доступ:

<http://dx.doi.org/10.6028/NIST.IR.7914>.

8. Gwyne S.M., and etc. Guidance for the model developer on representing human behavior in egress models. Fire Technol 52. 2016.- pp.775–800.

**УДК 351.862.**

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПОЖЕЖІ В ЇДАЛЬНІ ВІЙСЬКОВОГО ЛІЦЕЮ**

*Сергій ЦВІРКУН, канд. техн. наук, доцент*

*Валентин МЕЛЬНИК, канд. техн. наук, доцент*

*Д. ЯЩЕНКО*

*Максим УДОВЕНКО*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

Їдальня — заклад громадського харчування загальнодоступний або для обслуговування певного контингенту споживачів з різноманітним асортиментом страв. Їдальня — місце з масовим перебуванням людей, отже, пожежа загрожуватиме насамперед їхнім життям. Пожежі на підприємствах громадського харчування можуть виникнути як через порушення заходів пожежної безпеки при проектуванні та будівництві виробничої будівлі, так і через недотримання протипожежного режиму, а саме:

- недотримання режимів ведення технологічного процесу при тепловій обробці продуктів;
- пошкодження виробничих ємностей, апаратури і трубопроводів;
- відсутність постійного нагляду за справністю тепло- і газовикористовуючого устаткування;
- несвоєчасне проведення ремонту виробничого обладнання.

Кухня є одним з центральних приміщень у їдальні. Це приміщення, де готують їжу на професійному обладнанні. Обладнати кухню всім необхідним означає не тільки встановити професійні печі для приготування їжі та холодильне обладнання для її зберігання, але й прокласти всі необхідні комунікації, створивши такі умови роботи, які б відповідали усім вимогам пожежної та електробезпеки.

Як показує практика, однією з найбільш розповсюджених причин виникнення пожеж на кухні є займання горючої пило-жирової суміші, яка накопичується в вентиляційних каналах, витяжних системах і системах димовидалення, якими оснащують приміщення.

Провівши попередній аналіз було прийняте рішення провести розрахунки настання небезпечних чинників пожежі в приміщенні з осередком пожежі кухня.

Вихідні дані щодо пожежної навантаги «Їдальня, зал ресторану і т.п.»:

- нижня температура згоряння 13,8 МДж/кг;
- лінійна швидкість розповсюдження полум'я 0,0045 м/с
- питома масова швидкість вигорання 0,015 кг/м<sup>2</sup>с
- димоутворююча здатність 82 Нпм<sup>2</sup>/кг
- споживання кисню 1,437 кг/кг
- виділення вуглекислого газу 1,285 кг/кг
- виділення чадного газу 0,0022 кг/кг
- виділення хлористого водню 0,006 кг/кг

Для визначення небезпечних чинників пожежі був використаний програмний комплекс FDS (Fire Dynamic Simulator). Вибір даного програмного комплексу

обумовлений складною геометрією стелі (покрівлі) об'єкту, що унеможлиблює використання більш простих методик розрахунку небезпечних чинників пожежі.

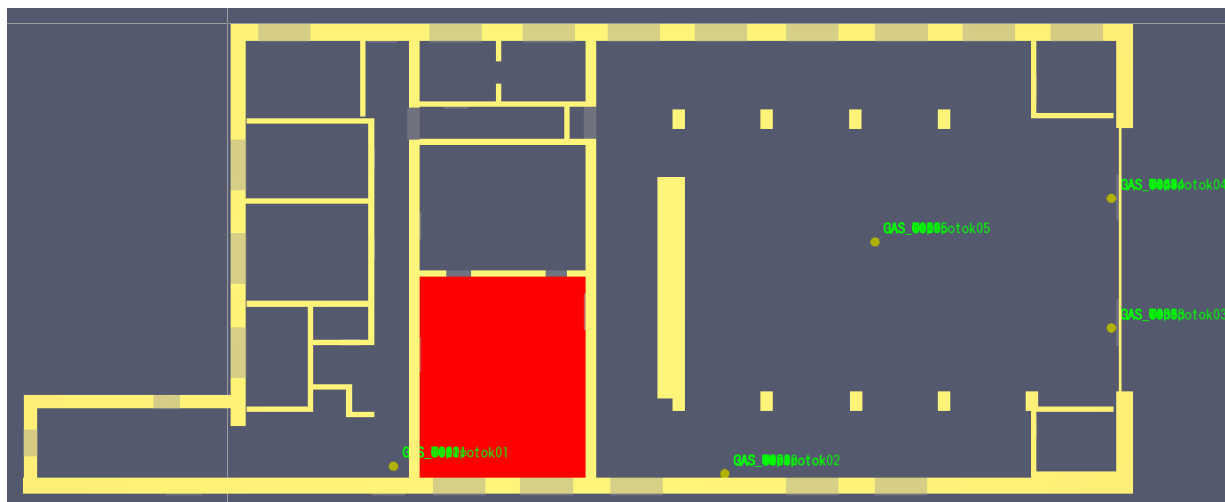


Рисунок 1 – Розташування датчиків, що вимірюють небезпечні чинники пожежі

Таблиця 1 – Час досягнення критичного значення небезпечних чинників пожежі

| Сценарій пожежі/ датчики | Час досягнення небезпечного чиннику пожежі* |                       |           |                                |                        |                  |                |
|--------------------------|---|-----------------------|-----------|--------------------------------|------------------------|------------------|----------------|
|                          | Вміст CO                                    | Вміст CO <sub>2</sub> | Вміст HCl | Занижений вміст O <sub>2</sub> | Підвищення температури | Втрата видимості | Тепловий потік |
| Датчик 1                 | 415   | -                     | 223       | 387                            | 322                    | 154              | -              |
| Датчик 2                 | -   | -                     | 373       | -                              | -                      | 288              | -              |
| Датчик 3                 | 571   | -                     | 317       | -                              | -                      | 225              | -              |
| Датчик 4                 | 544   | -                     | 309       | -                              | -                      | 226              | -              |
| Датчик 5                 | 582   | -                     | 366       | -                              | -                      | 256              | -              |

При отриманні графічних і аналітичних результатів розрахунку полів НЧП місця розташування розрахункових точок брались в місцях найбільш тривалого перебування людей за відповідним сценарієм.

Червоним кольором позначена зона з безпечними умовами перебування з урахуванням параметру «втрата видимості».

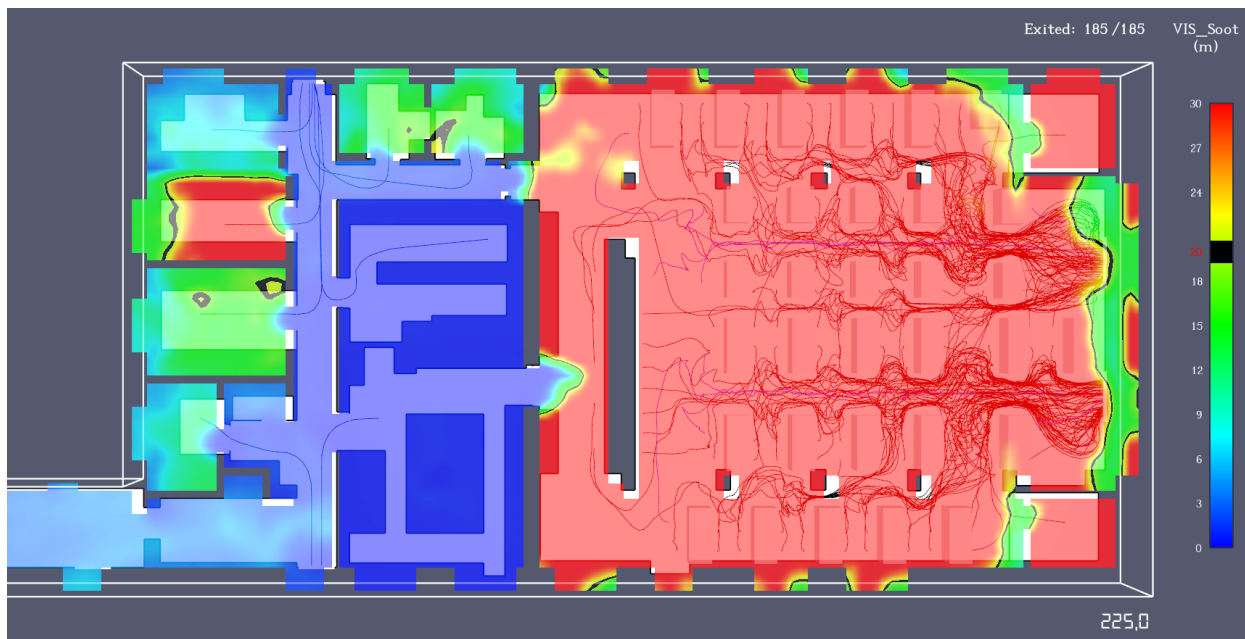


Рисунок 2 – Блокування евакуаційних виходів для персоналу (225 секунди)

За результатами визначення часу настання негативного впливу небезпечних чинників пожежі можна зробити висновки щодо блокування евакуаційних виходів та проведення оптимального розміщення відвідувачів та меблів.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила пожежної безпеки в Україні. Наказ МВС від 30.12.2014 № 1417.
2. ДБН В.2.5-56:2014 "Системи протипожежного захисту". Зі Зміною № 1.
3. ДСТУ 8828:2019 "Пожежна безпека".
4. ДБН В.2.2 40 2018 "Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення".
5. ДБН В.2.2-3:2018 "Заклади освіти"
6. ДБН В.2.2-25:2009 "Підприємства харчування (заклади ресторанного господарства)".

УДК 351.862.

#### РОЗРАХУНОК ЧАСУ ЕВАКУАЦІЇ ПІД ЧАС ПОЖЕЖІ З ЇДАЛЬНІ ВІЙСЬКОВОГО ЛІЦЕЮ

*Сергій ЦВІРКУН, канд. техн. наук, доцент*

*Валентин МЕЛЬНИК, канд. техн. наук, доцент*

*Д. ЯЩЕНКО*

*Максим УДОВЕНКО*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

Їдальня — заклад громадського харчування загальнодоступний або для обслуговування певного контингенту споживачів з різноманітним асортиментом страв. Їдальня — місце з масовим перебуванням людей, отже, пожежа загрожуватиме насамперед їхнім життям. Пожежі на підприємствах громадського харчування можуть виникнути як через порушення заходів пожежної безпеки при проектуванні та будівництві виробничої будівлі, так і через недотримання протипожежного режиму, а саме:

- недотримання режимів ведення технологічного процесу при тепловій обробці продуктів;
- пошкодження виробничих ємностей, апаратури і трубопроводів;
- відсутність постійного нагляду за справністю тепло- і газовикористовуючого устаткування;
- несвоєчасне проведення ремонту виробничого обладнання.

Провівши попередній аналіз було прийняте рішення провести розрахунки настання небезпечних чинників пожежі в приміщенні з осередком пожежі кухня.

Для визначення небезпечних чинників пожежі був використаний програмний комплекс FDS (Fire Dynamic Simulator). Вибір даного програмного комплексу обумовлений складною геометрією стелі (покрівлі) об'єкту, що унеможливорює використання більш простих методик розрахунку небезпечних чинників пожежі.

При отриманні графічних і аналітичних результатів розрахунку полів НЧП місця розташування розрахункових точок брались в місцях найбільш тривалого перебування людей за відповідним сценарієм.

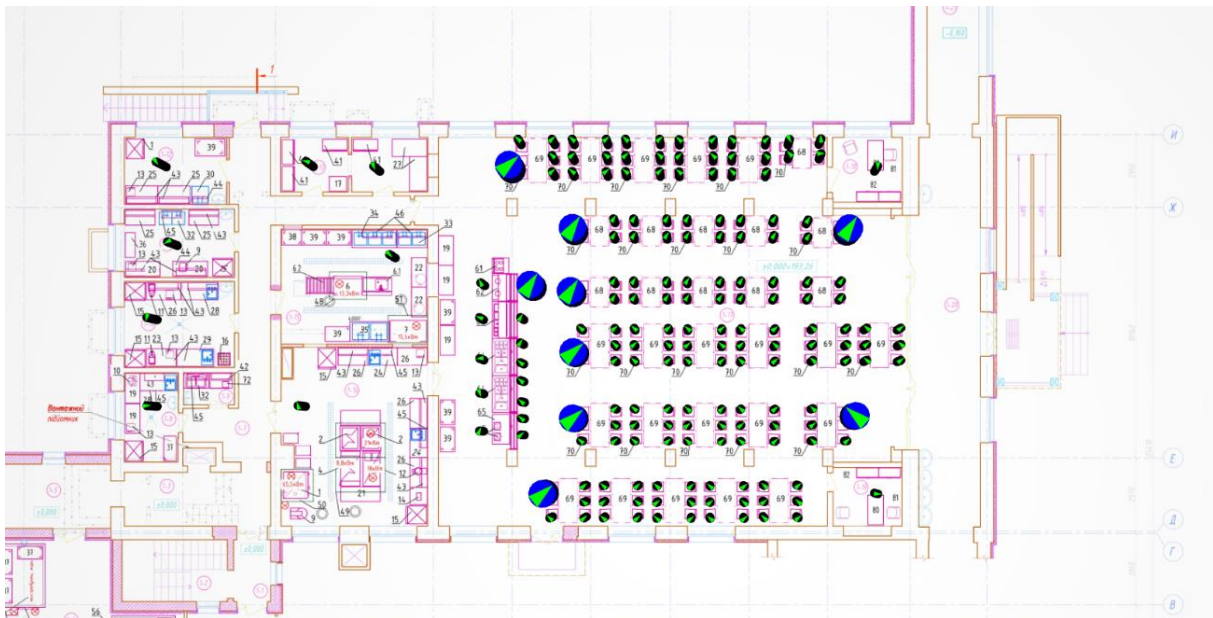


Рисунок 1 – Розташування людей до початку евакуації

Червоним кольором позначена зона з безпечними умовами перебування з урахуванням параметру «втрата видимості». Затримка початку евакуації становить 90 с для залу та 6 с для приміщення де сталося пожежа.



## Розрахункові шляхи евакуації людей з їдальні

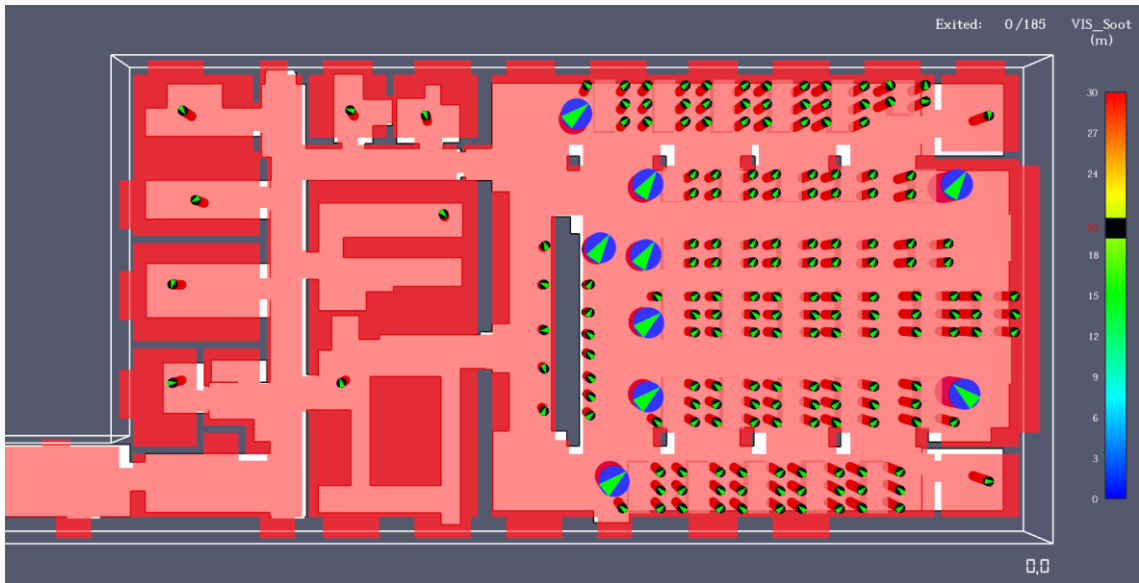


Рисунок 2 – Початок евакуації (0 секунд)

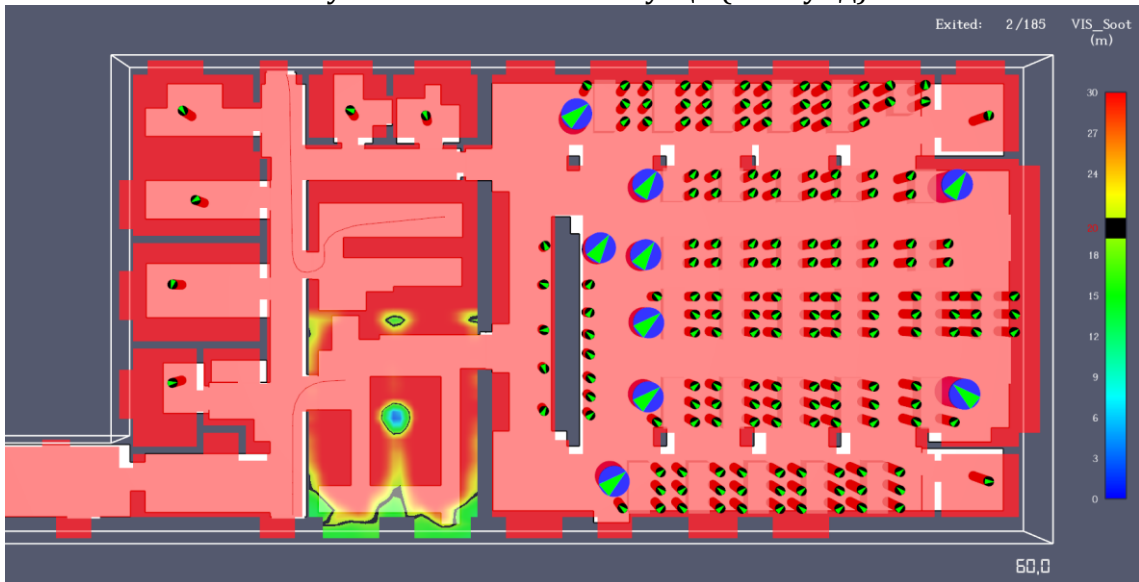


Рисунок 3 – Евакуація (60 секунд)



Рисунок 4 – Евакуація (100 секунд)

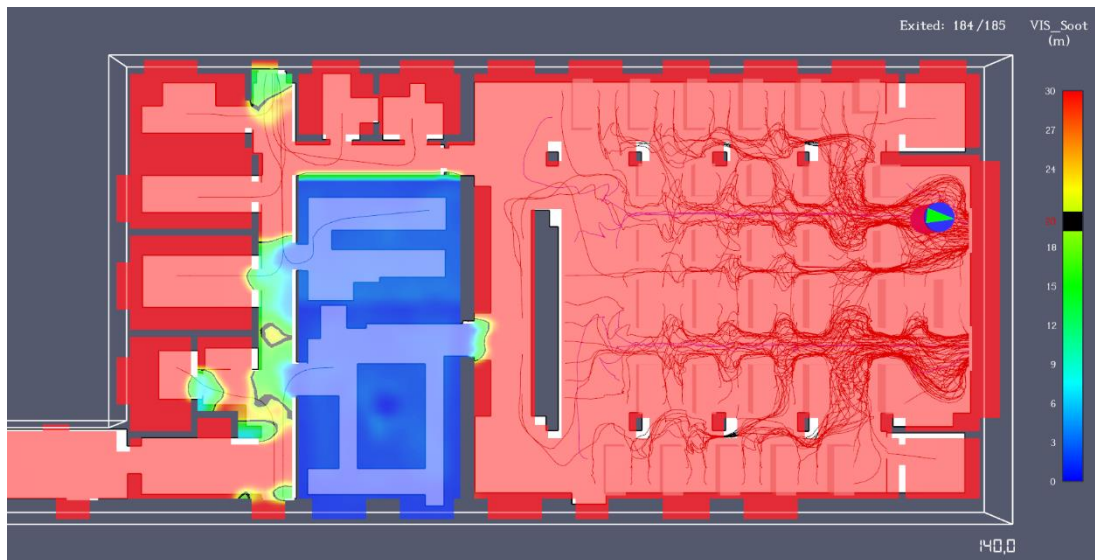


Рисунок 5 – Евакуація (140 секунд)

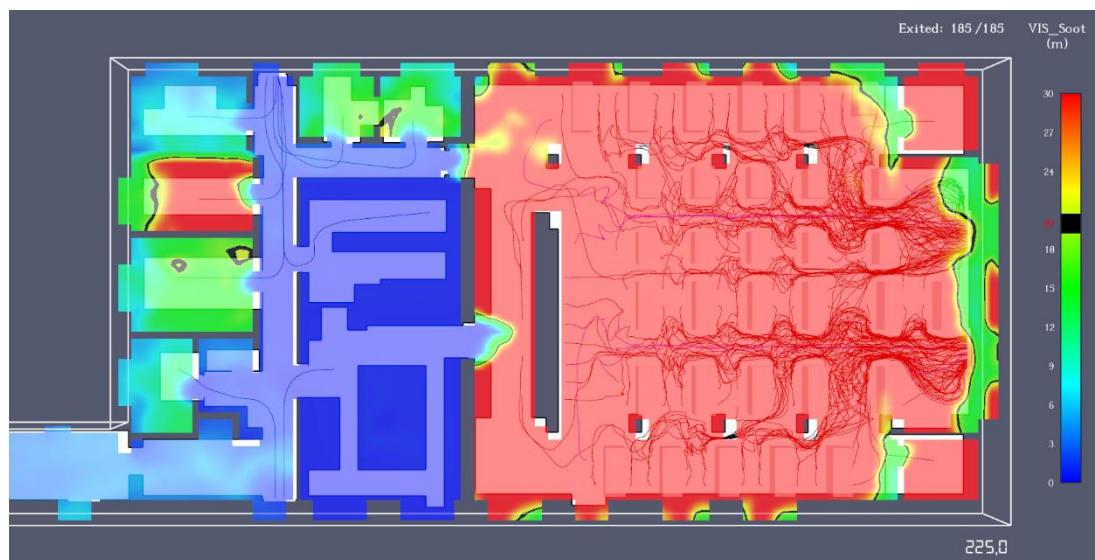


Рисунок 6 – Блокування евакуаційних виходів для персоналу (225 секунди)

Згідно сценарію, при виникненні пожежі на кухні, час блокування евакуаційних виходів в осях 13/Е-Ж (за параметром «втрата видимості») настає на 225 секунд. Повна евакуація людей, із урахуванням маломобільних груп М4, відбувається на 154 секунд. Такі відношення задовольняють умову безпечної евакуації.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила пожежної безпеки в Україні. Наказ МВС від 30.12.2014 № 1417.
2. ДБН В.2.5-56:2014 "Системи протипожежного захисту". Зі Зміною № 1.
3. ДСТУ 8828:2019 "Пожежна безпека".
4. ДБН В.2.2 40 2018 "Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення".
5. ДБН В.2.2-3:2018 "Заклади освіти"
6. ДБН В.2.2-25:2009 "Підприємства харчування (заклади ресторанного господарства)".

## ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ QR – КОДУВАННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ НЕБЕЗПЕКИ НС НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

<sup>1</sup>О. ШЕВЧЕНКО, канд. техн. наук, докторант

<sup>2</sup>І. РУЩАК, здобувач

<sup>1</sup>Р. ШЕВЧЕНКО, д-р техн. наук, проф., начальник кафедри

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України

<sup>2</sup>Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

Аналіз предметної області свідчить про значні успіхи використання ризик-орієнтованого підходу в різних галузях.

Ряд міністерств і відомств, міжнародні організації, у тому числі і за участі України, активно впроваджують ризик-орієнтований підхід. Втім окремі досягнуті результати викликають чимало суперечливих відгуків. Проблематика, як видається, лежить не стільки в деталях, скільки в загальному підході. Необхідно розробити і впровадити єдиний стандарт перевірок, в рамках існуючих міжнародних та галузевих стандартів менеджменту. Стандарт перевірок повинен забезпечити єдиний підхід до термінів, чого на сьогодні гостро не вистачає професійному товариству. Методологічне супроводження, на шталт: карти ризику, поля ризику з територіальним розподілом, види ризику і профілі ризику, облік ризику, критерії прийнятності ризику, методи оцінки ймовірності настання несприятливих подій і розмірів можливого збитку, методи виявлення та управління ризиками - все це повинно бути зрозумілим і доступним всім учасникам, як поля економічної діяльності, так і сфери цивільної безпеки [1].

Для переходу на ризик-орієнтовану модель ДСНС розпочало наступні кроки. По-перше, з двох підходів до класифікації об'єктів нагляду обрано підхід, який передбачає класифікацію об'єктів нагляду за категорією небезпеки, для реалізації якого є достатня кількість напрацювань. Інший підхід – категорювання за ризиками - припускає наявність затверджених Методик оцінки ймовірності недотримання обов'язкових вимог пожежної або техногенної безпеки, які в даний час не розроблені. По-друге, нова законодавча норма передбачає, що для віднесення об'єкта нагляду до тієї чи іншої категорії небезпеки, повинні бути визначені відповідні критерії. При цьому віднесення до певної категорії небезпеки повинно проводитися з урахуванням тяжкості потенційних негативних наслідків можливого недотримання юридичною особою, індивідуальним підприємцем обов'язкових вимог пожежної або техногенної безпеки.

На жаль, проблеми питання інтеграції нових методів профілактичної діяльності в області цивільного захисту шляхом поетапного впровадження ризик-орієнтованого підходу розглянуті не були.

Одним із шляхів вирішення зазначеного протиріччя є комплексне використання технології quick response (QR) – кодування та інноваційних методів з оцінки ризику небезпеки виникнення НС в зоні об'єктів критичної інфраструктури.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Vovchuk T.S., Shevchenko R.I. Actuality and basic concepts of the expert-statistical model for preventing emergency situations. / 8 Міжнародна НТК «Проблеми інформатизації». Тези доповідей, Том.3, Черкаси-Харків-Баку-Бельсько-Бяла, 2020.- С. 50.

## Секція 4. Теоретичні та практичні аспекти охорони праці в галузі цивільної безпеки

УДК 614.841

### **ЩОДО ВПЛИВУ ТОКСИЧНОСТІ ПРОДУКТІВ ГОРІННЯ НА ЛЮДИНУ**

*О. БЕДРАТЮК*

*Ю. ДОЛІШНІЙ*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

За статичними даними, в Україні щорічно реєструється до 40 тис. пожеж, у яких гине до 4,0 тис. осіб (у тому числі близько 150 дітей у віці до 16 років). При цьому, небезпека для людини в умовах пожежі визначається чотирма основними факторами: впливом високих температур, диму, токсичних продуктів горіння і нестачі кисню. Збільшення кількості отруєних людей токсичними продуктами горіння або їх поєднанням з високою температурою та задимленістю повітряного середовища зросло до 70 - 80 % від загальної кількості загиблих, що пов'язано із широким упровадженням в усіх сферах економіки (виробництво, будівництво, транспорт та побут) полімерних матеріалів. Створення матеріалів за новими технологіями із заданими експлуатаційними властивостями, зниження їх вартості у порівнянні з натуральними матеріалами сприяло оснащенню полімерами житлових, суспільних, виробничих будинків і споруд, об'єктів транспорту. Якщо в житлових приміщеннях ще 10 - 15 років тому на 1 м<sup>3</sup> повітря об'єкту припадало (1 - 3) м<sup>2</sup> полімерних поверхонь, то в даний час цей показник сягає (8 - 10) м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>[1].

Полімерні композиції і вироби з них можуть виділяти у повітря небезпечні для здоров'я людини леткі органічні і неорганічні компоненти, а також продукти фото- і окислювальної деструкції (леткі речовини, утворені в полімерах під впливом сонячних променів і за рахунок окиснення киснем повітря). Вони генерують на своїй поверхні заряди статичної електрики і є провідним джерелом небезпеки при пожежах за рахунок утворення токсичних продуктів термоокислювальної деструкції.

У системі випробувань на пожежну безпеку однією з найбільш складних для здійснення, відтворення і наступній класифікації отриманих результатів є оцінка токсичності продуктів горіння, практичне застосування якої викликає труднощі. Це впливає з багатокомпонентності і багатоетапності проведення випробувань, залежності отриманого результату від фізико-хімічних характеристик матеріалу, сценарію розвитку пожежі і типу установки, що використовується для випробувань..

В умовах пожежі дим, що утворюється, під час руху від осередку пожежі охолоджується. При цьому відбувається конденсація водяної пари спільно з розчиненими в ній продуктами горіння - оксидом вуглецю, хлоридом водню, аміаком, ціанід водню, оксиди азоту і іншими продуктами. Цей ряд токсичних сполук має високу біологічну активність, яка може впливати на життєдіяльність людини.

Також в сучасних будівельних матеріалах, в оздобленні приміщень використовують органічні композиції таких матеріалів, як поліуретани, полістироли, мінеральні і целюлозні волокна де головною токсичною речовиною є синильна кислота. Крім того, в умовах пожежі потрібно враховувати термічне розкладання інших високомолекулярних органічних продуктів (акролеїн) і їх комбіновану дію з іншими компонентами продуктів горіння органічних матеріалів [2].

Комбінована дія токсичних продуктів горіння на теперішній час не достатньо вивчена. Дослідження з токсичними сумішами показали невизначеність комбінованої дії токсичних газів, яка залежить від концентрації, хімічного складу компонентів, температури навколишнього середовища тощо [3] та не врахування цієї залежності у методах прогнозування небезпечних чинників пожежі.

Це питання потребує подальших досліджень і створення бази даних щодо виділення токсичних продуктів горіння для різних комбінацій матеріалів, які використовуються у будівництві і побуті.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Наказ Міністерства охорони здоров'я від 07.06.2006 № 369 Про затвердження методичних вказівок "Визначення та гігієнічна оцінка показників токсичності продуктів горіння полімерних матеріалів"

2. Шафран Л.М., Басалаева Л.В., Леонова Д.И. Токсико-гигиеническая характеристика акролеина как важного компонента продуктов горения полимеров //Актуальные проблемы транспортной медицины-2012, No3 (29), с.112-122.

3. Білошицький М.В. Деякі питання токсичної дії продуктів горіння на людину.- Матеріали конференції «Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація», Том 3, №1, 2019.

**УДК 658.382 : 621.357**

#### **ЗАГАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ ОХОРОНИ ПРАЦІ ГАЛЬВАНІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ**

*Ю. ГАПОН, канд. техн. наук, доцент кафедри спеціальної хімії та хімічної технології  
Національний університет цивільного захисту України*

Гальваніка – це процес, при якому на поверхню металу наноситься шар іншого металу для надання деталей підвищених хіміко-фізичних властивостей, таких як підвищення зносостійкості, стійкість до корозії, твердості тощо. Важливо не лише дотримуватися технологічного процесу для досягнення бажаного результату, але й забезпечити безпеку працівників, які контактують з небезпечними речовинами та обладнанням. Особливо часто в якості покриття використовують нікель, цинк, хром і мідь, що вимагає особливих заходів безпеки на виробництві [1].

Гальванічні виробництва пов'язані з високими ризиками для здоров'я і безпеки працівників. Однією з головних потенційних загроз є токсичні гази, пари та небезпечні хімічні речовини, які використовуються в процесі гальванічного нанесення покриттів індивідуальними металами або сплавами. Багато випадків травматизму на робочому місці викликано неналежним поведінням з небезпечними речовинами та недотриманням правил безпеки. До найчастіших небезпек відносяться: недостатня вентиляція виробничих приміщень, яка призводить до накопичення небезпечних концентрацій токсичних парів і газів; ризик ураження електричним струмом через неправильне використання електрообладнання; можливість термічних та хімічних опіків під час безпосереднього контакту з розігрітими металами та хімічними розчинами; хімічні вибухи та пожежі через роботу з легкозаймистими та хімічними речовинами [2].

За даними Державної служби України з питань праці, за останні 10 років кількість нещасних випадків на гальванічних виробництвах зменшилася на 15%. Однак, рівень професійних захворювань залишається високим, особливо серед працівників зі стажем більше 10 років. Це вказує на необхідність постійного вдосконалення методів охорони праці.

Основними заходами охорони праці на гальванічних виробництвах є:

- **Захист дихальної системи:** працівники повинні використовувати респіратори та маски для захисту від небезпечних газів і парів, які можуть призвести до отруєння.

- **Пожежна безпека:** необхідна установка системи автоматичної пожежної сигналізації, а також регулярний контроль за справністю вогнегасників, пожежних виходів та вентиляційних систем.

- **Електробезпека:** робочі місця повинні бути належним чином ізольовані, а всі електрообладнання перевірятися на справність перед початком роботи. Своєчасний технічний огляд і використання справного обладнання мінімізує ризики ураження електричним струмом.

- **Ергономіка робочого місця:** організація робочих місць повинна передбачати зменшення фізичного навантаження на працівників. Використання сучасного обладнання дозволяє мінімізувати вплив монотонної роботи на здоров'я, знижуючи ризики розвитку професійних захворювань.

- **Система відведення газів:** оскільки в гальванічному виробництві використовуються агресивні речовини, такі як кислоти і луги, необхідна ефективна система для відведення газів і димів, що виникають під час технологічних процесів.

Одним із найефективніших методів охорони праці є використання захисного одягу. До якого можна віднести: респіратори, рукавички, захисні окуляри, фартухи та інші засоби індивідуального захисту. Вони знижують ризик ушкодження здоров'я під час роботи з небезпечними хімічними речовинами та обладнанням.

Постійне навчання працівників, підвищення їх кваліфікації та регулярні інструктажі з охорони праці є важливими аспектами для профілактики та зменшення ризику нещасних випадків. Навчання нових працівників має охоплювати всі етапи виробничого процесу, а також містити практичні заняття для перевірки їхніх знань і навичок.

Таким чином, охорона праці на гальванічних виробництвах є невід'ємною частиною забезпечення безпеки працівників. Використання захисної екіпіровки, ефективна вентиляція, регулярне навчання та контроль за дотриманням техніки безпеки дозволяють знизити ризик травматизму та захворювань. Впровадження нових технологій також сприяє покращенню умов праці.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Hapon Y., Chyrkina M., Tregubov D., Romanova O. Co-Mo-W galvanochemical alloy application as cathode material in the industrial wastewater treatment processes. *Materials Science Forum*. 2021. V. 1038. P. 251–257.

2. Довідник з охорони праці в гальванічному виробництві / за ред. В. І. Петренко. Київ: Вид-во "Техніка". 2017. 71 с.

3. Державна служба України з питань праці. Офіційний вебсайт. URL: <https://dsp.gov.ua> (дата звернення 09.09.2024 р.)

4. Семенов І. В., Безпека праці: ризики та шляхи їх мінімізації. — Харків: Вид-во "Фоліо", 2019. 250 с.

5. Статистичні дані щодо виробничого травматизму в Україні. URL: <https://ukrstat.gov.ua> (дата звернення 09.09.2024 р.)

## ОСОБЛИВОСТІ НЕБЕЗПЕКИ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ШКІДЛИВОСТІ ТА НЕБЕЗПЕЧНОСТІ ФАКТОРІВ ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА

*Марія ГОНЧАРУК*

*Іван ІЩЕНКО*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

Військова агресія російської федерації проти України, розпочата 24 лютого 2022 р., стала викликом самому існуванню нашої держави, її суверенітету та соборності. З її початком ворожій атаці піддався соціально-економічний устрій України, значних руйнувань та пошкоджень завдано інфраструктурним, промисловим, житловим об'єктам, будівлям суспільно-соціального призначення. Деякі міста й селища України російськими артилерійськими та авіаційними бомбардуваннями були повністю стерті з лиця землі, що змусило усіх мешкаців цих населених пунктів масово евакуюватися на безпечні території України, а то і в інші країни.

Повномасштабне вторгнення російської федерації в Україну та запровадження воєнного стану внесли свої корективи у всі сфери суспільного життя. Перед Державною службою України з надзвичайних ситуацій також постали нові виклики, які потребували оперативного реагування, модифікації, нових алгоритмів дій та логістичних рішень для ефективної діяльності в нових надскладних умовах. Під час дії пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України за своїм призначенням додалися небезпеки під час ліквідації пожеж в населених пунктах, природних екосистемах, нафтобазах, складах паливно-мастильних матеріалів, складах вибухових речовин і боєприпасів, об'єктах енергетики, що потрапляють у зону постійних обстрілів, які завдають руйнування не лише зазначеним об'єктам, а й екосистемам в цілому.

Гігієнічна класифікація праці базується на принципі диференціації оцінок умов праці залежно від фактично визначених рівнів впливу факторів виробничого середовища і трудового процесу та з урахуванням їх можливої шкідливої дії на здоров'я працівників, зокрема ДСНС.

Робота у воєнний час, тим паче на територіях, де ведуться бойові дії, пов'язана з великою кількістю нових ризиків, зокрема смертельних, що призводять до погіршення умов праці в усіх галузях економіки.

Масові пожежі супроводжуються:

- загазованістю та задимленням захисних споруд, виробничих та житлових будівель і споруд, шару атмосфери продуктами горіння;
- підвищенням температури навколишнього повітряного середовища;
- тепловим випромінюванням, що впливає на людей та техніку.

Характерним для таких пожеж в будівлях і спорудах є швидке підвищення температури, задимлення приміщень, розповсюдження вогню прихованими шляхами та втрата будівельними конструкціями несучої здатності. При цьому: закриті віконні отвори в задимленій або палаючій будівлі свідчать про те, що в ній немає людей або вони втратили свідомість; сильне полум'я з віконних отворів – ознака інтенсивного горіння; різке падіння висоти полум'я з віконних прорізів – ознака обвалення будівельних конструкцій; відсутність проблисків полум'я з вікон – ознака швидкого поширення вогню по внутрішніх конструкціях, порожнинах та горючій навантазі (при цьому існує небезпека відрізання вогнем шляхів евакуації); велика кількість густого диму, що виходить з віконних отворів – ознака горіння при недостатній кількості повітря.

Виникнення пожеж супроводжують небезпечні фактори, які впливають на людей та майно: полум'я, іскри; тепловий потік; підвищена температура довкілля; підвищена концентрація токсичних продуктів горіння та термічного розкладу; знижена концентрація кисню; зниження видимості в диму.

Результатами такого погіршення стають нещасні випадки на роботі, у тому числі групові, що є нехарактерними для мирного часу та мають наслідки різного ступеня тяжкості.

Характерними ушкодженнями працівників ДСНС унаслідок пожеж (зокрема спричинених обстрілами та бомбардуванням) є:

- опіки тіла різного ступеня;
- смерть від прямого контакту з полум'ям;
- опіки верхніх дихальних шляхів;
- черепно-мозкові травми;
- множинні переломи та забиті місця;
- комбіновані ураження.

Тобто, організувати охорону праці в умовах воєнного стану і дотримуватися безпеки на робочих місцях – надскладне завдання, що стоїть перед кожним працівником і роботодавцем. Тільки завдяки спільним зусиллям органів державної влади, суб'єктів господарювання, громадських організацій щодо питань охорони праці, запобігання нещасним випадкам на виробництві та професійним захворюванням можна створити безпечне робоче середовище.

Тому, постійно розглядається питання безпеки особового складу пожежно-рятувальних підрозділів, які виконують завдання з ліквідації надзвичайних ситуацій та їх наслідків, які загрожують життю, здоров'ю людей і завдають матеріальних збитків на територіях ведення бойових дій. Акцентую, що ефективність гасіння пожеж потребує узгодження рятувальних заходів із підрозділами Збройних сил України, правоохоронними органами та місцевими органами виконавчої влади, аби мінімізувати втрати серед особового складу, активної діяльності в нових надскладних умовах.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Закон України „Про охорону праці”. Постанова КМУ від 14.10.1992 року №2695-XII (із змінами). К.:Алерта, 2023. – 32 с.

2. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» спрямовані на гігієнічну оцінку умов та характеру праці на робочих місцях працівників на підприємствах.

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#Text>

#### **ПОЛІПШЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ ПІДПРИЄМСТВА ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ ВИМОГ СТАНДАРТУ ISO 45001:2018**

*Наталія ГРЕЧКА*

*Тетяна КОСТЕНКО, д-р техн. наук, професор*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

Зміни в законодавстві України щодо безпеки життя та здоров'я працівників вимагають від керівників вищої ланки не тільки впровадження ризик-орієнтованого підходу до формування політики підприємства, а й більш відповідальних дій — реалізації задекларованих принципів у конкретні процедури та ефективні заходи



безпеки. Прийняття міжнародного стандарту ISO 45001 у 2018 році, який введено до українського законодавства з 2021 року, підкреслює актуальність впровадження процедур управління ризиками, пов'язаними з небезпеками для життя, здоров'я та працездатності працівників під час виконання їхніх професійних обов'язків.

Будь-яке виробниче середовище, в якому взаємодіють люди та технологічне обладнання, створює потенційні небезпеки, які можуть призвести до інцидентів, небезпечних подій чи аварій з миттєвими або віддаленими наслідками. Тому важливо зменшувати рівень небезпеки — ризику, що супроводжує певні види виробничої діяльності.

Інцидент – це будь-яка незапланована подія, яка виникла у виробничому середовищі підприємства, що призвела або може призвести до нещасного випадку на виробництві, аварії, пожежі, негативної дії на навколишнє середовище, яка впливає на здоров'я та безпеку людей, безперервність технологічного процесу, що завдає збитків репутації та іміджу підприємству.

Міжнародна організація зі стандартизації (ISO) 12 березня 2018 року оприлюднила новий міжнародний стандарт ISO 45001:2018 «Системи управління охороною здоров'я і безпекою праці» [1], що приходить на заміну британському стандарту OHSAS:18001:2007 «Системи менеджменту гігієни і безпеки праці. Вимоги». У новому стандарті викладені основні вимоги щодо охорони здоров'я працівників і безпеки праці на підприємствах (в організаціях), він є інструментом для поліпшення стану здоров'я персоналу і підвищення рівня безпеки праці на робочих місцях та передбачає відповідальність роботодавця за здоров'я і безпеку своїх працівників, яка поширюється на підтримку й захист їх фізичного та психічного стану.

Запровадження вимог цього стандарту в систему управління охороною праці на підприємстві повинно забезпечити:

а) створення умов для усунення або мінімізації ризиків для працівників та інших зацікавлених сторін, здоров'я яких може бути під загрозою через діяльність підприємства;

б) впровадження, підтримку та поліпшення системи управління охороною здоров'я та безпеки праці;

в) відповідність діяльності підприємства задекларованій політиці в сфері охорони праці;

г) відповідність стандарту ISO 45001:2018 через:

- проведення самооцінки та подальше самодекларування відповідності або отримання підтвердження відповідності від зацікавлених сторін;

- сертифікацію системи управління охороною праці зовнішньою організацією [2].

Стандарт ISO 45001:2018 також передбачає процедуру проведення внутрішнього аудиту підприємства, яка встановлює:

а) відповідальність, вимоги до компетентності аудиторів, а також вимоги до планування аудитів, їх проведення, реєстрації результатів і поширення звітів;

б) критерії для аудиту, обсяг проведення аудитів, їх частоту та методи виконання [2].

Отже, стандарт передбачає реалізацію ризик-орієнтованого підходу, безперервне вдосконалення, яке враховує внутрішній клімат організації, а також дотримання вимог національного законодавства. Усі ці ініціативи мають на меті сформуванню репутації організації як «безпечного місця праці», що, у свою чергу, сприятиме досягненню її стратегічних цілей.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Стандарт ISO 45001:2018 «Системи менеджменту охорони здоров'я і безпеки праці».
2. Г. Гогіташвілі, Є.Т. Карчевські, В.М. Лапін. Управління охороною праці та ризиком за міжнародними стандартами: навчальний посібник для вузів. Київ: Знання.2007.

3. Вебінар «Міжнародний стандарт ISO 45001:2018: як керувати інцидентами». Режим доступу: <https://seminar.expertus.com.ua/830-mizhnarodnyi-standart-iso-450012018-iak-upravliaty-intsydentamy>.

## УДК 614.8

### **АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОФІЛАКТИКИ НЕЩАСНИХ ВИПАДКІВ НА ВИРОБНИЦТВІ В УМОВАХ ПРАВОВОГО РЕЖИМУ ВОЄННОГО (НАДЗВИЧАЙНОГО) СТАНУ**

*Іван ІЩЕНКО*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

Профілактику у загальному вигляді можна розглядати як попередні заходи недопущення якогось небажаного явища, процесу чи небажаної події.

Основними заходами щодо запобігання нещасним випадкам, що стались внаслідок ведення бойових дій під час виконання працівниками трудових (посадових) обов'язків, є:

- проведення інструктажів для працівників щодо заходів безпеки під час повітряної тривоги;

- забезпечення дієвого контролю за неухильним виконанням працівниками заходів, передбачених у разі отримання сигналу “Повітряна тривога”;

- проведення навчання щодо надання першої домедичної допомоги потерпілим внаслідок ведення бойових дій.

Постановою Кабінету Міністрів України від 20.01.2023 № 59 внесено зміни до Порядку розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві – доповнено новим розділом (п.144<sup>15</sup>-144<sup>29</sup>) “Процедура розслідування нещасних випадків у період дії правового режиму воєнного (надзвичайного) стану в Україні або окремих її місцевостях”.

Новим розділом передбачено спрощену процедуру розслідування нещасних випадків, що відбулися з працівниками підприємств (установ, організацій), їх філій, представництв та інших відокремлених і структурних підрозділів під час виконання трудових обов'язків внаслідок воєнних (бойових) дій.

Так, нещасні випадки, що сталися з працівниками підприємств (установ, організацій), їх філій, особами, які працюють на умовах цивільно-правового договору, на інших підставах, передбачених законом, фізичними особами – підприємцями, особами, які провадять незалежну професійну діяльність, членами фермерського господарства, особами, які фактично допущені до роботи без оформлення трудового договору, під час виконання трудових обов'язків внаслідок воєнних (бойових) дій (бомбардувань, ракетних та артилерійських обстрілів, мінувань територій та приміщень, захоплення в полон, інших протиправних дій, здійснення масових терористичних актів, що супроводжуються загибеллю людей чи руйнуванням особливо важливих об'єктів життєзабезпечення тощо), підлягають спеціальному розслідуванню незалежно від ступеня тяжкості травм (ушкодження здоров'я).

Розслідування таких нещасних випадків проводиться за місцем їх настання.

Проведення досліджень для визначення наявності в організмі потерпілого алкоголю, наркотичних засобів ступеню його сп'яніння не здійснюється. Розслідування нещасних випадків, що сталися в районі воєнних (бойових) дій під час виконання трудових обов'язків за обставин, які не належать до воєнних (бойових) дій,

проводиться комісією у складі, визначеному п.13 і 15 Порядку. Розслідування нещасних випадків, що спричинили тяжкі наслідки, у тому числі з можливою інвалідністю потерпілого, проводиться комісією підприємства (установи, організації) без відповідного письмового доручення територіального органу Держпраці, передбаченого п. 10 Порядку.

У разі потреби строк розслідування може бути обґрунтовано продовжений роботодавцем до отримання необхідних висновків, матеріалів, відповідей, пояснень тощо без відповідного письмового погодження з територіальним органом Держпраці.

У разі коли роботодавець не має можливості утворити комісію та забезпечити проведення розслідування нещасного випадку, обов'язок щодо проведення такого розслідування покладається на відповідний територіальний орган Держпраці за місцем настання нещасного випадку або місцезнаходженням суб'єкта господарювання, працівником якого є потерпілий.

У разі настання групового нещасного випадку, внаслідок якого загинуло від двох до чотирьох осіб, розслідування проводиться спеціальною комісією, яка утворюється відповідним територіальним органом Держпраці, якщо Держпраці протягом однієї доби з дня отримання повідомлення не прийнято іншого рішення.

Спеціальне розслідування групового нещасного випадку, під час якого загинуло п'ять і більше осіб або травмовано 10 і більше осіб, проводиться спеціальною комісією, утвореною Держпраці. У разі неможливості утворити комісію та провести розслідування (спеціальне розслідування) через загрозу життю та здоров'ю членам комісії, пов'язану з веденням воєнних (бойових) дій або виникненням надзвичайних ситуацій техногенного або природного характеру, роботодавець та відповідний територіальний орган Держпраці в максимально можливому обсязі збирають, фіксують та систематизують інформацію, про нещасний випадок на виробництві, що надходить або стає відомою, з метою його подальшого розслідування відповідно до вимог Порядку після припинення воєнних (бойових) дій або заходів правового режиму надзвичайного стану.

У разі виникнення загрози життю та здоров'ю членам комісії (спеціальної комісії) під час проведення розслідування нещасного випадку, що вже розпочалося, таке розслідування може бути зупинене наказом роботодавця, Держпраці або її територіального органу, який утворив комісію, з підстав ведення воєнних (бойових) дій або ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та продовжене на період до припинення воєнних (бойових) дій або заходів правового режиму надзвичайного стану.

Насправді організувати охорону праці в умовах воєнного стану і дотримуватися безпеки на робочих місцях – надскладне завдання, що стоїть перед кожним працівником і роботодавцем.

Тому вивчення поняття правових норм, вимог і правил, а також комплексу організаційних, технічних і спеціальних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності людини в трудовому процесі, для захисту населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від наслідків надзвичайних ситуацій в умовах правового режиму воєнного (надзвичайного) стану є досить актуальним.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Закон України „Про охорону праці”. Постанова КМУ від 14.10.1992 року №2695-XII (із змінами). К.:Алерта, 2023. – 32 с.
2. Постановою Кабінету Міністрів України від 20.01.2023 № 59. „Порядок розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві”.

## НЕБЕЗПЕЧНІ ТА ШКІДЛИВІ ЧИННИКИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ОСОБОВИЙ СКЛАД ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ПІД ЧАС ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ ВОРОЖИХ ОБСТРІЛІВ

*Тетяна КОСТЕНКО, д-р техн. наук, професор  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України*

За перші два роки повномасштабного вторгнення РФ на територію України росіяни зруйнували в Україні понад 213 000 об'єктів (рис.1). Найбільше постраждав житлово-комунальний сектор, а також торгівля та промисловість, транспорт, сільське господарство та енергетика. Найбільш зруйнованими регіонами визначені Донецька, Харківська, Луганська, Запорізька, Херсонська та Київська області [1].

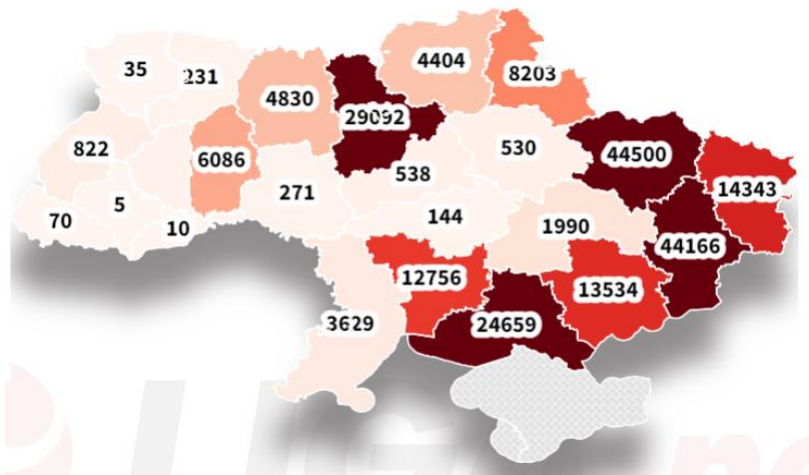


Рисунок 1 – Кількість зруйнованих та пошкоджених об'єктів на території України станом на 24 лютого 2024 року [1]

Розбирання завалів пошкоджених і зруйнованих унаслідок ракетних обстрілів та бомбардувань будівель і споруд супроводжується із великою кількістю небезпечних та шкідливих чинників для особового складу пожежно-рятувальних підрозділів та добровольців.

Трагедія, що сталася 11 вересня 2001 року у США, продемонструвала світові, наскільки небезпечним може бути вдихання диму та будівельного пилу, що утворились унаслідок повного обвалу башт-близнюків та подальших пожеж. Той пил містив у собі крихітні частинки азбесту, скла, цементу, свинцю та інші токсичні речовини. Люди, які вдихали дим під час розбирання завалів, страждали потім на хвороби дихальної системи, зокрема й на онкозахворювання. У багатьох проблеми починалися з хронічного кашлю, який навіть назвали «кашлем Всесвітнього торговельного центру». У медичному центрі Mount Sinai дослідили стан здоров'я 9,5 тисяч рятувальників та ліквідаторів, які брали участь у ліквідації та розбиранні завалів, і з'ясували, що в майже 70 % з них почалися проблеми з диханням. З цими проблемами більшість постраждалих житиме до кінця життя [2].

За результатами численних досліджень азбест внесли до переліку канцерогенів, вплив яких спричиняє рак. Через серйозну загрозу здоров'ю людини азбест заборонили у понад 70-ти країнах світу ще на початку 2000-х. Угода про асоціацію з ЄС зобов'язує Україну заборонити використання азбесту у виробництві. 6 вересня 2022 року Верховна Рада ухвалила закон № 4142 «Про систему громадського здоров'я», що забороняє використання у будівництві азбесту, виробів та матеріалів з його вмістом.

Майже всі будівельні роботи, зокрема роботи з розбирання завалів, які включають або можуть включати порушення цілісності азбесту, визначаються як будівельні роботи з високим ризиком. Коли волокна азбесту з пошкоджених будівельних матеріалів потрапляють всередину організму людини, вони можуть викликати серйозні захворювання, які розвиваються дуже довго й на момент встановлення діагнозу дуже часто буває занадто пізно щось робити. Азбест може викликати смертельні та серйозні захворювання, як мезотеліома, рак легенів, азбестоз, потовщення плеври легень.

Іншою небезпечною хімічнонебезпечною речовиною, що міститься у фарбі, старих водопровідних трубах та іншій сантехнічній арматурі, листовому свинцю, припоях, свинцевому пробліску, свинцевих світлових вікнах та склі, є свинець. Під час розбирання завалів будівельних конструкцій можливе вдихання особовим складом пилу кристалічного кремнезему, що може спричинити серйозне захворювання дихальних шляхів із можливим летальним наслідком. Вироби з бетону та кладка містять кремнеземний пісок і гірські породи, що містять кремнезем [2].

Враховуючи те, що роботи з розбору завалів будівельних конструкцій після ракетних та артилерійських обстрілів РФ, як правило, проводяться оперативно із залученням добровольців, єдиним методом захисту здоров'я учасників процесу є використання засобів індивідуального захисту:

- респіратори;
- окуляри, захисні маски для обличчя;
- комбінезони, костюми;
- спеціальне взуття або гумові чоботи;
- рукавиці, краги.

Важливим елементом мінімізації наслідків впливу небезпечних та шкідливих чинників є облаштування пункту для дезактивації обладнання, засобів захисту, інструментів тощо.

З метою запобігання виникнення у особового складу пожежно-рятувальних підрозділів та добровольців пневмоконіозів та інших захворювань дихальної системи під час розбирання завалів будівельних конструкцій, що утворились внаслідок руйнування будинків та містять канцерогени, полягають у недопущенні потрапляння пилу в повітря. Доцільно в таких випадках застосовувати розпилення води для прибивання пилу.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Руйнування в цифрах: скільки Росія знищила об'єктів та скільки виділили на відбудову. Режим доступу: <https://www.liga.net/ua/infographic-of-the-day/articles/ruinuvannia-v-tsyfrakh-skilky-rosiia-znyshchyla-objektiv-ta-skilky-vydilyly-na-vidbudovu>.

2. Безпека і здоров'я на роботі у воєнний та післявоєнний час. Досвід України в умовах російської агресії. Режим доступу - [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---europe/---ro-geneva/---sro-budapest/documents/genericdocument/wcms\\_856143.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---europe/---ro-geneva/---sro-budapest/documents/genericdocument/wcms_856143.pdf).

**РОЗСЛІДУВАННЯ НЕЩАСНИХ ВИПАДКІВ В ПІДРОЗДІЛАХ ДСНС  
В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ**

*Тетяна КОСТЕНКО, д-р техн. наук, професор  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України*

Розслідування нещасних випадків в підрозділах Державної служби України з надзвичайних ситуацій відбувається згідно із «Порядком розслідування та ведення обліку нещасних випадків, що сталися з особами рядового і начальницького складу служби цивільного захисту» (затв. наказом МВС України від 12 березня 2024 року № 154) [1], який скасував чинність «Інструкції про порядок розслідування, ведення обліку нещасних випадків в органах і підрозділах МНС України» (затв. наказом МНС від 18 серпня 2006 року № 540).

Деякі зміни в порядку розслідування нещасних випадків, що були внесені в нормативний акт [1], викликані також тим, що в Україні діє правовий режим воєнного стану. Нещасні випадки, що сталися з особами під час виконання службових обов'язків внаслідок воєнних (бойових) дій (бомбардувань, ракетних та артилерійських обстрілів, мінувань територій та приміщень, інших протиправних дій, здійснення масових терористичних актів, що супроводжуються загибеллю людей чи руйнуванням особливо важливих об'єктів життєзабезпечення тощо), підлягають спеціальному розслідуванню незалежно від ступеня тяжкості травм.

Спеціальні розслідування нещасних випадків, що сталися з особами, під час виконання службових обов'язків внаслідок воєнних (бойових) дій, проводиться за місцем їх настання. У разі потреби строк спеціального розслідування нещасного випадку може бути обґрунтовано продовжений начальником підрозділу) ДСНС до отримання необхідних висновків, матеріалів, відповідей та пояснень.

У разі коли комісія з спеціального розслідування нещасного випадку не має доступу на територію підприємства (установи, організації) у зв'язку з веденням бойових (воєнних) дій або його тимчасовою окупацією, чи існує загроза техногенної, екологічної катастрофи, протокол обстеження місця, де стався нещасний випадок, складається на підставі акта, складеного керівником підрозділу ДСНС у довільній формі, в якому він фіксує обстановку на місці, де стався нещасний випадок, стан машин, механізмів, обладнання, устаткування, у якому вони перебували на момент настання нещасного випадку, використовуючи для цього наявну технічну документацію, фото-та/або відеоматеріали, які перебувають у його розпорядженні, пояснення свідків тощо (у такому випадку в протоколі огляду місця, у якому стався нещасний випадок, робиться відповідна відмітка із зазначенням документів, на підставі яких його було складено).

Якщо не має можливості утворити комісію та провести спеціальне розслідування через загрозу життю та здоров'ю членам комісії з спеціального розслідування, пов'язану з веденням воєнних (бойових) дій, керівник органу (підрозділу) ДСНС у максимально можливому обсязі збирає, фіксує та систематизує інформацію, про нещасний випадок під час виконання службових обов'язків, що надходить або стає відомою, з метою його подальшого розслідування відповідно до вимог порядку [1] після припинення воєнних (бойових) дій або заходів правового режиму надзвичайного стану. У разі виникнення загрози життю та здоров'ю членам комісії під час проведення спеціального розслідування нещасного випадку, що вже розпочалося, таке розслідування може бути зупинене наказом підрозділу ДСНС, який утворив комісію з

спеціального розслідування, з підстав ведення воєнних (бойових) дій або ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та продовжене на період до припинення воєнних (бойових) дій або заходів правового режиму надзвичайного стану.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, що сталися з особами рядового і начальницького складу служби цивільного захисту (затв. наказом Міністерства внутрішніх справ України від 12 березня 2024 року № 154). Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0552-24#Text>.

**УДК 613.6:004.738**

### ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА В МЕДИЧНИХ ПРИСТРОЯХ ІОТ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЗДОРОВ'Я ПАЦІЄНТІВ

*П. КОСТИШИН, студент групи 4КН-216  
Вінницький національний технічний університет*

Впровадження Інтернету речей (ІоТ) у медичній галузі відкриває широкі перспективи для підвищення якості медичних послуг та ефективного моніторингу стану здоров'я пацієнтів. Підключені медичні пристрої, такі як фітнес-трекери, безконтактні термометри, інсулінові помпи та імплантати, дозволяють збирати, аналізувати та передавати дані про стан пацієнта у режимі реального часу. Це допомагає лікарям швидко реагувати на зміни та надавати своєчасну допомогу [1-3].

Однак, незважаючи на свої переваги, використання ІоТ у медицині також несе певні ризики та виклики, пов'язані з інформаційною безпекою та конфіденційністю даних пацієнтів. Недостатній захист підключених пристроїв може призвести до витоку чутливої інформації, порушення конфіденційності або навіть впливу на коректну роботу медичних систем, що може поставити під загрозу здоров'я та безпеку пацієнтів.

Інформаційна безпека в медичних пристроях ІоТ є критично важливою, оскільки це напрямок, який відкриває безліч можливостей для поліпшення медичного обслуговування, але також несе ризики для здоров'я пацієнтів у випадку недбалого захисту даних та пристроїв [4-7]. Дослідження показує, що:

#### 1. Загрози інформаційній безпеці медичних ІоТ-пристроїв.

Одна з основних загроз інформаційній безпеці при використанні медичних ІоТ-пристроїв – це витік конфіденційних даних пацієнтів. Через недостатнє шифрування або вразливості в системах захисту, зловмисники можуть отримати доступ до персональної інформації, історії хвороб, результатів аналізів тощо [8-10]. Це не лише порушує право на конфіденційність, а й може призвести до шахрайства або використання даних з незаконною метою.

Крім того, існує ризик кібератак на медичні ІоТ-пристрої та системи. Зловмисники можуть здійснювати спроби несанкціонованого доступу, встановлювати шкідливе програмне забезпечення або впливати на роботу пристроїв з метою порушення їх коректного функціонування [11, 12]. Це може мати критичні наслідки для здоров'я та життя пацієнтів [13].

#### 2. Вплив кібербезпеки на фізичну безпеку пацієнтів.

Порушення кібербезпеки медичних ІоТ-пристроїв може безпосередньо вплинути на фізичну безпеку пацієнтів. Наприклад, якщо зловмисник зможе отримати доступ до інсулінової помпи або імплантату, він потенційно може змінити їх налаштування або режими роботи, що може поставити під загрозу життя пацієнта [14].

У випадку із системами моніторингу стану пацієнта, кібератака може призвести до надходження невірних даних, через що лікарі не зможуть своєчасно виявити критичні зміни в здоров'ї пацієнта та вжити необхідних заходів.

### 3. Аналіз існуючих стандартів безпеки.

На сьогоднішній день існують певні стандарти та вимоги до забезпечення безпеки медичних пристроїв IoT, такі як HIPAA (Health Insurance Portability and Accountability Act) у США та GDPR (General Data Protection Regulation) в Європейському Союзі. Однак, ці стандарти часто не встигають за швидким розвитком технологій IoT та потребують постійного оновлення та вдосконалення.

### 4. Рекомендації щодо покращення безпеки.

Для підвищення рівня інформаційної безпеки медичних IoT-пристроїв необхідно вжити комплексних заходів. По-перше, важливо забезпечити належне шифрування даних, що передаються між пристроями та серверами зберігання. По-друге, слід використовувати надійні методи автентифікації та контролю доступу, щоб запобігти несанкціонованому втручанням.

Крім того, необхідно регулярно оновлювати програмне забезпечення медичних IoT-пристроїв для усунення виявлених вразливостей та своєчасно реагувати на потенційні загрози кібербезпеки. Важливо також забезпечити належне навчання медичного персоналу з питань безпеки IoT-систем та дотримання відповідних протоколів безпеки [15].

Лише за умови ретельного планування та впровадження ефективних стратегій безпеки медичні заклади зможуть повною мірою скористатися перевагами технологій IoT, забезпечуючи при цьому захист конфіденційної інформації пацієнтів та їхню фізичну безпеку.

Отже, інформаційна безпека відіграє критично важливу роль у забезпеченні ефективного та безпечного використання медичних пристроїв IoT. Незважаючи на численні переваги, які ці інноваційні технології надають для покращення медичного обслуговування, недостатній рівень безпеки може становити серйозну загрозу для конфіденційності даних пацієнтів та їхнього здоров'я.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лемешев М.С., Березюк О.В. Основи охорони праці для фахівців менеджменту. Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2009. 206 с.
2. Березюк О.В. Моделювання питомих енерговитрат очищення ґрунтів полігонів твердих побутових відходів від забруднення важкими металами // Комунальне господарство міст. 2015. № 1 (120). С. 240-242.
3. Березюк О.В. Удосконалення математичної моделі концентрацій забруднювальних речовин у фільтраті полігонів твердих побутових відходів // Вісник ВПІ. 2016. № 4. С. 28-31.
4. Ткачук К.Н. та ін. Основи охорони праці: підручник. Київ: Основа, 2014. 456 с.
5. Горбатюк С.М. та ін. Лігногумат натрію як модифікатор мутагенних ефектів мітоміцину С // Матеріали I Міжнар. наук.-практ. конф. "Ліки – людині. Сучасні проблеми фармакотерапії і призначення лікарських засобів", 30-31 бер. 2017. Харків: НФУ, 2017. Т. 2. С. 97.
6. Березюк О.В. та ін. Залежність рівня бактеріологічного забруднення ґрунтів від відстані до полігону твердих побутових відходів // Наукові праці ВНТУ. 2021. № 2. 6 с.
7. Березюк О.В. та ін. Вплив наближення до полігону твердих побутових відходів на рівень мікробіологічного забруднення ґрунтових вод за загальним мікробним числом // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. 2023. № 1. 7 с.
8. Голінько В.І., Іконніков М.Ю., Лебедев Я.Я. Охорона праці в галузі інформаційних технологій: навч. посіб. Дніпро: НГУ, 2015. 246 с.
9. Березюк О.В. та ін. Регресійна залежність показників захворюваності на хвороби органів дихання від продуктивності сміттєспалювального заводу // Наукові праці ВНТУ. 2023. № 1. 6 с.



10 Березюк О.В., Гринчак Н.М., Спрут О.В., Березюк В.О. Удосконалення математичної моделі впливу викидів дрібнодисперсного пилу на захворюваність хворобами системи кровообігу // Наукові праці ВНТУ. 2023. № 1. 7 с.

11. Закон України "Про охорону праці" від 14.10.1992 № 2694-XII. [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>

12. Березюк О.В., Савуляк В.І. Вплив характеристик тертя на динаміку гідроприводу вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвоза // Проблеми тертя та зношування. 2015. № 3 (68). С. 45-50.

13. Шевчук Т.І., Шкарупа В.М., Хлестова С.С. Антропогенна зміна довкілля як фактор поширення паразитарних захворювань людини // Довкілля і здоров'я: Матеріали наук.-практ. конф., 27-28 квіт. 2017 р. Тернопіль, 2017. С. 220-222.

14. IoT в охороні здоров'я: Застосування, переваги та виклики у 2023 році. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://stfalcon.com/uk/blog/post/iot-in-healthcare-benefits-challenges>

15. Інтернет речей: вплив та наслідки для надання медичної допомоги. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7685921/>

## **ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ МІЖНАРОДНОГО СПІВРОБІТНИЦТВА У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ**

*В. ПАВЛЕНКО, науковий співробітник науково-організаційного відділу  
Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Від початку повномасштабного вторгнення російської федерації в Україну, Служби порятунку України отримують гуманітарну допомогу від рятувальних служб майже з усього світу. І в першу чергу, це технічна підтримка для оперативного та якісного, а головне безпечного реагування на нові виклики сучасності.

З метою покращення рівня матеріально-технічного забезпечення підрозділів ДСНС ініційовано та започатковано проведення платформи донорів, які долучаються до розвитку ДСНС, її територіальних органів та розбудови ефективної державної системи цивільного захисту і створення безпечного середовища в територіальних громадах України [1].

Так, упродовж 2022 року з метою посилення спроможності до дій за призначенням у межах повноважень, ДСНС здійснювала заходи з реалізації 11 проєктів міжнародної допомоги[1].

Водночас, в Україні створено платформу для об'єднання волонтерських та державних ініціатив з гуманітарної допомоги під час війни.

На базі зазначеної платформи відбувається взаємодія фізичних осіб, волонтерських організацій та фондів. Верифіковані волонтери в режимі реального часу допомагають громадянам – збирають інформацію щодо потреб та наявних ресурсів, оперативно відправляють гуманітарну допомогу та медичні засоби тим, хто цього потребує найбільше.

Служби порятунку співпрацюють з агенцією АСТЕД, Уряд Канади через міністерство закордонних справ, торгівлі та розвитку Канади (DFATD), USAID (підрядник Tetra Tech ES Inc. уряду США) та іншими організаціями, що надають допомогу службам порятунку.

З початку повномасштабної війни підрозділи ДСНС отримують гуманітарну допомогу у вигляді транспортних засобів, захисного одягу, гідравлічного інструменту, засобів малої механізації, приладів для розмінування території від небезпечних речовин, пожежного обладнання та інших матеріальних цінностей, що дозволяють виконувати поставлені завдання. Для забезпечення прийому, сортування, транзиту, розподілу гуманітарної допомоги за ініціативою міністерств, центральних

органів виконавчої влади, військових адміністрацій, органів місцевого самоврядування, інших державних органів утворені численні логістичні хаби та складські центри.

Отримана в рамках міжнародного співробітництва гуманітарна (благодійна) допомога розподілена між підпорядкованими підрозділами та використовується виключно за її цільовим призначенням.

Підпорядкованими підрозділами, отримана в рамках міжнародного співробітництва допомога, залучається та використовується для ліквідації наслідків збройної агресії та надзвичайних ситуацій.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Біла книга цивільного захисту України 2021-2022 : інформаційне видання ДСНС / А.А. Слюсар та ін. Київ : ІДУНДЦЗ, 2023. 272 с.

**УДК 658.382**

#### БЕЗПЕКА ПРАЦІ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

*О. ФІЛППЕНКОВ, начальник Навчально-наукового випробувального полігону високотехнологічного озброєння та військової техніки*

*Ю. ДЖУМАНЯЗОВ, науковий співробітник – інженер-випробувач науково-дослідної лабораторії полігонних випробувань підводного і надводного високотехнологічного озброєння та військової техніки науково-дослідного відділу полігонних випробувань високотехнологічного озброєння та військової техніки*

*В. КІБАЛЬНИК, начальник науково-дослідної лабораторії полігонних випробувань наземного високотехнологічного озброєння та військової техніки науково-дослідного відділу полігонних випробувань високотехнологічного озброєння та військової техніки Навчально-науковий випробувальний полігон високотехнологічного озброєння та військової техніки*

Досить поширена проблема, коли вимоги законодавства щодо охорони праці не виконуються належним чином, особливо на підприємствах малого та середнього бізнесу. Основні причини цього явища можна пояснити кількома факторами: **економічний тиск** - умови жорсткої конкуренції змушують багатьох роботодавців шукати способи зниження витрат, і охорона праці часто сприймається як другорядний аспект, на якому можна зекономити. Витрати на забезпечення безпеки працівників розглядаються як тягар, який зменшує прибуток, а не як інвестиція в стале майбутнє бізнесу; **низька обізнаність і культура охорони праці** – на багатьох підприємствах, особливо у малому та середньому бізнесі, існує недостатній рівень обізнаності щодо важливості охорони праці. Роботодавці та працівники можуть не усвідомлювати, наскільки важливими є заходи з охорони праці для довгострокового збереження здоров'я і працездатності працівників; **невідповідний контроль та нагляд** – недостатній контроль з боку державних органів або їх обмежені ресурси для ефективного нагляду за виконанням вимог охорони праці можуть призводити до порушень. У випадках, коли санкції за недотримання вимог охорони праці не є достатньо значними або не застосовуються належним чином, це сприяє ігноруванню цих вимог; **відсутність мотивації** - за умови відсутності мотиваційних механізмів або заохочень для роботодавців, які інвестують в охорону праці, бізнес може не бачити безпосередньої вигоди від дотримання всіх вимог. Мотиваційні програми, які б пропонували пільги або інші форми визнання для тих, хто дотримується стандартів охорони праці, могли б значно змінити цю ситуацію.

Ігнорування умов безпеки та гігієни праці дійсно має серйозні негативні наслідки як для окремих підприємств, так і для економіки в цілому. Це не тільки підриває економічну ефективність і конкурентоспроможність, але й унеможлиблює сталі економічне зростання. В умовах ринкової економіки управління охороною праці має вирішувати як соціальні, так і економічні завдання. Таким чином, охорона праці є ключовим елементом соціально-економічної стратегії, що сприяє підвищенню ефективності суспільного виробництва. Інвестиції в охорону праці окупаються через покращення здоров'я та безпеки працівників, що веде до зростання продуктивності, скорочення витрат і загального поліпшення економічних показників підприємства і країни в цілому.

З початком повномасштабного вторгнення Росії в Україну, питання охорони праці набуло нових викликів і вимог. У відповідь на ці виклики Державна служба України з питань праці (Держпраці) спрямувала свої зусилля на підтримку роботодавців і працівників, надаючи консультації та допомогу для забезпечення безпечних умов праці в умовах воєнного стану.

Основні аспекти діяльності Держпраці в умовах воєнного стану включають:

**1. Методичні рекомендації:** Держпраці розробила спеціальні методичні рекомендації, які визначають основні вимоги безпеки під час воєнних дій. Ці рекомендації враховують специфічні ризики, пов'язані з воєнним конфліктом, і містять інструкції щодо захисту працівників та організації безпечних умов праці.

**2. Підтримка економіки:** Держпраці сфокусувалась на підтримці економіки України через забезпечення безпеки праці. Це включає консультування підприємств щодо того, як безпечно продовжувати діяльність у складних умовах, що знижує ризики для працівників і зберігає функціонування економічних процесів.

**3. Адаптація управлінських механізмів:** Умови воєнного стану вимагають впровадження нових управлінських механізмів. Держпраці розробила способи, які дозволяють ухвалювати важливі рішення віддалено, з урахуванням обмежень, що виникають через воєнні дії. Це включає використання технологій для дистанційного моніторингу та управління, а також інші інноваційні підходи до забезпечення безпеки праці.

**4. Мінімізація наслідків небезпечних подій:** Розроблені заходи спрямовані на зменшення наслідків небезпечних ситуацій, що виникають під час воєнного стану. Це стосується як фізичної безпеки працівників, так і організації евакуації, реагування на надзвичайні ситуації, забезпечення надійного зв'язку та координації дій.

**5. Врахування воєнних ризиків:** Держпраці забезпечує врахування специфічних ризиків, що виникають під час воєнних дій, у процесі організації трудової діяльності. Це включає заходи з попередження обстрілів, мінної небезпеки, та інших загроз, пов'язаних з агресією Росії.

Ці заходи є критично важливими для збереження здоров'я і життя працівників в умовах, коли економічна діяльність мусить продовжуватися попри воєнні ризики. Держпраці виконує важливу роль у підтримці стабільності та безпеки на робочих місцях, що в свою чергу сприяє зміцненню економіки України в надзвичайно складний період.

Державна програма релокації підприємств відіграє важливу роль в умовах війни, допомагаючи зберегти робочі місця, підтримувати економіку та забезпечувати безперервність виробничих процесів. Програма пропонує різні варіанти релокації підприємств, адаптовані до конкретних потреб та можливостей бізнесу.

**Основні варіанти релокації:**

**1. Повне переміщення:** Цей варіант передбачає перевезення не лише обладнання та виробничих потужностей, але й працівників. Такий підхід дозволяє

підприємству зберегти свій колектив та забезпечити безперервність виробничого процесу, що особливо важливо для стратегічних галузей.

**2. Часткова релокація:** У цьому випадку переміщуються лише першочергові виробничі потужності, які є ключовими для продовження роботи підприємства. Це дозволяє мінімізувати ризики, пов'язані з переміщенням, і зосередитися на критичних виробничих процесах.

**3. Самостійна релокація:** В окремих регіонах підприємці мають можливість самостійно організувати переміщення своїх об'єктів господарювання. У таких випадках держава може надавати фінансову допомогу для покриття витрат, пов'язаних з релокацією, що дозволяє підприємствам швидше адаптуватися до нових умов.

#### **Державна підтримка:**

• **Фінансова допомога:** Державна програма передбачає компенсацію частини витрат, пов'язаних з переміщенням підприємств, що знижує фінансовий тиск на бізнес та допомагає зберегти стабільність роботи.

• **Логістична підтримка:** Держава може надавати допомогу у транспортуванні обладнання, забезпеченні нових виробничих приміщень та інших організаційних питаннях, пов'язаних з релокацією.

• **Спрощення адміністративних процедур:** Програма передбачає спрощення адміністративних процедур для релокованих підприємств, що дозволяє швидше відновити виробництво на новому місці.

#### **Вплив на економіку:**

Завдяки цій програмі підприємства можуть продовжувати свою діяльність навіть в умовах воєнного стану, створюючи робочі місця і підтримуючи економіку країни. Це допомагає зберегти промисловий потенціал України, сприяє економічній стабільності та забезпечує готовність економіки до відновлення після завершення війни.

#### **Підтримка підприємництва:**

Такі ініціативи сприяють збереженню підприємницької активності в умовах надзвичайної ситуації. Завдяки державній підтримці підприємці отримують можливість перенести свої виробництва у безпечніші регіони, продовжувати роботу і підтримувати економіку країни, що є важливим кроком до перемоги.

**УДК 37.091**

## **БЕЗПЕКОВИЙ ПРОСТІР ЗАКЛАДІВ ОСВІТИ. РЕКОМЕНДАЦІЇ РЯТУВАЛЬНИКАМ У ВИБОРІ ФОРМ ТА МЕТОДІВ ПРОФОРІЄНТАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

*Олександр ЧЕРКАШИН, канд. пед. наук, доцент, заступник начальника кафедри пожежної та рятувальної підготовки факультету оперативно-рятувальних сил Національний університет цивільного захисту України*

В пожежно-профілактичній роботі організація соціального досвіду школярів здійснюється через використання різних засобів, методів і форм виховної роботи, наповнених тематичним змістом з напрямку пожежної безпеки, техногенної безпеки та цивільного захисту. Наряду з цим сьогодні досі в країні є статистика виникнення пожеж з причини дитячих пустощів з вогнем та трагічних наслідків. Незнання дітьми елементарних правил безпеки щодо питань запобігання виникнення пожеж та загорань, а також порядку правильних дій у разі їх виникнення приводить до травмування або їх загибелі. Актуальним питання є в сучасних реаліях, в умовах воєнного стану. Це є достатньою науковою підставою для визначення концептуальних положень щодо використання оптимальних форм та методів виховної роботи з

молодшими школярами для забезпечення їх знаннями з протипожежного та техногенного захисту, забезпечення власної безпеки [1].

Одним з основних елементів виховної роботи є правильно підібрані форми та методи. Ефективність різних видів виховання залежить від спрямованості виховного процесу, форм і методів його організації. У змісті виховної діяльності можна ознайомитися з орієнтовними формами проведення виховних справ та їх тематики для різних вікових категорій дітей на основі аналізу їх інтересів та потреб, а також запитів класних керівників, батьків та дітей [2,3].

Молодший шкільний вік є важливим у становленні особистості дитини, для нього, на думку характерні такі форми діяльності: ситуаційно-рольова гра, сюжетно-рольова гра, гра-драматизація, інсценування, гра-бесіда, гра-мандрівка, екскурсія, ігрова вправа, колективне творче панно, бесіда, тематичний зошит, ранок, свято, усний журнал, групова справа, оформлення альбому, уявна подорож, конкурси, ігри, школа ввічливості, демонстрація, розповідь, моделювання, вікторина, екскурсія, виставка малюнків, операція-рейд, виставка-ярмарок, переключка повідомлень, добродійна акція, хвилини з мистецтвом, година спостереження, година милування, спортивні змагання, козацькі забави, театральна вистава, ляльковий театр, ведення літопису класного колективу, веселі старту, естафети, догляд за рослинами і тваринами [3].

Даному напрямку присвячено чимало наукових здобутків. Аналізуючи їх досягнення, можна підкреслити, що найбільш дієвими будуть ті форми й методи, які зможуть найбільше вплинути на свідомість і поведінку дітей молодшого шкільного віку, будуть цікавими й доступними для їх вікової категорії, сприятимуть творчому пошуку та розвитку мислення, даватимуть можливість не лише отримувати знання, а й застосувати їх на практиці для реалізації завдань, пов'язаних з самозахистом у разі виникнення небезпеки їхньому життю. Під час роботи з молодшими школярами, основними елементами виховного досягнення, на нашу думку, повинно стати усвідомлення дитиною цінності власного життя і збереження здоров'я на основі теоретичних знань з основ пожежної безпеки; адаптація до змін навколишнього середовища у разі виникнення небезпеки, почуття власної безпеки життєдіяльності; формування знань з основ пожежної безпеки та навичок для самозахисту. Тож, ми вважаємо, для роботи з молодшими школярами більш ефективними є екскурсії дітей у пожежну частину, тренінги з евакуації в домашніх умовах та в закладах освіти, а також практично-ігрові відпрацювання небезпечних ситуацій.

Тим самим, можна констатувати, що форми та методи профорієнтаційної роботи повинні бути комплексними, послідовними, соціально виправданими, педагогічно доцільними та створювати доступні можливості у дітей для їх використання та формування знань з питань безпекового простору життєдіяльності.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Кодекс цивільного захисту України. Офіційний вебпортал парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text> (дата звернення: 14.09.2024).
2. Про Основні орієнтири виховання учнів 1-11 класів загальноосвітніх навчальних закладів України. Офіційний вебпортал парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1243736-11#Text> (дата звернення: 14.09.2024).
3. Про затвердження Державного стандарту початкової освіти. Офіційний вебпортал парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/87-2018-п#Text> (дата звернення: 14.09.2024).

## ОХОРОНА ПРАЦІ ЯК СФЕРА ВПЛИВУ НА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИВІЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ

*І. ЯЧНА, начальник науково-організаційного відділення*

*Д. ЛУК'ЯНОВ, науковий співробітник – інженер-випробувач науково-дослідної лабораторії полігонних випробувань високотехнологічних комплексів бойового екіпірування науково-дослідного відділу полігонних випробувань високотехнологічного озброєння та військової техніки*

*О. КУВШИНОВА, молодший науковий співробітник науково-організаційного відділення Навчально-наукового випробувального полігону високотехнологічного озброєння та військової техніки*

У сучасних умовах розвитку економіки важливим та необхідним є особливий підхід у вирішенні питань, пов'язаних з охороною та безпекою праці в нових умовах зайнятості, організацією управління охороною праці на засадах соціального партнерства, оснащенням робочих місць цифровим обладнанням, наявністю відповідної компетенції персоналу, навчанням майбутніх управлінців в усіх сферах економіки, організацією безпечної праці та посиленням контролю й нагляду, а також звітністю, обліком та моніторингом у сфері соціально-трудова відносин і охорони праці.

Збереження здоров'я та працездатності людини в трудовому процесі, а також захист населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від наслідків надзвичайних ситуацій є важливими аспектами забезпечення безпеки життєдіяльності. Ці заходи є комплексними та спрямовані на підтримку здоров'я людей, збереження їх працездатності та забезпечення безпеки в умовах роботи і під час можливих кризових ситуацій.

Однак вжиті заходи є недостатніми для забезпечення повноцінного збереження життя і здоров'я працівників у процесі роботи та на виробництві. Щорічно від травм гине більше тисячі працівників. На сьогодні відсутній механізм, що забезпечує системний підхід до збереження життя і здоров'я економічно активного населення країни. Вищезазначене зумовлює необхідність удосконалення системи управління охороною праці з урахуванням підготовки нових підходів до формування суб'єктів трудових відносин.

Аналіз наукових публікацій, свідчить про відсутність повного відображення методів і шляхів забезпечення безпеки та гігієни праці в нових економічних умовах, що виникають у зв'язку із широкомасштабною цифровізацією життєдіяльності, роботизацією праці й виробництва, появою нових професій і відмиранням тих, що віджили свій вік.

Охорона праці — це комплексна система заходів, яка забезпечує захист життя і здоров'я працівників під час виконання ними своїх професійних обов'язків.

Основна мета охорони праці — це створення безпечних і комфортних умов на робочих місцях, що знижує ризики виробничих травм, професійних захворювань і аварій, сприяючи таким чином підвищенню ефективності роботи і збереженню здоров'я працівників.

Ця система постійно вдосконалюється, адаптуючись до розвитку економіки та суспільства в цілому. Зокрема, впроваджуються нові правила і норми, такі як розслідування та облік випадків травматизму на робочих місцях. Це дозволяє не лише фіксувати випадки порушень, але й аналізувати їх, що є важливим для запобігання подібних інцидентів у майбутньому.

Соціально-економічні заходи з охорони праці включають дії, спрямовані на створення економічної зацікавленості роботодавців у покращенні умов праці та забезпеченні охорони праці. Це може бути досягнуто через надання компенсацій і пільг працівникам, які працюють у шкідливих і небезпечних умовах. Важливою частиною цих заходів є обов'язкове соціальне страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань, а також виплата компенсацій у разі їх виникнення.

Крім того, важливим аспектом є встановлення норми соціально-відповідальної поведінки роботодавців, яка передбачає їхню відповідальність за життя і здоров'я працівників. Це не тільки підвищує рівень безпеки на робочому місці, але й сприяє формуванню культури відповідального ставлення до праці, де інтереси працівників враховуються на рівні з економічними інтересами підприємства.

Організаційно-технічні заходи з охорони праці відіграють ключову роль у створенні та підтримці безпечних умов на робочих місцях. Вони спрямовані на впровадження та управління ефективними процесами, які зменшують ризики для працівників. До таких заходів належать: **оцінка умов праці** - проведення спеціальної оцінки умов праці для визначення потенційних небезпек та ризиків, а також впровадження заходів для їх мінімізації або усунення. Це включає аналіз факторів, які можуть впливати на здоров'я працівників, та прийняття відповідних рішень для покращення умов праці; **навчання з охорони праці** - організація регулярного навчання для всіх категорій працівників щодо вимог охорони праці, включаючи інструктажі, тренінги та сертифікаційні програми. Це забезпечує обізнаність працівників про можливі ризики та їхню готовність до реагування на надзвичайні ситуації; **механізація, автоматизація та цифровізація процесів** - впровадження сучасних технологій, які замінюють або полегшують важкі та небезпечні фізичні операції, знижуючи таким чином ризики травм. Цифровізація дозволяє автоматизувати моніторинг умов праці та оперативно реагувати на будь-які відхилення від норм безпеки; **впровадження нових видів зайнятості та спеціальностей** - розробка та впровадження нових професій і форм зайнятості, які враховують сучасні економічні та технологічні зміни. Це допомагає адаптувати робочі процеси до нових викликів і забезпечити безпеку працівників в умовах змінюваного ринку праці; **моніторинг та звітність** - використання сучасних технологій для розширення можливостей моніторингу умов праці. Це включає в себе інтеграцію системи збору даних, яка дозволяє не тільки контролювати поточні умови праці, але й аналізувати їх для запобігання майбутнім ризикам. Покращена якість та повнота статистичної звітності дозволяє приймати обґрунтовані рішення та планувати заходи з охорони праці.

Таким чином, організаційно-технічні заходи є невід'ємною складовою загальної стратегії з охорони праці, спрямованої на забезпечення безпечних та здорових умов роботи на всіх рівнях економічної діяльності.

Санітарно-гігієнічні заходи з охорони праці відіграють важливу роль у забезпеченні здорових та безпечних умов праці для працівників. Основними аспектами цих заходів є: **зниження впливу шкідливих факторів** - виявлення та контроль небезпечних виробничих факторів, таких як хімічні речовини, пил, шум, вібрації та інші. Це включає в себе впровадження технологій, які зменшують або усувають вплив цих факторів на працівників; **запобігання професійним захворюванням** - організація профілактичних заходів, спрямованих на попередження захворювань, пов'язаних із впливом шкідливих виробничих факторів. Це може включати регулярні медичні огляди, вакцинацію, забезпечення належних умов праці та інших профілактичних заходів; **використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ)** - забезпечення працівників сучасними засобами захисту, такими як захисні каски, окуляри, респіратори, рукавички тощо. Висока якість та відповідність цих засобів встановленим стандартам є показником соціальної відповідальності підприємства; **моніторинг умов**

**праці** - регулярний контроль стану робочого середовища, включаючи вимірювання рівня шкідливих речовин, температури, вологості, освітлення тощо. Це дозволяє своєчасно виявляти відхилення від нормативів та оперативно реагувати на них; **підтримка гігієнічних стандартів** - забезпечення чистоти та порядку на робочих місцях, доступу до питної води, санітарних вузлів, а також належних умов для прийому їжі та відпочинку. Це сприяє зниженню ризику захворювань та підвищує загальний комфорт працівників; **гігієнічне навчання працівників** - проведення тренінгів та інструктажів з питань особистої гігієни, правильного використання засобів індивідуального захисту та дотримання гігієнічних норм на робочому місці.

Санітарно-гігієнічні заходи не тільки покращують умови праці, але й підвищують загальну ефективність роботи підприємства, оскільки здорові та задоволені працівники є запорукою успіху будь-якої організації.

Лікувально-профілактичні заходи з охорони праці включають організацію медичних оглядів для працівників: попередніх, періодичних і позачергових, а також обов'язкових психіатричних оглядів для певних категорій працівників. До цих заходів також входить видача лікувально-профілактичного харчування, яке спрямоване на підтримку здоров'я працівників, що працюють в умовах підвищеної небезпеки або шкідливих виробничих факторів.

Основні принципи охорони праці є фундаментальними для створення безпечного і здорового робочого середовища. Вони відображають сучасний підхід до охорони праці, що базується на співпраці, відповідальності та соціальній справедливості. Розглянемо кожен з цих принципів більш детально: **збереження життя, здоров'я і працездатності працівників** - це головна мета охорони праці. Забезпечення безпеки на робочому місці включає в себе всі заходи, спрямовані на мінімізацію ризиків і запобігання травмам, захворюванням і нещасним випадкам; **соціальне партнерство роботодавців і працівників** - ефективна система охорони праці можлива лише за умови тісної співпраці між роботодавцями та працівниками. Це партнерство базується на взаємній відповідальності за створення та підтримання безпечних умов праці, де кожна сторона активно бере участь у процесі; **гарантії захисту права працівників** - працівники повинні мати гарантоване право на безпечні умови праці, які відповідають всім вимогам законодавства з охорони праці. Це включає право на отримання інформації про потенційні ризики, а також на відмову від виконання робіт у небезпечних умовах; **компенсації за важкі та небезпечні умови праці** - робота у важких або шкідливих умовах повинна відповідно компенсуватися. Це може включати додаткові виплати, скорочений робочий день, додаткові відпустки або інші пільги, що враховують специфіку роботи; **соціальне страхування** - соціальне страхування працівників від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань є важливим елементом соціального захисту. Воно забезпечує компенсацію в разі втрати працездатності або смерті працівника, надаючи захист як самому працівнику, так і його родині; **реабілітація постраждалих працівників** - для працівників, які постраждали від нещасних випадків або професійних захворювань, повинні бути доступні програми медичної, соціальної та професійної реабілітації. Це включає лікування, відновлення здоров'я, а також перепідготовку і допомогу в поверненні до трудової діяльності.

Ці принципи повинні бути не тільки декларативними, а й активно впроваджуваними на практиці. Їх реалізація забезпечує не лише дотримання прав працівників, але й підвищення продуктивності та лояльності працівників до підприємства, сприяючи його загальному успіху.



## ЗМІСТ

### Секція 1. Прикладні наукові аспекти прогнозування та запобігання надзвичайним ситуаціям

|   |    |
|---|----|
| <i>О. БАСМАНОВ, В. ОЛІЙНИК</i><br><b>МОДЕЛЮВАННЯ РОЗТІКАННЯ ГОРЮЧОЇ РІДИНИ НА ПОХИЛІЙ ПОВЕРХНІ</b> .....  | 4  |
| <i>Олена БОРСУК, Кароліна КУРІЛЬЧУК</i><br><b>ПРОБЛЕМИ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ</b> .....  | 6  |
| <i>С. ВАВРЕНЮК</i><br><b>ОСНОВНІ АСПЕКТИ ТЕХНОЛОГІЙ ПОЖЕЖНОЇ ТА ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ</b> .....   | 7  |
| <i>А. ГАВРИЛЮК, Р. ЯКОВЧУК</i><br><b>ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПЕРЕНЕСНИХ ВОГНЕГАСНИКІВ ПРИ ГАСІННІ ЛІТІЙ-ІОННИХ АКУМУЛЯТОРІВ</b> .....  | 9  |
| <i>А. ГАВРИСЬ, В. ФІЛІПPOBA</i><br><b>ПРОБЛЕМИ ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ПІД ЧАС ДІЇ ВОЄННОГО СТАНУ В УКРАЇНІ</b> .....   | 11 |
| <i>Сергій ГОЛОВЧЕНКО, М. КОРАБЕЛЬ</i><br><b>ОРГАНІЗАЦІЙНА СИСТЕМА ЗАХИСТУ ВІД БЛИСКАВКИ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД</b> .....  | 12 |
| <i>Юрій ДЕНДАРЕНКО, Валентин ДИВЕНЬ, Сергій ЩЕПАК</i><br><b>ДО ПИТАННЯ ЩОДО ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНОСТІ РЕЗЕРВУАРІВ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ НАФТИ І НАФТОПРОДУКТІВ</b> .....   | 14 |
| <i>Валентин ДИВЕНЬ, Юрій ДЕНДАРЕНКО</i><br><b>СЕРЕДНІЙ ТИСК НА ОБ'ЄКТ ДЛЯ СНАРЯДУ З ОВАЛЬНИМ НОСОМ</b> .....  | 16 |
| <i>Валентин ДИВЕНЬ, Юрій ДЕНДАРЕНКО, Олександр ДОЦЕНКО</i><br><b>ПРОГНОЗУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ПРОНИКНЕННЯ СНАРЯДІВ В ІСНУЮЧІ ТА ЗАХИЩЕНІ СПОРУДИ</b> .....  | 18 |
| <i>Л. ЗАПОЛЬСЬКИЙ, Н. ІЛЬІНА</i><br><b>АКТУАЛЬНІ НАУКОВІ ПРОБЛЕМИ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ, ПОЖЕЖНОЇ ТА ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ В УКРАЇНІ</b> .....   | 20 |
| <i>Л. КАЛИНЕНКО</i><br><b>ПРОГНОЗУВАННЯ РАДІАЦІЙНОГО СТАНУ У ВИПАДКУ АВАРІЙ АБО РУЙНУВАННЯ ЯДЕРНИХ УСТАНОВОК, ЩО ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ В УКРАЇНІ ПІД ЧАС ВОЄННИХ ДІЙ</b> .....   | 22 |
| <i>Я. КАЛЬЧЕНКО</i><br><b>ОЦІНКА НАДЛИШКОВОГО ТИСКУ ВИБУХУ ПІД ЧАС АВАРІЙ НА НАФТОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ</b> .....  | 24 |
| <i>Оксана КИРИЧЕНКО, Марія КУЦЕНКО, Вікторія КОВБАСА, Назарій КОЗЯР</i><br><b>ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ГОРІННЯ ЧАСТИНОК МЕТАЛЕВОГО ПАЛЬНОГО У ПРОДУКТАХ РОЗКЛАДАННЯ ПІРОТЕХНІЧНИХ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ НІТРАТНО-МЕТАЛІЗОВАНИХ СУМІШЕЙ</b> .....   | 25 |
| <i>Оксана КИРИЧЕНКО, Євгеній ШКОЛЯР, В'ячеслав ВАЩЕНКО, Євгеній КИРИЧЕНКО, Назарій КОЗЯР</i><br><b>ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗОВНІШНІХ ТЕРМІЧНИХ ДІЙ НА ПІРОТЕХНІЧНІ ВИРОБИ НА ОСНОВІ МЕТАЛІЗОВАНИХ СУМІШЕЙ ПРИ ЗБЕРІГАННІ ТА ТРАНСПОРТУВАННІ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ</b> ..... | 27 |

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Р. КЛИМАСЬ, Д. СЕРЕДА, Л. НЕСЕНЮК</i>   |           |
| <b>КРИТЕРІЇ ВСТАНОВЛЕННЯ ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ<br/>МІЖ АВАРІЙНИМ РЕЖИМОМ РОБОТИ В ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ ТА ВИНИКНЕННЯМ<br/>ПОЖЕЖІ .....</b>  | <b>29</b> |
| <i>С. КОВАЛЕНКО, Р. ПОНОМАРЕНКО, О. ТРЕТЬЯКОВ</i>  |           |
| <b>ВИЗНАЧЕННЯ ВЗАЄМНОГО ВПЛИВУ ЛІВИХ ПРИТОК ДНІПРА.....</b>  | <b>31</b> |
| <i>А. КОВАЛЬОВ, Р. ПУРДЕНКО, Р. МАЙБОРОДА</i>  |           |
| <b>МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬ<br/>ІЗ ВОГНЕЗАХИЩЕНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ .....</b>   | <b>32</b> |
| <i>Вікторія КОВБАСА, Оксана КИРИЧЕНКО, Євгеній ШКОЛЯР</i>  |           |
| <b>ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ<br/>НА ШВИДКІСТЬ РОЗВИТКУ ПРОЦЕСУ ГОРІННЯ ПІРОТЕХНІЧНИХ<br/>МЕТАЛІЗОВАНИХ СУМІШЕЙ НА ОСНОВІ ФТОРОПЛАСТІВ .....</b>  | <b>34</b> |
| <i>Назарій КОЗЯР, Оксана КИРИЧЕНКО, Ігор НОЖКО, Сергій ГОНЧАР</i>  |           |
| <b>НАУКОВО-ОБҐРУНТОВАНІ МЕТОДИ З ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНИХ ЗНАЧЕНЬ<br/>ТА ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПЕРЕДЧАСНИХ ЗАЙМАНЬ ПІРОТЕХНІЧНИХ<br/>БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ НІТРАТНО-МЕТАЛІЗОВАНИХ СУМІШЕЙ В УМОВАХ<br/>ЗОВНІШНІХ ТЕРМІЧНИХ ДІЙ ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b> | <b>36</b> |
| <i>Б. КОЛОМІЄЦЬ, В. КРАВЧЕНКО, В. МАТЮЩЕНКО</i>  |           |
| <b>ОСВІТА В СФЕРІ «ЦИВІЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ». ОСОБЛИВОСТІ ПІДГОТОВКИ .....</b>  | <b>38</b> |
| <i>В. КОРОБКІН, А. БОРИС</i>   |           |
| <b>ЗАХОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ<br/>ВІД ЗАГРОЗ ТЕХНОГЕННОГО ТА ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРУ .....</b>   | <b>41</b> |
| <i>П. КОРЧАГІН, Р. ШЕВЧЕНКО, О. НЕШПОР, І. ЯЧНА</i>  |           |
| <b>ДО ПИТАННЯ АКТУАЛІЗАЦІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ З ПОПЕРЕДЖЕННЯ<br/>НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ВИБУХОМ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ<br/>ПРЕДМЕТІВ В МІСЦЯХ МАСОВОГО ПЕРЕБУВАННЯ ЛЮДЕЙ.....</b>  | <b>43</b> |
| <i>Олеся КОСТИРКА, С. ГОЛИК</i>  |           |
| <b>ЗАСТОСУВАННЯ ПОЖЕЖНИХ РОБОТІВ У СИСТЕМАХ<br/>ПОЖЕЖНОЇ АВТОМАТИКИ.....</b>   | <b>44</b> |
| <i>Р. КРАВЧЕНКО, О. КОРОЛЬОВА, Ю. ГУЛИК, Н. ІЛЬЧЕНКО</i>   |           |
| <b>ПРО УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ВИПРОБУВАННЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ПРОДУКЦІЇ<br/>НА ТОКСИЧНІСТЬ ЛЕТКИХ ПРОДУКТІВ ГОРІННЯ.....</b>   | <b>45</b> |
| <i>О. КУЛАКОВ</i>  |           |
| <b>ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЧАСТИНИ<br/>ЕНЕРГОСИСТЕМИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ .....</b>  | <b>47</b> |
| <i>Олег КУЛІЦА, Костянтин ЮРЧЕНКО</i>  |           |
| <b>ПРОБЛЕМНІ АСПЕКТИ СТАНОВЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО СУСПІЛЬСТВА .....</b>  | <b>49</b> |
| <i>Марія КУЦЕНКО</i>   |           |
| <b>ВОГНЕГАСНА ЕФЕКТИВНОСТЬ ПРИ КОМБІНОВАНОМУ ЗАСТОСУВАННІ<br/>АЕРОЗОЛЬНИХ СУМІШЕЙ ТА ПОРОШКОВИХ СКЛАДІВ ПРИ ГАСІННІ<br/>МЕТАЛІЗОВАНИХ СУМІШЕЙ .....</b>  | <b>51</b> |
| <i>Р. МАЙБОРОДА, Ю. ОТРОШ, Р. ЧЕРЕПАХА</i>   |           |
| <b>ОСНОВНІ ПРИЧИНИ ПРОГРЕСУЮЧОГО ОБВАЛЕННЯ<br/>ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БУДІВЕЛЬ.....</b>  | <b>52</b> |
| <i>Лариса МАЛАДИКА</i>   |           |
| <b>ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ПРОЄКТУВАННЯ ТА БУДІВНИЦТВА<br/>ЗАХИСНИХ СПОРУД ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....</b>   | <b>54</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <i>Руслан МЕЛЬНИК, Ольга МЕЛЬНИК, Д. НИЧИПОРЕНКО</i>  |           |
| <b>АКТУАЛЬНІСТЬ ПІДГОТОВКИ ВИСОКОКВАЛІФІКОВАНИХ ФАХІВЦІВ ПІДРОЗДІЛІВ РАДІАЦІЙНОГО ТА ХІМІЧНОГО ЗАХИСТУ ДСНС УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО ЧАСУ .....</b> | <b>56</b> |
| <i>О. МИРГОРОД, О. ЛИСЕНКО, Д. СВІТЛИЧНИЙ</i>   |           |
| <b>ОСОБЛИВОСТІ У РОБОТІ БУДІВЕЛЬНОЇ СФЕРИ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ .....</b>  | <b>58</b> |
| <i>С. НАЗАРЕНКО</i>   |           |
| <b>ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В ОРГАНАХ ТА ПІДРОЗДІЛАХ ДСНС .....</b>                                   | <b>60</b> |
| <i>В. ПРИСЯЖНЮК, С. СЕМИЧАЄВСЬКИЙ, М. ЯКІМЕНКО, М. ОСАДЧУК, В. СВІРСЬКИЙ</i>  |           |
| <b>ПРО ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНО-СВІТОВИХ ПІДХОДІВ ДО КЛАСИФІКАЦІЙНИХ ВИМОГ ЩОДО ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ АВТОМОБІЛІВ .....</b>                                    | <b>62</b> |
| <i>С. РУДАКОВ, О. ПРИЙМАК</i>   |           |
| <b>ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛЕЙ ПІДТРИМКИ УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛОМ ПОЖЕЖНИХ АВТОМОБІЛІВ.....</b>   | <b>63</b> |
| <i>М. ТАВРЕЛЬ</i>   |           |
| <b>ЗАБЕЗПЕЧЕНІСТЬ ГРОМАД ЯКІСНОЮ ВОДОЮ ЯК ОСНОВНА ЗАДАЧА ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ .....</b>   | <b>65</b> |
| <i>Сергій ТРОШКІН, Олег КУЛИЦА</i>  |           |
| <b>ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОМАСОПЕРЕНОСУ У ВЕРТИКАЛЬНИХ КАБЕЛЬНИХ ТУНЕЛЯХ АТОМНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ .....</b>   | <b>66</b> |
| <i>А. ЧОП, Костянтин. ГРИГОРЕНКО</i>  |           |
| <b>ПРО ЗНАЧЕННЯ НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДЛЯ САМООРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ КУРСАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ .....</b>                                 | <b>68</b> |
| <i>А. ЧОП, Костянтин ГРИГОРЕНКО</i>   |           |
| <b>ПРО ОРГАНІЗАЦІЮ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СЛУХАЧІВ У ВИЩОМУ НАВЧАЛЬНОМУ ЗАКЛАДІ ТЕХНІЧНОГО ПРОФІЛЮ .....</b>  | <b>70</b> |
| <i>Vladyslav SOMKIN, Tetyana CZUBINA</i>  |           |
| <b>STRUKTURA I DZIAŁALNOŚĆ: OCHOTNICZA STRAŻ POŻARNA RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ .....</b>  | <b>71</b> |
| <i>О. ZEMLIANSKYI, Daniel GJORGJIEVSKI</i>  |           |
| <b>PROBLEMATIC ISSUES OF PREVENTING ELECTRIC SHOCK DURING FIREFIGHTING AND EMERGENCY RESPONSE.....</b>  | <b>72</b> |
| <i>Kitzmüller Peter, Josef Huber</i>  |           |
| <b>CFD - SIMULATION OF A WALL CONSTRUCTION CONTAINING SPRUCE WOOD. ....</b>   | <b>73</b> |

## *Секція 2. Технології пожежної та техногенної безпеки*

|  |           |
|--|-----------|
| <i>О. АНТОШКІН</i>   |           |
| <b>ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИХ ФІЛЬТРІВ ЯК ІНСТРУМЕНТА ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ЙМОВІРНОСТІ ВИБУХУ .....</b>             | <b>80</b> |
| <i>Вадим БЕНЕДЮК, Олексій ТИМОШЕНКО</i>  |           |
| <b>ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЛИВНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПРОТИПОЖЕЖНИХ ВОДЯНИХ ЗАВІС .....</b>               | <b>81</b> |
| <i>Андрій БЕРЕЗОВСЬКИЙ, Богдан КОПИЛ</i>   |           |
| <b>ВПЛИВ НАПОВНЮВАЧІВ НА ВОДОПОГЛИНАННЯ ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИВІВ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ .....</b>                   | <b>82</b> |
| <i>П. БОРОДИЧ, Р. ДОЛГОПОЛОВ</i>   |           |
| <b>ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПЛЕКСУ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ (КЗІЗ) ЗА ДОПОМОГОЮ УСТАНОВКИ «ШТУЧНІ ЛЕГЕНІ» .....</b> | <b>86</b> |

|   |            |
|---|------------|
| <i>П. БОРОДИЧ, В. КОНОНОВИЧ, В. ЄМЕЦЬ</i><br><b>ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТРОЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ НА ЛЮДЯХ У ЛАБОРАТОРНИХ<br/>УМОВАХ КОМПЛЕКСУ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ (КЗІЗ) .....</b>   | <b>88</b>  |
| <i>П. БРОРОДИЧ, Р. ПОНОМАРЕНКО, В. ЄМЕЦЬ</i><br><b>ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЛІГОННИХ ВИПРОБУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ЗАСОБІВ<br/>ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ (КЗІЗ) .....</b>   | <b>90</b>  |
| <i>М. ГОРОНЕСКУЛЬ</i><br><b>АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ ПОКРАЩЕННЯ ВОГНЕЗАХИСНИХ<br/>ВЛАСТИВОСТЕЙ БОЙОВОГО ОДЯГУ ВОГНЕБОРЦІВ .....</b>  | <b>92</b>  |
| <i>О. ГРИГОРЕНКО</i><br><b>ВИКОРИСТАННЯ ЕКСПРЕС-МЕТОДУ ДЛЯ ПОРІВНЯЛЬНОЇ ОЦІНКИ<br/>ЕФЕКТИВНОСТІ РЕАКТИВНИХ ВОГНЕЗАХИСНИХ ЗАСОБІВ .....</b>  | <b>94</b>  |
| <i>Олександр ЗОБЕНКО</i><br><b>ЕФЕКТИВНІ МЕТОДИ БОРОТЬБИ З ЛІСОВИМИ ПОЖЕЖАМИ .....</b>  | <b>96</b>  |
| <i>Павло ІЛЛЮЧЕНКО, Вадим НІЖНИК, Олександр НІКУЛІН, О. РАТУШНИЙ</i><br><b>ЩОДО РОЗРОБЛЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАТКОВКИ<br/>ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА<br/>ПРИ ІМІТАЦІЇ ЙОГО АВАРІЙНОГО ВИТОКУ .....</b>   | <b>97</b>  |
| <i>К. КАРПЕНКО</i><br><b>АНАЛІЗ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ДОПОВНЕННЯ СТАНДАРТУ ТЕРМІНІВ<br/>ТА ВИЗНАЧЕНЬ ОСНОВНИХ ПОНЯТЬ У СФЕРІ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ .....</b>  | <b>99</b>  |
| <i>В. КОВАЛЕНКО, О. ДОБРОСТАН, Ю. ДОЛІШНИЙ, Окс. ДОБРОСТАН</i><br><b>ЩОДО МЕТОДУ ВИПРОБУВАНЬ З ВИЗНАЧЕННЯ ВОГНЕЗАХИСНИХ<br/>ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОГНЕЗАХИСНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ДЕРЕВИНИ .....</b>   | <b>100</b> |
| <i>Богдан КОВАЛИШИН, Ярослав БАЛЛО</i><br><b>ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ<br/>ПРОТИПОЖЕЖНИХ КАРНИЗІВ НА ПРОЦЕСИ ПОШИРЕННЯ ПОЖЕЖІ .....</b>  | <b>102</b> |
| <i>Денис КОЛЕСНИКОВ, Сергій СТАСЬ</i><br><b>ЗМІНА ДОВЖИНИ ПОЖЕЖНИХ РУКАВІВ ДІАМЕТРОМ 77 ММ<br/>ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ПОЖЕЖНОГО СТВОЛА ПРОТЕК 366 .....</b>   | <b>104</b> |
| <i>Р. КРАВЦІВ, К. АФАНАСЕНКО, Д. МИРОШНИЧЕНКО</i><br><b>МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БПЛА ДЛЯ ПОЖЕЖОГАСІННЯ<br/>ТА МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖ.....</b>  | <b>105</b> |
| <i>А. КУШНІР, С. ВОВК</i><br><b>ЕЛЕКТРОПРИВІД МЕХАНІЗМУ ПЕРЕМІЩЕННЯ ПРОТИПОЖЕЖНИХ ВОРІТ .....</b>   | <b>108</b> |
| <i>Н. ЛИСАК, О. СКОРОДУМОВА, А. ЧЕРНУХА, Я. ГОНЧАРЕНКО</i><br><b>РОЗРОБКА СКЛАДУ СИЛІКОФОСФАТНИХ КОМПОЗИЦІЙ<br/>ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ.....</b>   | <b>110</b> |
| <i>Р. МАЙБОРОДА, Н. РАШКЕВИЧ, Ю. ОТРОШ, В. СУР'ЯНІНОВ</i><br><b>ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕВАКУАЦІЇ МАЛОМОБІЛЬНИХ ГРУП НАСЕЛЕННЯ<br/>ЗА ДОПОМОГОЮ ПОЖЕЖНИХ ЛІФТІВ.....</b>   | <b>112</b> |
| <i>Костянтин МИГАЛЕНКО, Євгенія ТОРЧЕВСЬКА</i><br><b>СПОСОБИ УКРІПЛЕННЯ БЕРЕГОВИХ ЛІНІЙ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА ЗМЕНШЕННЯ<br/>ЗБИТКІВ ВІД НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРУ .....</b>   | <b>114</b> |
| <i>Вадим НІЖНИК, Олександр НІКУЛІН, Максим ОСАДЧУК</i><br><b>РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ<br/>ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КОМПРЕСІЙНОЇ ПІНИ<br/>ДЛЯ ГАСІННЯ ТРАСФОРМАТОРНОГО МАСТИЛА .....</b> | <b>116</b> |
| <i>Вадим НІЖНИК, Ю. ФЕЩУК, В. МИХАЙЛОВ, Ю. ЛУЦЕНКО</i><br><b>ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ОБЛАДНАННЯ БАЗОВИХ СТАНЦІЙ<br/>МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ СИСТЕМАМИ ПОЖЕЖОГАСІННЯ .....</b>  | <b>118</b> |

|  |            |
|--|------------|
| <i>С. НОВАК, О. ДОБРОСТАН, М. ПУСТОВИЙ, М. НОВАК</i><br><b>КОРИГУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ ЩОДО ПРОМІЖКУ ЧАСУ<br/>ДО ДОСЯГНЕННЯ КРИТИЧНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ .....</b>                                 | <b>120</b> |
| <i>Ігор НОЖКО, Сергій ГОНЧАР, А. ГУРІНЕНКО</i><br><b>ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА ЛІКВІДАЦІЇ<br/>НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ В УМОВАХ ТЕХНОГЕННОЇ НЕБЕЗПЕКИ .....</b>                                 | <b>122</b> |
| <i>Б. ОВЧАРЕНКО, Г. ТРУНЦЕВ, В. КОВАЛЕНКО</i><br><b>ЩОДО ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО ПЕРВИННИХ МОБІЛЬНИХ УКРИТТІВ .....</b>   | <b>123</b> |
| <i>Костянтин ОСТАПОВ</i><br><b>АНАЛІЗ ВОГНЕЗАХИСТУ МЕТАЛЕВИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ .....</b>   | <b>125</b> |
| <i>Костянтин ОСТАПОВ</i><br><b>РОЗРОБКА ПРОЄКТУ УДОСКОНАЛЕННЯ ВІЗКА ПІДВАГОННОГО ГАСІННЯ<br/>З РОЗПИЛЮВАЧЕМ ГЕЛЕУТВОРЮЮЧИХ СКЛАДІВ .....</b>   | <b>127</b> |
| <i>В. ПРИСЯЖНЮК, С. СЕМИЧАЄВСЬКИЙ, М. ЯКІМЕНКО, М. ОСАДЧУК, В. СВІРСЬКИЙ</i><br><b>ПРО ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЗРАЗКА ПОЖЕЖНОГО ЛАФЕТНОГО<br/>СТВОЛА ВИРОБНИЦТВА НІМЕЧЧИНИ .....</b>                                | <b>129</b> |
| <i>М. ПУСТОВИЙ, І. МАЛАДИКА С. НОВАК</i><br><b>МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ СПІВВІДНОШЕННЯ НЕОБХІДНОЇ МІНІМАЛЬНОЇ<br/>ТОВЩИНИ ВОГНЕЗАХИСТУ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА РІЗНИМИ<br/>НОМІНАЛЬНИМИ ТЕМПЕРАТУРНИМИ РЕЖИМАМИ ПОЖЕЖІ .....</b> | <b>130</b> |
| <i>Н. РАШКЕВИЧ, Ю. ОТРОШ, С. НЕУТОВ</i><br><b>ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОВІДДАЧІ ПЕРЕГОРОДОК<br/>ІЗ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЕЙ.....</b>   | <b>132</b> |
| <i>Станіслав СІДНЕЙ, Ірина РУДЕШКО, Д. РОМАНЕНКО, М. ЗУЄНКО</i><br><b>ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ НАВАНТАЖЕННЯ<br/>НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ РЕБРИСТІЙ ЗАЛІЗОБЕТОННІЙ ПЛИТИ .....</b>                                      | <b>134</b> |
| <i>Станіслав СІДНЕЙ, Артем ТЕЙЗЕ, Ірина РУДЕШКО</i><br><b>ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТИ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ<br/>РЕБРИСТОЇ ПЛИТИ ПІД ЧАС ВПЛИВУ ПОЖЕЖІ .....</b>  | <b>136</b> |
| <i>Віталій СТЕПАНЕНКО, Олександр НУЯНЗІН</i><br><b>ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ З НАГРІВАННЯ<br/>СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПЛИТИ З ГОФРОВАНИМ ПРОФІЛЕМ.....</b>  | <b>138</b> |
| <i>А.ТАРНАВСЬКИЙ, О. ЛЮБОВЕЦЬКИЙ</i><br><b>НЕБЕЗПЕКИ, ЩО ВИНИКАЮТЬ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГАЗОНАПОВНЕНОГО<br/>ОБЛАДНАННЯ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ.....</b>   | <b>140</b> |
| <i>Д. ТРЕГУБОВ, О. КІРЄЄВ</i><br><b>ОСОБЛИВОСТІ БАЛАНСУ ІЗОЛЮЮЧОГО ТА ОХОЛОДЖУЮЧОГО ВНЕСКІВ<br/>ПІД ЧАС ГАСІННЯ РІДИН ПЛАВУЧИМИ ПОРИСТИМИ СИСТЕМАМИ .....</b>  | <b>142</b> |
| <i>Ю. ФЕЩУК, О. СІЗІКОВ, А. ЦИГАНКОВ</i><br><b>МЕХАНІЗМ РЕАЛІЗАЦІЇ ОСНОВНОЇ ВИМОГИ<br/>ЩОДО ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД.....</b>   | <b>144</b> |
| <i>Р. ШЕВЧЕНКО, О. ДЕРЕВ'ЯНКО, О. ЩЕРБАК</i><br><b>ВИЯВЛЕННЯ ТА ФІКСАЦІЯ ОСЕРЕДКОВИХ ОЗНАК ПОЖЕЖІ .....</b>  | <b>145</b> |
| <i>Сергій ЩЕРБАК</i><br><b>ВПЛИВ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕМЕНТІВ<br/>ПОЖЕЖНИХ КРАН-КОМПЛЕКТІВ НА ЕФЕКТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ<br/>ЇХ У ВИСОТНИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЛЯХ.....</b>  | <b>147</b> |
| <i>Вадим ЯНІШЕВСЬКИЙ, Олександр НУЯНЗІН</i><br><b>ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛООВОГО ВПЛИВУ ПОЖЕЖІ НА ФРАГМЕНТИ<br/>ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН ЗА УМОВИ НАГРІВАННЯ<br/>У МАЛОГАБАРИТНІЙ ВОГНЕВІЙ ПЕЧІ .....</b>                            | <b>148</b> |

|   |            |
|---|------------|
| <i>В. ЛИПОВИЙ, Р. КОМАРОВ</i>   |            |
| <b>ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ САМОЗАЙМАННЯ БУРОГО ВУГІЛЛЯ .....</b>   | <b>150</b> |
| <i>Serhii Pozdieiev, Novhorodchenko Alina, Zuzana Vranayova, Frantisek Vranay, Eva Krídlová Burdová</i> |            |
| <b>MATHEMATICAL MODEL OF THE BEHAVIOR OF REINFORCING STEEL UNDER MECHANICAL LOAD CONDITIONS.....</b>    | <b>152</b> |

**Секція 3. Інформаційні технології в попередженні та ліквідації надзвичайних ситуацій**

|   |            |
|---|------------|
| <i>О. АНТОШКІН, К. ТРИПОЛЬСЬКА</i>  |            |
| <b>НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ З ОПТИМІЗОВАНИМ СКЛАДОМ .....</b>  | <b>154</b> |
| <i>С. БОНДАРЕНКО</i>  |            |
| <b>ВИКОРИСТАННЯ КОНЦЕПЦІЇ VPL ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ АВТОМАТИКА РАНЬОГО ВИЯВЛЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ .....</b>                           | <b>155</b> |
| <i>Андрій БОРИСОВ, Анатолій КОДРИК, Олександр ТИТЕНКО</i>   |            |
| <b>ОСОБЛИВОСТІ ЛІКВІДАЦІЇ ТА ГАСІННЯ ПОЖЕЖ НА ОБ'ЄКТАХ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ ТА ВИКОРИСТОВУЮТЬ БІОГАЗ .....</b>  | <b>156</b> |
| <i>А. ГАВРИСЬ, О. ПЕКАРСЬКА</i>   |            |
| <b>РОЛЬ ЦЕНТРІВ БЕЗПЕКИ У МОДЕЛЮВАННІ ТА ПРОГНОЗУВАННІ ЗАТОПЛЕНЬ НА ТЕРИТОРІЇ ОБ'ЄДНАНИХ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД.....</b>                                   | <b>159</b> |
| <i>Сергій ГОНЧАР, Ігор НОЖКО, А. СУЛЕЙМАНОВ</i>   |            |
| <b>ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНОГО СУПРОВОДУ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ НАФТОПРОДУКТІВ .....</b>  | <b>160</b> |
| <i>А. ГРИЩЕНКО, Юрій ОТРОШ, Н. РАШКЕВИЧ</i>   |            |
| <b>МОДЕЛЮВАННЯ ЗОНИ ЗАДИМЛЮВАНОСТІ В НАЙПРОСТІШОМУ УКРИТТІ.....</b>   | <b>162</b> |
| <i>Вікторія ДАГІЛЬ, О. ДАНИК, Г. КУЧЕР</i>  |            |
| <b>РОЗРОБКА ТА ВАЛІДАЦІЯ МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ РОЗЧИНІВ ПІНОУТВОРЮВАЧА ТА АНТИПІРЕНІВ ЗА ДОПОМОГОЮ КОЛОРИМЕТРІЇ ТА СПЕКТРОФОТОМЕТРІЇ.....</b> | <b>164</b> |
| <i>Владислав ДЕНДАРЕНКО, В. КОМПАН</i>  |            |
| <b>АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБЧИСЛЕНЬ.....</b>   | <b>166</b> |
| <i>Юрій ДЕНДАРЕНКО, Ю. СЕНЧИХІН, Олександр БЛАЩУК</i>   |            |
| <b>МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ТЕПЛОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ПІД ЧАС ГОРІННЯ ЗРІДЖЕНОГО ГАЗУ .....</b>   | <b>167</b> |
| <i>Д. ДУБІНІН</i>   |            |
| <b>ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ЦІВКИ ВОДИ В СТВОЛІ УСТАНОВКИ ПОЖЕЖОГАСІННЯ ПІД ДІЄЮ УДАРНОЇ ХВИЛІ .....</b>                                  | <b>169</b> |
| <i>В. ДУРЄЄВ, О. ПІДКОПАЙ</i>   |            |
| <b>МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТА З СУПЕРПАРАМАГНІТНИМИ ЧАСТКАМИ ПРИ СИЛЬНОМУ МАГНІТНОМУ ПОЛІ.....</b>   | <b>171</b> |
| <i>В. ДУРЄЄВ, А. СКРИПНИК</i>   |            |
| <b>МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ПОЗИСТОРНОГО ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТА.....</b>  | <b>172</b> |
| <i>Сергій КАСЯРУМ</i>   |            |
| <b>ЗНАЧЕННЯ МАТЕМАТИКИ У СФЕРІ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ.....</b>  | <b>174</b> |

|   |            |
|---|------------|
| <i>Аліна НОВГОРОДЧЕНКО, В. НОВГОРОДЧЕНКО, С. КРАВЧЕНКО</i>  |            |
| <b>МАТЕМАТИЧНЕ ОПИСАННЯ ЛІНІЙ КОНТУРІВ ОБВУГЛЕНОЇ ЗОНИ ДЕРЕВ'ЯНИХ БАЛОК ІЗ ВОГНЕЗАХИСНИМ ОБЛИЦЮВАННЯМ.....</b>  | <b>177</b> |
| <i>Віталій НУЯНЗІН, Євген КОЦАР, Максим НАЛИВАЙКО, Дмитро ОРЕЛ, Валентин НАЛИВАЙКО</i>  |            |
| <b>ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ЧАС ВИБУХУ ГАЗОПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ .....</b>   | <b>179</b> |
| <i>С. ПОТЕРЯЙКО, К. БЕЛІКОВА</i>  |            |
| <b>ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ТЕОРІЇ КОРИСНОСТІ ПІД ЧАС ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ В УМОВАХ ЗАГРОЗИ ТА ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ .....</b>  | <b>182</b> |
| <i>Р. ПУРДЕНКО, Н. РАШКЕВИЧ, Юрій ОТРОШ</i>   |            |
| <b>ОЦІНКА СТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ОСНОВІ МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ СИСТЕМИ ҐРУНТ-ФУНДАМЕНТ-БУДІВЛЯ.....</b>  | <b>183</b> |
| <i>Сергій СТАСЬ, Денис КОЛЕСНІКОВ</i>   |            |
| <b>ОСОБЛИВОСТІ ВОДЯНОГО СТРУМЕНЯ НА ВИХОДІ З ПОЖЕЖНОГО СТВОЛА ЧИ НАСАДКИ.....</b>   | <b>185</b> |
| <i>Ю. ТЕРЛЕЦЬКИЙ, О. ПАЗЕН</i>  |            |
| <b>МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ НАГРІВАННЯ ПОВЕРХНІ ОСВ ПЛИТИ ДО ТЕМПЕРАТУРИ ЗАЙМАННЯ .....</b>  | <b>188</b> |
| <i>О. ТЕСЛЕНКО, О. ДОЦЕНКО, О. КРИКУН, С. ЦИМБАЛІСТИЙ</i>   |            |
| <b>АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ДОВІДКОВО-ІНФОРМАЦІЙНИХ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ, ПРИДАТНИХ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ БАЗИ ДАНИХ РЕЄСТРУ ПАСПОРТІВ РИЗИКІВ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ТА ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРУ В РЕГІОНАХ УКРАЇНИ.....</b> | <b>190</b> |
| <i>В. ХРИСТИЧ, М. МАЛЯРОВ, М. ВАСИЛЕНКО</i>   |            |
| <b>ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ ЗОВНІШНЬОГО ТЕПЛОВИДЛЕННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ ПОЖЕЖІ У ПРИМІЩЕННІ.....</b>   | <b>192</b> |
| <i>В. ХРИСТИЧ, М. МАЛЯРОВ, Р. ВЕРЕЩАК</i>   |            |
| <b>ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ МАРШРУТІВ ЕВАКУАЦІЇ З ОБ'ЄКТІВ З МАСОВИМ ПЕРЕБУВАННЯМ ЛЮДЕЙ.....</b>   | <b>194</b> |
| <i>Сергій ЦВІРКУН, Валентин МЕЛЬНИК, Д. ЯЩЕНКО, Максим УДОВЕНКО</i>   |            |
| <b>МОДЕЛЮВАННЯ ПОЖЕЖІ В ІДАЛЬНІ ВІЙСЬКОВОГО ЛІЦЕЮ .....</b>   | <b>196</b> |
| <i>Сергій ЦВІРКУН, Валентин МЕЛЬНИК, Д. ЯЩЕНКО, Максим УДОВЕНКО</i>   |            |
| <b>РОЗРАХУНОК ЧАСУ ЕВАКУАЦІЇ ПІД ЧАС ПОЖЕЖІ З ІДАЛЬНІ ВІЙСЬКОВОГО ЛІЦЕЮ .....</b>   | <b>198</b> |
| <i>О. ШЕВЧЕНКО, І. РУЩАК, Р. ШЕВЧЕНКО</i>   |            |
| <b>ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ QR – КОДУВАННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ НЕБЕЗПЕКИ НС НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ.....</b>   | <b>202</b> |

**Секція 4. Теоретичні та практичні аспекти охорони праці в галузі цивільної безпеки**

|  |            |
|--|------------|
| <i>О. БЕДРАТЮК, Ю. ДОЛІШНІЙ</i>  |            |
| <b>ЩОДО ВПЛИВУ ТОКСИЧНОСТІ ПРОДУКТІВ ГОРІННЯ НА ЛЮДИНУ .....</b>   | <b>203</b> |
| <i>Ю. ГАПОН</i>  |            |
| <b>ЗАГАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ ОХОРОНИ ПРАЦІ ГАЛЬВАНІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ .....</b>  | <b>204</b> |
| <i>Марія ГОНЧАРУК, Іван ІЩЕНКО</i>   |            |
| <b>ОСОБЛИВОСТІ НЕБЕЗПЕКИ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ШКІДЛИВОСТІ ТА НЕБЕЗПЕЧНОСТІ ФАКТОРІВ ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА .....</b> | <b>206</b> |

|   |            |
|---|------------|
| <i>Наталія ГРЕЧКА, Тетяна КОСТЕНКО</i><br><b>ПОЛІПШЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ ПІДПРИЄМСТВА<br/>ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ ВИМОГ СТАНДАРТУ ISO 45001:2018 .....</b>                 | <b>207</b> |
| <i>Іван ІЩЕНКО</i><br><b>АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОФІЛАКТИКИ НЕЩАСНИХ ВИПАДКІВ НА ВИРОБНИЦТВІ<br/>В УМОВАХ ПРАВОВОГО РЕЖИМУ ВОЄННОГО (НАДЗВИЧАЙНОГО) СТАНУ .....</b>                                  | <b>209</b> |
| <i>Тетяна КОСТЕНКО</i><br><b>НЕБЕЗПЕЧНІ ТА ШКІДЛИВІ ЧИННИКИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ<br/>НА ОСОБОВИЙ СКЛАД ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ<br/>ПІД ЧАС ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ ВОРОЖИХ ОБСТРІЛІВ.....</b> | <b>211</b> |
| <i>Тетяна КОСТЕНКО</i><br><b>РОЗСЛІДУВАННЯ НЕЩАСНИХ ВИПАДКІВ В ПІДРОЗДІЛАХ ДСНС<br/>В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ .....</b>   | <b>213</b> |
| <i>П. КОСТИШИН</i><br><b>ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА В МЕДИЧНИХ ПРИСТРОЯХ ІОТ<br/>ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЗДОРОВ'Я ПАЦІЄНТІВ .....</b>  | <b>214</b> |
| <i>В. ПАВЛЕНКО</i><br><b>ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ МІЖНАРОДНОГО СПІВРОБІТНИЦТВА<br/>У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ .....</b>  | <b>216</b> |
| <i>О. ФІЛІППЕНКОВ, Ю. ДЖУМАНЯЗОВ</i><br><b>БЕЗПЕКА ПРАЦІ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ .....</b>  | <b>217</b> |
| <i>Олександр ЧЕРКАШИН</i><br><b>БЕЗПЕКОВИЙ ПРОСТІР ЗАКЛАДІВ ОСВІТИ. РЕКОМЕНДАЦІЇ РЯТУВАЛЬНИКАМ<br/>У ВИБОРІ ФОРМ ТА МЕТОДІВ ПРОФОРІЄНТАЦІЙНОЇ РОБОТИ .....</b>                              | <b>219</b> |
| <i>І. ЯЧНА, Д. ЛУК'ЯНОВ, О. КУВШИНОВА</i><br><b>ОХОРОНА ПРАЦІ ЯК СФЕРА ВПЛИВУ НА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИВІЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ ....</b>  | <b>221</b> |



*Наукове видання*

**«Надзвичайні ситуації: безпека та захист»**

**Матеріали XIV Всеукраїнської науково-практичної  
конференції з міжнародною участю**

**24-25 жовтня 2024 року**

Надзвичайні ситуації: безпека та захист: Матеріали XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. – Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2024. – 230 с.

За зміст вміщених у збірнику матеріалів відповідальність несуть автори.  
Тези друкуються зі збереженням авторської орфографії та пунктуації.

Підписано до друку 17.10.2024.  
Обл.-вид. арк.15,6. Ум. друк. арк. 29.  
Замовлення № 20.

Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України  
вул. Онопрієнка, 8, м. Черкаси, Україна, 18034