

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



МАТЕРІАЛИ

**3-ї Міжнародної науково-практичної конференції
«Проблеми пожежної безпеки 2024»
(«Fire Safety Issues 2024»)**



ХАРКІВ 2024

Шановні колеги та колежанки!



Маю за честь вітати учасників Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми пожежної безпеки 2024», напями якої є актуальними щодо вирішення проблемних питань сучасності у сфері пожежної безпеки та забезпечення протипожежного захисту.

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

конференція.

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

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

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

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

Т.в.о. ректора Національного університету
цивільного захисту України
генерал-майор служби цивільного захисту,
кандидат технічних наук, професор

Віктор ГВОЗДЬ

Матеріали 3-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми пожежної безпеки 2024» («Fire Safety Issues 2024»). – Х.: НУЦЗ України, 2024. – 261 с.

Організаційний комітет:

Голова оргкомітету

Гвоздь Віктор – тимчасово виконуючий обов'язки ректора НУЦЗ України, кандидат технічних наук, професор, заслужений працівник цивільного захисту України, Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

Заступник голови оргкомітету

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

Члени оргкомітету

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

Мирошник Олег – заступник начальника Черкаського інституту пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля з навчальної та наукової роботи, доктор технічних наук, професор (м. Черкаси).

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

Колєнов Олександр – заступник начальника факультету оперативно-рятувальних сил, кандидат наук з державного управління, доцент, Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

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

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

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

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

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

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

Ágoston Restás – начальник кафедри протипожежного захисту та менеджменту рятувальних операцій, PhD, Університет державної служби (Людовика) (м. Будапешт).

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

Карабин Василь – професор кафедри цивільного захисту та протимінної діяльності Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, доктор технічних наук, професор (м. Львів).

Ніженик Вадим – начальник науково-дослідного центру протипожежного захисту, доктор технічних наук, професор, Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту (м. Київ).

Олійник Володимир – начальник кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет цивільного

захисту України (м. Харків).

Шевченко Роман – начальник кафедри автоматичних систем безпеки і інформаційних технологій Національного університету цивільного захисту України, доктор технічних наук, професор (м. Харків).

Отрош Юрій – начальник кафедри пожежної профілактики в населених пунктах Національного університету цивільного захисту України, доктор технічних наук, професор (м. Харків).

Кустов Максим – начальник наукового відділу з проблем цивільного захисту та техногенно-екологічної безпеки, доктор технічних наук, професор, Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

Відповідальний секретар

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

Технічні секретарі

Вавренюк Сергій – професор кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій, доктор наук з державного управління, Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

Кальченко Ярослав – старший викладач кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій, PhD, Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

Укладачі не несуть відповідальності за зміст опублікованих матеріалів

Розглянуто на засіданні Вченої ради факультету пожежної безпеки (Протокол №6 від 30.01.24 р.)

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

О.Є. Басманов, д.т.н., професор, Національний університет цивільного захисту України
В.В. Олійник, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО ВПЛИВУ ПОЖЕЖІ НА РЕЗЕРВУАР З НАФТОПРОДУКТОМ

Значна кількість надзвичайних ситуацій, що виникають при транспортуванні, переробці і зберіганні нафти і нафтопродуктів, починається з аварійного розливу рідини [1]. Основною небезпекою при цьому є поява джерела запалювання і спалахування парів рідини над розливом. Складність локалізації і ліквідації таких пожеж обумовлена тепловим впливом пожежі на сусідні технологічні об'єкти і, зокрема, на ємності з горючими рідинами. Якщо аварійний розлив і спалахування відбуваються на зливно-наливних естакадах, то під тепловий вплив можуть потрапити не лише залізничні цистерни, а й резервуари з нафтопродуктами. Враховуючи, що типовий резервуар містить тисячі тонн горючої рідини, така можливість не може бути залишена поза увагою.

Однією із особливостей нагріву стінки ємності з горючою рідиною (рис. 1) є те, що її нижня частина контактує з рідиною у резервуарі (змочена частина стінки), а верхня частина контактує з пароповітряною сумішшю в газовому просторі ємності (суха частина стінки).

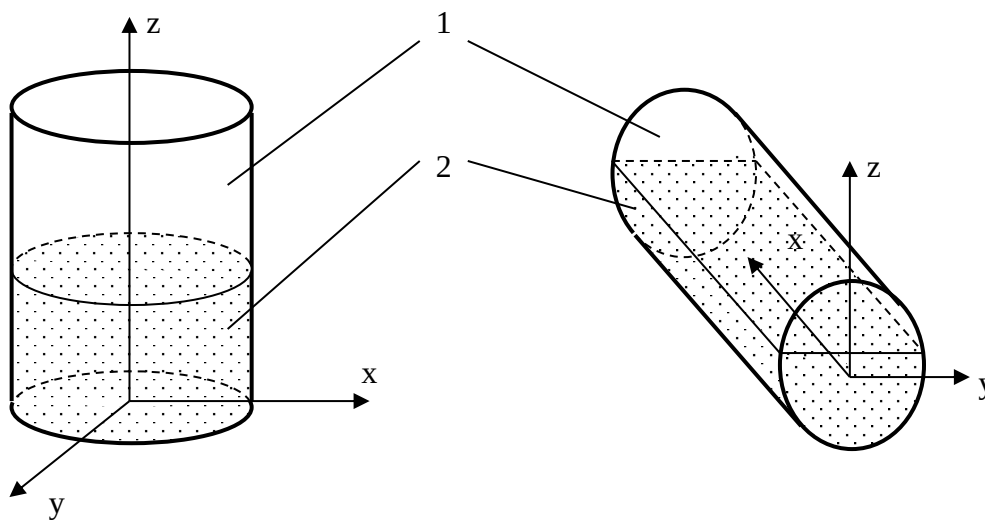


Рис. 1. Суха (1) та змочена (2) частини стінки ємності з рідиною

При побудові моделі теплового впливу пожежі розливу на ємність з горючою рідиною (залізнична цистерна або вертикальний сталевий резервуар типу РВС) будемо виходити з наступних припущень.

1. Зовнішня поверхня стінки ємності приймає участь в променевому теплообміні з поверхнею факела і навколишнім середовищем, а також конвекційному теплообміні з повітряним середовищем.

2. Внутрішня поверхня сухої частини стінки приймає участь в променевому теплообміні з поверхнею рідини, залитої в ємність, та іншими точками на внутрішній поверхні стінки, а також в конвекційному теплообміні з пароповітряною сумішшю в газовому просторі ємності.

3. Внутрішня поверхня змоченої частини стінки приймає участь в конвекційному теплообміні з рідиною, залитою в ємність.

4. Температура на зовнішній і внутрішній поверхнях стінки є однаковою.

5. Тепло розповсюджується по стінці ємності внаслідок теплопровідності матеріалу стінки (сталі).

Припущення 4 спирається на низку робіт, в яких досліджено розподіл температур по глибині стінки ємності. Зокрема, в [2] показано, що різниця температур на внутрішній і зовнішній поверхні сталеві стінки, товщиною 8 мм, не перевищує 1,5° в той час, як температура стінки перевищує 250° С. Вказані результати мають місце внаслідок малої товщини стінки і високої теплопровідності сталі.

Рівняння теплопровідності всередині поверхні вертикального сталевго резервуара в циліндричній системі координат має вигляд

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} \right); 0 < z < H; 0 < r < R; 0 < \varphi < 2\pi, \quad (1)$$

де $T(r, \varphi, z)$ – температура стінки резервуара; r, φ – радіус-вектор і полярний кут відповідно; H – висота резервуара; R – радіус резервуара; a – коефіцієнт температуропровідності сталі:

$$a = \frac{\lambda_c}{c_c \rho_c};$$

λ_c, c_c, ρ_c – коефіцієнт теплопровідності, коефіцієнт теплоємності та густина сталі відповідно.

Припущення про однакову температуру вздовж товщини стінки для вертикального сталевго резервуара перетворює рівняння (1) на

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{1}{R^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} \right); 0 < z < H; 0 < \varphi < 2\pi; \quad (2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} \right); 0 < r < R; 0 < \varphi < 2\pi, \quad (3)$$

де рівняння (2) описує розподіл температур по стінці резервуара, а (3) – по його покрівлі. Із врахуванням теплових потоків, що припадають на поверхню резервуара рівняння (2) і (3) набудуть вигляду

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{1}{R^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} \right) + \frac{q}{c_c \rho_c \delta}; 0 < z < H; 0 < \varphi < 2\pi; \quad (4)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} \right) + \frac{q}{c_c \rho_c \delta}; 0 < r < R; 0 < \varphi < 2\pi, \quad (5)$$

де q – щільність теплового потоку, що припадає на дану точку поверхні резервуара; δ – товщина стінки (або покрівлі) резервуара. Аналогічно, для залізничної цистерни рівняння теплового балансу мають вигляд

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{1}{R^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} \right) + \frac{q}{c_c \rho_c \delta}; 0 < x < L; 0 < \varphi < 2\pi; \quad (6)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} \right) + \frac{q}{c_c \rho_c \delta}; 0 < r < R; 0 < \varphi < 2\pi, \quad (7)$$

де рівняння (6) відповідає розподілу температур по циліндричній частині стінки цистерни, а рівняння (7) – по основам циліндра; L – довжина цистерни; R – її радіус.

Відзначимо, що щільність теплового потоку q , що входить до рівнянь (4)–(7), є різною для різних точок стінки ємності. Її величина визначається розташуванням осередку горіння відносно ємності, а також тим, чи контактує стінка в даній точці з рідиною чи з пароповітряною сумішшю в газовому просторі ємності. При горінні розливу горючої рідини на поверхні землі найбільша щільність теплового потоку припадає на нижню частину ємності. Але ця частина стінки інтенсивно охолоджується внаслідок контакту з рідиною всередині резервуара (рис. 1) і тому її температура не досягає небезпечного значення. На суху частину стінки припадає дещо менша щільність теплового потоку, але охолоджувальна дія з боку пароповітряної суміші на 1-2 порядки менша порівняно з охолоджувальною дією рідини. Саме нагрів сухої частини стінки до температури споспалахування парів рідини може призвести до розповсюдження пожежі на цю ємність. Отже, найбільшу небезпеку становить нагрів сухої частини стінки ємності.

Для практичного використання отриманої моделі необхідно розв'язати диференціальні рівняння (4)–(5) або (6)–(7) із відповідними крайовими та початковими умовами. Для цього може бути застосованим метод скінчених різниць. Для цього циліндрична та кругова частина покрівлі ємності покривається сіткою. В її вузлах проводиться апроксимація похідної за часом і за змінними r , z , x , φ , що дозволяє перейти до рівнянь у скінчених різницях.

Отримані результати можуть бути використані для визначення наслідків теплового впливу пожежі на вертикальний сталевий резервуар або залізничну цистерну з горючою рідиною.

ЛІТЕРАТУРА

1. Raja S., Tauseef S. M., Abbasi T., Abbasi S. A. Risk of Fuel Spills and the Transient Models of Spill Area Forecasting // Journal of Failure Analysis and Prevention. 2018. Vol. 18 (2). P. 445-455. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11668-018-0429-1>
2. Басманов О.Є., Максименко М.В. Моделювання впливу пожежі на сусідній резервуар з нафтопродуктом в умовах вітру // Проблеми надзвичайних ситуацій. 2022. 1 (35). С. 239-253. Doi: <https://10.52363/2524-0226-2022-35-18>

*O. Basmanov, DSc., professor, National University of Civil Defence of Ukraine
V. Oliinik, PhD., associate professor, National University of Civil Defence of Ukraine*

MODELING THE THERMAL EFFECT OF A FIRE ON AN OIL TANK

Consolidation of chemical production leads to the accumulation of flammable liquids on a relatively small area. Despite the safety measures taken, accidents still occur, characterized by a "domino" effect. A significant percentage of such accidents begin with the spillage of flammable liquid and its ignition. The heat flow from the fire to the neighboring technological facilities can lead to the cascading spread of the fire to them due to the heating of the metal structures to the self-ignition temperature of the combustible liquids contained in them. In the work, a model of the thermal effect of a fire on a container with a flammable liquid is built. A vertical steel tank and a railway tank are considered as such containers. The model is based on a parabolic differential equation that describes the heat distribution of the container surface. The temperature along the thickness of the surface of the container is assumed to be the same, which allows to simplify the equation. The model takes into account the heat exchange with the fire, the environment, the liquid and the vapor-air mixture in the container. For practical use of the model, the finite difference method can be applied. This allows you to find the temperature distribution at any time and determine the need to protect the container.

ВИЗНАЧЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ ЗА УМОВ ГОРІННЯ СУСІДНЬОГО РЕЗЕРВУАРА

Резервуари для нафти і нафтопродуктів відносяться до промислових споруд підвищеної пожежної небезпеки. Пожежі нафти і нафтопродуктів у резервуарах, як правило, є складними і масштабними, ліквідуються з великими труднощами, наносять велику шкоду і часто приводять до загибелі людей.

Аналіз пожеж в резервуарних парках всіх країн, що продукують нафтопродукти, наглядно показує тенденцію до підвищення пожежної небезпеки при збільшенні масштабів резервуарних парків і вказує на необхідність подальшого вдосконалення заходів пожежної безпеки при їх проектуванні та експлуатації.

При пожежі стінка, покрівля, днище резервуара і сам нафтопродукт нагрівається до високих нестаціонарних температур в результаті чого в елементах конструкції виникають значні температурні напруження і деформації. При цьому різко збільшується внутрішній тиск в закритих резервуарах. Всі ці теплові фактори зменшують механічну міцність резервуара і часто приводять до його руйнування [1].

Пожежі, під час яких полум'я поширюється на групу, що складається з двох або більшої кількості резервуарів, називають груповими. Статистика свідчить, що груповою стає майже кожна четверта пожежа, яка розпочинається в резервуарі для зберігання нафти (нафтопродукту). Причинами цього бувають теплові потоки, загазованість території або поширення полум'я на групу резервуарів внаслідок аварійного розтікання палаючої рідини із зруйнованого (такого, на якому стався вибух) резервуара під час скипання або викиду нафти (нафтопродукту).

Тому забезпечення вогнестійкості сталевих конструкцій резервуарів за умов горіння нафтопродуктів є актуальною науково-технічною задачею.

В резервуарах в більшості випадків горіння рідини починається з вибуху парів горючої рідини під дахом резервуара, в зв'язку з цим відбувається деформація резервуару та спалахує пожежа. Полум'я сягає при цьому висоти майже двох діаметрів резервуара і має температуру залежно від горючої рідини в межах 1000-1300 °C [2].

Полум'я може значно відхилятися під час дії вітру і вже на початковій стадії пожежі виникає можливість перекидання полум'я на сусідні резервуари або об'єкти. Такий факел полум'я резервуара, що горить, нагріває стінки, дах, дихальну та іншу апаратуру, розташовану на даху сусіднього резервуара.

Пожежі в резервуарах для зберігання нафти і нафтопродуктів можуть виникати з різних причин і розвиватися за різними сценаріями.

Внаслідок нагріву стінок і даху сусіднього резервуара підвищується швидкість випаровування горючої рідини, що зберігається в ньому.

У такому випадку всередині резервуара створюється надмірний тиск, який перешкоджає проникненню полум'я всередину, а витікаючі через дихальну апаратуру горючі пари можуть запалати від полум'я резервуара, що горить, горючі пари над дихальною апаратурою, викликаючи нагрівання цієї конструкції.

Нагрівання резервуара, в якому зберігається горюча рідина з високою температурою спалаху, наприклад, дизельне паливо, небезпечно і полягає в тому, що всередині резервуара в процесі нагрівання може утворитися вибухонебезпечна концентрація парів дизельного палива. У такому випадку сусідні резервуари з тим, що горять, з самого початку пожежі необхідно охолоджувати водою, запобігаючи тим самим можливості вибуху всередині них.

В резервуарі з початку горіння рідини на її поверхні встановлюється температура, що дорівнює середній температурі кипіння багатofракційної рідини. По мірі горіння температура поверхні буде поступово підвищуватися, і горюча рідина прогріватиметься углиб. При цьому стійкість і ефективність піни при гасінні пожежі знижуються.

Швидкість горіння нафтопродуктів залежить від величини вільної поверхні, фізичних властивостей рідини, швидкості вітру, температури рідини. Швидкість горіння рідини визначається швидкістю її випаровування, яка, в свою чергу, залежить від швидкості прогрівання поверхні рідини. З підвищенням початкової температури рідини зростає швидкість її горіння.

Як свідчить аналіз статистичних даних, протягом 5-15 хвилин вільний борт резервуара втрачає свою несучу здатність і під впливом сили тяжіння деформується до рівня наливу нафтопродукту. У деяких випадках деформація борта відбувається нижче рівня наливу, і нафта (нафтопродукт) виходить в обвалування. Якщо резервуар споряджено плаваючою покрівлею або стаціонарну покрівлю підірвано внаслідок вибуху по всьому периметру або вона обрушилася всередину резервуара, то навіть за нормативної інтенсивності подавання води на охолодження ненавантажена стінка, як правило, поступово складається всередину резервуара.

Вся теплова енергія, яку поглинає стінка резервуара, піде на збільшення температури стінки. Часто резервуари наповнюють до половини його номінального об'єму. В таких випадках висота сухої стінки буде сягати 6 м і більше. Відповідно до нормативної документації номінальний радіус резервуара вертикального сталевих (РВС) – 1000 дорівнює $R=5,22$ м, а товщина сталевих поясів, з яких складається стінка резервуара, дорівнює 5 мм. Результати представлені графічно (рис. 1).

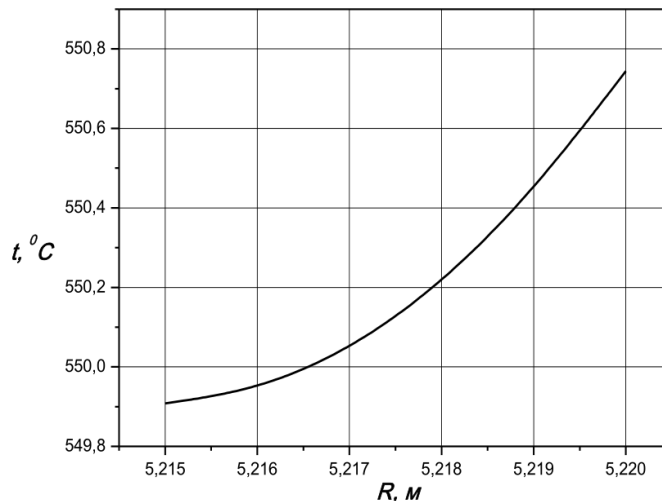


Рисунок 1 – Розподіл температури по товщині стінки РВС–1000

З графічної залежності видно, що різниця температур на зовнішній і внутрішній поверхнях стінки РВС–1000 є незначною. Різниця становить не більше 0,9 $^\circ\text{C}$. Це зумовлене високим коефіцієнтом теплопровідності металу з якого виготовлений РВС. Оскільки різниця температур на зовнішній та внутрішній поверхнях стінки не перевищує одного градуса, можна прийняти, що середня температура стінки 550 $^\circ\text{C}$.

Визначивши температурний розподіл проведено дослідження прогріву стінки резервуару до критичної температури 550 $^\circ\text{C}$ при змінних параметрах. Тобто визначено за який час верхні пояси резервуарів, які не омиваються нафтопродуктом прогріються до критичної температури. Результати представлені графічно (рис. 2).

Аналіз рисунку показує, що при віддалі між резервуарами 7м., стінка резервуара РВС – 1000 нагрівається до критичної температури 550 $^\circ\text{C}$ за 10 хвилин при змінному в часі тепловому потоці, а при постійному – за 8 хвилин. Якщо віддаль між резервуарами рівна 15 м то критична температура досягається за 15 хвилин при змінному потоці, а при постійному – за 12 хвилин.

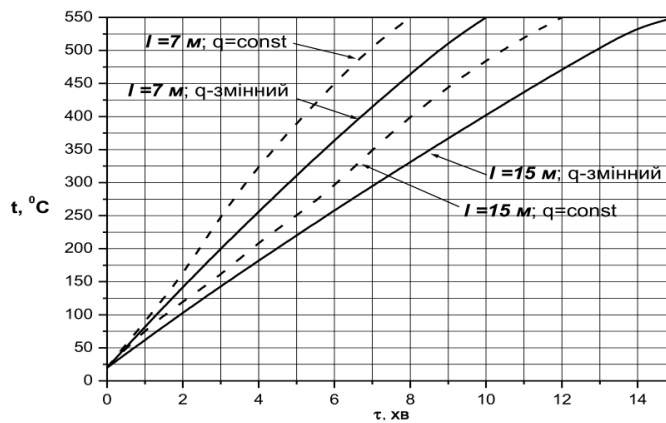


Рисунок 2 – Зміна температури стінки РВС - 1000, з часом при різних відстанях між резервуарами

Досліджено вплив теплового потоку на стінки сусідніх будівель, які можуть розташовуватися в резервуарному парку. Розраховано температурний розподіл по товщині бетонної і цегляної стінок при дії теплового потоку. Встановлено, що за час пожежі 2 години температура на поверхні цегляної стінки буде на 200 °С вища ніж бетонної. Це викликано тим, що коефіцієнт теплопровідності цегли λ у 3,3 рази менший ніж у бетону. Розрахунки проводилися для симетричного і несиметричного розташування стінки відносно факела пожежі. Досліджено вплив теплових потоків на нафтопродукт, який зберігається в середині резервуару. Встановлено, що вже за перші 100 секунд теплового впливу, шар нафтопродукту товщиною 4 мм прогріється до температури кипіння. При розрахунках враховано зміну теплофізичних характеристик нафтопродуктів при збільшенні температури.

ЛІТЕРАТУРА

1. Наказ МНС України №658 від 24.12.2008 р. «Про затвердження Правил пожежної безпеки для об'єктів зберігання, транспортування та реалізації нафтопродуктів».
2. Абрамов Ю. О., Басманов А.Є. Вплив пожежі на резервуар с нафтопродуктом. Вісник національного автомобільно-дорожнього університету; Зб. наук. пр. Харків: ХНАД, 2005. Вип. 29. С. 131-133.

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

DETERMINATION AND STUDY OF TEMPERATURE FIELDS UNDER THE COMBUSTION CONDITIONS OF THE ADJACENT RESERVOIR

The work consists in increasing the efficiency of ensuring fire safety of tank parks for the storage of petroleum products in vertical steel tanks by applying, during their design and manufacture, calculation methods that take into account the peculiarities of the influence of non-stationary thermal processes in their structures, which occur as a result of the action of thermal factors of fires on such objects, in particular their thermally stressed state. The work revealed patterns of heating of the surfaces of the walls of tanks with oil products depending on the degree of their filling, the type of fuel burning in the form of torches above the tanks and the distance between them. Four schemes for placement of burning tanks and their effect on one non-burning tank are considered, determined the thermal stress state of the junction of the cylindrical wall and the bottom of the tank under fire conditions; a mathematical model was developed for the analytical determination of the intensity of heat flows between tanks during a fire, taking into account the change in the amount of heat flow over time..

*О.В. Васильченко, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України,
А.А. Рубан, студентка, Національний університет цивільного захисту України*

ОЦІНЮВАННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ МЕТАЛЕВОГО КАРКАСА БУДІВЛІ ПІСЛЯ ВПЛИВУ ВИБУХУ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ЛИТЕРАТУРА

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

*O.V. Vasilchenko, Ph.D, associate professor, National University of Civil Defence of Ukraine,
A.A. Ruban, student, National University of Civil Defence of Ukraine*

ASSESSMENT OF THE FIRE RESISTANCE OF THE METAL FRAME OF THE BUILDING AFTER EXPLOSION

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

*Сергій Гарбуз, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України;
Дарина Карпова, Національний університет цивільного захисту України*

ОЧИЩЕННЯ ВНУТРІШНІХ ПОВЕРХОНЬ РЕЗЕРВУАРІВ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ СВІТЛИХ НАФТОПРОДУКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ КРІОГЕННОГО СТРУМУВАННЯ

Забезпечення пожежної безпеки під час передремонтної підготовки резервуарів для нафтопродуктів є актуальними завданнями для підприємств нафтогазової промисловості, що потребують значних фінансових та трудових витрат. Найбільшу техногенну небезпеку на етапі передремонтної підготовки становить технологічний процес очищення резервуарів, забруднених нафтопродуктами.

Забруднення резервуарів, призначених для зберігання нафти і нафтопродуктів, характеризується високим вмістом асфальто-смолистих речовин, карбенів і карбоїдів, які є твердими емульгаторами, що створює значні труднощі при їх очищенні.

Відкладення в резервуарах після зберігання світлих нафтопродуктів характеризуються високим вмістом неорганічних сполук, які в основному є продуктами корозії та шламовими відкладеннями.

Великий вплив на склад нафтопродуктів надають змішування різних типів нафтопродуктів, багаторазовий нагрів і тривалі терміни експлуатації резервуарів без періодичного очищення, при цьому відбувається накопичення великої кількості опадів, їх ущільнення і утворення твердої маси.

Оскільки поверхневий шар конструкційного матеріалу внутрішньої поверхні резервуару неоднорідний і має дефекти, які схематично розглядаються як тріщини, щілини клиноподібного перетину, нерівномірно розподілені по його поверхні і глибині, а не тільки зовнішньої частини, забрудненню піддається поверхневий шар, але також і внутрішня частина.

У початковий період заливання нафтопродукту в резервуар за допомогою сорбційних процесів, викликаних контактом металу палива, зовнішній шар поверхні металу забруднюється паливом – утворюється поверхнєве забруднення. Далі за рахунок дифузійних процесів нафтопродукт проникає через гирло пори вглиб капілярних пор і заповнює їх в результаті адсорбції і капілярної конденсації, утворюючи глибокі забруднення конструкційного матеріалу. Глибоке забруднення доцільно прийняти як забруднення у гирлі пір, оскільки саме тут знаходиться основний об'єм глибинного забруднення. Вуглеводні, що знаходяться в капілярних порах, не роблять істотного впливу на якість очищення поверхні.

Під час експлуатації резервуара механічні домішки, продукти розкладання палива і корозії металів осідають і дегазуються з об'єму нафтопродукту, що зберігається на внутрішній поверхні резервуара. Таким чином, після зливу основної кількості нафтопродуктів з резервуара на його стінках залишаються дегазовані поверхневі та глибинні забруднення у вигляді сторонніх часток і залишків палива в різних фазових станах. Трудомісткість їх видалення залежить від величини сил зв'язку забруднення з конструкційними матеріалами.

Забруднення залежно від зв'язку з твердим тілом бувають нефіксованими, слабофіксованими і міцнофіксованими. дегазованим забрудненням відповідають нефіксовані, а поверхневим і глибинним - слабофіксовані і сильнофіксовані.

Актуальним напрямком підвищення пожежної та екологічної безпеки очищення внутрішніх поверхонь резервуарів для зберігання нафтопродуктів, є розробка нового технологічного процесу їх очищення, заснованого на застосуванні кріогенного струменя, що поєднує термоудар із механічним впливом.

Кріогенне струйне очищення – це пневмоабразивний струменевий метод обробки поверхні, при якому використовуються гранули сухого льоду, температура яких значно

нижча, ніж поверхня, що очищається. Різке зниження температури поверхневого шару викликає ефект «термічного удару», при якому охолоджені до крихкого стану забруднення легко відшаровуються від поверхні. Чим більше температурний градієнт, тим менше зчеплення між матеріалом поверхні та забрудненнями через різницю в їх коефіцієнтах лінійного розширення. При цьому основна маса об'єкта не охолоджується, а механічні властивості конструкцій не погіршуються, що експериментально підтверджено.



Рисунок 1. Очищення сухим льодом внутрішніх поверхонь резервуара

Вуглекислий газ розширюється в об'ємі, а кінетична енергія гранул сухого льоду розривається і видаляє частинки забруднення з поверхні.

При контакті з поверхнею предмета до гранул сухого льоду доводиться величезна кількість холоду. В результаті теплообміну тверді частинки CO₂ миттєво нагріваються і переходять в газоподібний стан, прагнучи збільшитися в об'ємі в сотні разів. Утворений газ, частково проникаючи в простір між забрудненням і поверхнею, що очищається, утворює так званий газовий клин, який під тиском відриває частинки забруднення від поверхні.

Для повного видалення забруднень необхідний постійний механічний вплив на поверхню, що очищається. Цей процес забезпечується за рахунок кінетичної енергії гранул сухого льоду, що вилітають із розпилювача зі значною швидкістю.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Константинов Н.М. Боротьба з втратами від випаровування нафти і нафтопродуктів. М., Держстоптехиздат, 1981. 300 с.
2. Європейська Комісія (2006). «Інтегроване запобігання забрудненню та найкращі доступні методи Conon щодо викидів зі сховищ», липень 2006 р.
3. AEAT (2001). Заходи щодо зменшення викидів ЛОС під час завантаження та розвантаження суден у ЄС [Текст] Звіт № AEAT/ENV/R/0469 Випуск 2 – AEA Technology, Abingdon. 2001 рік.

*Serhii Harbuz, Ph.D., associate professor, National University of Civil Defense of Ukraine;
Daryna Karpova National University of Civil Defense of Ukraine,*

CLEANING THE INNER SURFACE OF RESERVOIRS TO SAVE LIGHT NAPHTO PRODUCTS USING CRYOGENIC STREAMING

Ensuring fire safety during the pre-repair preparation of tanks for petroleum products is an urgent task for the oil and gas industry, which will require significant financial and labor costs. The greatest technogenic concern at the stage of pre-repair preparation is the technological process of cleaning tanks contaminated with naphtha products.

А.В. Михайлова, к. т. н., ст. дослідник,

Я.В. Балло, к. т. н., ст. дослідник,

О.М. Тесленко

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

ЩОДО ОЦІНКИ СТАНУ ЗАХИЩЕНОСТІ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Аналіз стану захищеності об'єктів критичної інфраструктури (далі – ОКІ) в умовах ведення бойових дій на території України, потенційної небезпеки терористичних актів, кібератак тощо актуалізують необхідність захисту таких об'єктів, оскільки порушення функціонування ОКІ може завдати шкоди життєво важливим національним інтересам держави. Для досягнення ефективного рівня захищеності таких об'єктів слід передусім визначити значущість їх складових, які забезпечують належне функціонування ОКІ, реальний стан їх захищеності, потенційні ризики від можливих небезпек. Такий аналіз дозволить виокремити найбільш важливі складові ОКІ та визначити їх рівень важливості та вразливості. Все це неможливо досягти без проведення відповідних наукових досліджень з подальшою імплементацією їх результатів у практичну діяльність.

На сьогоднішній день існуюча нормативно-правова база із зазначеного питання [1-10] не в повній мірі дозволяє системно вирішити питання оцінки стану захищеності компонентів ОКІ. Окрім цього, існуючі методи не дозволяють провести якісну оцінку потенційних небезпечних впливів та визначити пріоритетність заходів для мінімізації негативних наслідків.

Серед вітчизняних науковців, які проводили дослідження з цього напрямку, слід відмітити наукові роботи: Д. Бірюкова, Д. Бобро, В. Богдановича, Ю. Варадинова, С. Гнатюка, Г. Грічанінова, В. Горбуліна, В. Євсєєва, С. Єременка, О. Єрменчука, В. Зюзюна, С. Іванютиа, С. Кондратов, О. Кутового, О. Лисенка, В. Лядовської, І. Манжули, Д. Неведрова, В. Нікітіна, А. Пруського, М. Рябого, І. Свида, В. Сидоренка, Є. Скулиша, М. Сукала, О. Суходоля, С. Теленика, І. Уряднікової, Л. Філатова, В. Хрутьба, І. Чеканова, С. Чумаченко та інших.

Водночас, нині досі лишається невирішеним питання щодо розроблення методики оцінки захищеності ОКІ, вирішення якого неможливо без комплексного оцінювання рівня захисту споруд критичної інфраструктури, в тому числі, які знаходяться у складі об'єктів будівництва різного функціонального призначення з прогнозуванням наслідків для цих об'єктів від пожеж, вибухів та уражень військового, природнього та техногенного характеру.

Зазначене зумовило необхідність перегляду та удосконалення критеріїв, за якими оцінюється рівень захищеності ОКІ, а також методів визначення самих рівнів, які характеризують їх захищеність.

У зв'язку з цим в Інституті державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту до виконання поставлено науково-дослідну роботу [11], за результатами виконання якої передбачається розроблення проєкту Порядку (методики) оцінки стану захищеності ОКІ, що створить передумови для прийняття оцінок рівнів захищеності ОКІ, а також методів визначення самих рівнів, які характеризують їх захищеність. Окрім цього, важливим етапом оцінювання стану захищеності об'єктів критичної інфраструктури є дослідження взаємозв'язків їх складових та оцінювання їх взаємної критичності, яка впливає на надійність функціонування ОКІ в цілому.

Як один із перших етапів виконання науково-дослідної роботи є ідентифікація потенційних небезпек та їх систематизація щодо техногенного походження, технологічних аварій або терористичних (воєнних) загроз. Стосовно небезпек природнього характеру, то тут слід враховувати фактичну характеристику місцевості (гори, ліс, низини), ймовірну можливість підтоплень, землетрусів, сходження лавин або земляних зсувів тощо.

З точки зору воєнних небезпек, слід враховувати можливість як прямого ураження (наприклад, внаслідок ракетної атаки або атаки безпілотних літальних апаратів), так і ураження від осколків чи вибухової хвилі. Під час оцінки наслідків від воєнних загроз, можна враховувати оцінку проникнення осколків у споруду в залежності від її конструктивних характеристик та об'ємно планувальних рішень. Також можливо оцінити потенційні наслідки для будівель та споруд від вибухової хвилі різної потужності й для різної відстані від епіцентру вибуху.

Незважаючи на наявний перелік найбільш ймовірних небезпечних ситуацій для ОКІ та можливість проведення потенційної оцінки від їх наслідків, слід розуміти, що передбачити всі можливі небезпечні ситуації, а також їх комбінації не є можливим. Розробка даного Порядку (методики) оцінки стану захищеності ОКІ спрямоване, в першу чергу, на зменшення потенційних ризиків та наслідків для людей і складових ОКІ, що безумовно впливає також й на матеріальні збитки. Застосування даного Порядку (методики) передбачає, що фахівці, які будуть його застосовувати, повинні мати певні фахові знання та уявляти, яким чином функціонує їх об'єкт, для якого вони проводять оцінювання, які його складові та їх важливість.

Наразі в рамках виконання зазначеної вище науково-дослідної роботи здійснюється аналіз вітчизняної та зарубіжної нормативно-правової бази й аналітичних звітів щодо критеріїв оцінки стану захищеності ОКІ та процедур їх встановлення, а також розробляється перелік показників та їх критеріїв для проведення оцінки стану захищеності ОКІ, після чого науковими працівниками буде розроблено власне проєкт Порядку (методики).

Впровадження проєкту зазначеного документу сприятиме зниженню ризиків поширення небезпечних чинників пожежі для людей, які знаходяться на ОКІ, дасть можливість прогнозувати наслідки для цих об'єктів від пожеж, вибухів та уражень природнього, техногенного та військового характеру, зменшити прямі та побічні втрати від пожежі й зменшити витрати, пов'язані з її ліквідацією у будівлях та спорудах, а також дасть можливість оптимізувати залучення сил і засобів служби цивільного захисту, в тому числі в частині її ефективного реагування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про критичну інфраструктуру: Закон України від 16.11.2021 № 1882-IX (із змінами і доповненнями) // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text>.
2. Про об'єкти підвищеної безпеки: Закон України від 18.01.2001 № 2245-III (із змінами) // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2245-14#Text>.
3. Про затвердження Положення про організацію оповіщення про загрозу виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій та організації зв'язку у сфері цивільного захисту: Постанова Кабінету Міністрів України від 27.09.2017 № 733 (із змінами) // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/733-2017-%D0%BF#Text>.
4. Про схвалення Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 22.01.2014 № 37-р // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/37-2014-%D1%80#Text>.
5. Деякі питання об'єктів критичної інфраструктури: Постанова Кабінету Міністрів України від 09.10.2020 № 1109 (із змінами) // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1109-2020-%D0%BF#Text>.

6. Про затвердження Порядку проведення моніторингу рівня безпеки об'єктів критичної інфраструктури: Постанова Кабінету Міністрів України від 22.07.2022 № 821 // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/821-2022-%D0%BF#Text>.

7. Деякі питання подання інформації у сфері захисту критичної інфраструктури: Постанова Кабінету Міністрів України від 04.10.2022 № 1175 // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1175-2022-%D0%BF#Text>.

8. Про затвердження Методичних рекомендацій щодо категоризації об'єктів критичної інфраструктури: Наказ Адміністрації Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України від 15.01.2021 № 23 (із змінами) // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0023519-21#Text>.

9. Про затвердження Порядку ведення Реєстру об'єктів критичної інфраструктури, включення таких об'єктів до Реєстру, доступу та надання інформації з нього: Постанова Кабінету Міністрів України від 28.04.2023 № 415// База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/415-2023-%D0%BF#Text>.

10. Деякі питання паспортизації об'єктів критичної інфраструктури: Постанова Кабінету Міністрів України від 04.08.2023 № 818 № 415// База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/818-2023-%D0%BF#Text>.

11. Обґрунтування критеріїв та методики оцінки стану захищеності об'єктів критичної інфраструктури та їх рівнів («Оцінка стану захищеності ОКІ»): технічне завдання на науково-дослідну роботу.

A. Mykhailova, candidate of technical science, senior researcher,

Ya. Ballo, candidate of technical science, senior researcher,

O.M. Teslenko

Institute of public administration and research in civil protection

ON THE ASSESSMENT OF THE SECURITY STATUS OF CRITICAL INFRASTRUCTURE OBJECTS

Abstract. The study of the security of critical infrastructure objects (further – CIO) in Ukraine is extremely important in the context of military actions, threats of terrorist acts, cyber-attacks, and other challenges. Ensuring the security of CIO has strategic importance as they are vital for the functioning of the state. The analysis involves the identification of key infrastructure elements, assessing their current level of security, and potential risks. Existing legal frameworks and methodologies do not provide an adequate level of assessment of these aspects, highlighting the need for the development of new approaches and techniques. The research sheds light on the contributions of domestic scientists to this field and emphasizes the necessity of a comprehensive study of CIO security, including the development of assessment methodologies and determining protection priorities. Further scientific developments aim to improve evaluation criteria and analysis methods, which will contribute to effective risk management, reducing potential threats, and optimizing resources for the protection of CIO.

В.Л. Сидоренко, д-р техн. наук, проф., С.А. Єременко, д-р техн. наук, проф.,

А.В. Пруський, д-р техн. наук, проф., А.М. Демків, д-р філософії

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

АНАЛІЗ РИЗИКУ: ПОНЯТТЯ ТА МІСЦЕ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Під час вирішення проблем ризику, пожежної і техногенної безпеки об'єктів критичної інфраструктури (далі – ОКИ) найпильнішу увагу приділяють системному підходу до обліку та вивчення різноманітних чинників, що впливають на показники ризику, іменованого аналізом ризику. Аналіз ризику або ризик-аналіз (risk analysis) – процес ідентифікації небезпек і оцінки ризику для окремих осіб, груп населення, ОКИ, об'єктів навколишнього середовища та інших об'єктів, що необхідно розглянути. Нагадаємо що, під загрозою розуміється джерело потенційної шкоди або збитку чи ситуація з можливістю нанесення шкоди, а під ідентифікацією небезпеки – процес виявлення і визнання, що небезпека існує і визначення її характеристик. Існує багато подібних формулювань цього поняття, але у загальному вигляді під аналізом ризику розуміється процес виявлення небезпеки і оцінки можливих негативних наслідків у результаті виникнення порушень у роботі конкретних технологічних систем та подання цих наслідків у кількісних показниках. У США замість терміну «аналіз ризику» використовують «аналіз небезпек» (process hazard analysis), що має практично те ж саме значення [1].

Аналіз ризику багато у чому є суб'єктивним процесом у ході якого враховуються не тільки кількісні показники, а й показники, що не піддаються формалізації, такі як позиції і думки різних суспільних угруповань, можливість компромісних рішень, експертні оцінки та ін. Різноманіття видів виробничої діяльності, специфіка промислових ОКИ, їх приналежність до самих різних галузей відображає багатоаспектність проблеми аналізу ризику. Особливість аналізу технологічного ризику полягає у тому, що у ході його розглядаються потенційно негативні наслідки, що можуть виникнути у результаті відмови у роботі технічних систем, збоїв у технологічних процесах або помилок з боку обслуговуючого персоналу. Зрозуміло, що можна розглядати і негативні впливи на людей, довкілля за безаварійного функціонування виробництва.

Результати аналізу ризику мають істотне значення для прийняття обґрунтованих і раціональних рішень під час визначення місця розміщення і проектування виробничих об'єктів, транспортування і зберігання небезпечних речовин і матеріалів. В процесі аналізу ризику знаходять широке застосування формалізовані процедури та облік різноманітних ситуацій з якими може зіткнутися керувальний персонал у процесі своєї діяльності, особливо під час виникнення надзвичайної обстановки. Невизначеність, в умовах якої у багатьох випадках треба вживати управлінські рішення, накладає відбиток на методику, хід і кінцеві результати аналізу ризику. Методи, що використовуються у процесі аналізу, повинні бути орієнтовані, перш за все, на виявлення і оцінку можливих втрат і збитків у разі аварії або надзвичайної ситуації, вартості забезпечення безпеки і переваг, одержуваних під час реалізації того чи іншого проекту.

Аналіз ризику має ряд загальних положень незалежно від конкретної методики проведення аналізу та специфіки вирішуваних завдань [2]. По-перше, загальним є завдання визначення допустимого рівня ризику, стандартів безпеки обслуговуючого персоналу, населення та захисту навколишнього середовища. По-друге, визначення допустимого рівня ризику відбувається, як правило, в умовах недостатньої або неперевіреної інформації, особливо коли це стосується нових технологічних процесів або нової техніки. По-третє, у ході аналізу значною мірою доводиться вирішувати ймовірнісні задачі, що може привести до значних розбіжностей в одержуваних

результатах. По-четверте, аналіз ризику потрібно розглядати, як процес розв'язання багатокритерійних задач, що можуть виникнути як компроміс між сторонами, зацікавленими у певних результатах аналізу.

Аналіз ризику може бути визначений як процес вирішення складного завдання, що вимагає розгляду широкого кола питань та проведення комплексного дослідження і оцінки технічних, економічних, управлінських, соціальних, а у ряді випадків і політичних чинників [3]. Він повинен дати відповіді на три основні питання: «Що поганого може статися?» (ідентифікація небезпек); «Як часто це може траплятися?» (аналіз частоти); «Які можуть бути наслідки?» (аналіз наслідків).

Основний елемент аналізу ризику – ідентифікація небезпеки (виявлення можливих порушень), що можуть призвести до негативних наслідків. Виражений у найбільш загальному вигляді процес аналізу ризику може бути представлений як ряд послідовних подій:

- 1) планування і організація робіт;
- 2) ідентифікація небезпек (виявлення небезпек, попередня оцінка характеристик небезпек, детальна оцінка характеристик небезпек);
- 3) оцінка ризику (аналіз частоти, аналіз наслідків, аналіз невизначеностей тощо);
- 4) розробка рекомендацій з управління ризиком.

Перше, з чого починається будь-який аналіз ризику, – це планування і організація робіт. Аналіз ризику проводиться відповідно до вимог нормативно-правових актів для того, щоб забезпечити вхід у процес управління ризиком, проте більш точний вибір завдань, засобів і методів аналізу ризику зазвичай не регламентується. В документах наголошується, що аналіз небезпеки повинен відповідати складності процесів, що розглядаються, наявності необхідних даних і кваліфікації фахівців, які проводять аналіз. В цьому разі перевагу надавати слід більш простим і зрозумілим методам аналізу, а не більш складним методам, не до кінця зрозумілим і методично забезпеченим. Тому на першому етапі необхідно [4]: вказати причини і проблеми, що викликали необхідність проведення ризик-аналізу; визначити систему для аналізу та дати її опис; підібрати відповідну команду для проведення аналізу; встановити джерела інформації про безпеку системи; вказати вихідні дані й обмеження, що обумовлюють межі ризик-аналізу; чітко визначити цілі ризик-аналізу та критерії прийнятного ризику.

У всіх нормативах міститься вимога документального оформлення цього етапу аналізу ризику.

Наступний етап аналізу ризику – ідентифікація небезпек. Основне завдання – виявлення (на основі інформації про даний об'єкт, результатів експертизи і досвіду роботи подібних систем) і чіткий опис всіх притаманних системі небезпек. Це відповідальний етап аналізу, так як невиявлені на цьому етапі небезпеки не піддаються подальшому розгляду і зникають з поля зору. Існує цілий ряд формальних методів виявлення небезпек про які йтиметься нижче. Тут наводиться попередня оцінка небезпек з метою вибору подальшого напрямку діяльності [5]:

- припинити подальший аналіз з огляду на незначність небезпек;
- провести більш детальний аналіз ризику;
- виробити рекомендації щодо зменшення небезпек.

Вихідні дані і результати попередньої оцінки небезпек також належним чином документуються. В принципі процес ризик-аналізу може закінчуватися вже на етапі ідентифікації небезпек. За необхідністю після ідентифікації небезпек переходять до етапу оцінки ризику.

І, нарешті, останній етап аналізу ризику технологічної системи – розробка рекомендацій щодо зменшення рівня ризику (управління ризиком) у разі, якщо ступінь ризику вище прийнятого. Управління ризиком (risk management) – це частина системного підходу до прийняття рішень, процедур і практичних заходів у вирішенні завдань попередження або зменшення небезпеки промислових аварій для життя людини, захворювань або травм, шкоди матеріальним цінностям і

довкіллю [1]. Для процесу управління ризиком існує кілька назв як у нашій країні (забезпечення промислової безпеки), так і за кордоном («safety management», «management of process hazards»), що фактично є синонімами. Під цими термінами розуміється сукупність заходів, спрямованих на зниження рівня техногенного (технологічного) ризику, зменшення потенційних матеріальних втрат та інших негативних наслідків аварій та надзвичайних ситуацій різного характеру. По суті мова йде про запобігання виникнення аварійних ситуацій на виробництві та заходи щодо локалізації негативних наслідків у тих випадках, коли вже сталася аварія або надзвичайна ситуація. Особливістю цього напрямку є комплексність, що включає в себе різні аспекти – інженерно-технічні, організаційно-управлінські, соціально-економічні, медичні, біологічні та ін. Множинність результатів аналізу і можливість компромісних рішень дають підставу вважати, що аналіз ризику не є суворо науковим процесом, але піддається перевірці об'єктивними науковими методами.

Отже, враховуючи сучасне розуміння важливості процесу аналізу ризику як частини стратегічного управління ОКІ, приходимо до висновку, що ця система повинна органічно інтегруватися у систему планування та управління критично важливих об'єктів з урахуванням умов воєнного стану [6].

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013 (ІЕС/ISO 31010:2009, IDT). Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику. Київ: Мінекономрозвитку України, 2015. 74 с.
2. ДСТУ ISO 9000:2015 (ISO 9000:2015, IDT). Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 45 с.
3. Національний класифікатор України. Класифікатор надзвичайних ситуацій ДК 019:2010 / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va457609-10#Text> (дата звернення 21.02.2024).
4. Про критичну інфраструктуру: Закон України від 16.10.2021 № 1882-IX / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#top>.
5. Деякі питання проведення перевірок щодо додержання суб'єктом господарювання вимог законодавства у сфері цивільного захисту, техногенної та пожежної безпеки: Наказ МВС України від 02.11.2015 № 1337 / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1467-15#Text> (дата звернення 22.02.2024).
6. Захист критичної інфраструктури в умовах надзвичайних ситуацій: монографія / С.І. Азаров, В.Л. Сидоренко, С.А. Єременко, А.В. Пруський, А.М. Демків; за заг. ред. П.Б. Волянського. Київ: ТОВ «Азимут-Прінт», 2021. 375 с. С. 113–163.

*V.L. Sydorenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, S.A. Yeremenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, A.V. Pruskyi, Doctor of Technical Sciences, Professor, A.M. Demkiv, Doctor of Philosophy
Institute of Public Administration and Research in Civil Protection*

RISK ANALYSIS: CONCEPT AND PLACE IN SECURITY OF CRITICAL INFRASTRUCTURE OBJECTS IN THE CONDITIONS OF A STATE OF WAR

Definitions of the concepts of risk analysis, threats and hazard identification regarding critical infrastructure facilities are provided. The peculiarities of the analysis of man-made risks and negative impacts on people and the environment are considered. The importance of risk analysis results for decision-making is emphasized. Attention is focused on the features of risk analysis methods and their general provisions. The stages of risk analysis and their main components are characterized. The importance of this process in the conditions of martial law is noted.

*О. А. Бойко, кандидат наук з державного управління,
Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

ФОРМУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ДЕРЖАВНОЇ ПОЛІТИКИ У СФЕРІ ЗАХИСТУ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Забезпечення належного рівня пожежної та техногенної безпеки об'єктів критичної інфраструктури в умовах воєнного стану багато в чому залежить від ефективності формування та реалізації державної політики у сфері захисту критичної інфраструктури та забезпечення національної системи стійкості України.

Серед суб'єктів національної системи захисту критичної інфраструктури Державна служба України з надзвичайних ситуацій – центральний орган виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізацію державної політики у сфері цивільного захисту. Національна система захисту критичної інфраструктури взаємодіє з єдиною державною системою цивільного захисту [1].

Впродовж останніх років зарубіжні та національні нормативні документи щодо визначення секторів критичної інфраструктури та особливо важливих об'єктів для створення відповідної законодавчої бази в Україні досліджували С. Азаров, Д. Бірюков, С. Єременко, С. Кармазін, С. Кондратов, А. Пруський, В. Сидоренко, І. Соколовський, О. Суходоля, О. Тесленко, В. Тищенко, С. Чумаченко, В. Юрченко та інші. Авторами наголошувалось на тому, що загальний підхід до визначення об'єктів критичної інфраструктури повинен включати ідентифікацію та класифікацію загроз, ідентифікацію уразливостей, оцінку наслідків та врахування численних взаємозв'язків і залежностей, що визначають основні критерії важливості об'єкта, безпосередньо зачіпають національну безпеку, включаючи безпеку людини і громадянина, суспільства та держави.

Питання захисту критичної інфраструктури в умовах надзвичайних ситуацій на сучасному етапі розвитку цивільного захисту, забезпечення належного рівня пожежної та техногенної безпеки об'єктів критичної інфраструктури, функціонування єдиної державної системи цивільного захисту досліджували в своїй монографії С. Азаров, В. Сидоренко, С. Єременко, А. Пруський та А. Демків. Ще до початку російської агресії було доведено актуальність питань захисту систем, об'єктів і ресурсів, які є критично важливими для функціонування суспільства, соціально-економічного розвитку держави та забезпечення національної безпеки [2].

Важливими етапами формування державної політики у сфері захисту критичної інфраструктури стало прийняття Закону України від 16.11.2021 р. № 1882 - IX «Про критичну інфраструктуру» та видання Указу Президента України від 27.09.2021 р. № 479/2021 «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 20 серпня 2021 року «Про запровадження національної системи стійкості».

Законом України «Про критичну інфраструктуру» створено умови для формування та ефективної реалізації державної політики у сфері захисту критичної інфраструктури, сформовано позитивний вплив не тільки на розбудову національної системи стійкості, а й на архітектуру світової безпеки, враховуючи європейський та євроатлантичний вибір України [1].

Впроваджена національна система стійкості передбачає забезпечення функціонування такого базового елемента як безпека та захищеність об'єктів критичної інфраструктури, зокрема стійке постачання продовольства, водопостачання, енергопостачання, постачання теплової енергії; стійке функціонування транспортних систем; кібербезпека; захищеність та безперебійне функціонування інформаційних та комунікаційних послуг; забезпечення оборони та правопорядку; здатність системи охорони здоров'я функціонувати в умовах посилених навантажень. Одним із пріоритетних на

сьогодні серед базових елементів національної системи стійкості є також спроможність єдиної державної системи цивільного захисту до дій в умовах загрози чи виникнення надзвичайних ситуацій [3].

10 листопада 2023 року Кабінет Міністрів України розпорядженням № 1025-р затвердив План заходів із реалізації Концепції забезпечення національної системи стійкості до 2025 року. План було сформовано з урахуванням результатів оцінювання системи стійкості України в умовах війни та наданих рекомендацій із усунення виявлених міжсекторальних вразливостей. Оцінювання проведено за підтримки американських партнерів на початку повномасштабного російського вторгнення в Україну. Запровадження національної системи стійкості сприяє розвитку необхідної спроможності держави і суспільства запобігати широкому спектру загроз та ризиків будь-якого характеру, а у разі їх настання – реагувати та відновлюватись швидко, якісно та ефективно, зокрема і на напрямку пожежної та техногенної безпеки об'єктів критичної інфраструктури. Розроблений підхід до стійкості синхронізований із основними вимогами НАТО і враховує український контекст повномасштабного вторгнення російської федерації.

На рисунку 1 відображено визначені національним законодавством уповноважені органи з питань захисту критичної інфраструктури в Україні.

В мирний час	Під час дії воєнного стану (а також протягом 12 місяців після його припинення чи скасування)
Державна служба захисту критичної інфраструктури та забезпечення національної стійкості України	Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації України

Рисунок 1 - Уповноважені органи з питань захисту критичної інфраструктури в Україні.

Державна служба захисту критичної інфраструктури та забезпечення національної стійкості України визначена уповноваженим органом з питань захисту критичної інфраструктури на мирний час. Правовими підставами її утворення є вимоги Закону України «Про критичну інфраструктуру». Новоутворений центральний орган виконавчої влади має спеціальний статус, діяльність його спрямовується та координується Кабінетом Міністрів України. Саме на нього покладено забезпечення формування та реалізацію державної політики у сфері захисту критичної інфраструктури та забезпечення національної системи стійкості [4].

Однак у зв'язку із введенням в Україні дії воєнного стану, встановлено, що під час дії воєнного стану, а також протягом 12 місяців після його припинення чи скасування повноваження уповноваженого органу у сфері захисту критичної інфраструктури України, передбачені Законом України «Про критичну інфраструктуру», здійснюються Державною службою спеціального зв'язку та захисту інформації України [1].

Слід зазначити, що в умовах воєнного стану триває удосконалення законодавства на напрямку захисту критичної інфраструктури. Постановою Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2022 р. № 1384 затверджено в новій редакції Порядок віднесення об'єктів до критичної інфраструктури та Перелік секторів критичної інфраструктури, зокрема сектор 13 «Цивільний захист населення і територій» (підсектор «Служби порятунку (атестовані аварійно-рятувальні служби згідно із законодавством). Внесено зміни до Методики категоризації об'єктів до критичної інфраструктури.

Постановою Кабінету Міністрів України від 22 липня 2022 р. № 821 затверджено Порядок проведення моніторингу рівня безпеки об'єктів критичної інфраструктури, яким метою проведення моніторингу визначено встановлення відповідності стану захищеності

об'єкта критичної інфраструктури вимогам законодавства, достовірності наданої інформації визначеним суб'єктам національної системи захисту критичної інфраструктури, надання методичної допомоги операторам об'єктів критичної інфраструктури в удосконаленні системи захисту критичної інфраструктури [5].

Важливе значення має визначення постановою Кабінету Міністрів України від 28 квітня 2023 р. № 415 процедури формування і ведення Реєстру об'єктів критичної інфраструктури, включення об'єктів критичної інфраструктури до Реєстру, внесення до нього інформації про об'єкти критичної інфраструктури та їх виключення, доступу та надання інформації з Реєстру.

Як висновок, питання подальшого розвитку національної системи захисту об'єктів критичної інфраструктури, зокрема щодо забезпечення належного рівня пожежної та техногенної безпеки, її функціонування в умовах воєнного стану та триваючої повномасштабної російсько-української війни потребують проведення подальших наукових досліджень, практичного впровадження їх результатів в діяльність суб'єктів національної системи захисту об'єктів критичної інфраструктури, органів та підрозділів цивільного захисту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про критичну інфраструктуру: Закон України від 16.11.2021 р. № 1882 - IX. Дата оновлення: 01.01.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text> (дата звернення: 04.03.2024)
2. Азаров С. І., Сидоренко В. Л., Єременко С. А., Пруський А. В., Демків А. М. Захист критичної інфраструктури в умовах надзвичайних ситуацій: монографія / за заг. ред. П. Б. Волянського. Київ, 2021. 375 с.
3. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 20 серпня 2021 року «Про запровадження національної системи стійкості»: Указ Президента України від 27.09.2021 р. № 479/2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0065525-21#Text> (дата звернення: 04.03.2024)
4. Про утворення Державної служби захисту критичної інфраструктури та забезпечення національної стійкості України: постанова Кабінету Міністрів України від 12.07.2022 р. № 787. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/787-2022-%D0%BF#Text> (дата звернення: 04.03.2024)
5. Про затвердження Порядку проведення моніторингу рівня безпеки об'єктів критичної інфраструктури: постанова Кабінету Міністрів України від 22.07.2022 р. № 821. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/821-2022-%D0%BF#Text> (дата звернення: 04.03.2024)

*O. Boiko, candidate of sciences in public administration,
Institute of Public Administration and Scientific Research on Civil Protection*

FORMATION AND IMPLEMENTATION OF STATE POLICY IN THE FIELD OF PROTECTION OF CRITICAL INFRASTRUCTURE UNDER THE CONDITIONS OF THE STATE OF MARTIAL

Issues of ensuring fire and man-made safety of critical infrastructure facilities under martial law conditions and their dependence on the effectiveness of the formation and implementation of state policy in the field of critical infrastructure protection are considered.

Scientific research by domestic scientists, national legislation on the protection of critical infrastructure and its further improvement under martial law conditions are analyzed.

The role and place of the authorized bodies for the protection of critical infrastructure in Ukraine in peacetime and during martial law were studied.

В.О. Гадир, Національний університет цивільного захисту України

О.В. Нешипор, Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

Р.І. Шевченко, д.т.н., проф., Національний університет цивільного захисту України

АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕК ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ З ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІННОВАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ ГАСІННЯ ПОЖЕЖІ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Об'єкти енергетики, як одна з ключових галузей критичної інфраструктури держави, є одними з найскладніших для гасіння через одночасну концентрацію пожежонебезпечних речовин, вибухонебезпечних та радіоактивних матеріалів (у деяких випадках), а також обладнання, що знаходиться під напругою. Україна має велику кількість таких об'єктів, які здатні забезпечити власні енергетичні потреби країни. Це означає, що більшість пожежно-рятувального персоналу, ймовірно, буде залучена до гасіння пожеж на таких об'єктах.

Без належних знань проте, як діяти та про безпеки, пов'язані з такими ситуаціями, гасіння пожеж було б неможливим. Наразі в Україні діють або будуються теплові, гідро-, атомні, газотурбінні та дизельні електростанції, які об'єднані в єдину енергетичну систему зі спільними режимами та безперервністю виробництва і розподілу електроенергії. Найпоширенішим типом електростанцій є теплові турбінні електростанції. Паливне господарство включає склади вугілля, торфу та мазуту, газопроводи, обладнання для підготовки палива (вугілля подрібнюється на пил і нагрівається до мазуту) та котельне обладнання, яке спалює паливо для виробництва пари під тиском до 130 бар і температурою понад 560°C. Пара подається на турбогенератори, де виробляється струм, який або надходить на розподільчі щити через дроти та шини, або безпосередньо на підвищувальні трансформатори для розподілу по лініях електропередач на далекі відстані. Агрегати та обладнання енергокомпанії встановлені в спеціально спроектованих будівлях з I та II ступенем вогнестійкості. У головному корпусі електростанції розташовані котельня, машинний зал і приміщення для обслуговування. Головний щитуправліннятарозподільчийпристрійгенераторноїнапругирозташованівційжебудівліабо поручз нею. Закриті або відкриті розподільчі пристрої високої напруги (35, 110, 220і550 кВ) встановлюються окремо від головної будівлі. Сучасні машинні зали електростанцій мають довжину не менше 200 м, висоту 30-40 м і проліт 30-50 м. Висота котельні досягає 80 м. У котельнях електростанцій можуть зберігатися великі обсяги палива. Існує ризик вибуху на ділянці підготовки вугільного порошку. У котельні також використовується важкий мазут. Відомо, що тиск у важких нафтопроводах може досягати 30 МПа, а температура – понад 120°C. З цієї причини нафтопроводи для важкого мазуту прокладають у спеціальних кожухах, а труби між ними з'єднують з аварійними резервуарами. Однак у разі аварії на комунікаціях мазут може швидко розлитися на підлогу, а в деяких випадках його пари можуть спричинити пожежу. Машинний зал зазнає значних навантажень у вигляді моторного масла, систем змащення генераторів та електричної ізоляції обмоток генераторів та іншого електричного обладнання і пристроїв. Турбогенератори в машинному відділенні встановлюються на спеціальних майданчиках на висоті не менше 8-10 м над нульовою відміткою. Система змащення генераторів складається з масляних баків ємністю 10-15 тонн, насосів і мастилопроводів, встановлених на нульовій позначці, з тиском масла до 14 МПа. Усі кабельні приміщення енергокомпанії розділені на напів поверхи, тунелі, канали та галереї. Кабельні галереї та напів поверхи розташовані на електростанціях, а тунелі та водоводи - на електростанціях та інших енергетичних підприємствах. Кабельні тунелі бувають горизонтальними та похилими і мають поперечний переріз не менше 2х2 метри. Кабельні тунелі розділені вздовж брандмауерами або дверима. Довжина одного відсіку кабельного тунелю під будівлею не повинна перевищувати 40 м, а поза будівлею - 100-150 м. Кожна секція тунелю повинна мати не менше двох люків діаметром 70-90 см, систему

вентиляції та каналізації. У кабельних тунелях пожежна навантага може досягати від 30 до 60 кг/м² [1].

Для гасіння пожеж у кабельних приміщеннях встановлюють стаціонарні установки водяного та пінного пожежогасіння, системи парового пожежогасіння та системи пожежогасіння інертними газами. Стаціонарні установки водяного та пінного пожежогасіння обладнуються для подачі вогнегасних речовин від пожежного автомобіля. Пожежі на підстанціях можуть виникати в трансформаторах, масляних вимикачах і кабельному обладнанні. Підстанції на великих площах мають спеціальні масляні станції, де зберігається велика кількість трансформаторного масла. Трансформатори та вимикачі розподільчих пристроїв розміщені на фундаментах, під ними знаходиться масляний бак, з'єднаний з аварійним резервуаром. Кожен трансформатор розміщується в окремому приміщенні і з'єднується з електрощитовою або кабельним каналом за допомогою отвору. На гідроелектростанціях підвищувальні трансформатори розташовані без посередньо біля будівлі електростанції, тоді як відкриті високовольтні розподільчі щити розташовані поруч з електростанцією і можуть передавати електроенергію через заповнені маслом кабелі, прокладені в тунелі. Всі електростанції та підстанції обладнані надійними системами протиаварійного захисту та сигналізації. У разі пожежі пошкоджене обладнання та пристрої автоматично вимикаються пристроями релейного захисту [2].

Враховуючи вище наведене зазначимо, що важливим викликом для об'єктів критичної інфраструктури енергетичного сектору є забезпечення ефективного рівня пожежогасіння з урахуванням інноваційних заходів як виявлення так і гасіння пожеж. Насамперед це стосується робо технічних систем. Говорячи про робототехніку в усіх галузях, варто зазначити, що сьогодні це дуже перспективна галузь і жодна сфера життя не обходиться без її розвитку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ahrens, M. (2009). Warehouse fires excluding cold storage. National Fire Protection Association. – 78.
2. Alvarez, A., Meacham, B. J., Dembsey, N. A., & Thomas, J. R. (2014). A framework for risk-informed performance-based fire protection design for the built environment. Fire technology, 50(2), 161-181. <https://doi.org/10.1007/s10694-013-0366-1>

*V.O. Gadyr, National University of Civil Defense of Ukraine;
O.V. Neshpor, Institute of Public Administration and Scientific Research on Civil Protection;
R.I. Shevchenko, Dsc, Professor, National University of Civil Defense of Ukraine;*

ANALYSIS OF HAZARDS AND SETTING THE TASK OF RESEARCHING THE EFFICIENCY OF INNOVATIVE FIRE EXTINGUISHING MEANS AT CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES

Energy facilities, as one of the key sectors of the state's critical infrastructure, are among the most difficult to extinguish due to the simultaneous concentration of fire-hazardous substances, explosive and radioactive materials (in some cases), as well as live equipment. Ukraine has a large number of such facilities that are capable of providing the country's own energy needs. This means that the majority of fire and rescue personnel will probably be involved in extinguishing fires at such facilities.

Taking into account the above, we note that an important challenge for critical infrastructure facilities in the energy sector is to ensure an effective level of fire extinguishing, taking into account innovative measures for both fire detection and extinguishing. First of all, this applies to robotic technical systems. Speaking about robotics in all fields, it is worth noting that today it is a very promising field and no sphere of life can do without its development.

*Є.В. Головченко, І.М. Хмиров, д.держ.упр., доц.,
Р.І. Шевченко д.т.н., проф.
Національний університет цивільного захисту України*

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОЖЕЖНОЇ ТА ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗІ ЗБЕРІГАННЯ НАФТОПРОДУКТІВ

Однією з ключових галузей критичної інфраструктури України є нафтопереробна промисловість. Розвиток і зріст цієї промисловості неможливий без наявності в державі підприємств по збереженню нафти і нафтопродуктів.

Підприємства по збереженню нафти і нафтопродуктів, а саме: резервуари та резервуарні парки розподільчих нафтобаз, технологічні насосні станції, залізничні та автомобільні естакади, автозаправні станції, нафтопродуктопроводи та інші технологічні споруди транспортування та зберігання нафти та нафтопродуктів, є складовою частиною великого комплексу по видобутку, транспортуванню, переробці і збереженню нафти і нафтопродуктів. Вони входять у технологічні схеми збору і підготовки нафти (нафтопромислів), забезпечення користувачів нафтопродуктами (нафтобази), магістральних нафтопродуктопроводів, нафтопереробних заводів, перевалочних і розподільних нафтобаз, об'єктів енергетики та електрифікації, підприємств автомобільного, залізничного, водного і повітряного транспорту, теплоелектростанцій, будівельних організацій, промислових підприємств, механізованих сільськогосподарських підприємств, що використовують нафтопродукти. При цьому основними підприємствами по збереженню нафтопродуктів вважаються резервуарні парки розподільчих нафтобаз.

У відповідності з ВБН В.2.2-58.1-94 «Проектування складів нафти та нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа» склади нафти та нафтопродуктів по призначенню та відношенню до споживачів поділяються на дві групи. До першої групи відносять склади для збереження і відпустки споживачам нафти і нафтопродуктів (нафтобази), товарно-сировинні парки нафтопереробних заводів і нафтогазовидобувних підприємств, резервуарні парки при насосних перекачувальних станціях магістральних нафтопродуктопроводів і перевалочні нафтобази, призначені для перевалки нафти і нафтопродуктів з одного виду транспорту на інший. До другої групи відносять видаткові склади нафти і нафтопродуктів, що входять до складу промислових, транспортних, енергетичних і інших підприємств, якщо по місткості вони не відносяться до першої групи.

В резервуарних парках нафтопроводів та розподільчих нафтобаз зберігаються та перекачуються здебільшого товарні нафти та нафтопродукти без передбаченого технологією істотного перетворення їх властивостей, за виключенням необхідного підігріву в'язких рідин. В проміжних технологічних резервуарах нафтових промислів та НПЗ, крім зберігання та перекачки, може здійснюватися підігрів, охолодження, сепарація, фазові перетворення та інші процеси по переробці нафти та нафтопродуктів. В кожній галузі є особливості протікання технологічних процесів, які і обумовлюють їх пожежну небезпеку та статистику пожеж.

Основною задачею нашої держави є забезпечення нормальної роботи підприємств нафтової промисловості, у тому числі і захист їх від пожеж. Ці функції держава покладає на Державну службу України з надзвичайних ситуацій, яка зі свого боку докладає всіх зусиль для запобігання пожеж, а у випадку їх виникнення – створення умов для швидкого й успішного гасіння, запобігаючи тим самим величезні матеріальні, екологічні та моральні збитки.

Резервуари для зберігання нафти і нафтопродуктів відносяться до промислових споруджень підвищеної пожежної небезпеки. В останні роки намітилася тенденція росту чисельності і розмірів резервуарів, що призводить до збільшення їхньої пожежної небезпеки і, отже, методи і засоби боротьби з можливими пожежами зазнають істотні зміни.

Особливої уваги, у цьому плані, заслуговують склади першої групи, на яких використовують резервуари переважно середнього і великого обсягу.

Ліквідація пожеж нафти і нафтопродуктів у резервуарах і резервуарних парках, що, як правило, є складними і великими, вимагає залучення великої кількості особового складу пожежної охорони і засобів пожежогасіння. Ці пожежі супроводжуються особливо небезпечними явищами такими як викид і скипання нафтопродукту. Причому викид можливий при горінні всіх темних нафтопродуктів, що містять хоча б незначну кількість вологи, а також при наявності донної води.

У ході гасіння пожеж, можливо також раптове руйнування окремих резервуарів, внаслідок чого нафтопродукт може хвилиною вилитись за межі обвалування на значні відстані, утворюючи загальний осередок пожежі на великій площі з наступним розтіканням палаючого нафтопродукту, створюючи загрозу спорудженням і засобам пожежогасіння.

Пожежі призводять не лише до соціальних і матеріальних збитків, але і до забруднення навколишнього середовища: повітря, ґрунту, водойм і загибелі тварин та рослин. В свою чергу вогнегасні речовини які використовуються для їх ліквідації, в тому рахунку і піноутворюючі склади, призводять до забруднення навколишнього середовища. Тому в теперішній час для пожежної охорони актуальним є питання не тільки ліквідації пожеж, а також попередження або зменшення забруднення, або загибелі природного середовища під час їх гасіння.

Піноутворювачі по здатності до розкладання під дією мікрофлори водойм і ґрунтів поділяються на біологічно «м'які» і «тверді». В свою чергу активність (ПАР) залежить від їхньої здатності до біологічного розкладання. Всі ПАР, що використовуються для одержання пін, можна розподілити в залежності від їх здатності до біологічного розкладання на три групи: біологічно розкладаємі речовини зі ступенем розкладання 85 % і більше (м'які); біологічно середньорозкладаємі речовини зі ступенем розкладання 70–85 %, та біологічно жорсткі («тверді») – менше 70 %.

Біологічно «тверді» піноутворювачі не здійснюють канцерогенний і мутагенний вплив на організм людини. Вони відносяться до помірно небезпечних, малонебезпечних речовин. Характер дії піноутворювача – забруднення навколишнього середовища (негативний вплив на флору і фауну). Забороняється скидання виробничих стічних вод, що містять біологічно «тверді» піноутворювачі, у систему каналізації населених пунктів. Після гасіння пожежі необхідно передбачити очищення від таких піноутворювачів, що утримувалися в резервуарі або знаходяться в межах обвалування, або зливати їх у промислову каналізацію, розбавляючи водою.

Таким чином, комплекс питань з дослідження організаційно-технічної готовності аварійно-рятувальних підрозділів до гасіння пожеж в нафтопереробній промисловості, є однієї з актуальніших задач ДСНС України.

*E.V. Golovchenko, I.M. Khmyrov, Doctor of Science in Public Administration, Associate Professor, R.I. Shevchenko, Doctor of Technical Sciences., prof, prof.
National University of Civil Protection of Ukraine Kharkiv, Ukraine*

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF FIRE AND ENGINEERING SAFETY OF CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES FOR THE STORAGE OF PETROLEUM PRODUCTS

One of the key branches of Ukraine's critical infrastructure is the oil refining industry. The development and growth of this industry is impossible without the presence in the state of enterprises for the preservation of oil and oil products.

The article proves that the set of issues related to the study of the organizational and technical readiness of emergency and rescue units for extinguishing fires in the oil refining industry is one of the most urgent tasks of the State Emergency Service of Ukraine.

Д.С. Коваленко¹, І.І. Рушак², Р.І. Шевченко¹ д.т.н., проф.

¹Національний університет цивільного захисту України

²Інститут державного управління та наукових досліджень цивільного захисту

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСОБІВ ЗВ'ЯЗКУ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ ПОЖЕЖ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Населення та територія України сьогодні продовжують перебувати під суттєвим негативним впливом природно-техногенних чинників, які призводять до виникнення надзвичайних ситуацій, загибелі і травмування людей, погіршення умов життєдіяльності через забруднення навколишнього природного середовища, що, безумовно, завдає значних економічних збитків. Дія цих чинників посилюється у зв'язку зі значним зношенням основних виробничих фондів, неефективною експлуатацією природних ресурсів, недосконалістю та застарілістю технологічних процесів багатьох галузей промисловості, обмеженими можливостями держави у сфері розвитку і реконструкції виробничого потенціалу, природними особливостями того чи іншого регіону України.

Ефективність боротьби з надзвичайними ситуаціями значною мірою залежить від надійно організованої системи зв'язку. У теперішній час в гарнізонах ДСНС широко застосовуються сучасні стаціонарні, мобільні і переносні радіостанції КХ і УКХ - діапазонів. Подальший розвиток радіозв'язку у підрозділах здійснюється в напрямку поліпшення технічних характеристик радіоапаратури, збільшення потужності стаціонарних радіостанцій і освоєння більш високих частот.

Впровадження нових засобів телекомунікацій відкриває широкі можливості для своєчасного виявлення надзвичайних ситуацій, дистанційного управління силами і засобами, а також запису і аналізу процесу ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Ризик виникнення надзвичайних ситуацій (пожеж) сьогодні залишається доволі високим. Зростає масштабність наслідків аварій, катастроф і стихійних лих, що ставить завдання запобігання виникненню надзвичайних ситуацій у ряд найбільш актуальних.

Аналіз причин виникнення такого стану справ показав, що низький рівень забезпечення техногенної та пожежної безпеки в Україні зумовлений не тільки недостатнім забезпеченням підрозділів ДСНС, їх кількістю, малою штатною чисельністю осіб рядового та начальницького складу, високим ступенем зношеності автоматичних систем зв'язку, прорахунками в організації центральними та місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування роботи із забезпечення належного рівня техногенної та пожежної безпеки, але й:

- недосконалістю законодавчого і нормативно-правового забезпечення у сфері техногенної та пожежної безпеки, що призвело до розбалансування системи управління;
- недостатністю фінансування заходів, спрямованих на оновлення матеріальної бази, як в цілому, так і засобів зв'язку зокрема.

Таким чином, існує проблема забезпечення дієвого рівня управління (зв'язку) під час ліквідації надзвичайних ситуацій (пожеж) в складних умовах радіоперешкод.

D.S. Kovalenko¹, I.I. Ruschak², R.I. Shevchenko¹ Doctor of Technical Sciences, prof.

¹National University of Civil Defense of Ukraine

²Institute of State Administration and Scientific Research of Civil Protection

ON THE QUESTION OF DETERMINING THE EFFICIENCY OF COMMUNICATION MEANS IN FIRE EXTINGUISHMENT AT CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES

The work deals with the problem of ensuring an effective level of management (communication) during liquidation of emergency situations (fires) in difficult conditions of radio interference. The main shortcomings and ways to overcome them are identified.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Техногенна безпека об'єктів критичної інфраструктури в умовах воєнного стану є ключовою для забезпечення неперервного функціонування електроенергетичних систем, транспортних вузлів, телекомунікаційних мереж та інших важливих об'єктів.

Для визначення стану техногенної безпеки об'єктів критичної інфраструктури в умовах воєнного стану необхідно проаналізувати наступні напрями[1]:

1. важливість забезпечення техногенної безпеки об'єктів критичної інфраструктури під час воєнного стану;
2. аналіз інфраструктурних об'єктів, які можуть бути цільовими для ворожого впливу, включаючи енергетичні, транспортні, комунікаційні та інші системи;
3. розробка та впровадження планів надзвичайних ситуацій, які передбачають заходи для захисту об'єктів критичної інфраструктури в умовах воєнного стану;
4. використання передових технологій та систем моніторингу для виявлення та реагування на потенційні загрози на об'єкти критичної інфраструктури;
5. забезпечення відповідної підготовки персоналу та регулярне проведення навчань та тренувань з питань техногенної безпеки;
6. співпраця з військовими та правоохоронними органами для координації заходів безпеки та обміну інформацією.

Важливість забезпечення техногенної безпеки об'єктів критичної інфраструктури під час воєнного стану полягає в наступному:

- безперебійна робота критичної інфраструктури є важливою для економічної стійкості країни в умовах воєнного стану;
- неперервне функціонування об'єктів критичної інфраструктури сприяє збереженню стабільності та спокою у суспільстві в умовах воєнного стану;
- порушення роботи об'єктів критичної інфраструктури може призвести до гуманітарної кризи, зокрема, втрати доступу до медичних послуг, води та інших необхідних ресурсів;
- безперебійна робота критичної інфраструктури є важливою для захисту національної безпеки країни та забезпечення її військової готовності.

Аналіз інфраструктурних об'єктів, які можуть бути цільовими для ворожого впливу, важливий для забезпечення техногенної безпеки в умовах воєнного стану. Деякі з найбільш потенційно вразливих об'єктів включають:

1. Електростанції та електромережі: напади на електростанції та електромережі можуть призвести до перерв у постачанні електроенергії для населення та промисловості.
2. Транспортні вузли: знищення чи блокування ключових транспортних вузлів, таких як аеропорти, залізничні вузли та порти, може призвести до перешкод у переміщенні військ, гуманітарної допомоги та інших важливих ресурсів.
3. Комунікаційні мережі: напади на телекомунікаційні мережі можуть призвести до втрати зв'язку між військовими частинами, урядовими органами та населенням, що ускладнить координацію дій та реагування на кризові ситуації.
4. Водопостачання та системи очищення води: атаки на системи водопостачання та очищення води можуть призвести до перерв у постачанні питної води та забруднення водойм, що загрожує здоров'ю та життю поранених осіб та ускладнює медичну допомогу.
5. Стратегічні об'єкти: стратегічні об'єкти, такі як ядерні електростанції, хімічні заводи та інші, можуть бути особливо привабливими цілями для ворожих нападів, оскільки їхнє пошкодження може мати далекосяжні наслідки для безпеки та здоров'я населення.

Розробка та впровадження планів надзвичайних ситуацій є важливими кроками для забезпечення техногенної безпеки об'єктів критичної інфраструктури в умовах воєнного стану. Деякі ключові аспекти цих планів включають:

1. Ідентифікацію потенційних загроз: аналіз можливих загроз, які можуть виникнути в умовах воєнного стану, є важливим першим кроком у розробці планів надзвичайних ситуацій[2].

2. Оцінку вразливості об'єктів: визначення вразливих місць та систем на об'єктах критичної інфраструктури, які можуть бути цільовими для ворожого впливу, є необхідним для визначення пріоритетів у заходах захисту.

3. Розробку стратегій захисту: розробка стратегій та планів дій для захисту об'єктів критичної інфраструктури включає в себе визначення заходів безпеки, механізмів реагування на надзвичайні ситуації та координацію з військовими та правоохоронними органами.

4. Підготовку персоналу: навчання та тренування персоналу з питань безпеки та дій при надзвичайних ситуацій є важливими елементами реалізації планів.

5. Контроль та оновлення: плани надзвичайних ситуацій повинні періодично переглядатися, оновлюватися та тестуватися, щоб вони залишалися актуальними та ефективними у відповідь на зміни у загрозах та умовах.

6. Співпраця та координація: Важливо забезпечити співпрацю та координацію між різними відомствами та організаціями, включаючи військові, правоохоронні, цивільні та приватні сектори, для ефективного реагування на надзвичайні ситуації та захист критичної інфраструктури.

Використання передових технологій та систем моніторингу є важливим аспектом захисту об'єктів критичної інфраструктури в умовах воєнного стану. Деякі засоби технологій та систем моніторингу включають:

1. Системи відеоспостереження: встановлення камер відеоспостереження на ключових місцях може допомогти виявляти підозрілі дії та ворожі загрози на об'єктах критичної інфраструктури.

2. Дрони і супутникові системи: використання дронів та супутникових систем дозволяє отримувати широкий обсяг інформації про стан об'єктів інфраструктури та вчасно виявляти будь-які аномалії чи небезпеки.

3. Системи детекції інтрузії: встановлення сучасних систем детекції інтрузії, які використовують різноманітні сенсори та датчики, дозволяє виявляти неправомірний доступ на об'єкти критичної інфраструктури та активувати відповідні заходи захисту.

4. Системи сигналізації та автоматичного сповіщення: встановлення сигналізаційних систем та систем автоматичного сповіщення дозволяє оперативно реагувати на потенційні небезпеки та активувати необхідні заходи безпеки.

Використання цих технологій та систем моніторингу допомагає підвищити рівень безпеки об'єктів критичної інфраструктури в умовах воєнного стану, забезпечуючи швидку відповідь на потенційні загрози та мінімізуючи можливі наслідки.

Забезпечення відповідної підготовки персоналу та проведення регулярних навчань і тренувань є важливими елементами забезпечення техногенної безпеки об'єктів критичної інфраструктури під час воєнного стану. Деякі ключові аспекти включають:

1. Тренування з реагування на надзвичайні ситуації: регулярні тренування з реалістичними сценаріями допомагають персоналу об'єктів критичної інфраструктури набути необхідних навичок і знань для ефективного реагування на потенційні загрози.

2. Оновлення та адаптація планів евакуації та дій: періодичне оновлення та перегляд планів евакуації та дій в разі надзвичайних ситуацій дозволяє враховувати нові загрози та найкращі практики для забезпечення безпеки персоналу та об'єктів.

3. Технічна підготовка: персонал повинен мати розуміння роботи технічного обладнання та систем безпеки, що використовуються на об'єктах, та бути здатним ефективно керувати ними в умовах екстрених ситуацій.

4. Оцінка ризиків і аналіз навчальних сценаріїв: регулярне проведення аналізу ризиків та оцінка потенційних навчальних сценаріїв дозволяє виявляти слабкі місця в системі технічної безпеки та розробляти стратегії для їхнього подолання.

Правильно сплановані та проведені тренування дозволяють підвищити готовність персоналу до дій в критичних ситуаціях та забезпечити ефективну реакцію на будь-які техногенні загрози.

Співпраця з військовими та правоохоронними органами є важливим елементом забезпечення техногенної безпеки об'єктів критичної інфраструктури в умовах воєнного стану. Деякі ключові аспекти цієї співпраці включають:

1. Обмін інформацією: регулярний обмін інформацією між об'єктами критичної інфраструктури, військовими та правоохоронними органами дозволяє швидко реагувати на потенційні загрози та координувати заходи безпеки.

2. Координація дій: спільне планування та координація дій з військовими й правоохоронними органами дозволяє ефективно взаємодіяти у разі кризових ситуацій та вирішувати нагальні проблеми.

3. Спільні навчання та тренування: спільне проведення навчань та тренувань дозволяє перевірити ефективність планів дій та підвищити готовність до спільного реагування на можливі загрози.

4. Обмін кращими практиками: співпраця з військовими та правоохоронними органами дозволяє обмінюватися кращими практиками та досвідом забезпечення техногенної безпеки та ефективної взаємодії в умовах кризових ситуацій.

Співпраця з військовими та правоохоронними органами є важливим елементом успішного забезпечення техногенної безпеки об'єктів критичної інфраструктури в умовах воєнного стану.

В умовах воєнного стану техногенна безпека об'єктів критичної інфраструктури стає критично важливою для забезпечення безперебійного функціонування суспільства та захисту національних інтересів[3].

Забезпечення техногенної безпеки об'єктів критичної інфраструктури є складним та багатоаспектним завданням, але за належної організації та співпраці можливо мінімізувати ризики та забезпечити безпеку національних ресурсів та життя громадян у період воєнного стану.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про критичну інфраструктуру: Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text>

2. Про об'єкти підвищеної небезпеки : Закон України від 18.01.2001 № 2245-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2245-14#Text>

3. Суходоля О.М. Захист критичної інфраструктури в умовах гібридної війни: проблеми та пріоритети державної політики України. Стратегічні пріоритети. Серія «Політика». 2016. № 3 (40). С 65–67.

Sergii Vavreniuk, Doctor of Sciences in Public Administration, National University of Civil Defense of Ukraine

ENSURING TECHNOLOGICAL SECURITY OF CRITICAL INFRASTRUCTURE OBJECTS UNDER THE CONDITIONS OF THE STATE OF MARTIAL

Ensuring man-made safety of critical infrastructure facilities is a complex and multifaceted task, but with proper organization and cooperation, it is possible to minimize risks and ensure the safety of national resources and citizens' lives during martial law.

*Д.С. Фомичов, Р.І. Шевченко д.т.н., проф.
Національний університет цивільного захисту України*

ДО ПИТАННЯ ОБГРУНТУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Забезпечення пожежної безпеки підприємств, будинків і споруд є однією з найактуальніших задач, що стоять перед нашою державою. Це обумовлено тим, що під час пожеж знищуються величезні матеріальні цінності, наноситься шкода навколишньому середовищу і, що найбільш важливо, гинуть люди, чи наноситься шкода їхньому здоров'ю.

Пожежна безпека є складовою частиною всієї діяльності держави й окремих підприємств і організацій у промисловості та сільському господарстві.

Важливою особливістю соціальної інфраструктури України є наявність великої кількості об'єктів хімічного виробництва, що у даний час реконструюються. Аварії, пожежі і вибухи на даному класі підприємств носять, як правило, розвиваючий характер, що впливає на швидкість і правильність прийняття рішень по організації бойових дій, на прогноз обстановки, і в цілому, на безпеку працюючих і особового складу пожежних підрозділів. У той же час, пожежна охорона не має достатньої інформації про розвиток аварії пов'язаної з пожежею, чи з вибухом.

Вивчення проблем, пов'язаних з аваріями і, зокрема, пожежами чи вибухами на промислових підприємствах, вимагає застосування результатів, отриманих у різних галузях науки: фізиці, теорії горіння і вибуху, деяких інших спеціальних галузях механіки суцільних середовищ, математичній статистиці, програмуванні і т.ін. Тому важливим є порівняльний аналіз існуючих методів оцінки характеристик розвитку аварії, пожежі і вибір відповідних математичних і фізичних моделей для кількісної оцінки характеристик окремих етапів аварії.

Для того, щоб ефективно вирішувати весь комплекс питань по ліквідації наслідків аварії, пов'язаної з пожежею чи вибухом на промисловому підприємстві, насамперед, необхідно вміти розраховувати основні характеристики розвитку подій. Зокрема, варто визначити, коли саме та де відбудуться вибухи чи виникнуть пожежі, наскільки істотним буде їхній вплив на об'єкти, що знаходяться на території підприємства (наприклад, ушкодження й обвалення будинків і споруд), як пожежа на одному з об'єктів може ініціювати ланцюгову реакцію. У світовій літературі зазначені ланцюгові реакції зводяться ефекту "доміно".

Важливої є також оцінка впливу небезпечних факторів пожежі чи вибуху на життя і здоров'я людей, що знаходяться на території підприємства. Причому в даному випадку варто враховувати як вплив безпосередній небезпечних факторів пожежі чи вибуху (висока температура, потік теплового випромінювання, вплив ударної хвилі чи фронту дефлаграційного горіння), так і опосередкований вплив небезпечних факторів аварії - наприклад, можливість травм чи загибелі людей, що знаходяться в будинку, що піддається впливу пожежі, у результаті повного чи часткового обвалення.

*D.S. Fomichev, R.I. Shevchenko, Doctor of Technical Sciences., prof.
National University of Civil Defense of Ukraine*

ON THE ISSUE OF JUSTIFICATION OF THE COMPLEX OF INFORMATION- TECHNICAL MEASURES FOR IMPROVING FIRE SAFETY AT CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES

In the work, a comparative analysis of existing methods of assessing the characteristics of the development of an accident, fire, and the selection of appropriate mathematical and physical models for the quantitative assessment of the characteristics of individual stages of the accident are carried out.

*О.С. Щербак, О.А. Дерев'янка, к.т.н., доц., Р.І. Шевченко д.т.н., проф.
Національний університет цивільного захисту України*

ДО ПИТАННЯ ВИЯВЛЕННЯ ОСЕРЕДКОВИХ ОЗНАК І ШЛЯХІВ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

В результаті горіння, яке відбувається під час пожежі, матеріали, конструкції, обладнання та окремі предмети, що піддаються впливу високих температур, зазнають різного ступеня руйнування і деформації або повністю знищуються.

Як правило, ступінь руйнування буває різним, і ця ситуація часто використовується для визначення місця пожежі. Центр пожежі часто асоціюється з ділянкою, де вигорання і руйнування найбільш інтенсивні. У цьому випадку робиться припущення, що найбільші руйнування спричинені більш тривалим горінням, більш тривалим впливом високих температур, тобто часовими факторами, і робиться висновок, що пожежа, можливо, почалася саме в цій зоні. Часто так і відбувається.

Звичайно, неминуче, що довший час горіння призведе до масштабних руйнувань і вищих температур у центрі пожежі, що вплине на інтенсивність і масштаби руйнувань. Однак такі обставини, як час горіння, не є єдиним фактором, і в деяких випадках можуть бути причиною найбільшого пошкодження конструкцій і матеріалів у певній зоні пожежі, включаючи центр пожежі.

Руйнування, спричинені пожежею, залежать не тільки від часу горіння, але й від багатьох інших факторів та умов, пов'язаних з розвитком пожежі і, перш за все, від температурного режиму зони горіння. Звичайно, зміна температури – це не тільки часовий фактор. Температура в конкретній зоні пожежі залежить також від кількості та природи горючих матеріалів, умов їх горіння, особливо умов газообміну (притоку і від току повітря), а також від особливостей конвекції, що утворюється і гасіння. Все це визначає умови і причини виникнення багаторазового горіння, утворення локальних гнізд горіння або окремих, добре збережених ділянок в межах зони пожежі. Як ми вже знаємо, навіть пожежі можуть спричинити незначні пошкодження, зумовлені архітектурними та конструктивними особливостями будівлі.

Сажа вигорає, коли поверхня конструкції під час пожежі нагрівається вище 600-650°C. Тому кількість сажі може бути меншою на ділянках, ближчих до пожежі, ніж на ділянках, віддалених від неї. Сажа часто вигорає локальними плямами в центрі пожежі або у верхній частині вторинних осередків (зон горіння). Такі плями часто зберігаються, коли горіння поширюється далі – конструкції в осередку пожежі (стелі, стіни) добре нагріті, і сажа відкладається в більш прохолодних місцях, а не в "гарячих", як описано вище. Локальне вигорання сажі є хорошим індикатором при пошуку джерела пожежі. Однак, якщо сажа не вигорає і покриває конструкцію відносно рівномірно, стає майже неможливо знайти джерело пожежі або шлях поширення горіння, якщо не використовувати спеціальне обладнання.

Під впливом високих температур полімерні поверхні розпадаються на складну суміш летких вуглеводнів. Температура газової суміші зростає в міру наближення до фронту полум'я. Кисень з навколишнього повітря дифундує в цю суміш, і коли досягаються відповідні концентрація і температурні умови, газова суміш запалюється. Полум'я знову забезпечує енергію, необхідну для піролізу поверхні полімеру. Деякі вуглеводні піддаються піролізу в просторі між поверхнею полімеру і фронтом полум'я, якщо температура досить висока (до 1000°C), а концентрація кисню досить низька. Цей механізм ефективний лише для всіх полімерів на ранніх стадіях горіння. Після тривалого впливу полум'я термопласти плавляться і розтікаються, полімер нагрівається до температури піролізу і з розплаву інтенсивно виділяються легкозаймисті газоподібні продукти. В результаті полімер або повністю вигорає, або залишає негорючий рідкий чи твердий залишок. Під час горіння на

поверхні термореактивного пластику утворюється шар вуглекислого газу, який ізолює полімерну масу від радіаційного впливу полум'я і перешкоджає виділенню продуктів термічного розпаду. Якщо товщина шару вуглецю, що утворився, перевищує критичну і відсутні умови (зовнішній тепловий потік, акумуляція тепла, приплив окислювача), що сприяють його нагріванню, розкладанню і горінню, горіння припиняється. Виділення летючих часто супроводжується диспергуванням поверхні твердої фази, при цьому остання переходить у газову фазу у вигляді частинок з поверхнею горіння, на якій відбувається інтенсивне газовиділення, займання і горіння. Відбувається інтенсивне виділення газу, займання і горіння. При згорянні утворюються не горючі мінеральні залишки або кокс.

Тільки пористі матеріали, які при нагріванні утворюють тверді залишки, можуть самостійно підтримувати тліюче горіння. До них відноситься широкий спектр рослинних матеріалів, таких як папір, целюлозні тканини, тирса, ламінати, латексна гума та деякі термореактивні пластмаси на відстані. Матеріали, які плавляться або стискаються під впливом джерела тепла, не демонструють тип горіння, про який йде мова. Причину цього можна зрозуміти, розглянувши механізм тління.

Існує три зони горіння

Зона 1: зона піролізу, що характеризується швидким підвищенням температури, де закінчуються видимі летючі продукти вихідного матеріалу;

Зона 2, де температура досягає максимуму, припиняється утворення видимих продуктів піролізу і починається розжарення;

Зона 3, зона високо пористих вуглецевих залишків, де залишки більше не нагріваються і температура повільно знижується.

На сьогоднішній день фахівцями [1-3] зроблено декілька спроб встановити наявність етилованого палива в зоні згорання за наявністю оксиду свинцю та етилованих нафтопродуктів у сажі, шляхом визначення природи продукту згорання за структурою та складом сажі та шляхом виявлення кількості оксиду свинцю та етилованих нафтопродуктів, сорбованих на частинках сажі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Peter Janku, Zuzana Kominkova Oplatkova, Tomas Dulik, Petr Snopek, Jiri Liba. Fire Detection in Video Stream by Using Simple Artificial Neural Network. MENDEL— Soft Computing Journal, Volume 24, No. 2, 2018
2. Qiao Gaolin, "Research on Image Flame Feature Selection and Recognition Algorithm in Complex Large Space", Xi'an University of Architecture and Technology, (2015)(in Chinese)
3. Frizzi, S., Kaabi, R., Bouchouicha, M., Ginoux, J., Moreau, E., Fnaiech, F.:Convolutional neural network for video fire and smoke detection. In: IECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society.pp. 877–882 (2016).]

*O.S Shcherbak, O.A Derevyanko, Ph.D., Assoc., R.I. Shevchenko Dsc, Professor
National University of Civil Protection of Ukraine*

ON THE ISSUE OF IDENTIFYING CENTRAL SIGNS AND WAYS OF PROPAGATION OF EMERGENCY SITUATIONS AT CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES

The practical bases of the method of research and analysis of soot after a fire are considered to solve such problems of investigation of a fire, such as establishing the location of the fire of the fire and ways of spreading flue flows, temperature in the combustion zone.

Due to the fact that this method is not destructive, there are no restrictions on its use when inspecting the place of fire by investigators and technical specialists at the stage of inspection after the fire.

RAMAN SPECTROSCOPY FOR FORENSIC INVESTIGATIONS OF CAUSE OF FIRE

After firefighters extinguish a fire, an investigation is typically launched to determine the origin and cause of fire or explosion. Investigations of such incidents require systematic approach [1]. We propose to use Raman spectroscopy for forensic investigations of the cause of fire by identification of post fire materials.

Raman spectroscopy is a powerful tool for chemical analysis. In Raman spectroscopy the sample is irradiated with the laser. There are three types of light scattering from the sample: Rayleigh (at the laser wavelength), Stokes (red shifted), and anti-Stokes (blue shifted). In Raman spectroscopy one typically looks at the Stokes component. The shift in the laser wavelength is due to molecular vibrations of the sample. Each molecule has a unique vibrational “fingerprint” which is reflected in Raman spectrum. This allows for recognition of substances based on Raman spectra using artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) algorithms. The principle of Raman spectroscopy and workflow for substance recognition are depicted in Figure 1.

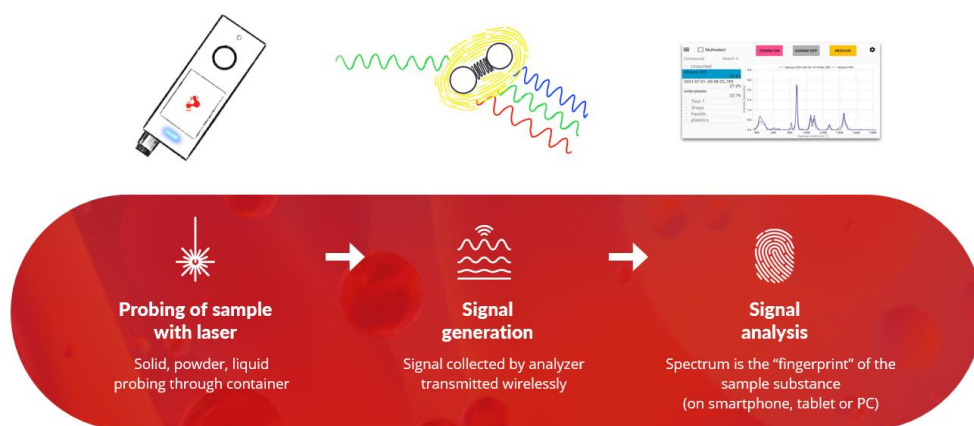


Figure 1. Principle of Raman spectroscopy and workflow for substance identification.

Lightnovo ApS has developed a compact handheld Raman spectrometer miniRaman [2] shown in Figure 2. The miniRaman spectrometer weighs less than 500 grams and is designed to be used as a belt wearable unit by the police, military, special forces, and forensic teams. The miniRaman contains a 785 nm laser, as well as an additional optional 660 nm laser for expanded spectral range. The spectral range in the wavenumbers corresponds to the fingerprint region of molecules ($400\ldots2700\text{ cm}^{-1}$ for the 785 nm channel, and $2700\ldots4500\text{ cm}^{-1}$ for the 660 nm channel). The miniRaman spectrometer is based on a proprietary patented technology owned by Lightnovo with in-built reference channel and automatic spectral and intensity calibration. This allows to make the unit affordable and compact while keeping high-end quality of acquired spectra. Additionally, due to reference channel, regular recalibration of the unit is not necessary, which makes it easier to operate by the field officers. Moreover, the readiness to operate is 10 seconds, which overpasses the corresponding figure of the competitors, typically measured in minutes.

Use cases of miniRaman spectrometer vary from detection of toxic gases and chemical weapons, identification of explosives, and detection of illegal drugs to food analysis and art conservation.



Figure 2. Lightnovo ApS handheld miniRaman spectrometer

We propose to use miniRaman in forensic investigation for identification of post fire materials to detect traces of flammable substances and explosives. This would allow to quickly detect potential arson or sabotage as well as the origin of it, what nowadays is especially relevant to the objects of critical infrastructure in Ukraine.

It has been shown in literature that Raman spectroscopy coupled with principal component analysis (PCA) is able to distinguish between various thermally damaged materials after pyrolysis [3]. We propose to look for traces of flammable materials and explosives at the fire scene and detect, analyze, and identify accelerants such as gasoline, acetone, ethanol, toluene, etc.

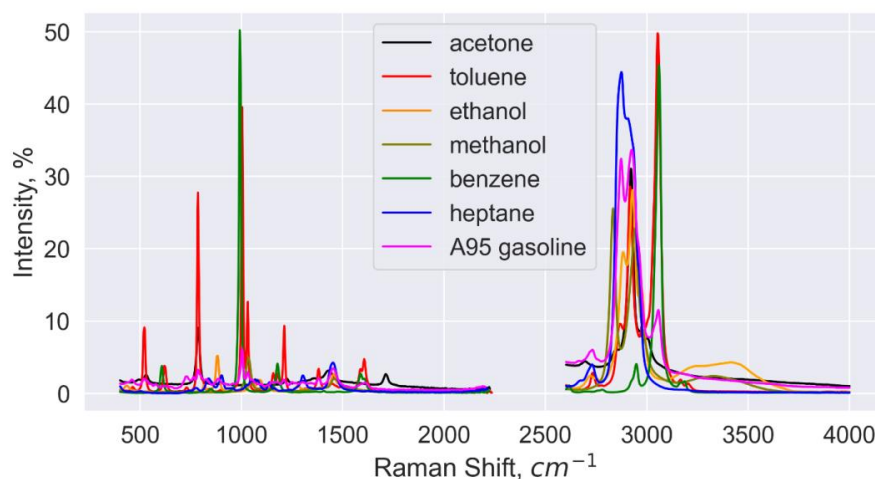


Figure 3. Raman spectra of fire accelerants: acetone, toluene, ethanol, methanol, benzene, heptane, gasoline

To summarize, Raman spectroscopy has a tremendous potential to be used in investigations of the causes of fires and explosions, handheld miniRaman spectrometer by Lightnovo ApS is a compact powerful and affordable tool which is suitable for this type of applications.

REFERENCES

1. NFPA 921, Guide for Fire and Explosion Investigations, 2024.
2. O. Ilchenko et al., Optics miniaturization strategy for demanding Raman spectroscopy applications, Nature Communications, 2024, submitted.
3. T. Kerr, K. Duncan, L. Myers, Post fire materials identification by micro-Raman spectroscopy and principal components analysis, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 102, 103-113, 2013

Andrii Harkavyi, a higher education student, National University of Civil Protection of Ukraine

HEAT EXCHANGE IN THE FREE VOLUME OF RESERVOIRS DURING JET CLEANING OF PETROLEUM PRODUCT RESIDUES

To ensure fire and explosion safety during the process of cleaning reservoirs from petroleum product residues, it is necessary to determine the duration of the technological operations during which the evaporation of the petroleum product will occur in the free volume of the reservoir. This will ultimately allow for the determination of their concentration and assessment of the explosion and fire hazard of the process. This approach aligns with one of the directions of fire prevention systems – maintaining a safe concentration of the environment in accordance with norms, rules, regulatory documents, and safety regulations [1].

Normative documents establish the following intervals for periodic cleaning of reservoirs: at least twice a year for fuel for jet engines, aviation gasoline, aviation oils, and their components; at least once a year for additives to lubricating oils and oils with additives; at least once every two years for other oils, automotive gasoline, diesel fuel, paraffins, and other similar petroleum products in terms of properties [2].

The composition of petroleum residue can vary and include hydrocarbon compounds, free water, water bound in emulsions, mechanical impurities, some elements in free form or as chemical compounds.

When the stream of a technical cleaning agent is thermally applied to the petroleum product residues in the tank, the petroleum residue heats up, resulting in an increase in the concentration of flammable vapors inside the tank.

The process of thermal heating of petroleum residue in the tank can be described by the equation of heat exchange of petroleum residue.

$$Q_{m1}c(T-T_1)d\tau = M_1c_1dT_1 + \alpha_2S_2(T_1-T_2)d\tau + \alpha_3S_3(T_1-T_3)d\tau + \frac{\lambda}{\delta}S_4(T_1-T_4)d\tau + M_1l dx; \quad (1)$$

- The equation of heat exchange of the air-vapor medium inside the reservoir.

$$Q_{m2}c(T-T_2)d\tau + \alpha_2S_2(T_1-T_2)d\tau = M_2c_2dT_2 + \alpha_5S_5(T_2-T_3)d\tau; \quad (2)$$

- The equation of heat exchange of the reservoir body.

$$\alpha_3S_3(T_1-T_3)d\tau + \alpha_5S_5(T_2-T_3)d\tau = M_3c_3dT_3 + \alpha_6S_6(T_3-T_6)d\tau, \quad (3)$$

where: Q_{m1} , Q_{m2} – mass flow rate of heated cleaning solution supplied to the petroleum residue and air-vapor mixture in the tank, respectively, kg/s; c , c_1 , c_2 , c_3 – specific heat capacity of the cleaning solution, petroleum residue, air-vapor medium, and tank body, respectively, J/(kg·K); T , T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , T_6 – temperature of the cleaning solution, petroleum residue, air-vapor medium, tank body, base, and ambient environment, respectively, K; α_2 , α_3 , α_5 , α_6 – heat transfer coefficient of petroleum residue and air-vapor medium of the tank, petroleum residue and tank body, air-vapor medium and tank body, tank body and ambient environment, respectively, J/(m²·s·K); S_2 , S_3 , S_4 , S_5 , S_6 – heat exchange area of petroleum residue and air-vapor medium of the tank, petroleum residue and tank body, petroleum residue and base, air-vapor medium and tank body, tank body and ambient environment, respectively m²; τ – process duration time, s; M_1 , M_2 , M_3 – mass of petroleum residue, air-vapor medium, and tank body, respectively, kg; λ – coefficient of thermal conductivity of the base, J/(m·s·K); δ – thickness of the base, m; l – specific heat of fusion of paraffin, J/kg; x – mass fraction of paraffin in the petroleum residue, dimensionless. The condition is accepted that Q_{m1} , Q_{m2} , M_1 , M_2 , M_3 , c , c_1 , c_2 , c_3 , α_2 , α_3 , α_5 , α_6 , S_2 , S_3 , S_4 , S_5 , S_6 , T , T_4 , T_6 , λ , δ – are constants.

Where: Q_{m1} , Q_{m2} – mass flow rate of heated cleaning solution supplied to the petroleum residue and air-vapor mixture in the tank, respectively, kg/s; c , c_1 , c_2 , c_3 – specific heat capacity of the cleaning solution, petroleum residue, air-vapor medium, and tank body, respectively, J/(kg·K); T , T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , T_6 – temperature of the cleaning solution, petroleum residue, air-vapor medium, tank body, base, and ambient environment, respectively, K; α_2 , α_3 , α_5 , α_6 – heat transfer coefficient of petroleum residue and air-vapor medium of the tank, petroleum residue and tank body, air-vapor medium and tank body, tank body and ambient environment, respectively, J/(m²·s·K); S_2 , S_3 , S_4 , S_5 , S_6 – heat exchange area of petroleum residue and air-vapor medium of the tank, petroleum residue and tank body, petroleum residue and base, air-vapor medium and tank body, tank body and ambient environment, respectively, m²; τ – process duration time, s; M_1 , M_2 , M_3 – mass of petroleum residue, air-vapor medium, and tank body, respectively, kg; λ – coefficient of thermal conductivity of the base, J/(m·s·K); δ – thickness of the base, m; l – specific heat of fusion of paraffin, J/kg; x – mass fraction of paraffin in the petroleum residue, dimensionless. The condition is accepted that Q_{m1} , Q_{m2} , M_1 , M_2 , M_3 , c , c_1 , c_2 , c_3 , α_2 , α_3 , α_5 , α_6 , S_2 , S_3 , S_4 , S_5 , S_6 , T , T_4 , T_6 , λ , δ are constants.

As a result of solving the system of first-order differential equations (1...3), the dependence of the temperature of the mixture of petroleum residue with the cleaning solution (T_1) on the duration of the heating process (τ) (time of cleaning) is obtained.

$$T_1 = \frac{z_2}{z_1 - z_2} (T_1^\infty - T_1^0) e^{z_1 \tau} - \frac{z_1}{z_1 - z_2} (T_1^\infty - T_1^0) e^{z_2 \tau} + T_1^\infty, \quad (4)$$

where $z_{1,2} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4C}}{2}$ – the roots of the characteristic equation.

Equation (4) introduces the temperature value T_1^∞ , which the mixture of petroleum residue reaches with the cleaning liquid during its infinitely long circulation. It is determined by the dependency

$$T_1^\infty = \frac{j_5 + j_2 j_4}{1 - j_1 j_4}, \quad (5)$$

where j_i – the coefficient values obtained during the solution of the system of equations (1...3).

The equilibrium state of the system (tank body - petroleum residue - internal volume of the tank) at the beginning of the process, when there is no heat input, is characterized by the equality of temperatures $T^0 = T_1^0 = T_2^0$, which are determined by the dependency

$$T^0 = T_1^0 = T_2^0 = \frac{y_3 T_3 + y_4 T_4}{y_3 + y_4}, \quad (6)$$

where y_i – the coefficient values obtained during the solution of the system of equations (1...3).

Therefore, with the help of equation (4), it is possible to determine the time during which the petroleum residue will be heated to the specified temperature, as well as the change in the temperature of the petroleum residue during this time. Numerical determination of parameters (temperature of the cleaning solution, petroleum residue, air-vapor medium, time) is performed on a computer.

REFERENCES

1. DSTU 8828:2019 FIRE SAFETY. General provisions.
2. Oil and oil products. Marking, packaging, transportation, and storage: DSTU 4454:2005. – [Effective from 2006-07-01]. – Kyiv: State Committee of Ukraine for Technical Regulation and Consumer Policy, 2006. – 139 p. – (National Standard of Ukraine).

Omar Trabelsi; PhD. student, Obuda University, Doctoral School on Safety and Security Sciences, Budapest;

Tünde Anna Kovács, associate professor, Obuda University, Banki Donat Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Budapest;

FIRE AND EXPLOSION RISKS RELATED TO ELECTRICAL CAR BATTERIES

ABSTRACT

Electric cars are on the rise in Europe. These cars are electrically powered by a powerful battery. These batteries are Lithium-ion based. Several hazards of the Li-ion batteries are well understood and the most serious are fire and explosion risks. In this work, we wanted to provide a summary of how batteries work and which dangers they present.

Key words: Battery; Explosion; Electric car; Fire risk of batteries; Overheating

INTRODUCTION

The CO₂ emission decreasing is a goal of the vehicle industry. Traditional vehicles emit not only CO₂ but also include emissions such as soot, carbon monoxide, nitrous oxides, and hydrocarbons which are unhealthy and increasingly significant in urban areas. The solution of the last decade is electric vehicles, driven by high-power batteries. The application of the new batteries raises many questions. Lithium is a flammable material which needs special equipment and materials for extinguishing. The risks of this kind of battery are new challenges for the battery industry and firefighters. The recycling of the batteries is also an important question.

HOW ELECTRIC CAR BATTERIES WORK

Electric car batteries play an essential role in the operation of these vehicles. They are responsible for storing the electrical energy necessary to power the electric motor. Batteries used in electric cars are usually lithium-ion batteries, which offer high energy density and good durability. The operation of electric car batteries is based on a charging and discharging process. When the car is plugged into a power source, electricity is used to recharge the battery. While driving, the battery provides the energy needed to power the electric motor. This charging and discharging process is controlled by a battery management system that monitors the battery's temperature, voltage and capacity to optimize its performance and ensure its safety. Electric car batteries are designed to be rechargeable and provide sufficient range for daily commuting. They are made up of individual cells that are connected in series or parallel to form a battery pack. These cells contain positive and negative electrodes, separated by an electrolyte. When the battery is charged, the lithium ions move from the positive electrode to the negative electrode, and when it is discharged, the lithium ions return to the positive electrode.

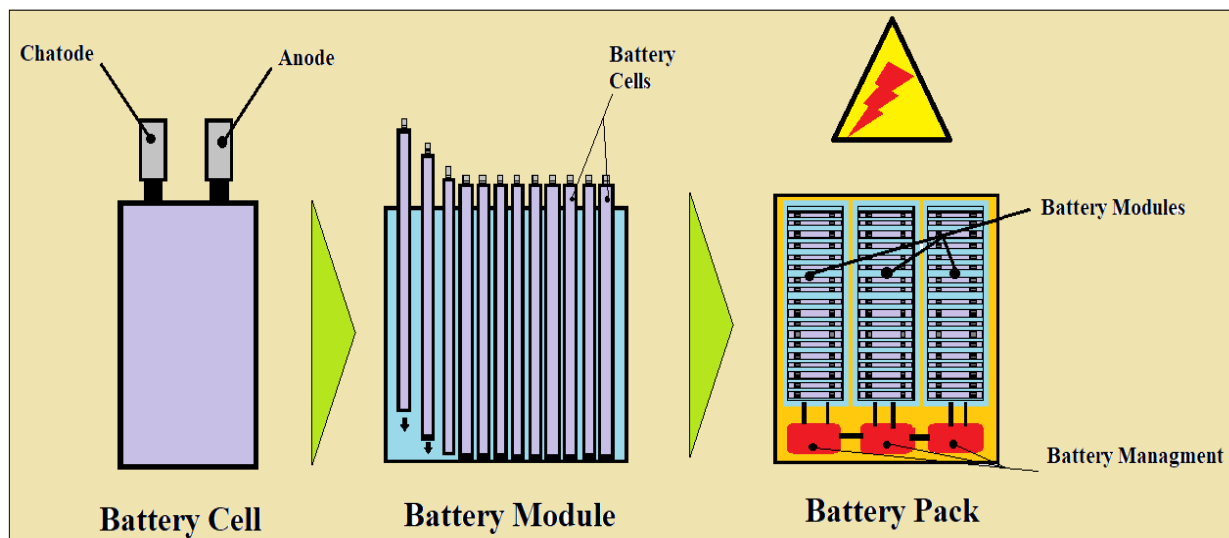


Figure 1 Battery cells to battery pack [1]

COMPOSITION AND TYPES OF BATTERIES USED

Batteries used in electric vehicles are essentially of two types: lithium-ion batteries and solid electrolyte batteries. Lithium-ion batteries are most used due to their high energy density and long lifespan. They are composed of a graphite anode, a metal oxide cathode and a liquid electrolyte containing lithium salts. These batteries offer good performance and fast charging, but they may present risks of overheating and fire if misused or damaged. Solid-state batteries are an emerging technology with potential benefits in terms of safety and energy density. They use a solid electrolyte instead of a liquid electrolyte, which reduces the risk of leaks or explosions. These batteries can provide better thermal stability and longer lifespan. However, they are still in the development phase and are not widely used in electric vehicles. It is important to note that the exact composition of batteries may vary depending on the manufacturer and model of the electric vehicle. Different materials may be used for the electrodes and electrolytes, which may influence performance and associated risks. A thorough understanding of the composition and types of batteries used in electric vehicles is essential to assess potential risks and implement adequate safety measures.

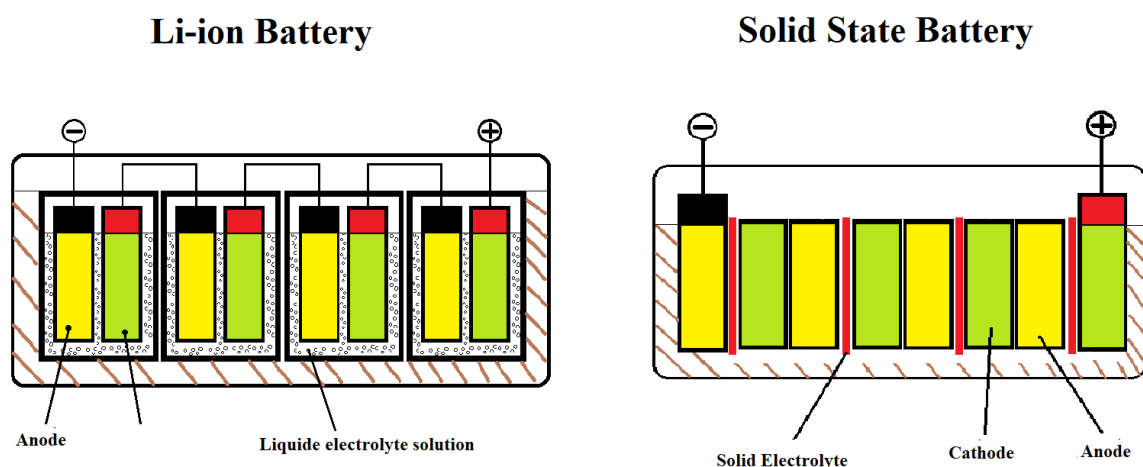


Figure 2. The difference between Li-ion battery and Solid state battery

THE RISKS LINKED TO ELECTRIC CAR BATTERIES

Electric car batteries pose some potential risks that are important to consider. First, one of the major risks is that of overheating and fire. Due to the large amount of energy stored in batteries, a failure or short circuit can cause a rapid increase in temperature, potentially leading to a fire. Another risk is that of chemical substances leaking. Electric car batteries contain potentially dangerous chemicals such as lithium. If damaged or mishandled, there is a risk of these substances leaking, which can cause health and safety problems for the vehicle and passengers. Electric car batteries may also present risks of degradation and loss of capacity over time. Regular use and charge-discharge cycles may cause battery capacity to decrease, which may affect vehicle range. It is essential to consider these risks and put appropriate safety measures in place to ensure the safe use of electric car batteries. Figure 3 shows the warning sticker on the high-voltage battery of a Honda car.



Figure 2. The warning sticker on the High Voltage battery of Honda car [3]

RISKS OF OVERHEATING AND FIRE

Overheating and fire risks are major concerns related to electric car batteries. This can occur due to misuse, design flaws, or thermal management system malfunction. Overheating can cause the internal pressure of the battery to increase, which can cause a leak, explosion, or even fire. Automakers and battery manufacturers implement strict safety measures to minimize these risks, such as efficient cooling systems, temperature sensors and overload protection devices. However, electric car users must be aware of these potential risks and follow the safety recommendations provided by manufacturers for safe battery use. Figure 4 summarizes the stages of the battery thermal runaway process.

- Stage 1: The onset of overheating. The batteries change from a normal to an abnormal state, and the internal temperature starts to increase [4].
- Stage 2: Heat accumulation and gas release process. The internal temperature quickly rises, and the battery undergoes exothermic reactions [4].
- Stage 3: Combustion and explosion. The flammable electrolyte combusts, leading to fires and even explosions [4].

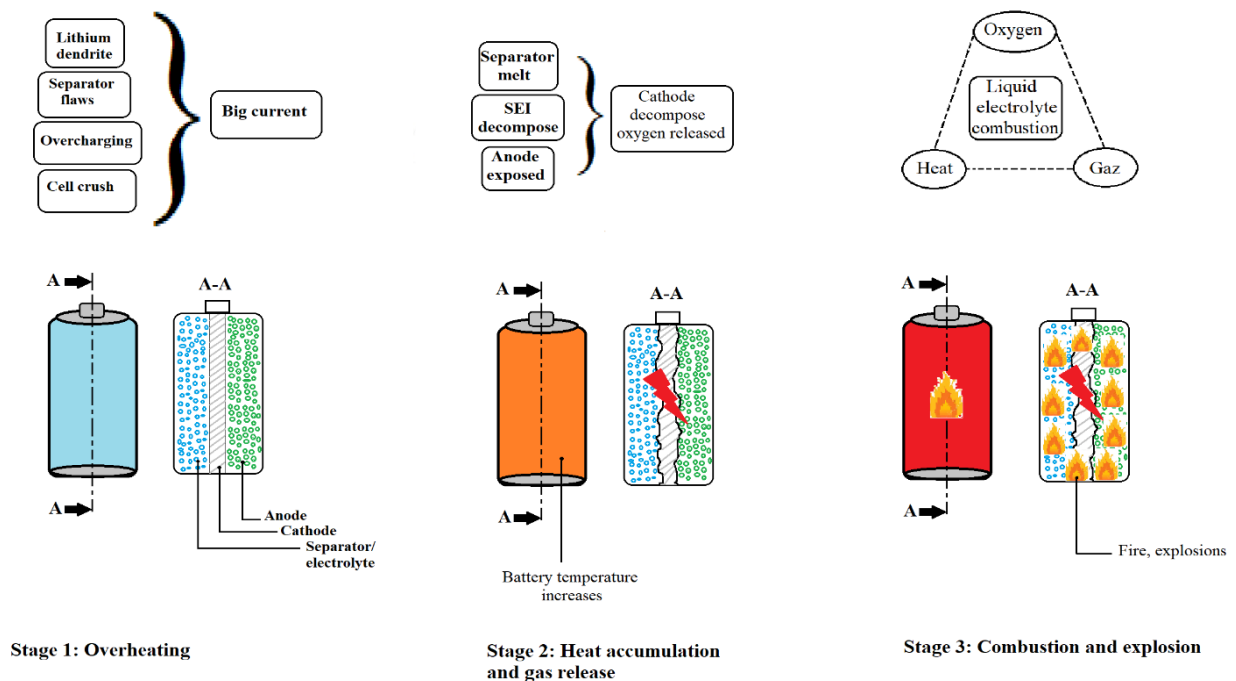


Figure 4. Three stages for the thermal runaway process

RISKS OF CHEMICAL LEAKS

These leaks can occur in the event of a serious accident or improper handling of the battery. Chemicals found in batteries, such as sulfuric acid or lithium-based electrolytes, can be hazardous

to human health and the environment. It is therefore essential to take appropriate safety measures to minimize the risk of chemical leaks and to put in place adequate management procedures in the event of an incident.

RISKS OF DEGRADATION AND LOSS OF CAPACITY

Electric vehicle batteries are subject to risks of degradation and loss of capacity over time. These risks can be caused by several factors, such as temperature, charge and discharge cycles, and the age of the battery. Excessive heat can accelerate the degradation of the battery's internal materials, which can lead to a decrease in its energy storage capacity. Additionally, repeated charging and discharging cycles can also contribute to wear and tear on battery components, reducing its overall capacity. The age of the battery is also an important factor to consider. Over time, the internal materials of the battery can naturally degrade, causing its performance and storage capacity to decline.

To minimize these risks, it is essential to implement effective thermal management systems to keep the battery temperature within acceptable limits. Additionally, optimized charging and discharging strategies can be implemented to reduce premature battery wear. Although electric vehicle batteries present risks of degradation and loss of capacity. Continuing research in the field of battery technologies also aims to improve the durability and performance of electric vehicle batteries.

SAFETY MEASURES AND REGULATORY STANDARDS

Electric vehicle batteries are subject to strict safety measures and regulatory standards to ensure their safe use. These measures aim to minimize potential risks associated with batteries, such as fires, chemical leaks and structural failures. Regulatory standards require rigorous testing to evaluate the safety of batteries, particularly regarding shock resistance, thermal stability and resistance to short circuits. These tests ensure that batteries meet high safety criteria before being used in electric vehicles. In addition to security testing, protective measures are put in place to prevent potential risks. Electric vehicles are equipped with advanced thermal management systems to control battery temperatures and prevent overheating. Short circuit and overload protection devices are also integrated to prevent accidents. Battery manufacturers and automakers work closely with regulators to ensure that electric vehicle batteries meet current safety standards. These standards are regularly updated to consider technological advances and discoveries in security. Safety measures and regulatory standards play a vital role in ensuring the safe use of electric vehicle batteries. Through these measures, potential risks are minimized, providing peace of mind to electric vehicle users.

TECHNOLOGICAL ADVANCES TO REDUCE RISKS

Technological advances in the field of batteries for electric vehicles have contributed significantly to reducing the risks associated with their use. First, many manufacturers have invested in the research and development of new, safer lithium-ion batteries. These batteries are designed with more stable materials and advanced thermal management systems, which significantly reduces the risk of overheating and fire. Second, progress has been made in the area of battery monitoring and management. Modern electric vehicles are equipped with sophisticated systems that constantly check the condition of the batteries, detect anomalies and take action to protect the battery in the event of a problem. These systems reduce the risk of battery failure and optimize its lifespan. Electric vehicle charging infrastructure has also benefited from technological progress. Charging stations are now equipped with advanced safety systems, such as overvoltage and short-circuit protection devices. In addition, communication protocols between the vehicle and the charging station make it possible to monitor and control battery charging securely.

These technological advances in electric vehicle batteries have significantly reduced the risks associated with their use, helping to make electric vehicles safer and more reliable for users.

CONCLUSION

It is in light of these risks that batteries should be developed and made safer to use. The automotive industry is severely constrained by weight reduction in the development of methods. Preventing overheating is a priority. Temperature measurement and smoke detection sensors can be used to

start cooling the battery before a fire starts and prevent it from catching fire or exploding. Further research is needed to ensure the safe use of the battery.

REFERENCES

- [1] A. Kampker et al.: Evaluation of a Remanufacturing for Lithium Ion Batteries from Electric Cars, World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering, Vol:10, No:12, 2016
- [2] <https://www.samsungdi.com/column/technology/detail/56462.html?listType=gallery> (last acces 25.03.2024.)
- [3] American Honda Motor Co., Inc.: Information for First & Second Responders Emergency Response Guide For Vehicle: <https://techinfo.honda.com/rjanisis/pubs/web/AER14177.pdf> (last access 25.03.2024.)
- [4] Liu, K., Liu, Y., Lin, D., Pei, A., & Cui, Y. (2018). Materials for lithium-ion battery safety. *Science Advances*, 4(6), eaas9820. doi:10.1126/sciadv.aas9820
- [5] Standridge, C. R., & Corneal, L. 2014. Remanufacturing, repurposing, and recycling of post-vehicle-application lithium-ion batteries. No. CAMNTRC-14-1137.
- [6] Reuter, M. A. 2011, Limits of design for recycling and “Sustainability”: a review. *Waste and Biomass Valorization* 2.2 183-208.
- [7] Wegener, Kathrin, et al. 2015. Robot Assisted Disassembly for the Recycling of Electric Vehicle Batteries. *Procedia CIRP* 29: 716-721.
- [8] P. A. Nelson, D. J. Santini, and James Barnes, Argonne National Laboratory: Factors Determining the Manufacturing Costs of Lithium-Ion Batteries for PHEVs, 2009.batterieelektrische Fahrzeuge.
- [9] Kreislaufwirtschaftsgesetz of 24. February 2012 (BGBl. I S. 212).
- [10] Sundin, E. 2004 Product and Process Design for Successful Remanufacturing. Dissertation Universität Linköping.
- [11] M. Foster, P. Isely, C. R. Standridge, and M. M. Hasan 2014 Feasibility assessment of remanufacturing, repurposing, and recycling of end of vehicle application lithium-ion batteries.
- [12] Schneider, E.L., Kindlein, W., Souza, S., & Malfatti, C.F. 2009. Assessment and reuse of secondary batteries cells. *Journal of Power Sources*, 189(2), 1264.
- [13] VDE, Zweites Leben für Elektroauto - Akku pack, 16 February 2016.
- [14] Lih, W. C., Yen, J. H., Shieh, F. H., & Liao, Y. M. 2012. Second use of retired lithium-ion battery packs from electric vehicles: technological challenges, cost analysis and optimal business model. In *Computer, Consumer and Control (IS3C)*, 2012 International Symposium on (pp. 381-384). IEEE.
- [15] Natkunarajah, N., Scharf, M., Scharf, P. 2015) Scenarios for the Return of Lithium-ion Batteries out of Electric Cars for Recycling. In: *Procedia CIRP*, 29, 2015, pp. 740-745
- [16] Pehlken, A., Albach, S., & Vogt, T. 2015. Is there a resource constraint related to lithium ion batteries in cars?. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 1-14.
- [17] B3 Corporation. 2016. B3 report 15-16/Chapter 11 – LIB Cell Materials Market Bulletin (16Q1).
- [18] Nitta, N., Wu, F., Lee, J. T., & Yushin, G. 2015. Li-ion battery materials: present and future. *Materials today*, 18(5), 252-264.
- [19] Kwade, A. 2016. Ecologically Friendly Recycling of Lithium-Ion Batteries-the Lithorec Process. In *18th International Meeting on Lithium Batteries (June 19-24, 2016)*. Ecs.
- [20] Zhang, H., Liu, W., Dong, Y., Zhang, H., & Chen, H. 2014. A method for pre-determining the optimal remanufacturing point of lithium ion batteries. *Procedia CIRP*, 15, 218-222.
- [21] Alex M. Bates et al.: Are solid-state batteries safer than lithium-ion batteries? *Joule* 6, April 20, 2022 Elsevier Inc.

Щолоков Е.Е.¹,

Ромін А.В.¹, д.н.держ.упр., проф.

Отрош Ю.А.¹, д.т.н., проф.

ANSZCZAK Marcin², EngD,

¹Національний університет цивільного захисту України

²Main School of Fire Service in Warsaw (Poland)

АНАЛІЗ ІМІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ЕВАКУАЦІЇ ПРИ ПОЖЕЖІ

«Моделювання евакуації» – це широкий термін, що охоплює безліч типів моделей, розроблених з метою поліпшення або представлення процесу евакуації. Сюди входять такі моделі, як моделювання дорожнього руху [1], розроблені для масової евакуації в масштабі міста (наприклад, спричиненої стихійними лихами), а також моделі планування маршрутів, метою яких є розробка найбільш ефективних маршрутів евакуації для великої кількості людей [2]. Однак актуальність цього терміну пов'язана з описом побудови імітаційних моделей евакуації, метою яких є імітація поведінки людини під час евакуації [3] для отримання реалістичніших розрахунків в рамках аналізу, що ґрунтується на продуктивності [4]. Ці моделі можна розглядати як підклас моделей динаміки людей, що включають функції, характерні для екстреної евакуації.

Суттєвою перевагою імітаційних моделей евакуації порівняно з методами ручного розрахунку, такими як потокова модель, є те, що вони легко дають змогу розраховувати показники продуктивності. Ці показники можна використовувати для оцінки продуктивності самої імітаційної моделі або надання додаткової інформації про процес евакуації, що моделюється. Показники, засновані на фізичних вимірах, включають швидкість потоку ($\text{чол.} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$) по шляхам евакуації, щільність натовпу ($\text{чол.} \cdot \text{м}^{-2}$), швидкість ходьби ($\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$) і довжину шляху (м). Показники, засновані на спостереженнях та являють собою візуалізацію модельованих агентів і навколишнього середовища, включно із зображеннями та відео. Ці показники часто використовують, коли результати моделювання представляють не спеціалістам, оскільки вони легші для розуміння.

Проте імітаційні моделі також мають ряд недоліків, які можуть впливати на процес евакуації. Недостатня точність моделей, а саме імітаційні моделі можуть мати обмежену точність відображення реальних сценаріїв евакуації. Наприклад, вони можуть недостатньо точно передавати поведінку людей у стресових ситуаціях, таких як паніка.

Недостатнє врахування певних факторів, а саме моделі можуть недостатньо враховувати різні аспекти евакуації, такі як фізичні обмеження (наприклад, наявність сходів або виходів), розташування непередбачених перешкод, або індивідуальні властивості людей, такі як мобільність або психологічний стан.

А також, обмеження у моделюванні складних сценаріїв. Деякі сценарії евакуації можуть бути складні для відтворення в імітаційних моделях через їхню складність або непередбачуваність. Наприклад, великі масові заходи або реакція на терористичні атаки можуть бути складними для точного моделювання.

Імітаційне моделювання евакуації є відносно новою галуззю науки, і можливості моделей швидко розвиваються. Таким чином, існують проблеми, пов'язані з практичним використанням, які необхідно розв'язати, перш ніж їх використовувати як важливий інструмент у сфері пожежної безпеки. Донедавна найважливішою з цих проблем була верифікація та валідація моделей. Методи перевірки містять в собі використання передових методів програмування, перевірку безпосередніх результатів моделювання, зіставлення кінцевих результатів моделювання з аналітичними результатами й анімацію моделювання для візуальної перевірки вихідних даних моделі. Валідація моделі може бути досягнута шляхом перевірки на основі емпіричних даних або перевірки за допомогою контрольованих експериментів, при цьому важливо кількісно оцінити рівень узгодженості між прогнозованими та вимірними показниками.

Прикладами подібних імітаційних моделей є програмні комплекси Legion, EXODUS і PedGo, MassMotion, Pedestrian Dynamics і Pathfinder. Авторами [5-7] зазначається актуальність використання програмних комплексів в рамках забезпечення пожежної безпеки. Ці продукти розробили інженерні фірми та консалтингові компанії спеціально для промислового використання. Більшість моделей також можна використовувати для моделювання динаміки пішоходів у нормальних, неаварійних умовах. Усі досліджені моделі, за винятком FDS+Evac, демонструють спроможність імітувати понад 18 000 агентів, місткість спортивного стадіону малого та середнього розміру та максимальну годинну пропускну спроможність великого терміналу аеропорту. В моделях представлено змішану поведінку агентів, причому всі моделі складаються з агентів, які можуть мати індивідуальну перспективу (тобто агенти не мають інформації про глобальне середовище, а тільки про своє локальне середовище).

Моделювання евакуації важливе для аналізу та покращення евакуаційних процедур, але потребує подальших досліджень та удосконалення для досягнення високої точності та надійності.

Як висновок, моделювання евакуації включає широкий спектр методів, від моделювання дорожнього руху до імітаційних моделей, які імітують поведінку людей під час евакуації. Імітаційні моделі евакуації забезпечують можливість реалістичного відтворення процесу евакуації і легко дозволяють розраховувати показники продуктивності, такі як швидкість потоку та щільність натовпу. Однак існують проблеми пов'язані з їх валідацією та верифікацією.

ЛІТЕРАТУРА

1. Moriarty, K. D., Ni, D., & Collura, J. (2007, January). Modeling traffic flow under emergency evacuation situations: Current practice and future directions. In 86th Transportation Research Board Annual Meeting (Vol. 1430).
2. Fang, Z., Li, Q., Li, Q., Han, L. D., & Wang, D. (2011). A proposed pedestrian waiting-time model for improving space-time use efficiency in stadium evacuation scenarios. *Building and Environment*, 46(9), 1774-1784.
3. Ronchi, E., & Nilsson, D. (2016). Basic concepts and modelling methods. In *Evacuation modeling trends* (pp. 1-23). Cham: Springer International Publishing.
4. Kuligowski, E. D., Peacock, R. D., & Hoskins, B. L. (2005). A review of building evacuation models. Gaithersburg, MD: US Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology.
5. Щолоков, Е. (2023). АНАЛІЗ БЕЗПЕКИ ЕВАКУАЦІЇ З ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ (Doctoral dissertation, Національний університет цивільного захисту України).
6. Рубан, А. В., Рашкевич, Н. В., & Отрош, В. Ю. (2022). МОДЕЛЮВАННЯ ЕВАКУАЦІЇ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖЕЖІ В ПРОГРАМНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ PATHFINDER.
7. Щолоков, Е. Е., & Отрош, Ю. А. (2023). Використання програмного середовища Pathfinder для розрахунку евакуації в будинку ліцею "Рятувальник".

Shcholokov Eduard, Romin Andrii, Otrosh Yurii, National University of Civil Defence of Ukraine

Anszczak Marcin, Main School of Fire Service in Warsaw (Poland)

ANALYSIS OF FIRE EVACUATION SIMULATION MODELS

Evacuation modeling is important for evacuation analysis and improvement, but needs further research and improvement. Evacuation modeling includes a wide range of methods, from traffic simulation to simulation models. Simulation models of evacuation provide the possibility of realistic reproduction of the evacuation process. However, there are problems associated with their validation and verification.

*Адріан Кривешико, здобувач вищої освіти, Національний університет
цивільного захисту України;*

*Олександр Пирогов, к.т.н., доцент, Національний університет
цивільного захисту України*

Konstantinos Sotiriadis, Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, v. v. i.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ПОЖЕЖНО-ПРОФІЛАКТИЧНОЇ РОБОТИ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Відповідно до вимог [1] та [2], Державна служба України з надзвичайних ситуацій організовує та забезпечує охорону від пожеж підприємств, установ, організацій та інших об'єктів, в тому числі – на підставі договорів).

Пожежна безпека підприємства – це такий стан промислового об'єкту, при якому виключається можливість пожежі, а у разі її виникнення запобігається вплив на людей небезпечних факторів та забезпечується захист матеріальних цінностей.

За загальним правилом виділяють три основних фактори:

- наявність горючих матеріалів (горючі гази, ЛЗР та ГР, тверді горючі матеріали, сировина);
- наявність джерел запалення (відкритий вогонь, іскри, КЗ, перевантаження, великий перехідний опір, самозаймання промасленого ганчір'я, органічних або пірофорних речовин);
- наявність шляхів поширення пожежі (оздоблення шляхів евакуації, система повітроводів).

Додатковими факторами, що характеризують пожежну небезпеку промислових підприємств є:

- наявність великої кількості людей (робочий персонал та відвідувачі);
- складність внутрішнього планування об'єкта, розгалужена система трубопроводів, велика кількість електроустановок.

Головним завданням пожежно-профілактичної роботи на об'єктах які охороняються та обслуговуються, є розробка обґрунтованих заходів та рекомендацій, спрямованих на:

- усунення причин і умов виникнення та розповсюдження пожеж (обмеження її поширення);
- створення умов для успішної евакуації людей і матеріальних цінностей у разі пожежі, швидкого виклику підрозділів пожежно-рятувальної служби та успішного її гасіння;
- здійснення контролю за реалізацією цих заходів.

Організація пожежно-профілактичної роботи промислових підприємств здійснюється в двох напрямках:

1. Забезпечення пожежної безпеки адміністрацією об'єкта (реалізація заходів системи забезпечення пожежної безпеки).

2. Здійснення контролю за станом пожежної безпеки об'єкта органами державного нагляду (контролю) у сфері пожежної та техногенної безпеки.

Забезпечення пожежної безпеки об'єкту адміністрацією промислового підприємства передбачає:

- призначення осіб, відповідальних за забезпечення пожежної безпеки на об'єкті;
- встановлення наказом по підприємству відповідного протипожежного режиму відповідно до розділу II, п.3 [3];
- визначення та затвердження посадових інструкцій з переліком функціональних обов'язків;
- утворення підрозділів державної пожежної охорони (за договором);
- утворення та організація діяльності протипожежних формувань (добровільна пожежна охорона, служби пожежної безпеки);

- контроль за веденням вогневих пожежонебезпечних робіт;
 - нормативне регулювання (розробка планів підвищення рівня ПБ, інструкцій про заходи пожежної безпеки для підприємства, цеху, лабораторії та кожного приміщення);
 - розробка та затвердження порядку дій адміністрації, робітників та службовців у разі виникнення пожежі;
 - навчання робітників та службовців правилам ПБ на виробництві та в побуті (інструктажі, спеціальне навчання, перевірка знань);
 - практичне відпрацювання схематичних планів евакуації із залученням всіх працівників об'єкту (не рідше 1 разу на півроку);
 - впровадження систем протипожежного захисту, організація їх технічного обслуговування (договір);
 - ведення обліку та аналізу пожеж;
 - проведення службових розслідувань по пожежам;
 - виготовлення та застосування наочних засобів протипожежної пропаганди;
 - створення куточків або кімнат з охорони праці та пожежної безпеки;
 - облік та аналіз витрат на фінансування заходів пожежної безпеки;
 - визначення виду, кількості, розміщення і обслуговування пожежної техніки за нормами;
 - впровадження, контроль за експлуатацією та технічним обслуговуванням систем протипожежного захисту (договір);
 - здійснення контролю з боку адміністрації об'єкту за дотриманням та виконанням вимог норм та правил пожежної безпеки.
- Здійснення контролю за станом пожежної безпеки об'єкта органами державного нагляду (контролю) у сфері пожежної та техногенної безпеки, а саме:
1. Планування та здійснення перевірки стану пожежної безпеки об'єкта:
 - перевірка діяльності адміністрації об'єкта щодо забезпечення ПБ;
 - безпосередньо перевірка дотримання і виконання вимог норм та правил ПБ на об'єкті.
 2. Надання пропозицій (припис, інформація, довідка) щодо приведення об'єкта у задовільний протипожежний стан.
 3. Застосування заходів адміністративного та запобіжного характеру.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 року № 5403-VI (Ст.17¹ «Повноваження центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері цивільного захисту»).
2. Постанова КМУ від 16.12.2015 року № 1052 «Про затвердження Положення про Державну службу України з надзвичайних ситуацій».
3. «Правила пожежної безпеки в Україні», затверджені наказом МВС України від 30.12.2014 року № 1417.
4. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення.
5. Рожков А.П. Пожежна безпека. Навчальний посібник. К., Пожінформтехніка, 1999.

*Adrian Kryveshko, cadet, National University of Civil Defense of Ukraine;
Oleksandr Pyrohov, Ph.D., associate professor, National University of Civil Defense of Ukraine,
Konstantinos Sotiriadis, Institute of Theoretical and Applied Mechanics of the Czech Academy of Sciences*

FEATURES OF FIRE PREVENTION WORK AT INDUSTRIAL ENTERPRISES

This article describes the factors that determine the fire hazard of industrial enterprises, as well as presents a number of organizational measures aimed at preventing the occurrence of fire and minimizing its consequences.

Zoltán Nyikes, associate professor, Milton Friedman University, Budapest;
László Tóth, associate professor, Óbuda University, Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Budapest;
Tünde Anna Kovács, associate professor, Óbuda University, Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Budapest;

EXAMINING THE USE OF CYBER-PHYSICAL SYSTEMS IN FIRE PREVENTION

ABSTRACT

Advancements in technology, particularly in cyber-physical systems, are increasingly integrated into firefighting to enhance safety measures. Artificial intelligence (AI) offers innovative solutions by aiding in early fire detection, optimizing rescue operations, and providing real-time insights. Drones play a crucial role in aerial reconnaissance, search and rescue, and monitoring fire incidents, despite limitations such as flight time constraints. Virtual reality (VR) and augmented reality (AR) technologies provide immersive training environments for firefighters to practice decision-making and response strategies in hazardous situations. By leveraging AI, drones, VR, and AR, firefighting agencies can improve operational capabilities, and response times, and ultimately save lives during emergencies.

Key words: Cyber-Physical System; Virtual Reality; Augmented Reality; Artificial Intelligence; Drones

INTRODUCTION

The modern technology is infiltrating the field of fire safety as well. The application of cyber-physical systems elements in fire safety represents a huge advancement in the areas of firefighting, fire prevention, and education-training. Modern technologies make it possible to facilitate or replace human work, in this case, the work of firefighters. Protecting human life and our assets against the devastation caused by fire requires immense effort and sacrifice from governmental and economic actors. The modern cyber-physical systems provide enormous assistance in this regard.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN FIREFIGHTING SYSTEMS

The application of artificial intelligence in firefighting systems can assist firefighters in various ways, making firefighting more efficient and rapid in responding to emergencies. AI technologies can aid in early fire detection and enhance firefighter safety, as firefighters are often exposed to immediate life-threatening situations [1]. Additionally, they can optimize rescue operations and the efficient use of resources, whether on the ground, in the air, or water.

EARLY FIRE DETECTION PAST AND PRESENT

Centuries ago, people detected fires in cities by constructing monumental structures known as "Fire Towers." These towers served mainly security purposes, as they not only provided observation points but also transmitted signals. A massive bell was installed in these towers, which rang when a fire was detected, thus alerting the population and firefighters about potential fire disasters.

Today, modern versions of these fire towers are security cameras and sensors present virtually everywhere in our lives, monitoring our daily safety. Nowadays, we cannot pass by an industrial building, a shopping mall, or a residential house without being recorded from multiple angles, along with the surrounding environment [2]. Utilizing these cameras, we can recognize potential fire incidents or traffic accidents.

NEURAL NETWORKS IN FIREFIGHTING

With the dramatic growth of artificial intelligence, a bridge has been built between human capabilities and machines in various fields. One such area of importance is Computer Visioning, where the goal is for machines to see and perceive the world like humans. Neural networks (ConvNet/CNN) are deep learning algorithms capable of looking into the background of loaded images and assigning significance to certain parts or objects, allowing them to distinguish between them. These networks consist of multiple consecutive layers through which data must pass. In this

case, "passing through" refers to processing. The first layer of the network is the "input layer," where information is passed to the network, typically in the form of a photograph. The first layer can only recognize very basic shapes, such as straight and curved lines. As the data passes through subsequent layers, the network learns to recognize more complex shapes, thereby creating higher-level features. Consequently, the more layers the image passes through, the more detailed features the network can learn, enabling it to analyze more complex shapes anywhere in the image [3]. This will be crucial in the future, as the system needs to detect flames in a burning building or smoke exiting from an apartment.

If these cameras are located indoors, they can greatly assist in the data processing of neural networks if sensors are connected to them. These sensors can be heat sensors or smoke detectors. If these devices are interconnected, a smart fire alarm system can be created, making high-risk facilities much safer. It is no longer sufficient to use a simple fire alarm device that only flashes and signals which zone has some kind of indication without providing any other important information. It is important to have a visual representation showing each signaling device separately in a room. The image from the associated cameras should also be viewable when signals occur. This way, it is possible to determine more accurately whether it is a false alarm or a real fire incident. This is also cost-effective, as it eliminates the unnecessary mobilization of multiple firefighting units and the deployment of numerous personnel.

ROBOTS IN FIREFIGHTING

Firefighting robots are specialized devices designed and built specifically to assist firefighters. They are employed in hazardous firefighting situations where human intervention can pose significant risks, or conventional firefighting technology cannot be used. These robots can be controlled via computer programs or remotely. While capable of performing automated tasks, they generally require human operators. They are applicable in various fields, becoming increasingly efficient and versatile with the advancement of innovative technologies. Each such robot can be equipped with different extinguishing agents. The most basic and commonly used is water, but they can also utilize other types of extinguishing agents, such as foam, powder, or gas. Foam is used in cases where the affected area cannot be moistened with water, and by covering the fire, it cuts off oxygen, making extinguishing more effective. Powder is typically used in electrical fires, while gas is used in computer fires or special electrical fires. Robots equipped with articulated arms can cover larger areas more effectively due to their enhanced mobility options.

There are two types of firefighting robots: fixed and mobile. Regardless of the type, they share some fundamental characteristics. One is heat resistance: firefighting robots are designed and built to withstand temperatures that are unbearable for humans. They are coated with special materials capable of withstanding flames and temperatures of up to 1000 degrees Celsius. This makes them ideal for environmental use where human firefighters cannot work safely. Smoke sensors: Most of these robots are equipped with smoke detectors, which not only indicate the level of smoke but also diagnose it, providing important data to their controllers. Additionally, they can provide crucial information for locating and extinguishing fires [4]. One advantage over human firefighters is that while an average firefighter's breathing apparatus holds about 25 minutes of air, robots have no time limit when searching for injured persons or fighting fires in smoke-filled buildings.

Fixed firefighting robots are typically used in automated firefighting systems, mainly in areas with increased fire hazards where the time to extinguish the fire needs to be minimized. Examples of such locations include aircraft hangars, tunnels, and hangars. These systems are equipped with UV and IR sensors, thermal cameras, and gas concentration sensors. These sensors and cameras help localize the direction and position of the fire and deliver the extinguishing agent more accurately. Mobile robots are equipped with more advanced features to assist operators in their work. The system usually consists of a mechanical device rolling on wheels or tracks. Their speed ranges from 2 to 20 km/h. Their weight varies greatly, ranging from a few kilograms to ten tons. Regarding movement, they can be powered by internal combustion diesel engines or batteries. In addition to remote-controlled models, there are also geolocation-controlled devices

used in places where air pollution prohibits human intervention. This is particularly important in the case of chemical fires, where the operation can be performed safely from a distance. These vehicles are also equipped with distance sensors to facilitate overcoming any obstacles.

In summary, firefighting robots are becoming increasingly important tools in firefighting departments, as they can be used in hazardous environments where human firefighters would have very limited time or would not be able to work safely at all. In Hungary, these devices are less common, but in countries where extensive forest fires occur, they are widely used. In my opinion, they could be useful in Hungary as well, as they could assist firefighters in their work, although they certainly cannot fully replace human firefighters.

DRONES IN FIREFIGHTING

Drones can be highly beneficial primarily in aerial reconnaissance of fire incidents, with the second most common use being search and rescue operations and technical assistance. Operating these unmanned aerial vehicles is significantly cheaper and simpler compared to smaller airplanes, helicopters, or any other similar-sized equipment. Moreover, what makes drones significantly superior to these aerial vehicles is that their deployment and utilization are much faster, and time is one of the most critical factors for these organizations. Analyzing firefighting interventions, these devices are most useful in outdoor fire incidents. Regarding building fires, there can also be advantages, but to a lesser extent, as in such fires, depending on the size of the area, it is easier to survey and assess the extent of the fire. Some drones are equipped with thermal cameras and infrared sensors, which can be especially useful as they can better detect hot spots by providing a comprehensive view of the entire area. In cases of forest, field, or brush fires, the extent can be extensive. Not to mention the topographical obstacles, as well as the density of trees and bushes, which can obscure the view of the entire area. When a unit arrives at a fire incident, the task of the fire chief, also known as the unit commander or 24, seated in the front right of the fire truck, is quite complex. Upon arrival, they must determine the size of the fire, which areas are endangered, the direction of the fire, and the nature of the endangered area. They need to delineate containment options and how to suppress it as quickly as possible. In areas that are not easily visible or accessible, this task can be very challenging or even limited [5]. These tasks can take up a lot of time. Depending on the level of alert, if it is elevated to "priority," high-altitude rescue teams can be dispatched to the scene. If this does not happen automatically, the commander can request reconnaissance. There are advantages and disadvantages to this. The advantage is that it can rise to a height of up to 40 meters, providing a better overview of such areas. The disadvantage is that if the fire is on a hillside or has spread to the other side of the mountain, observation may still be limited or restricted. Ideally, the affected area can be approached, and the high-altitude rescue team can still be deployed. This, again, can waste time. If there is a larger fire in windy conditions, hectares can be consumed before intervention begins. However, we are still only at the reconnaissance stage. Possibly, in the best-case scenario, one or two jets have already begun firefighting. In such cases, a drone is the best choice for reconnaissance because it can take off within 2 minutes and scan the area from a height of 1 km, thus significantly improving the determination of the fire's direction. They can direct arriving units to start firefighting at optimal locations to contain the fire as quickly as possible and minimize property damage. Certain drones can be equipped with various sensors. This can be useful when responding to incidents involving, for example, burning hazardous materials. Suppose a truck transporting hazardous materials is fully engulfed in flames. In that case, safety is even more crucial. If the truck lacks ADR markings or they are no longer readable or have been destroyed, a laboratory team typically responds to determine the type of material. But suppose, for example, they are farther from the incident or are dealing with another incident; anything can happen. However, if they have access to a drone equipped with sensors capable of measuring and analyzing air quality, even providing a full monitoring report of the environmental air composition, much time can be saved, and the emergency response can begin in a timely manner. It can be determined that the use of drones can greatly assist working units and improve physical, human, and temporal limitations without endangering human life.

Returning to the drones equipped with thermal and infrared cameras mentioned earlier. These aircraft can be of great assistance to firefighters in search and rescue operations involving a smaller number of incidents, or in searching for missing persons. When a missing or distressed person rescue alert is received by the fire department, usually, other cooperating agencies join the rescue efforts, such as mountain rescue services or specialized rescue units. The main goal is to have as many people searching as possible because the more people combing through an area in a unit of time, the higher the likelihood of finding the person faster. Unfortunately, the limitation of human power can still arise here, as it can take up to several hours for about 10-15 people to search a hectare of land, not to mention the possible changes in terrain conditions, which can complicate search and rescue efforts. The drones used for such purposes usually have GPS-based locators and can detect several dozen satellites simultaneously, allowing them to work with minimal directional deviation. Let's consider a square area. By determining the four corner points of this section, the drone can autonomously scan the entire area and alert if it detects a human form or a deviation in temperature on the thermal image. It only takes a few minutes for the aircraft to analyze this unit area. If it finds the desired person, depending on the altitude, it can rise higher and emit high-powered LED light downwards to indicate the location of the person to the search teams, and by providing geolocation coordinates, the precise position can be determined.

DISADVANTAGES OF FIREFIGHTING DRONES

Although drones used in firefighting operations offer numerous advantages, they also face certain limitations. Generally, flight time is the main constraint, as drones powered by batteries have limited operational time, and recharging is necessary. Even if multiple batteries are available, the charging time exceeds the usage time. Additionally, extreme weather conditions such as strong winds, dense smoke, or high temperatures can hinder the effective operation of drones. Further challenges arise for drones when navigating through dense vegetation or environments filled with obstacles [6]. Taking all these factors into account, while the use of drones in firefighting operations is efficient, it is necessary to develop the technology and address potential limitations. In summary, drones have a rightful place in every firefighting department as such equipment can significantly assist in various operations.

VIRTUAL REALITY (VR) IN FIREFIGHTING

Comprehensive and realistic training for firefighters is crucial in preparing for hazardous situations. Many real-life scenarios cannot be simulated either because it would be costly or because it may not be advisable to recreate them. VR provides an opportunity to create a safe environment for the complex and varied simulation of both less risky and highly risky events. It prepares them to make appropriate decisions in stressful situations within a relatively short period. They can practice situations they may encounter very rarely or not at all, such as rescue operations in the aftermath of a plane crash or in an area affected by an earthquake. Each scenario needs to be carefully scripted, detailing what happens and how. For example, how to conduct an evacuation from a high-rise building during a rescue operation. Or, what conditions are necessary to safely contain and extinguish a fire involving hazardous materials transported by a truck [7]. VR can assist in training, but it cannot fully replicate situations where firefighters have to penetrate a burning building, feel the heat on their bodies, see how the smoke fills the building, and crawl on all fours to reach the fire while seeing only a few centimeters ahead of them. They need to experience these situations firsthand to truly understand what they entail and to prepare for them effectively.

AUGMENTED REALITY (AR) IN FIREFIGHTING

In the field of firefighting, AR systems offer potentially significant advantages to firefighters in site assessment, training, and firefighting operations. How can this help them in practice? Let's consider a simple example: in every firefighting incident, we use a thermal camera as a basic tool. This thermal camera is a handheld device that displays temperature differences, hotspots, on its screen. However, this doesn't free up one of our hands, and we cannot carry a mounted hose or another tool with us. Here, AR can assist firefighters by projecting the image of the thermal camera built into the helmet or visor onto the inner side of the pulled-down visor. This

way, they can work with a free hand and see hotspots wherever they look, enabling them to intervene immediately [8]. Not to mention that objects and possible routes become more visible in a room filled with dense smoke. Such technology currently exists only as a prototype, known as an AR mask. It is being developed by an American company called "Qwake Tech," and it seems very promising [9]. This device is a thermal camera mounted on a helmet, which projects the thermal image in front of us onto a foldable small screen. Additionally, it can create a completely 3D route plan to determine the most efficient entry and exit routes when searching for individuals inside a building. This device could likely have saved the lives of many firefighters who lost their lives during firefighting operations because they couldn't escape a burning building or smoke-filled room in time.

The text provides an in-depth exploration of the integration of cyber-physical systems in fire prevention and firefighting operations, focusing on artificial intelligence (AI), drones, virtual reality (VR), and augmented reality (AR). AI technologies aid in early fire detection, optimize rescue operations, and enhance firefighter safety. Drones play critical roles in aerial reconnaissance, search and rescue, and monitoring fire incidents, despite limitations such as flight time constraints. VR and AR offer immersive training environments for firefighters to simulate hazardous scenarios, improving preparedness and decision-making skills. While drones face challenges like limited flight time and weather conditions, they remain invaluable tools in firefighting operations. Additionally, AR systems like the AR mask prototype by "Qwake Tech" show promising potential in assisting firefighters during operations.

REFERENCES

- [1] HODGES, J.L., LATTIMER, B.Y., CHAMPLIN, V.L. 2022. The Role of Artificial Intelligence in Firefighting. In: Naser, M., Corbett, G. (eds) Handbook of Cognitive and Autonomous Systems for Fire Resilient Infrastructures. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-98685-8_8
- [2] XAVIER, K.L.B.L., NANAYAKKARA, V.K. 2022. Development of an Early Fire Detection Technique Using a Passive Infrared Sensor and Deep Neural Networks. Fire Technol 58, 3529–3552, <https://doi.org/10.1007/s10694-022-01319-x>
- [3] LI, J., BROWN, C., DZIKOWICZ, D.J., CAREY, M.G., TAM, W.C., HUANG, M.X., 2023. Towards real-time heart health monitoring in firefighting using convolutional neural networks, Fire Safety Journal, Volume 140, 103852, ISSN 0379-7112, <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.103852>
- [4] BOGUE, R., 2021. The Role of Robots in Firefighting, Industrial Robot, Vol. 48 No. 2, pp. 174-178. <https://doi.org/10.1108/IR-10-2020-0222>
- [5] INNOCENTE, M.S., GRASSO, P., 2019. Self-Organising Swarms of Firefighting Drones: Harnessing the Power of Collective Intelligence in Decentralised Multi-Robot Systems, Journal of Computational Science, Volume 34, pp. 80-101, ISSN 1877-7503, <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2019.04.009>
- [6] LOGESWARAN, T., KAMALEESHWARAN, K., KARTHIKEYAN, V., KAVIYARASU, S., OM PRAKASH, T., 2021. Remotely Piloted Aerial System in Fire Fighting. AIP Conf. Proc. 1 November 2021; 2387 (1): 140012. <https://doi.org/10.1063/5.0068767>
- [7] WHEELER, S.G., ENGELBRECHT, H., HOERMANN, S., 2021. Human Factors Research in Immersive Virtual Reality Firefighter Training: A Systematic Review. Front. Virtual Real. 2:671664. doi: 10.3389/frvir.2021.671664
- [8] BHATTARAI, M., JENSEN-CURTIS, A. R., MARTÍNEZ-RAMÓN, M., 2020. An Embedded Deep Learning System for Augmented Reality in Firefighting Applications. In 2020 19th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA) (pp. 1224-1230). IEEE, <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9356175>
- [9] QWAKE TECHNOLOGIES® INC, San Francisco, California, 2023., <https://www.qwake.tech>

СЕКЦІЯ 2. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ, БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

*Клокова А. В. слухач магістратури, Національний університет цивільного захисту України,
Бондаренко С.М., к.т.н, доцент, Національний університет цивільного захисту України*

ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВУЗЛА УПРАВЛІННЯ СПРИНКЛЕРНОЇ СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ

В сучасному світі недооцінка важливості пожежної безпеки в будівлях може коштувати не тільки значних матеріальних втрат, але й призвести до загибелі людей. Пожежі в будівлях викликають численні проблеми, включаючи різноманітні джерела займання, різноманітні механізми поширення вогню та складні евакуаційні та рятувальні операції. Для боротьби з ними вже понад сотню років застосовуються спринклерні системи водяного пожежогашіння. Наприклад, у Сполучених Штатах у період з 2015 по 2019 рік на об'єктах, обладнаних спринклерною системою пожежогашіння, рівень загибелі та травмування цивільного населення на одну пожежу був нижчим на 89% і 27% відповідно. Рівень ураження особового складу від пожеж був на 67% меншим. Протягом цього періоду спринклери спрацювали в 92% будівельних пожеж і були ефективними в контролі пожежі 96% часу, коли вони працювали [1]. Але разом з тим, статистичні дані показують, що понад три чверті випадків, коли спринклерна система не спрацювала, пов'язані з недостатньою підтримкою системи в робочому стані, причому на відключення системи припадає 57% несправностей. Іншими словами, підтримка вузлів управління спринклерних систем в працездатному стані, значно знижує ризик втрати внаслідок пожежі [2]. Зменшення часу спрацювання вузла управління спринклерної системи буде сприяти зменшенню часу реагування системи на загоряння. Для зменшення інерційності вузла управління необхідно дослідити його математичну модель.

При побудові математичної моделі вузла управління спринклерної водозаповненої системи враховані наступні припущення: рух клапану обмежений в нижній та в верхній точках за допомогою конструктивних особливостей корпусу вузла управління, не враховуються гідравлічні сили, викликані зміною напрямку руху та виду руху водяної маси.

Диференційне рівняння, що описує рух тарільчатого клапана в корпусі вузла управління спринклерної системи має вигляд [3]:

$$m \cdot \ddot{x} = \left(P_1 \cdot A(x) - P_2 \cdot \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} - \beta \cdot \dot{x} - m \cdot g - (h - x) \cdot \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \cdot \rho \cdot g \right). \quad (1)$$

де m – маса клапану, P_1 – постійний тиск в живильному трубопроводі; $A(x)$ – площа поверхні клапану, що залежить від його розташування; P_2 – тиск в розподільчому трубопроводі; d_2 – діаметр клапану; β – коефіцієнт опору руху води по трубопроводу; g – прискорення вільного падіння; h – положення клапана у відкритому стані, ρ – щільність води за нормальних умов, x – поточна координата розташування клапану.

Враховуючи те, що в сталому режимі, виконується залежність:

$$P_1 \cdot S_1 = P_2 \cdot S_2 - m \cdot g - (h - x) \cdot S_2 \cdot \rho \cdot g,$$

де S_2 – площа поверхні клапану з боку живильного трубопроводу, коли вузол управління закритий, S_1 – площа поверхні клапану з боку розподільчого трубопроводу.

Математична модель (1) може бути представлена у вигляді:

$$T^2 \cdot \ddot{x} + 2 \cdot T \cdot \zeta \cdot \dot{x} + x = K \cdot y, \quad (2)$$

де $T = \sqrt{\frac{m}{S_2 \cdot \rho \cdot g}}$ – постійна часу, $\zeta = \frac{\beta}{2\sqrt{m \cdot S_2 \cdot \rho \cdot g}}$ – декремент загасання,

$K = \frac{P_2}{\rho \cdot g}$ – коефіцієнт передачі.

Застосовуючи до виразу (2) інтегральне перетворення Лапласа, отримаємо передаточну функцію вузла управління спринклерної системи водяного пожежогасіння:

$$W(s) = \frac{K}{T^2 \cdot s^2 + 2 \cdot \zeta \cdot T \cdot s + 1},$$

де s – комплексна змінна Лапласа.

Підставивши до виразу декременту загасання ζ значення маси клапану, площі поверхні клапану збоку розподільного трубопроводу та решти фізичних величин, отримаємо таке значення декременту, що дозволяють ідентифікувати перехідний процес, який виникає в вузлі управління при спрацьовуванні спринклерного зрошувача і падіння тиску, як аперіодичний. Тому одиничну перехідну функцію (ОПФ) клапану можна описати виразом [4]:

$$h(t) = K \cdot \left[1 - e^{-\frac{\zeta}{T} \cdot t} \left(\frac{\zeta}{\alpha} \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{T} \cdot t\right) + \cos\left(\frac{\alpha}{T} \cdot t\right) \right) \right],$$

де $\alpha = \sqrt{1 - \zeta^2}$.

За отриманою залежністю побудуємо графік ОПФ та дослідимо вплив маси клапану та площі його поверхні на інерційність вузла управління.

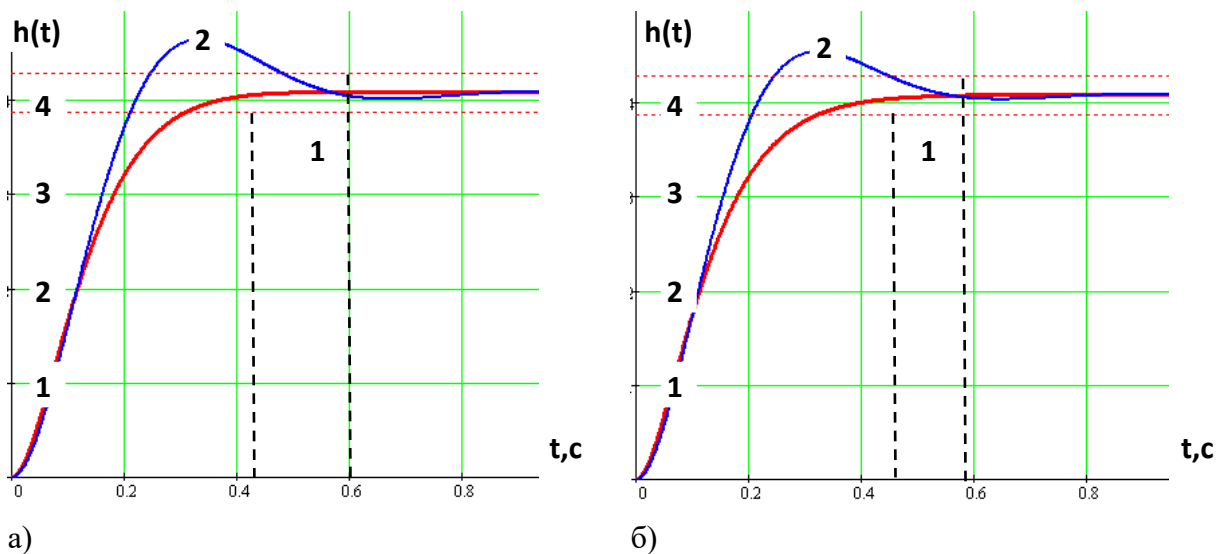


Рис. 1. Часові характеристики вузла управління водяної спринклерної системи пожежогасіння: а) для клапана виготовленого з ковкого чавуну; б) для клапана виготовленого з бронзи (1 – діаметр клапана 100 мм, 2 – діаметр клапана 150 мм)

За отриманими графіками ОПФ, визначимо тривалість перехідного процесу в вузлі управління при спрацьовуванні спринклерної системи. Незалежно від матеріалу, з якого виготовлено клапан, збільшення діаметру вузла управління призводить до зростання інерційності спрацьовування в межах 36 – 60 %.

Найменший час спрацьовування буде у вузла управління спринклерної системи з діаметром 100 мм клапан, якого виготовлений з бронзи. У вузлах управління діаметром 150 мм з бронзовим клапаном інерційність спрацьовування збільшується на 60%. Застосування ковкого чавуну в якості матеріалу для виготовлення клапану, дозволить знизити інерційність спрацьовування вузла управління діаметром 150 мм на 10 %.

Одним з шляхів покращення динамічних характеристик вузла управління водяної спринклерної системи є вдосконалення конструкції клапана, а також застосування корозійностійких сплавів для його виготовлення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ahern M. Research US Experience with Sprinklers. NFPA Oct 2021. URL: <https://www.nfpa.org/education-and-research/research/nfpa-research/fire-statistical-reports/us-experience-with-sprinklers>
2. Leavitt R. Fire sprinkler and other water-based suppression systems: a little maintenance goes a long way. International fire protection. 2020. Vol. 6. P. 25–27. URL: <https://ifpmag.com/fire-sprinkler-and-other-water-based-suppression-systems-a-little-maintenance-goes-a-long-way/>
3. Бондаренко С.М., Барчан О.О. Розробка рекомендацій до покращення динамічних характеристик вузла управління спринклерної установки водяного пожежогасіння з водосигнальним клапаном // Проблеми пожежної безпеки. 2006. Вип. 18. С. 20–24.
4. Попович М. Г. Теорія автоматичного керування: Підручник. 2-ге вид., перер. і доп. / М. Г. Попович, О. В. Ковальчук. – К.: Либідь, 2007.– 656с.

*S. Bondarenko, PhD, Associate Professor of the Department,
National University of Civil Defence of Ukraine,
A. Klokovala, master's degree, National University of Civil Defence of Ukraine*

STUDY OF THE TIME CHARACTERISTICS OF THE CONTROL UNIT OF THE WATER FIRE EXTINGUISHING SPRINKLER SYSTEM

In the work, a mathematical model was obtained that describes the dynamics of the movement of the poppet valve in the body of the control unit of the water sprinkler fire extinguishing system. A unit transient function was constructed and a study of the change in the duration of the transient process in the control unit for different diameters of the valve and the type of material from which the valve is made was carried out.

*Ликов А. М., слухач магістратури Національний університет цивільного захисту України,
Бондаренко С.М., к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України*

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНОГО РІВНЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ЦЕНТРІВ ОБРОБКИ ДАНИХ ЗАСОБАМИ ПОЖЕЖНОЇ АВТОМАТИКИ

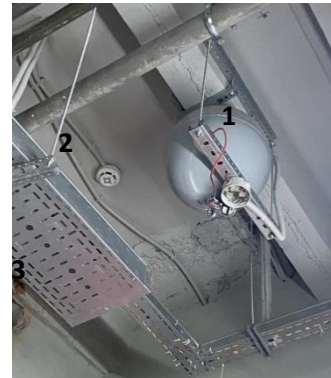
Центр обробки даних (ЦОД) - це високотехнологічне приміщення, простір, який заповнено телекомунікаційним обладнанням та іншими пристроями, що здійснюють збір, зберігання та обробку різноманітної інформації та надає можливості для доступу користувачів до сервісів всесвітньої мережі Інтернет. На сьогоднішній день послугами ЦОД користуються не тільки корпоративні замовники, для успішного вирішення завдань бізнесу, але й пересічні громадяни, які завдяки можливостям ЦОД мають доступ до різного роду інформації, починаючи з прогнозу погоди та отримання банківських послуг, а також доступ кожного громадянина України до цифрових документів в застосунку “Дія”. Для виконання перелічених функцій перед ЦОД стоять задачі з надійної побудови, внутрішнього планування та розвинутої сучасної інфраструктури. Однією з необхідних умов стабільного та безпечного використання ЦОД є забезпечення високого рівня пожежної безпеки приміщень та обладнання. Як свідчить статистика, 41 % зупинки роботи ЦОД пов'язано з наслідками пожеж, що на них сталися [1].

Протипожежний захист центрів обробки даних значно розвинувся за останні три десятиліття. Технології дозріли, щоб задовольнити вимоги ринку щодо рішень, які відповідають делікатному балансу властивостей, необхідних для підтримки безперервної роботи протягом усього терміну служби центру.

Спираючись на світовий досвід протипожежного захисту об'єктів, на яких використовується велика кількість електронного обладнання, можна констатувати, що в переважній більшості в якості вогнегасної речовини використовувались газові вогнегасні склади. Які за вогнегасним ефектом можна поділити на інгібітори горіння та інертні розріджувачі. Але наявність потужного озоноруйнівного ефекту у популярних хладонів 13B1 та 114B2 змусила світових виробників переглянути рецептури газових вогнегасних речовин. Зараз на ринку присутні такі заміники озоноруйнівних хладонів як 227ae та 125 хладони, які достатньо ефективні, але захист об'єктів на території України з використанням цих засобів може потребувати значних капіталовкладень. Як альтернатива серед газових складів запропонована суміш NOVEC 1230 [2]. Це прозорий, безбарвний газ, який не є токсичним, має нульовий потенціал руйнування озонового шару та термін життя в атмосфері лише п'ять днів та який практично ідеально підходить для гасіння пожеж на електронному обладнанні. Створена система пожежогасіння NOVEC 1230 Clean Agent System, спеціально підходить для гасіння пожеж у місцях, де електронні системи не можуть бути вимкнені в екстреній ситуації, швидко гасить пожежі та захищає чутливе обладнання, не завдаючи шкоди людям чи навколишньому середовищу. Нажаль, висока вартість газової суміші та обладнання для її зберігання та доставки в приміщення що захищається, змушує вітчизняних розробників систем безпеки віддавати перевагу інертним розріджувачам, таким як азот та двоокис вуглецю. В зв'язку з цим для захисту приміщень з електронним обладнанням в Україні розповсюдженим рішенням є використання модулів газового пожежогасіння споряджених газовою вогнегасною речовиною, яка подається в об'єм приміщення, що захищається (рис. 1). Суттєвим недоліком такого рішення є необхідність

застосування значної кількості модулів в разі захисту просторів об'ємом понад сотню кубічних метрів.

Рис. 1. Приклад застосування системи газового пожежогасіння для захисту серверної ТРЦ “Любава” (м. Черкаси): 1 – модуль газового пожежогасіння Імпульс-20; 2 – адресний димовий пожежний сповіщувач СПДОТА з комплексу АСПС Омега; 3 – кабельні лінії, що підлягають захисту



Наприкінці минулого століття розробники систем протипожежного захисту багато уваги приділяли застосуванню систем пожежогасіння водяним туманом, які використовують дрібні краплі води для локалізації, придушення або гасіння пожежі. Наприклад, австрійська компанія AQUASYS вже понад двадцять років займається розробкою і провадженням систем пожежогасіння з використанням технології водяного туману високого тиску. На відміну від газових системи пожежогасіння, які зараз використовуються, та вимагають відключення вентиляції всієї серверної кімнати, що призводить до необхідності зупинки серверів, а це може призвести до втрати незбережених даних, системи НРWM використовують надчисту воду, що забезпечує не тільки ефективне пожежогасіння, але й надзвичайно низький ризик враження людей і пошкодження компонентів електронних систем. Але високий рівень капітальних затрат є суттєвою перешкодою на шляху впровадження даних систем в Україні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Werner K. Key considerations for data centre fire protection. International fire protection. 2016. Vol. 3. P. 73–75. URL: <https://ifpmag.com/aquasys-high-pressure-watermist-systems-an-expert-report-about-innovative-fire-protection-in-data-centres/>
2. Chivers E. Approved fire suppression for electrical cabinets and data panels. International fire protection. 2022. Vol. 3. P. 52–54.

*S. Bondarenko, PhD, Associate Professor of the Department, National University of Civil Defence of Ukraine,
Lykov, master's degree, National University of Civil Defence of Ukraine*

RESEARCH OF THE CURRENT LEVEL OF ENSURING FIRE SAFETY OF DATA PROCESSING CENTERS WITH FIRE AUTOMATION DEVICES

Considered technical solutions for the construction of modern fire extinguishing systems for data center protection from global manufacturers of fire automation systems and features of fire protection of such objects in Ukraine.

THE STATUS OF IMPLEMENTATION OF FIRE SAFETY ENGINEERING IN EUROPE

In the European Union (EU), fire safety in the built environment is a national competence regulated by the EU Member States (MS), but it is also embedded in several EU initiatives and action plans related to the construction ecosystem [1-2]. Moreover, technological developments and the need for improved energy-performance and climate-resilience of buildings have changed significantly the built environment, bringing new challenges.

In this context, the European Commission coordinates and facilitates EU-level activities complementary to national regulatory fire safety, such as the Fire Information Exchange Platform (FIEP) established in 2017. FIEP aims to enhance cooperation among EU Member States, as well as to facilitate the exchange of knowledge, information and best practices, and cross-learning from fire safety activities. Fire Safety Engineering (FSE) is one of the five priority areas within FIEP's scope. FSE deals with the application of engineering methods to the development or assessment of designs in the built environment, through the analysis of specific fire scenarios or the quantification of risk for a group of fire scenarios.

Moreover, the EU has put in place a comprehensive legislative and regulatory framework for the construction sector, including related European Standards (EN). European standards are fundamental for achieving a climate-neutral, resilient and circular economy [3]. The Structural Eurocodes (EN 1990 to EN 1999) have a prominent role within the standardisation framework for the construction sector and contain specific “fire parts” dealing with the fire resistance of structures, making possible the application of FSE approach for fire design.

In line with FIEP's scope, the Joint Research Centre (JRC) of the European Commission explores the needs and options for further harmonisation of the FSE approach in Europe. In November 2020 to October 2021, JRC coordinated an enquiry to map the implementation status of the FSE approach in the regulatory framework and design practice in Europe. The enquiry focused on the built environment (housing, offices, theatres, shopping malls, hotels, airports, etc.), excluding industrial buildings or plants. The enquiry was performed through a questionnaire circulated to the main fire regulators of the 27 EU Member States, three European Free Trade Association (EFTA) countries (Iceland, Norway and Switzerland), United Kingdom and Serbia (see [4] for full description of the results, published in January 2023).

The enquiry has revealed that the FSE approach is not yet fully implemented in the national regulatory frameworks of the responding countries, even in case of recently issued or updated national regulations. However, only four countries (Portugal, Greece, Bulgaria and Slovakia) have responded that FSE approach is not allowed in fire safety design (**Figure 1**). Rather than related to any legal restriction, this fact seems due to the practical lack of tools, education and experience in FSE-related issues, also linked to insufficient infrastructure components (legal framework, insurance coverage, professional certification, education, etc.). The implementation of the FSE approach seems to be mostly driven by innovation in technology, architecture and construction, and the need to design structures or elements not covered by prescriptive fire design regulations.

The questionnaire explored the following concepts of fire design solutions: *Prescriptive*, *Deemed-to-satisfy* and *Performance-based*. The first two embody the traditional single-member fire design based on tabulated data, requiring no further verification by the designer. The last approach refers to fire design performed with analytical methods, whose compliance with fire safety and performance standards must be demonstrated with FSE-based methods. The status of FSE implementation was explored through the description of 12 main Technical Areas (TAs), allowing to map the integration of FSE in fire design regulations of the various countries. The applicability of the three fire safety approaches is almost the same through the TAs; 40-50% of

the available solutions are prescriptive, 20-25% deemed-to-satisfy and 25-30% performance-based (Figure 2).

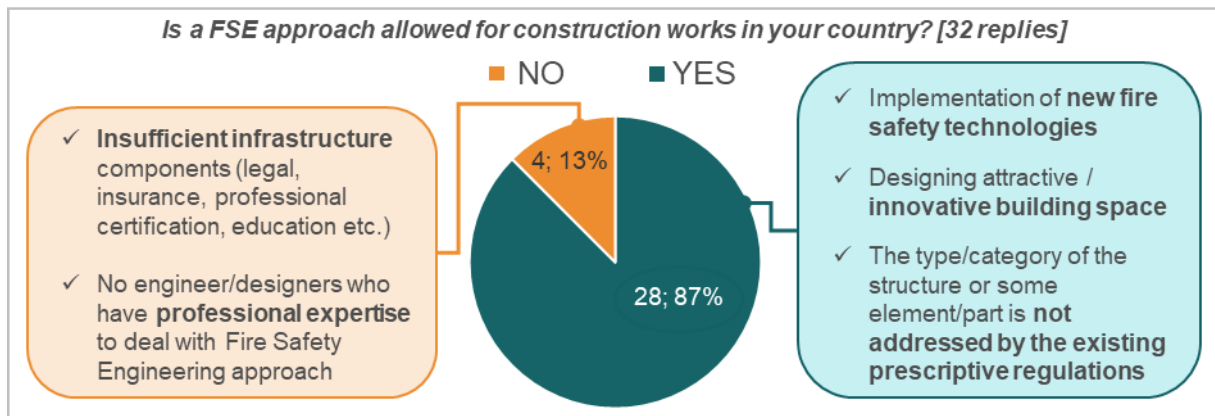


Figure 1: Reasons for allowance / non-allowance of FSE approach in fire safety design

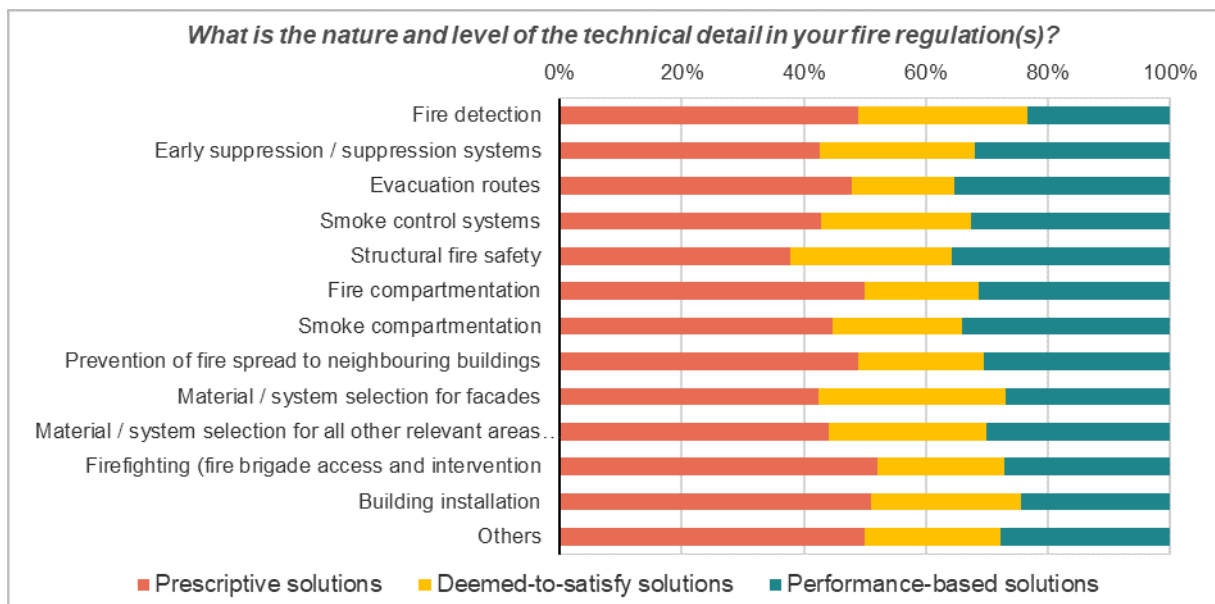


Figure 2: Shares of the different approaches to fire safety design through the selected 12 TAs

In countries that allow for FSE (28 of 32 countries), performance-based design solutions are mainly available for all or most of the 12 TAs; only in 6 of these countries the use of performance-based design is limited to certain technical areas (Figure 3a). This point reveals a potentially wider implementation of FSE approach for the majority of countries. However, in 22 countries (65%), mainly only one approach is available per technical area, indicating restricted choice for fire designers; about 30% of the countries allow, at least, for two approaches (Figure 3b).

The enquiry analysis has underlined the importance of building / fire regulations and international standards that provide assessment methods for FSE (Figure 4a). The application of FSE-based assessment and design methods practically covers any type of construction in most countries. Exceptions are mostly due to the availability of code-established prescriptive solutions – which often indirectly prevent the application of FSE approach to residential buildings – and limits of size (FSE can be applied to a certain type of building above a certain height, number of floors, or surface area) or capacity (maximum number of users, type of hosted activity) (Figure 4b).

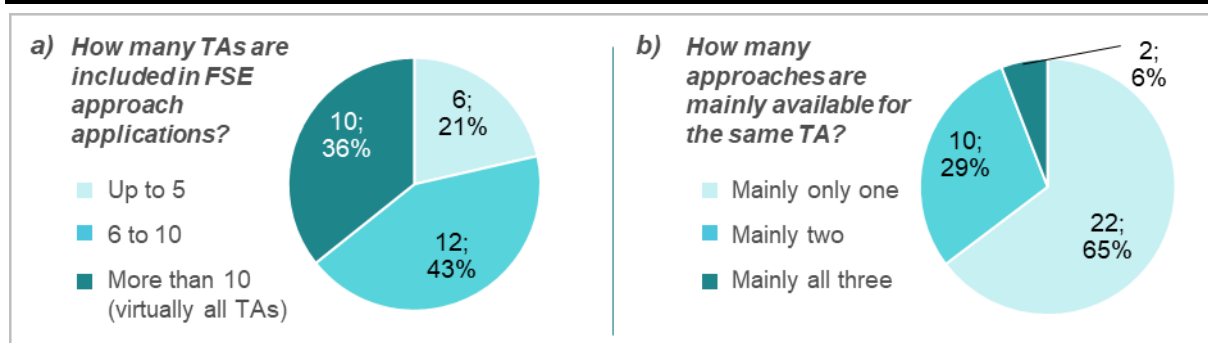


Figure 3: a) Number of TAs included in FSE approach and b) approaches available per TA

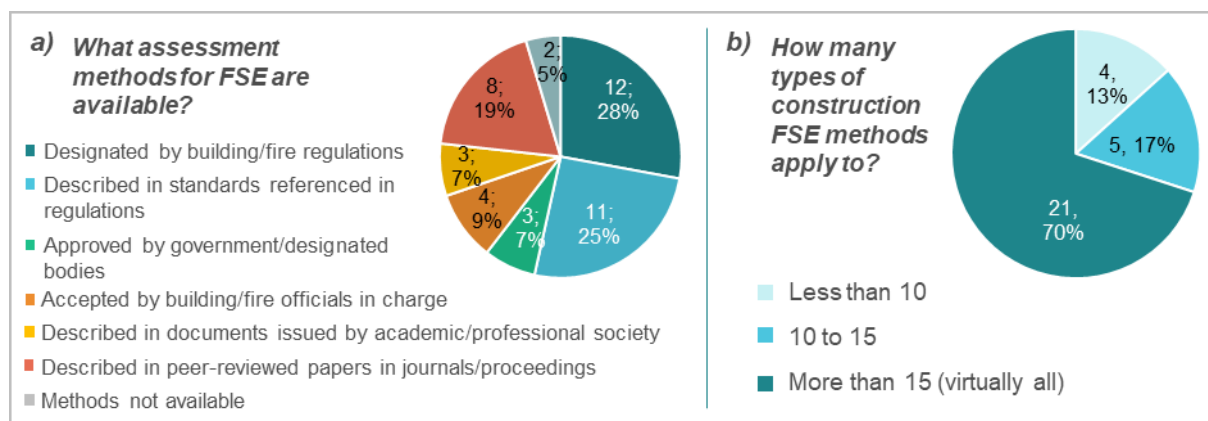


Figure 4: a) Assessment methods for FSE approach and b) construction types FSE applies to

As a general conclusion, the implementation of FSE approach in the fire design for buildings is not yet fully achieved in the responding European countries, with less performance-based solutions being generally available than prescriptive ones. Prescriptive methods are largely prevalent in practice, even if FSE approach is allowed. The prospects for FSE implementation in the building fire regulations of the European countries appear positive, because FSE is practically applicable in all or many FSE related technical areas, and to all or many types of constructions. However, mainly only one approach for technical solutions per technical area is available, and the availability of assessment methods mainly depends on the availability of national regulations and standards.

Bibliography

- [1] European Union: European Commission, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council and the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: *The European Green Deal*, 11 December 2019, COM(2019) 640 final.
- [2] European Union: European Commission, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council and the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: *A Renovation Wave for Europe – greening our buildings, creating jobs, improving lives*, 14 October 2020, COM (2020) 662 final.
- [3] European Union: European Commission, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council and the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: *An EU Strategy on Standardisation Setting global standards in support of a resilient, green and digital EU single market*, 2 February 2022, COM(2022) 31 final.
- [4] Athanasopoulou, A.; Sciarretta, F.; Sousa, M.L.; Dimova, S., *The status and needs for implementation of Fire Safety Engineering approach in Europe*, EUR 31383 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, doi:10.2760/031591, JRC131689

TRAINING AND EDUCATION NEEDS FOR WIDER IMPLEMENTATION OF FIRE SAFETY ENGINEERING IN EUROPE

The Joint Research Centre (JRC) of the European Commission explores the needs and options for further harmonisation of the Fire Safety Engineering (FSE) approach in the Member States of the European Union (EU) and the European Free Trade Association (EFTA). In the period November 2020-October 2021, JRC conducted an enquiry to map the implementation status of the FSE approach in the regulatory framework and design practices in Europe [1]. The enquiry was performed through a questionnaire addressed by JRC to the main fire regulators of the 27 EU Member States, three EFTA countries (Iceland, Norway and Switzerland), United Kingdom and Serbia, who provided 32 responses and then analysed.

The results of this enquiry are contributing to define the needs for guidance and training of fire safety professionals on FSE related topics, as well as the standardisation needs to be explored and discussed with relevant stakeholders. These aspects are connected in various ways to the effective implementation of the FSE approach in the responding countries [2]. The next steps of the JRC activity will focus on clarifying and elaborating such connections that the enquiry has allowed assessing in a general way, expected to be published in two reports in 2025.

Public bodies and institutions are the main providers of education and training for professionals and officers engaged in FSE design practice and review – especially universities at postgraduate level. Secondary education institutions and other bodies (nominated or recognized by governmental bodies) can also be providers for FSE-related training. Generally, the fire regulators expressed the need for improving the education and training offered on FSE in their countries.

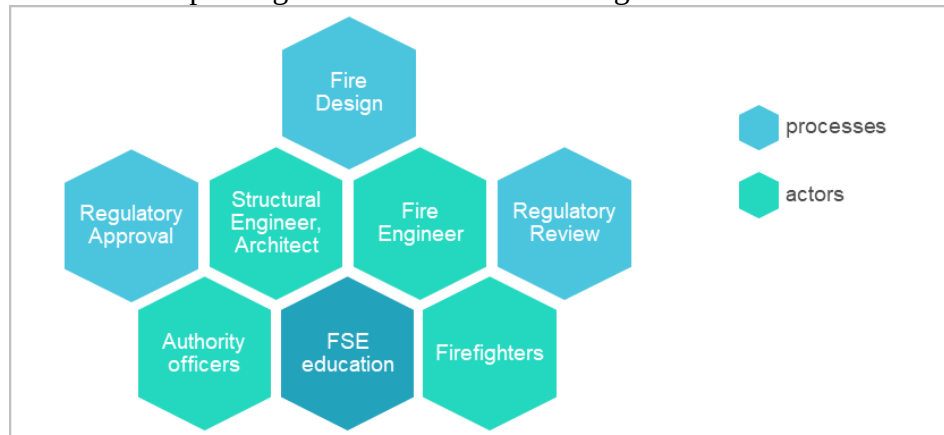


Figure 1. Role of FSE-related training and education (fire safety design processes and actors)

The results of the enquiry have enlightened the role of **FSE-related education and training**:

- 1) It forms the basis for the necessary *qualifications* of the different actors involved in building design, approval, construction and assessment process, namely (**Figure 1**):
 - all the *professionals* who can legally design or certify the building fire safety (fire engineer / consultant, architect, civil / structural engineer, other professionals and technicians);
 - *authority officers* and *firefighters* whose duties may cover the regulatory review and approval of fire safety design projects. As well, fire engineers, as private consultants, may be nominated third reviewers.
- 2) It shapes up the profile of the fire engineer / consultant, who, in the majority of the countries that allow FSE, has a key role in the specification of design fires, safety criteria and fire scenarios (**Figure 2a**).

- 3) It is the source of fire safety competency for the other liable subjects for fire safety design (civil/structural engineer, architect, and other technical figures); it should be noted that only in four countries liability is on a non-technical actor (builder, contractor or owner) (**Figure 2b**).

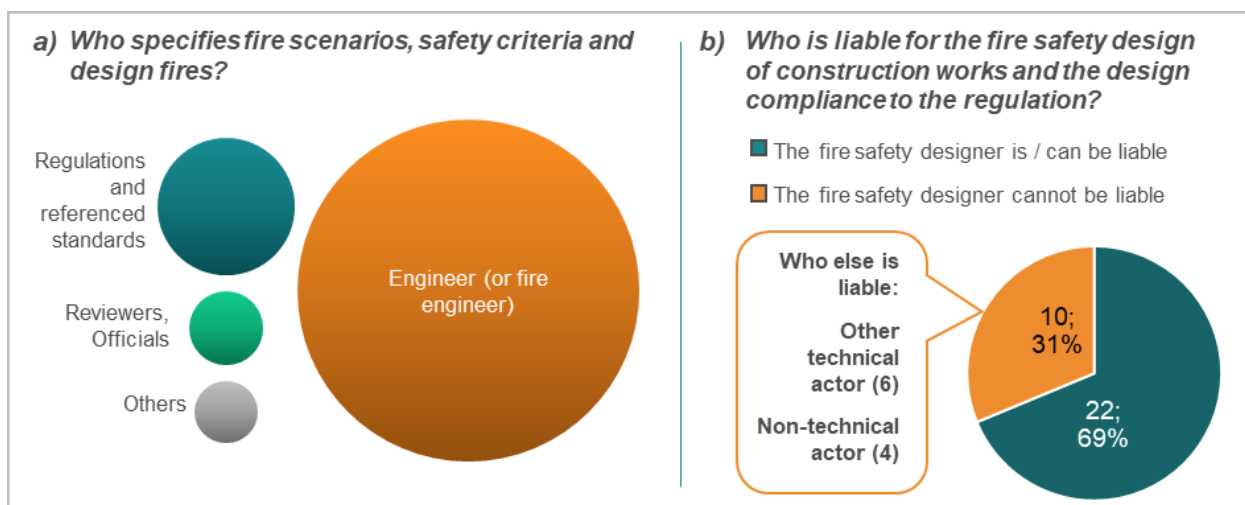


Figure 2. a) Specifiers of fire design parameters in FSE-allowing countries and b) liability for fire design in all the responding countries

As enlightened by the enquiry, the availability of assessment methods for fire design mainly depends on the availability of national regulations and standards. According to the views of the fire regulators of the countries that allow for the use of FSE approach in construction projects, the most important topics for **standardisation** to be further developed are, namely: (i) the fire safety performance and acceptance criteria, and (ii) the selection of design fires and design fire scenarios (**Figure 3**). Standardised FSE assessment methods, definition of limits in simulation models, and objectives and functional requirements of fire safety designs are also identified as important topics.

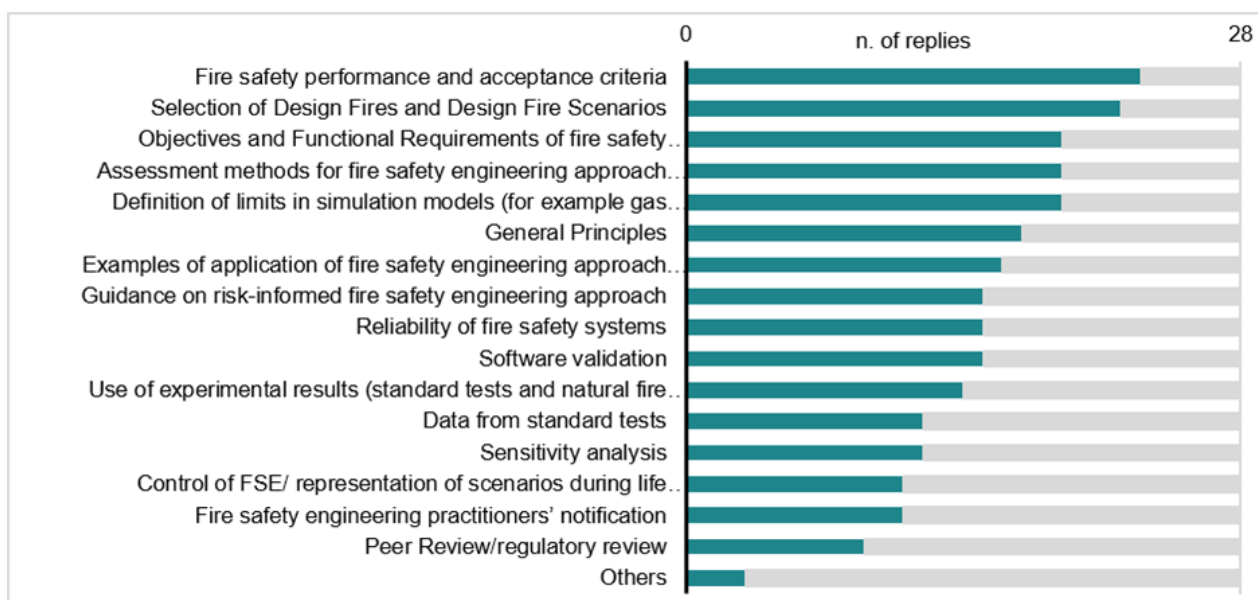


Figure 3: Topics in need of development by standardization organisations, according to the responders of FSE-allowing countries

In the countries that apply FSE approach in building fire design, the need for standardisation is particularly relevant in the fire safety performance and acceptance criteria, as well as in the selection of design fires and fire scenarios. In fact, such responsibilities currently rely on expert judgement (**Figure 2a**). The development of standards (or technical guidance) in such fields would increase the uniformity and objectivity in the processes of design and evaluation of FSE projects.

Moreover, the objectives and functional requirements of fire safety design, the assessment methods for FSE approach (such as evacuation safety design, structural fire safety design, and smoke control) and the definition of limits in simulation models (e.g. gas concentration, visibility, shoot yield, walking pace) are indicated as topics of interest for standardisation. This indeed confirms the need of support, especially for designers in the use of advanced calculation methods.

Finally, there is agreement about the importance of research for the future development of FSE-based approach (**Figure 4**). As the responses of all countries indicate, research should deepen the knowledge in fire science and material behaviour in fire as well as human behaviour and/or evacuation and fulfil the need for using innovative materials and solutions for fire design. This points out that the fire safety design of innovative buildings – especially featuring innovative materials or technological solutions – is seen as the main task of FSE.

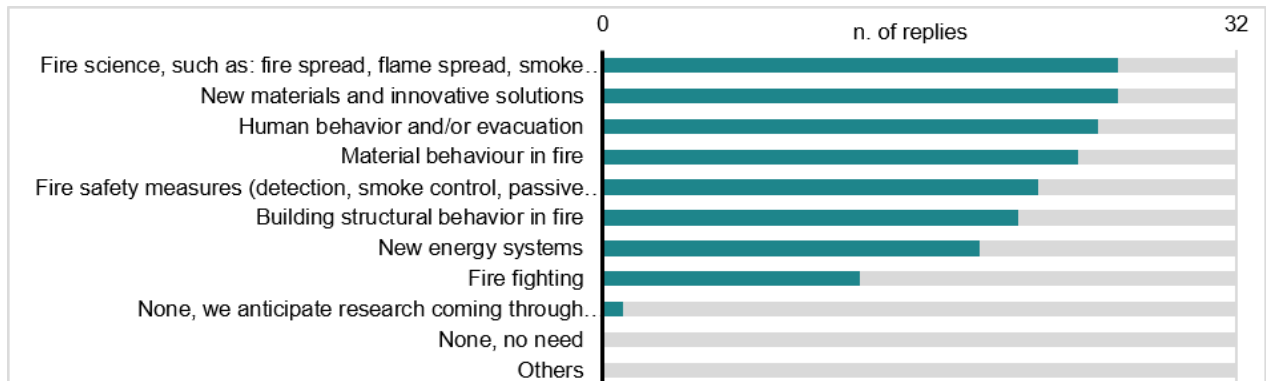


Figure 4: Research needs for FSE implementation, according to all the responders

The JRC activity in support to the implementation of FSE approach in the EU/EFTA Member States is in progress in the following directions related to education and standardisation needs:

- The results of the JRC enquiry, aimed to the main fire regulators, are being compared to the results of a new enquiry carried out by the Society for Fire Protection Engineering (SFPE) in 2022-23, which proposes the same questionnaire to fire design practitioners. This will allow for a more complete picture of the needs in the field of education and standardisation.
- A new detailed mapping of available FSE-oriented educational courses in the EU/EFTA Member States will be linked with the liability profiles, qualification frameworks and fire safety design approval processes. This will clarify how fire safety competency is granted in the whole process of project design, review and approval.
- Coverage of new fields of fire safety and protection – namely, digitalisation of fire safety and FSE applications to cultural heritage buildings – with reference to the application of available standards and steps towards the elaboration of new ones.

Bibliography

- [1] Athanasopoulou, A.; Sciarretta, F., Sousa, M.L.; Dimova, S., *The status and needs for implementation of Fire Safety Engineering approach in Europe*, EUR 31383 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, doi:10.2760/031591, JRC131689
- [2] Athanasopoulou, A.; Sciarretta, F., Sousa, M.L.; Dimova, S., *Implementation of fire safety engineering approach in the regulatory framework and design practice in Europe*, in: Proceedings of IFireSS 2023 – International Fire Safety Symposium, Rio de Janeiro, Brazil, 21st-23rd June 2023

*О.А. Петухова, к.т.н., доцент,
Національний університет цивільного захисту України*

РОЗРАХУНОК ВНУТРІШНЬОГО ПРОТИПОЖЕЖНОГО ВОДОПРОВОДУ ЯК НАПРЯМОК ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ БУДІВЛІ

Пожежна безпека будівель забезпечується під час проєктування, експлуатації та ліквідації об'єкта. Основною вимогою забезпечення пожежної безпеки є зведення до мінімуму можливості виникнення пожежі під час будівництва, експлуатації та ліквідації будівель і споруд, що означає, що об'єкти повинні бути запроектовані і побудовані так, щоб у разі виникнення пожежі упродовж визначеного проміжку часу зберігалася несуча здатність конструкцій; було обмежено виникнення та поширення вогню і диму всередині будівлі або споруди; було обмежено поширення вогню на сусідні будівлі і споруди; була забезпечена можливість евакуації людей або їх порятунків іншим способом; враховувалася безпека пожежно-рятувальних підрозділів. Одним зі способів реалізації поставленої вимоги є забезпечення відповідного рівня пожежної безпеки на стадії проєктування об'єкта. Система протипожежного водопостачання (внутрішнього та зовнішнього) є одним з елементів системи протипожежного захисту об'єкта, який безпосередньо реалізує забезпечення його пожежної безпеки.

На сьогодні існує багатий досвід в проєктуванні внутрішнього протипожежного водопроводу (ВПВ) будівель. При виконанні розрахунків простої за призначенням будівлі використовують методику, яка викладена у відповідних нормативних документах [1], або користуються програмними комплексами [2]. При розрахунку складної за призначенням будівлі [3-8] процес ускладнюється тим, що для одержання кінцевого рішення щодо кожної складової ВПВ виникає необхідність розраховувати декілька можливих варіантів системи, тобто однакові розрахунки робити декілька разів, при цьому використання програмних комплексів обмежується їх можливостями.

Для демонстрації можливостей програмного комплексу “ВПВ-2023”, був виконаний розрахунок внутрішнього протипожежного водопостачання будівлі виробничого об'єкта, яка складається з одноповерхової частини складського призначення, чотирьохповерхової частини адміністративно-побутового призначення та одноповерхової частини виробничого призначення з вбудованими адміністративно-побутовими приміщеннями. За вимогами нормативних документів при відокремленні частин будівлі одна від одної протипожежною стіною першого типу, необхідність влаштування ВПВ та нормативні витрати води приймаються окремо для кожної частини. Розрахунок у програмному комплексі “ВПВ” неможливий тому, що частини будівлі мають різне призначення та відповідно ввести вихідні дані цілої будівлі неможливо, а введення характеристик декількох частин будівлі комплексом не передбачено. Відповідно розрахунок кожної складової необхідно виконувати окремо.

Вихідними даними для одноповерхової складської частини є категорія будівлі за вибухопожежною та пожежною небезпекою – В, ступінь вогнестійкості – III, об'єм будівлі (при висоті приміщення 12 м) – 18978 м³. Розрахунок показав, що при комплектуванні ПКС рукавами 15 м, кількість ПКС – 6, труби магістрального трубопроводу діаметром 70 мм, відповідно необхідний напір на введенні – 59 м, що передбачає встановлення підвищувальних установок.

В результаті аналогічних розрахунків за допомогою програмного комплексу “ВПВ” чотирьохповерхової адміністративно-побутової та одноповерхової виробничої частини будівлі з вбудованими адміністративно-побутовими приміщеннями було визначено, що ці частини не обладнуються системою ВПВ, тобто розрахунок не виконується.

Наступним етапом в межах роботи з другою частиною програмного комплексу – “Вибір ВПВ”, було виконане дослідження змін характеристик пожежних кран-комплектів

(ПКК) (діаметра ПКК, діаметра насадка ствола, довжини та діаметра рукава) та вплив цих змін на кількість ПКК та необхідний напір на ПКК (таблиця 1).

Таблиця 1. Визначення кількості ПКК в залежності від характеристик його складових за допомогою програмного комплексу “ВПВ” (частина “Вибір ВПВ”)

Характеристики ПКК			Результати розрахунку	
діаметр ПКК, мм	діаметр насадка ствола, мм	довжина рукава, м	напір на ПКК, м	кількість ПКК
50; 65	13	10	ПКК з заданим обладнанням недоцільно використовувати для захисту будівлі	
50; 65	13	15	ПКК з заданим обладнанням недоцільно використовувати для захисту будівлі	
50; 65	13	20	ПКК з заданим обладнанням недоцільно використовувати для захисту будівлі	
50	19	10	20,6	8
50	19	15	22,3	6
50	19	20	24	5
65	19	10	18,2	8
65	19	15	19	6
65	19	20	19,9	5

Аналізуючи таблицю 1 можливо зробити висновки: використання стволів з насадком діаметром 13 мм не забезпечить подачу нормативних витрат води; при використанні ствола з діаметром насадка 19 мм можливо встановлювати ПКК діаметром 50 мм або 65 мм (не забороняється вимогами норм при відповідному обґрунтуванні); зменшення кількості ПКК можливо збільшенням тиску на ПКК з врахуванням довжини рукава. Для вибору характеристик ПКК та використання їх в подальшому для виконання гідравлічного розрахунку та вибору схеми ВПВ було розраховано дванадцять можливих варіантів. Використання програмного комплексу дозволило зробити всі розрахунки швидко, якісно, виключаючи помилки та неправильні результати. Розрахунок виробничої будівлі був виконаний для кожної її частини окремо. Завдяки тому, що дві складові частини не обладнуються ВПВ, кількість розрахунків склала лише 12. При необхідності проєктування ВПВ в інших частинах заданої будівлі кількість розрахунків збільшилась би відповідно до кількості частин будівлі та при цьому програмний комплекс не дозволив би виконати гідравлічний розрахунок та вибір схеми ВПВ для всій будівлі, що привело б до необхідності робити все це власноручно - без використання програмного комплексу. Все це підтверджує необхідність створення програмного комплексу, який може виконувати вибір елементів та розрахунок ВПВ не лише для простої за призначенням будівлі, а і для складної також.

Таким чином, проєктування ВПВ відповідно до вимог сучасних нормативних документів є одним з напрямків забезпечення пожежної безпеки будівель. Сучасні будівлі найчастіше мають складну за призначенням структуру, тому проєктування ВПВ в них передбачає низьку однотипних розрахунків, реалізація яких можлива власноручно або за допомогою програмних комплексів, що на сьогодні має об'єктивні труднощі. Але робота зі створення комплексів, що враховують неоднаковість призначення окремих частин будівлі є доцільною. Такий комплекс дозволить значно спростити та підвищити ефективність проведення необхідної кількості розрахунків при проєктуванні ВПВ, а відповідно і забезпечить високий рівень пожежної безпеки об'єкта на стадії його проєктування.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація. [Чинний від 013-03-01]. Київ: Мінрегіон України, 2013. 134 с.
2. Петухова О.А., Горносталь С.А. Оцінка ефективності використання програмного комплексу з розрахунку пожежних кран-комплектів. Матеріали XII міжнародної науково-методичної конференції “Безпека людини у сучасних умовах”. Харків: НТУ «ХПІ», 2020. С. 282-284. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/11950>.
3. Петухова О.А., Андронов В.А., Горносталь С.А., Черепакха Р.Е. Протипожежне водопостачання: Підручник – Харків. – Друкарня Мадрид, 2022. – 280 с. URL: <http://moodle.nuczu.edu.ua/mod/folder/view.php?id=4339>.
4. Петухова О. А., Горносталь С. А., Щербак С. М., Левенко Г. М. Розробка підходу до розташування пожежних кран-комплектів в плані будівлі. Problems of Emergency Situations. 2021. № 2(34) С. 154-167 DOI: <https://doi.org/10.52363/2524-0226-2021-34-12>. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/14721>.
5. Горносталь С.А., Дудник В.Р., Оксьом Т.Ю., Петухова О.А. Дослідження умов успішного гасіння пожежі при застосуванні пожежного кран-комплекту // Actual trends of modern scientific research. Abstracts of the 6th International scientific and practical conference. MDPC Publishing. Munich, Germany. 2021. Pp. 154-158. URL: <https://sci-conf.com.ua/vi-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-actual-trends-of-modern-scientific-research-17-19-yanvary-2021-goda-myunhen-germaniya-arhiv/>.
6. Petukhova O., Cherepakha R., Dobrynska V., Kulesh D. Дослідження характеристик пожежних кран-комплектів театрів // Scientific progress: innovations, achievements and prospects. Proceedings of the 7th International scientific and practical conference. MDPC Publishing. Munich, Germany. 2023. Pp. 231-237. URL: <https://sci-conf.com.ua/vii-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-scientific-progress-innovations-achievements-and-prospects-3-5-04-2023-myunhen-nimechchina-arhiv/>.
7. Петухова О. Розрахунок внутрішнього протипожежного водопроводу багатофункціональної будівлі // European scientific congress. Proceedings of the 9th International scientific and practical conference. Barca Academy Publishing. Madrid, Spain. 2023. Pp. 150-156. URL: <https://sci-conf.com.ua/ix-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-european-scientific-congress-2-4-10-2023-madrid-ispaniya-arhiv/>.
8. Петухова О., Білаш Є., Добринська В., Бермант Д. Способи розрахунку внутрішнього протипожежного водопроводу будівлі виробничого об'єкта // Modern research in science and education. Proceedings of the 3rd International scientific and practical conference. BoScience Publisher. Chicago, USA. 2023. Pp. 298-305. URL: <https://sciconf.com.ua/iii-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-modern-research-in-science-and-education-9-11-11-2023-chikago-ssha-arhiv/>.

*O.A. Petukhova, PhD, associate professor,
National University of Civil Defence of Ukraine*

CALCULATION OF INTERNAL FIRE WATER SUPPLY AS A DIRECTION FOR ENSURING FIRE SAFETY OF A BUILDING

The design of internal fire water supply is one of the areas of ensuring fire safety of buildings. The creation of software complexes will allow to significantly simplify and increase the efficiency of internal water supply calculation and ensure a high level of fire safety of the object at the stage of its design.

Владислав Кердивар, здобувач вищої освіти, Національний університет цивільного захисту України;

Ярослав Кальченко, PhD, Національний університет цивільного захисту України

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ КАБЕЛЬНИХ ВИРОБІВ ПРИ КОРОТКОМУ ЗАМИКАННІ

Правильно розрахована та належним чином змонтована електрична мережа не гарантує виключення можливості виникнення аварійних ситуацій, що призводять до неприпустимого перегріву електричних кабелів при виникненні короткого замикання. Тривалість короткого замикання зазвичай становить десятки секунд і, як виняток, може досягти декількох секунд. Протягом цього короткого проміжку часу виділення тепла настільки велике, що температура провідників виходить за межі, встановлені для нормального режиму. Процес нагрівання припиняється в момент автоматичного відключення пошкодженої ділянки системи, після чого відбувається відносно повільне охолодження.

Величина електричного струму при короткому замиканні може варіюватись у великому діапазоні. У [1] не приведені значення електричного струму при проходженні якого через електричний провідник може відбутися займання його ізоляції, що спричинить пожежу. Гіпотезою дослідження було те, що за певних умов при виникненні короткого замикання у електричному провіднику його температура буде підвищуватись згідно закону Джоуля-Ленца і досягне температури займання його ізоляції.

Розрахунок температури електричних провідників при короткому замиканні було проведено для електричних кабелів марок ВВГ та АВВГ. Електричний кабель ВВГ складається із мідної струмопровідної жили, полівінілхлоридної (далі ПВХ) ізоляції та ПВХ оболонки, а кабель марки АВВГ із алюмінієвої струмовідної жили ПВХ ізоляції та ПВХ оболонки.

Температура струмовідних жил електричного провідника при короткому замиканні може бути визначена з виразу

$$T = (T_{\text{поч}} + \beta) \exp\left(\frac{I_{\text{ад}}^2 t}{K^2 S^2}\right) - \beta, \quad (1)$$

де $T_{\text{поч}}$ – початкова температура струмовідної жили електричного провідника, β – величина, що обернена температурному коефіцієнту опору, t – тривалість короткого замикання, K – стала, що залежить від матеріалу струмопровідної жили, S – площа поперечного перерізу струмопровідної жили, $I_{\text{ад}}$ – сила електричного струму при короткому замиканні.

За виразом (1) було визначено залежності температури струмовідних жил електричних кабелів марок ВВГ та АВВГ з різними перерізами від величини електричного струму короткого замикання за 0,6 с, які представлені на рис. 1 та рис. 2 відповідно. За результатами розрахунків можна стверджувати, що температура струмовідних жил електричних кабелів марки ВВГ з перерізами 1,5 мм² та 2,5 мм² та марки АВВГ з перерізами 2,5 мм² та 4 мм² при кратностях електричного струму, що приведені у табл.1, можуть перевищувати температуру плавлення ізоляції цих кабелів.

Результати розрахунків показали, що температура струмовідних жил електричних кабелів марки ВВГ з перерізом 1,5 мм² та марки АВВГ з перерізом 2,5 мм² при великих кратностях електричного струму може досягти температури плавлення ізоляції швидше ніж 0,6 с.

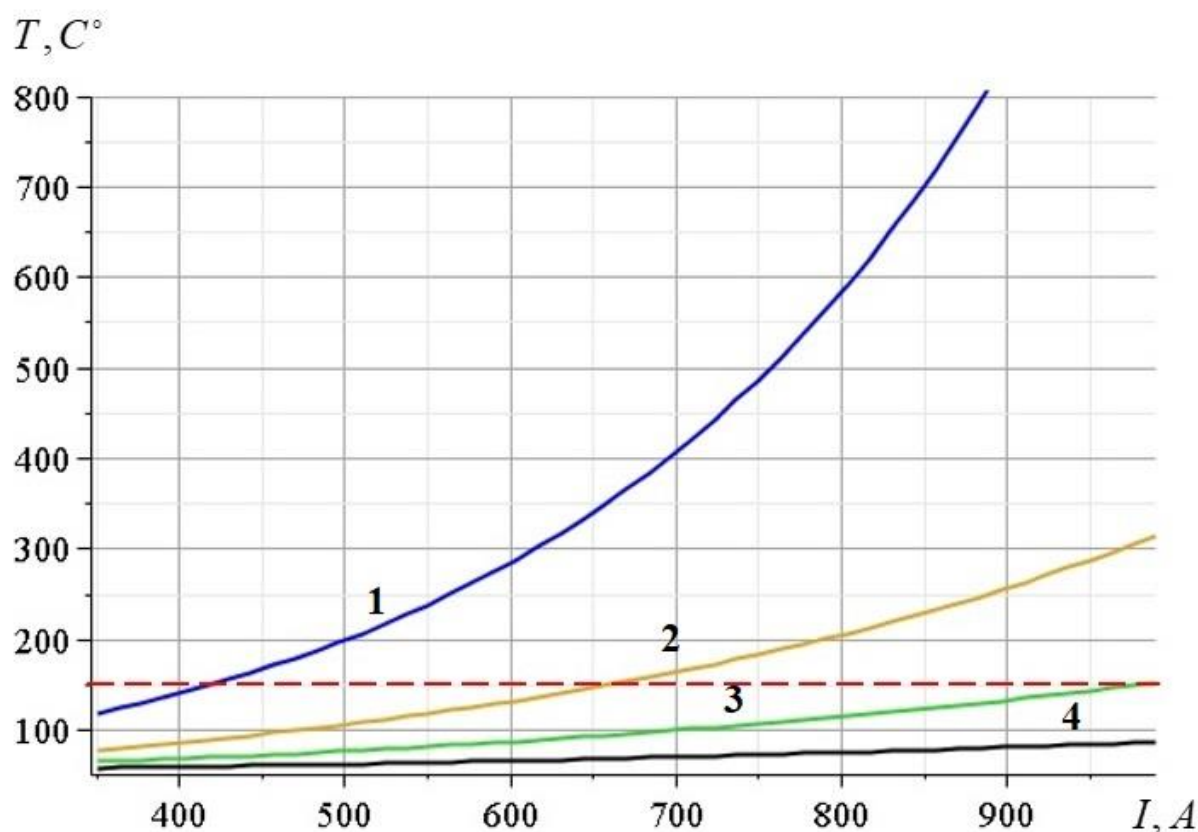


Рисунок 1. Залежність температури від електричного струму для електричних провідників марки ВВГ з перерізом: 1 – 2,5 мм²; 2 – 4 мм²; 3 – 6 мм²; 4 – 10 мм²

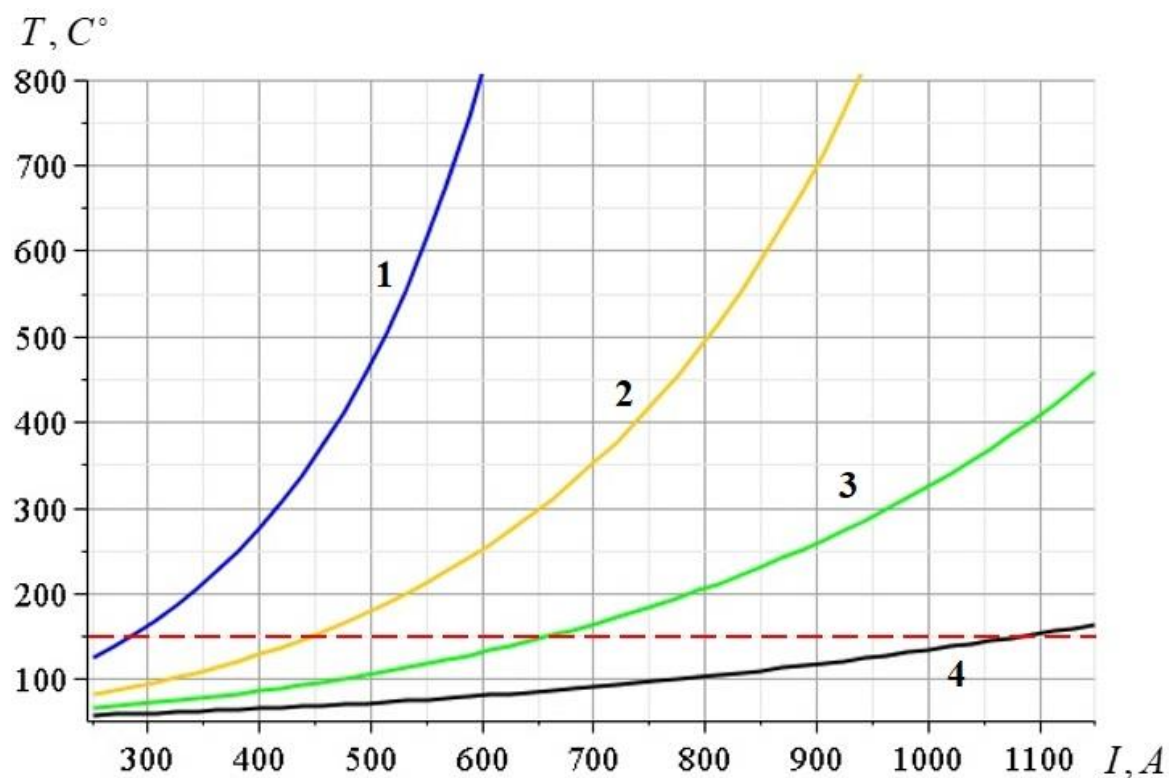


Рисунок 2. Залежність температури від електричного струму для електричних провідників марки ВВГ з перерізом: 1 – 2,5 мм²; 2 – 4 мм²; 3 – 6 мм²; 4 – 10 мм²

Табл.1. Значення величини кратності електричного струму при якому температура струмовідної жили електричних кабелів марок ВВГ та АБВГ перевищить температуру займання їх ізоляції

$S, \text{мм}^2$	$I/I_{\text{ном}}$
ВВГ	
1,5	12,75
2,5	16,15
АБВГ	
2,5	14,92
4,0	16,46

Із аналізу цих залежностей витікає, що найменший час досягнення температури струмовідної жили кабелю марки АБВГ з перерізом 2,5 мм^2 температури плавлення його ізоляції складає $t=0,385$ с при кратності струму $I/I_{\text{ном}}=18$, а для кабелю марки ВВГ з перерізом 1,5 мм^2 — $t=0,320$ с при тій же кратності струму.

Аналіз залежностей, що представлені на рис.1 та рис. 2 показав, що температура струмовідних жил електричних кабелів марки ВВГ з перерізом 4, 6 та 10 мм^2 та АБВГ з перерізом 6 та 10 мм^2 при тривалості короткого замикання 0,6 с не досягне температури плавлення ізоляції цих кабелів. Було визначено мінімальні значення кратності електричного струму короткого замикання при яких температура струмовідних жил електричних кабелів марок ВВГ з перерізом 1,5 та 2,5 мм^2 та АБВГ з перерізом 2,5 та 4 мм^2 досягне температури плавлення ізоляції цих провідників.

За умови досягнення температури струмовідної жили електричного кабелю температури плавлення його ізоляції при справному апараті захисту процес плавлення не відбудеться. Це пов'язано з малим часом теплового впливу струмовідної жили на ізоляцію кабелю, який складає не більше 0,6 с. При цьому такий тепловий процес негативно впливає на якість провідника, оскільки може привести до скорішого старіння його ізоляції.

ЛІТЕРАТУРА:

[2.] Правила улаштування електроустановок. [Чинний від 2017-21-08]. Київ: Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017.754с. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=72758.

*Vladyslav Kerdyvar, student, National University of Civil Defense of Ukraine;
Yaroslav Kalchenko, Ph.D., National University of Civil Defense of Ukraine,*

DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF ELECTRICAL CABLE PRODUCTS IN CASE OF A SHORT CIRCUIT

Studies were carried out to determine the parameters of electrical conductors of the ВВГ and АБВГ brands with different sections in the event of a short circuit. Current-carrying core temperature dependencies of electrical conductors are constructed depending on the electric current passing through it at short circuit.

Альберт Катунін, к.т.н., с.н.с., Національний університет цивільного захисту України;

Олексій Роянов, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України;

Олег Кулаков, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України

ВПЛИВ ДОМІШОК НА ТЕМПЕРАТУРУ НАГРІВАННЯ КАБЕЛЬНИХ ВИРОБІВ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Значна кількість пожеж із причини «порушення правил пожежної безпеки під час влаштування та експлуатації електроустановок» виникає в електричних мережах від перегрівання кабельних виробів внаслідок погіршення їх електрозахисних властивостей в процесі експлуатації. При цьому температура нагрівання як проводів, так і кабелів суттєво залежить від параметрів матеріалів, з яких виготовлені струмоводні жили виробів. В своєму складі матеріали жил, а саме мідь та алюміній, можуть мати різні домішки.

Наприклад, наявність несуттєвих за об'ємом домішок в міді, можуть знижувати її струмопровідну здатність – підвищувати електроопір, як це ілюструється на рис. 1 [2].

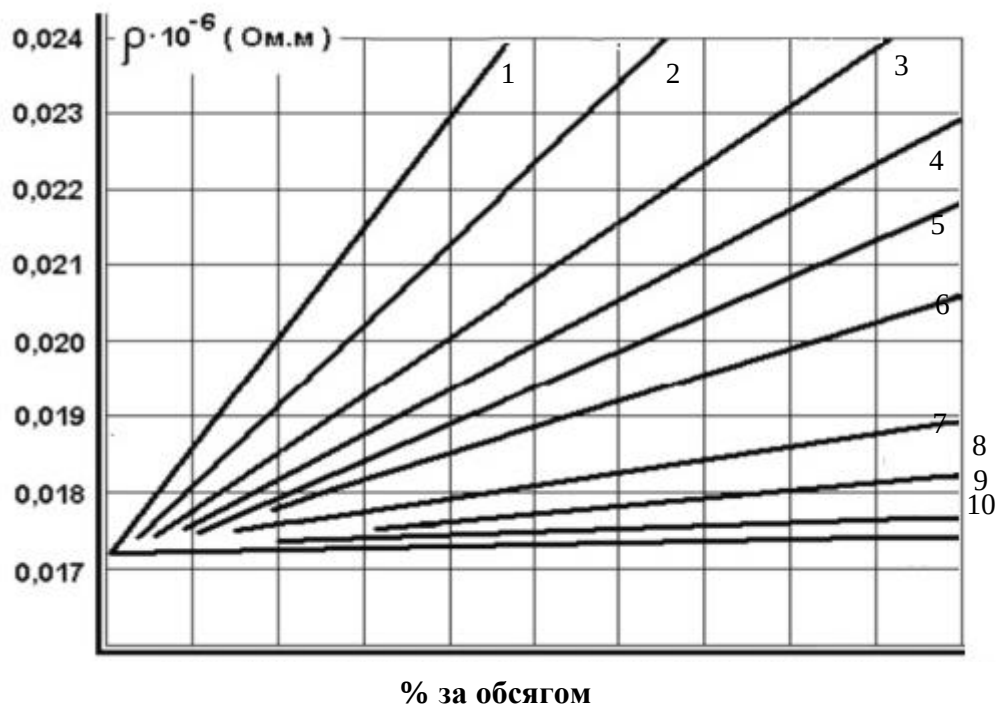


Рисунок 1. Вплив домішок на електроопір міді:

- 1 – фосфор;
- 2 – залізо;
- 3 – кобальт;
- 4 – миш'як;
- 5 – берилій;
- 6 – марганець;
- 7 – олово;
- 8 – свинець;
- 9 – срібло;
- 10 – кадмій

Домішки можуть суттєво змінити електрофізичні властивості металів та сплавів. При цьому ступінь та характер змін залежать від властивостей самих матеріалів. Основною фізичною характеристикою металів є електропровідність (електроопір), проте до матеріалів струмовідних жил проводів пред'являються і додаткові вимоги щодо механічних

властивостей, а саме – вимоги до міцності. Підвищення міцності досягається введенням домішкових елементів, які призводять до збільшення електроопору. Подвійна протилежно спрямована дія домішок змушує шукати шляхи оптимального використання домішок та здійснювати оцінювання впливу домішок на температурно-часові характеристики кабельних виробів.

На даний час запропонована значна кількість математичних моделей, використання яких дозволяє зробити оцінювання температури нагрівання кабельних виробів в аварійних та нормальних режимах роботи [1,3]. В рамках роботи аналізувалися температурно-часові характеристики експлуатації одножильних мідних проводів ПВ1 2,5 із домішками заліза та кобальту обсягом 0,1% за обсягом при стумі навантаження 30 А на основі застосування математичної моделі, запропонованої в [3].

Відповідні результати обчислення температурно-часових характеристик наведено на рис. 2.

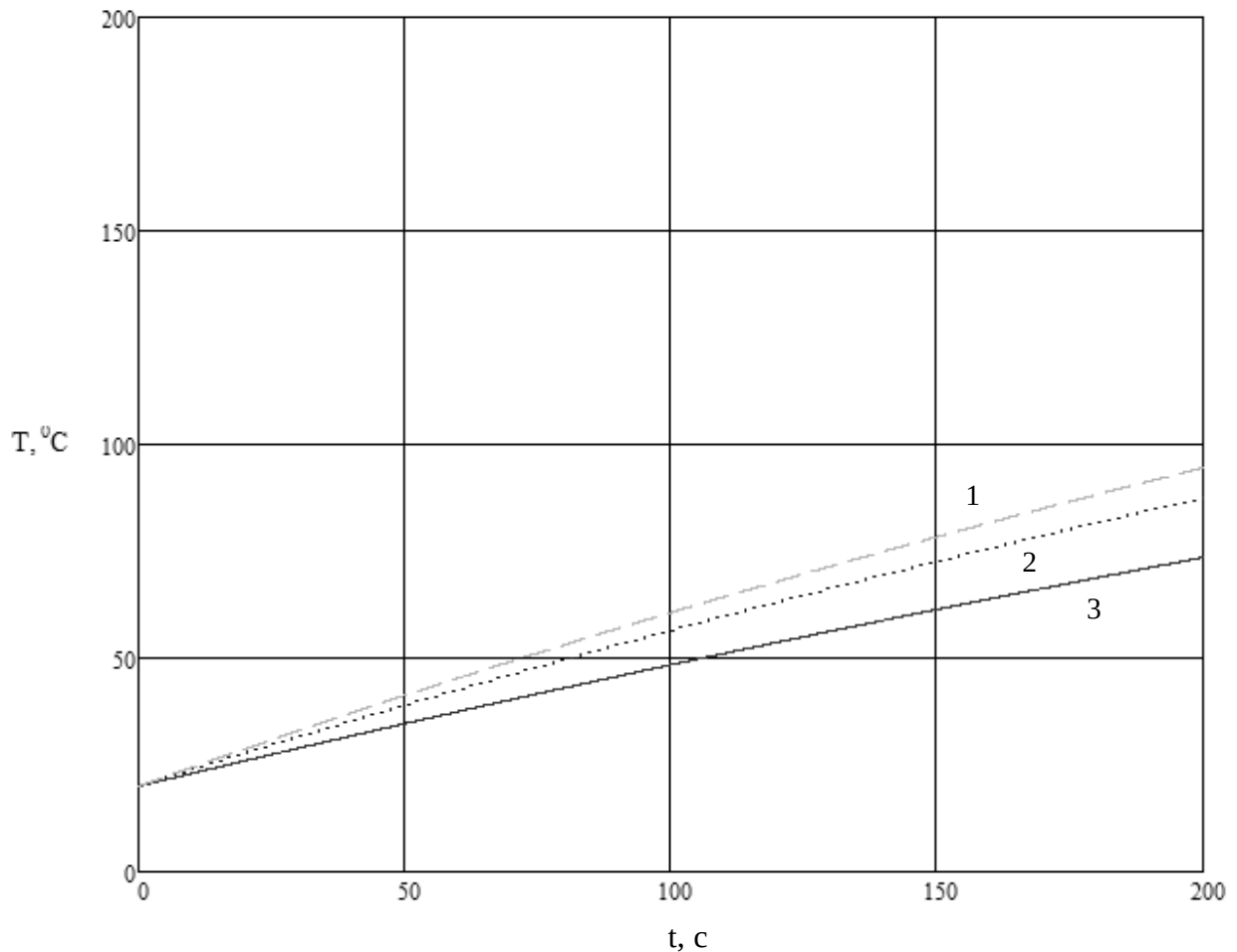


Рисунок 2. Температурно-часові характеристики експлуатації проводу ПВ1 2,5 з мідною струмовідною жилою:

- 1 – мідь з домішками заліза;**
- 2 – мідь з домішками кобальту;**
- 3 – мідь без домішок**

Висновки відносно температури нагрівання проводу із різними домішками в матеріалі струмовідних жил в процесі експлуатації наступні:

- температура нагрівання проводу при його експлуатації суттєво залежить від матеріалу домішок, які присутні в матеріалі струмовідної жили;
- температурно-часові характеристики експлуатації проводу із різними домішками в

матеріалі струмовідних жил мають приблизно однаковий нелінійний характер;

- зі зростанням часу експлуатації вплив домішок кобальту та заліза на підвищення температури проводу посилюється: так при експлуатації проводу 100 с різниця значень температур нагрівання для проводу зі струмовідної мідної жили та проводу зі струмовідної мідної жили з домішками кобальту склала 8°C , а різниця значень температур нагрівання для проводу зі струмовідної мідної жили та проводу зі струмовідної мідної жили з домішками заліза – 12°C ; в свою чергу при експлуатації проводу 200 с різниця значень температур нагрівання для проводу зі струмовідної мідної жили та проводу зі струмовідної мідної жили з домішками кобальту склала 14°C , а різниця значень температур нагрівання для проводу зі струмовідної мідної жили та проводу зі струмовідної мідної жили з домішками заліза – 21°C .

Таким чином, отримані результати можуть використовуватися при оцінюванні пожежної небезпеки кабельних виробів із струмовідними мідними жилами із домішками в матеріалі жили.

ЛІТЕРАТУРА:

[1.] Катунін А.М., Коломійцев О.В., Лазня О.О., Кожушко М.І. Оцінка впливу матеріалу ізоляції проводу на його температуру нагрівання в процесі експлуатації. *International Scientific Journal «Grail of Science»*. № 28 (June, 2023). С. 151-156.

[2.] Ivlev V. I. Yudin V. A. . Termo-jeds tverdyh i zhidkih metalliche-skih rastvorov na osnove indija [Thermo-EMF of solid and liquid metallic solutions based on indium]. *Izv. AN SSSR. Metally – USSR Academy of Sciences Journal. Metals*. 1982, no. 3, pp. 36 – 39.

[3.] Катунін А.М., Кулаков О.В., Рудаков С.В., Панасенко С.В. Оцінка впливу струму навантаження на температуру нагрівання кабельних виробів у процесі експлуатації. *International Scientific Journal «Grail of Science»*. № 24 (February, 2023). С. 210-215.

Albert Katunin, PhD, Senior Research Scientist, National University of Civil Defense of Ukraine;

Oleksii Roianov, PhD, Associate Professor, National University of Civil Defense of Ukraine;

Oleg Kulakov, Ph.D, Associate Professor, National University of Civil Defense of Ukraine

INFLUENCE OF IMPURITIES ON THE HEATING TEMPERATURE OF CABLE PRODUCTS DURING OPERATION

In the paper evaluated the heating temperature of a copper wire with impurities in the material of the current-carrying cores during operation. It is shown that the heating temperature of the wire during their operation depends significantly on the material of impurities present in the material of the current-carrying core, the temperature-time characteristics of the operation of the wire with various impurities in the material of the current-carrying cores have approximately the same nonlinear character. The obtained results can be used in assessing the fire hazard of cable products with conductive copper cores with impurities in the core material.

Н.М. Лисак, аспірант

О.Б. Скородумова, д.т.н., професор

А.А. Чернуха, к.т.н., доцент

В.С. Калашнікова, курсант

Національний університет цивільного захисту України

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФОСФОРВМІСНИХ КОМПОНЕНТІВ НА ВЛАСТИВОСТІ ВОГНЕЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ ДЕРЕВИНИ

У більшості видів будівництва активно застосовуються дерев'яні конструкції, адже такі матеріали характеризуються екологічністю, міцністю, простотою обробки та відмінними теплоізоляційними властивостями. Однак деревина має суттєвий недолік, що може обмежити її використання, - висока горючість. Для покращення вогнестійкості деревини часто застосовуються захисні покриття інтумесцентного типу, що під дією високих температур здатні набухати і обмежувати доступ кисню, при цьому запобігаючи поширенню вогню. Протипожежні засоби захисту такого роду часто містять у своєму складі силікатні компоненти [1]. Основними аргументами при виборі цих сполук є їхня здатність витримувати високі температури без розкладання та втрати захисних властивостей, а також забезпечувати гарну адгезію до різних поверхонь. Останнім часом увагу дослідників все більше привертає золь-гель метод як один із перспективних напрямів одержання вогнезахисних покриттів із однорідною структурою та покращеною стійкістю до атмосферних впливів на основі кремнезему [2]. Прекурсорами при цьому часто виступають органосилани, які незважаючи на свою ефективність у сфері вогнезахисту, можуть бути небезпечними для довкілля. Відтак, розробка доступних нетоксичних вогнезахисних матеріалів для деревини є одним з пріоритетних завдань у галузі пожежної безпеки.

Порівняно дешевою сировиною, що застосовується для отримання кремнеземвмісних покриттів на основі золь-гель синтезу, є рідке скло. Серед його переваг також можна відзначити універсальність, екологічну безпечність та простоту використання в ході технологічного процесу - легкість змішування з водою та введення добавок для покращення функціональних властивостей покриття [3]. Відомо також про синергійний вплив кремній- та фосфорвмісних сполук у контексті забезпечення вогнестійкості деревини [4]. Цей аспект пояснюється формуванням енергетично і термічно стабільних силікофосфатних зв'язків [5].

Золі кремнезему зазвичай є стійкими в сильнокислому та сильнолужному середовищі, але обробка зразків такими композиціями може спричинити послаблення фізико-механічних властивостей деревини [6]. За результатами раніше проведених досліджень було встановлено, що задля отримання золів із високими показниками плинності в середовищі, близькому до нейтрального, доцільно використовувати буферні системи [7]. Зокрема, при змішуванні розчинів рідкого скла та оцтової кислоти можливе утворення буферної пари $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-$, що забезпечує підтримку рН в межах 5–6. Таке значення водневого показника є задовільним для отримання більш живучих золів SiO_2 низької концентрації.

Беручи до уваги важливість буферного ефекту та взаємний позитивний вплив кремнезему і фосфорвмісних антипіренів, доцільним та логічним було дослідження впливу фосфатних буферних розчинів на реологічні властивості золів SiO_2 та ефективність вогнезахисних властивостей силікофосфатних покриттів деревини.

Золі кремнієвої кислоти добували змішуванням розчинів рідкого скла та ацетатної кислоти. Фосфатні буферні розчини готували на основі NaH_2PO_4 та Na_2HPO_4 , досліджували вплив добавок з рН 6, 7 та 8, також варіювали об'ємну частку буферного розчину (15, 20 та 25 %).

Зміну оптичної густини в часі для композицій визначали за допомогою фотоколориметру КФК-2 при довжині хвилі 490 нм. Як розчин порівняння

використовували дистильовану воду. Отримані залежності вказували, що досліджувані композиції були плинними протягом більш тривалого періоду, порівняно із системами з добавками ортофосфатної кислоти, що були об'єктом вивчення раніше [8]. Було зафіксовано, що найвищу живучість мав золь з 15 %-ою об'ємною добавкою фосфатного буферного розчину з рН 7.

Для встановлення, наскільки повно фосфат-йони вбудовуються в силоксановий каркас, фотометрично визначали їх вміст в інтерміцелярних рідинах над експериментальними гелями, що застигли в закритих бюксах. При цьому застосовували молібденову суміш (розчини амоній молібдату, стибій (III) хлориду, сульфанілової та винної кислот) у присутності аскорбінової кислоти. Для усіх досліджуваних зразків масова частка PO_4^{3-} , що інтегруються в силоксанову структуру, перевищувала 97 %.

Групу вогнезахисної ефективності силікофосфатних покриттів визначали відповідно до стандарту ГОСТ 16363-98, клас горючості - за ДСТУ 8829:2019. Експериментальні зразки сосни звичайної розміром 9х6х3 см заздалегідь просушували при 100°C. Поверхню деревини обробляли золь кремнезему, модифікованим за допомогою ортофосфатної кислоти (11 % розчин) ванним методом. Наносили 2–3 шари, кожен з яких висувували при 80°C перед нанесенням наступного. Після цього покриті зразки додатково обробляли амонійним розчином гідрофосфату.

Установка для проведення вогневих випробувань представлена на рис. 1.

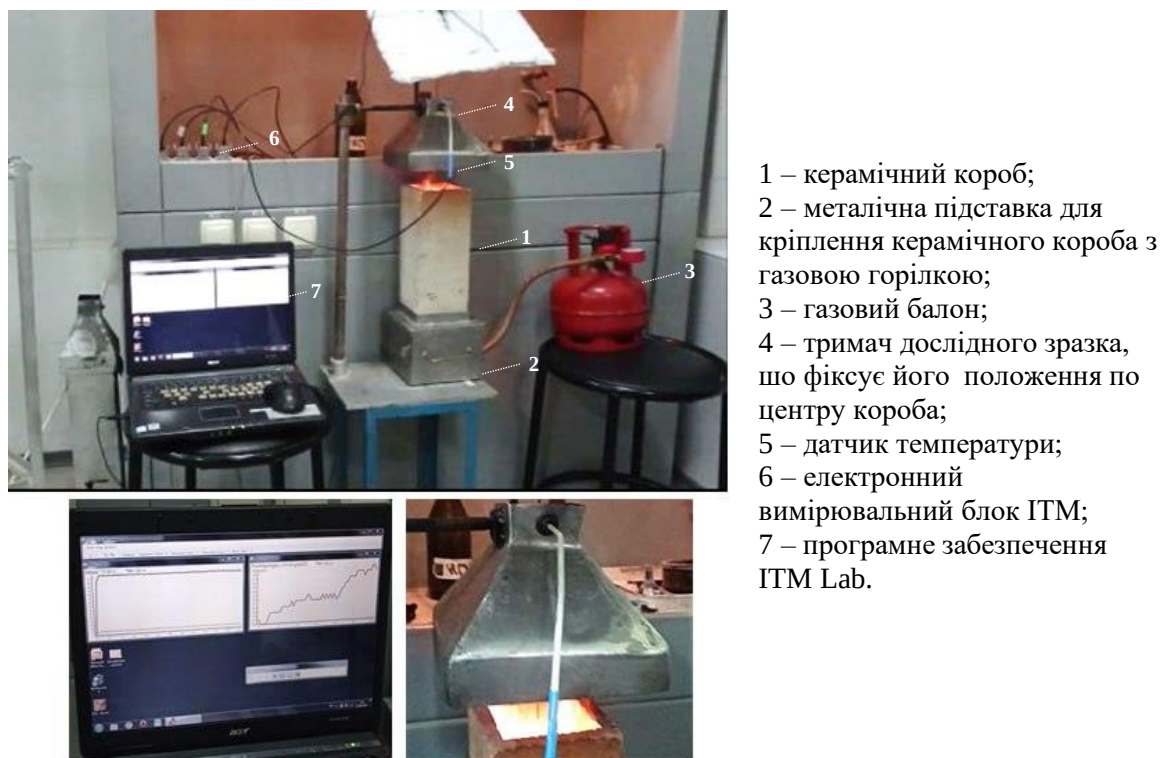


Рис. 1. Лабораторна установка для визначення ефективності вогнезахисних покриттів

Значення втрати маси зразків з одно- та двошаровим покриттям не перевищували 9 %, що відповідає I групі вогнезахисної ефективності покриття. Для зразків деревини з одношаровим покриттям максимальний приріст температури газоподібних продуктів горіння становив < 60 °C, втрата маси зразка < 60 %, тому згідно з ДСТУ 8829:2019 такі матеріали є важкогорючими. Для зразків, вкритих двома шарами золью $\Delta t_{\text{max}} > 60$ °C, при цьому час досягнення $t_{\text{max}} < 240$ с, але > 30 с – такі експериментальні моделі належать до матеріалів середньої займистості. Отже, кращу вогнестійкість забезпечувало одношарове покриття.

Реологічні властивості досліджених буферованих золів кремнієвої кислоти були задовільними для якісного нанесення покриття на поверхню будівельного матеріалу та забезпечення однорідності його структури, а силікофосфатні покриття на основі H_3PO_4 показали високу вогнестійкість. Тому можна прогнозувати гарні показники вогнезахисної ефективності для систем, модифікованих фосфатними буферними розчинами. Це питання стане об'єктом подальших досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kwang Yin J.J., Yew M.C., Yew M.K., Saw L.H. Preparation of Intumescent Fire Protective Coating for Fire Rated Timber Door. *Coatings*. 2019. Vol. 9. № 11. P. 738. doi: 10.3390/coatings9110738
2. Mastalska-Popławska J., Pernechele M., Troczynski T., Izak P. Thermal properties of silica-coated cellulose fibers for increased fire-resistance. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*. Vol. 3. № 83. P. 683–691. doi: 10.1007/s10971-017-4445-5
3. Wright J. D., Sommerdijk N. A. J. M. *Sol-Gel Materials*. In CRC Press eBooks. 2018. doi: 10.1201/9781315273808
4. Tang Y. Inhibition effect of phosphorus flame retardants on the fire disasters induced by spontaneous combustion of coal. *Journal of Spectroscopy*. 2017. P. 1–10. doi: 10.1155/2017/7635468
5. Imperato C., Bifulco A., Malucelli G. Solids containing Si-O-P bonds: is the hydrolytic sol-gel route a suitable synthesis strategy? *Journal of Sol-Gel Science and Technology*. 2023. doi: 10.1007/s10971-023-06241-4
6. Skorodumova O., Chebotareva O., Sharshanov A., Chernukha A. Selection of precursors of safe silica-based fireproof coatings for textile materials. *Problems of Emergency Situations*. 2023. Vol. 1. № 37. P. 192–202. doi: 10.52363/2524-0226-2023-37-14
7. Skorodumova O., Tarakhno O., Chebotareva O., Bajanova K. Silicon protective coatings for textile materials based on liquid glass. *Problems of Emergency Situations*. 2022. Vol. 1. № 35. P. 109–119. doi: 10.52363/2524-0226-2022-35-8
8. Lysak N., Skorodumova O., Chernukha A. Development of a fire-proof coating containing silica for polystyrene. *Problems of Emergency Situations*. 2023. Vol. 2. № 38. P. 192–202. doi: 10.52363/2524-0226-2023-38-10

*N.M. Lysak, postgraduate
O.B. Skorodumova, DSc, Professor
A.A. Chernukha, PhD, Associate Professor
V.S. Kalashnikova, cadet
National University of Civil Defence of Ukraine*

STUDY OF THE INFLUENCE OF PHOSPHORUS-CONTAINING COMPONENTS ON THE PROPERTIES OF THE FIREPROOF COATING OF WOOD

Abstract. The rheological properties of silicic acid sols with additions of a phosphate buffer solution with pH 6, 7, and 8 (volume fraction of 15, 20, and 25%) were studied. The highest survivability of the sol buffered with a pH 7 solution (volume fraction of the additive was 15%) was recorded. The fact of incorporation of phosphate ions in the gel structure was confirmed by the results of photometric determination by the molybdenum method.

The 1st group of fire-resistant efficiency of silicophosphate coating obtained based on silica sol with additives of orthophosphate acid was established. It was determined that the best indicators of fire resistance are given by a single-layer coating of the studied composition.

*Н.В. Саєнко, к.т.н., доцент Національний університет цивільного захисту України
А.В. Скрипинець, к.т.н., Харківський національний університет міського
господарства О.М. Бекетова*

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ВІБРОПОГЛИНАЮЧОЇ МАСТИКИ В ЗАЛІЗНИЧНІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ

Відповідно до ДСТУ 7773:2015 «Вагони пасажирські магістральні локомотивної тяги. Загальні технічні вимоги» і ДСТУ 7774:20145 «Вагони пасажирські магістральні локомотивної тяги. Загально технічні норми для розрахування та проектування механічної частини вагонів» та ДСТУ 7776:2015 «Вагони-самоскиди (думпкари). Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих думпкарів залізниць колії 1520 мм» використовують композиції на основі модифікованої фенолоформальдегідної смоли, поліуретанової композиції, епоксидної смоли, які здатні забезпечувати довговічність, протикорозійну стійкість та водостійкість лакофарбовим покриттям [1-3]. Однак метою цих тонкошарових складів є забезпечення надійності існуючого покриття. У цьому контексті важливим є використання полімерних матеріалів (мастик) товщиною 2-4 мм для забезпечення загальної пожежної безпеки та віброзахисту пасажирських вагонів [4-8].

Нормативні документи, покликані максимально запобігти пожежам в залізничній інфраструктурі: ДСТУ 4049:001 та ДСТУ 4493:2005 встановлюють вимоги пожежної безпеки до матеріалів та конструкції внутрішнього обладнання, систем опалення, вентиляції та електрообладнання залізничних транспортних засобів.

У ДСТУ 4049:2005 зазначено: «Вагони пасажирські магістральні локомотивної тяги. Вимоги безпеки. Зміна № 1» зазначено, що матеріали, які використовуються в конструкції та внутрішньому немеханічному обладнанні пасажирських поїздів, повинні відповідати таким вимогам пожежної безпеки: група горючості - важкогорючі; коефіцієнт димоутворювальної здатності матеріалу не повинен перевищувати 500 м²/кг; за токсичністю продуктів згоряння в конструкціях пасажирських поїздів клас небезпеки низький або середній, допускається використання текстильних матеріалів (включаючи покриття та просочення) для виготовлення штор, оббивки диванів, спальних мішків тощо.

Мета роботи - провести комплексну оцінку пожежної безпеки вібропоглинаючої епоксиуретанової мастики за наступними показниками: група горючості, коефіцієнт димоутворювальної здатності, показник токсичності горіння продукту та індекс поширення полум'я.

Для зниження горючості вібропоглинаючої епоксиуретанової мастики використовували антипіренову добавку - поліфосфат амонію (ПФА) [9, 10]. Основними характеристиками ПФА як антипірену є вміст азоту і фосфору, який повинен бути у межах 14-15% і не менше 70% азоту і фосфору відповідно. У табл. 1 наведені показники щодо вимог пожежної безпеки згідно ДСТУ 4049:2001.

Табл. 1. Вимоги пожежної безпеки згідно ДСТУ 4049:2001

Показники	Розроблена епоксиуретанова композиція
Група горючості (ДСТУ 8829:2019)	важкогорюча
Нижня теплота згоряння, ΔH _c , кДж/кг (ДСТУ ISO 1928:2006)	19780
Коефіцієнт димоутворювальної здатності, D _m , м ² /кг, (ДСТУ 8829:2019)	
– при тлінні	986
– полум'яне горіння	485
Індекс поширення полум'я (ДСТУ 8829:2019)	8
	повільно поширюють полум'я по поверхні (група I2)

Комплексна оцінка пожежної безпеки вібропоглинаючої епоксиретанової мастики згідно ДСТУ 4049:2001 свідчить, що розроблена мастика належить до групи важкозаймистих матеріалів. Має коефіцієнт димоутворювальної здатності при горінні ($Dm = 485 \text{ м}^2/\text{кг}$), що дозволяє віднести розроблений матеріал до групи матеріалів із середньою димоутворювальною здатністю. Виходячи з горючості матеріалу, його здатності поширювати вогонь на поверхні та екзотермічних властивостей, розроблений матеріал відноситься до групи з помірною здатністю поширювати вогонь на поверхні.

Однак до матеріалів, що використовуються для облицювання внутрішніх металевих поверхонь залізничних транспортних засобів, висуваються дуже жорсткі вимоги не тільки щодо горючості, але й щодо низки інших властивостей, які мають відношення до цього процесу. По-перше, такі матеріали не повинні утворювати токсичних речовин під час горіння, а по-друге, вони не повинні виділяти густий подразнюючий дим, який ускладнює пересування під час евакуації. Тому для виробництва вогнезахисних полімерних мастик, призначених для використання в закритих приміщеннях, необхідно проводити токсикологічні дослідження [11-13].

Метою випробувань токсикологічних досліджень є визначення показнику токсичності H_{CL50} , який характеризується відношенням кількості матеріалу до одиниці об'єму закритого простору, в якому газоподібні продукти, що утворюються при згорянні матеріалу, вбивають 50% піддослідних тварин, та показнику $HbCO$, що показує вміст карбоксигемоглобіну в крові загиблих піддослідних тварин. Було випробувано два режими: термоокислювальне розкладання (450°C) та спалювання у полум'ї (750°C).

В табл. 2 наведені результати токсикологічних досліджень розробленої вібропоглинаючої епоксиретанової мастики згідно ДСТУ 8829:2019.

Табл. 2. Токсикологічні дослідження епоксиретанової мастики

Показник токсичності продуктів горіння за різних температур		Розроблена епоксиретанова композиція
$H_{CL50}, \text{г/м}^3$	450°C	$55,6 \pm 7,6$
$HbCO, \%$		$59,2 \pm 2,9$
$H_{CL50}, \text{г/м}^3$	750°C	$88,5 \pm 10,3$
$HbCO, \%$		$62,8 \pm 3,1$

З табл. 2 видно, що найменше значення H_{CL50} спостерігається в режимі тління і становить $55,6 \text{ г/м}^3$ для розробленої мастики. Вміст $HbCO$ в крові загиблих тварин становив $59,2\text{--}62,8 \%$, що відповідає токсичній дії продуктів горіння переважно монооксиду вуглецю. Відповідно до класифікації, згідно п.п. 6.16 ДСТУ 8829:2019 розроблена вібропоглинаюча епоксиретанова маститка відноситься до категорії помірнонебезпечних.

Проведено комплексну оцінку пожежної безпеки розробленої вібропоглинаючої епоксиретанової мастики. Встановлено, що розроблена мастика відноситься до групи важкогорючих матеріалів важкої займистості, з повільним поширенням полум'я, має помірну димоутворювальну здатність і відноситься до категорії помірнонебезпечних з точки зору токсичності.

Досягнуті рівні властивостей розробленої вібропоглинаючої важкогорючої мастики вказує на перспективність її подальшого використання на внутрішніх металевих поверхнях для забезпечення пожежної безпеки у залізничних транспортних засобів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Калабухін Ю. Є., Мартинов І. Е., Труфанова А. В., Мартинов С. І. Аналіз технічного стану внутрішнього обладнання пасажирських вагонів. *Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад»*. 2022. Вип. 25, С. 51–65.

2. Irikovich Z. O., Vyacheslavovich R. R., Mahmod W. Development of new polymer composite materials for the flooring of rail carriage. *International Journal of Engineering & Technology*. 2020. Vol. 9 (2), PP. 378-381.
3. Lattimer B. Y., McKinnon M. A review of fire growth and fully developed fires in railcars. *Fire and Materials*. 2018. Vol. 42(6), PP. 603-619.
4. Зеленько Ю. В., Недужа Л. О., Швець А. О. Вплив віброакустичних параметрів рухомого складу на вибір раціональних значень ходової частини локомотива. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*. 2016. №. 3 (63), С. 60-75.
5. Andronov V. A., Bukhman O. M., Danchenko Y. M., Skripinets A. V. Efficiency of utilization of vibration-absorbing polimer coating for reducing local vibration. *Науковий Вісник Національного Гірничого університету*. 2014. (6), С. 85-91.
6. Skripinets A. V., Saienko N. V., Hryhorenko O. N., Berezovskiy A. I. Development and Evaluation of the Possibility of Using Epoxyurethane Mastic in Railway Transport. *In Materials Science Forum. Trans Tech Publications Ltd*. 2020. Vol. 1006, PP. 273-281.
7. Skripinets A., Saienko N., Blazhko V., Saienko L. Efficiency evaluation: epoxyurethane damping inserts in vibration protection systems. *Комунальне господарство міст. Науково-технічний збірник серія: технічні науки та архітектура*. 2022. Т. 4. Вип. 178, С. 17-27.
8. Nashif A. D., Jones D. I. G., Henderson J. P. Vibration damping. John Wiley & Sons. 1991, 472 с.
9. Григоренко О. М., Липовий В. О., Пишняк А. М. Дослідження впливу амофосу та тригідрату оксиду алюмінію на горючість та кратність спучування епоксиполімерів. *Проблеми пожежної безпеки*. 2016, С. 73-77.
10. Григоренко О. М., Золкіна Є. С. Дослідження спучування вогнезахисних епоксидних покриттів, модифікованих металовмісними добавками. *Проблеми пожежної безпеки*, 2018. (43), С. 31-37.
11. Третьяков О. В. Нові підходи до токсиколого-гігієнічної регламентації полімерних матеріалів транспортного призначення. *Актуальні проблеми транспортної медицини: навколишнє середовище; професійне здоров'я; патологія*. 2018. №4, С. 16-31.
12. Шафран Л. М. Токсикология горения: основные задачи и перспективы развития. *Актуальні проблеми транспортної медицини*. 2006. № 4, С. 23-32.
13. Özdemir A., Önder A. An environmental life cycle comparison of various sandwich composite panels for railway passenger vehicle applications. *Environ Sci Pollut Res*. 2020. 27, PP. 45076-45094.

N. Saienko, PhD, Associate Professor, National University of Civil Defence of Ukraine
A. Skripinets, PhD, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

COMPREHENSIVE FIRE SAFETY ASSESSMENT OF VIBRATION-ABSORBING MASTIC IN RAILWAY INFRASTRUCTURE

A difficult combustible epoxyurethane mastic with increased vibration-damping properties and the necessary physical and mechanical properties has been developed for lining internal metal surfaces of railway rolling stock. Epoxyurethane network polymers were used as a polymer matrix. To reduce flammability, the fire-retardant additive ammonium polyphosphate was used. It has been established that the developed mastic belongs to the group of difficult combustible materials, with slow flame propagation, moderate smoke generating ability and are moderately hazardous in terms of toxicity. The achieved level of characteristics of the difficult combustible vibration damping mastic testifies about the prospects of its further use for facing the internal metal surfaces of bodies of railway rolling stock in order to ensure their fire safety and acoustic comfort.

А.В. Скрипинець, к.т.н., Харківський національний університет міського господарства О.М. Бекетова

Н.В. Саєнко, к.т.н., доцент Національний університет цивільного захисту України

ДОСЛІДЖЕННЯ АДГЕЗІЙНО-МІЦНОСТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОГНЕ-ТА ВІБРОПОГЛИНАЮЧОЇ КОМПОЗИЦІЇ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Застосування полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) в поїздах забезпечує його здешевлення, довговічність, зниження ваги і зменшення витрат на експлуатацію. У той же час застосування ПКМ в пасажирських поїздах може привести до підвищення ризику їх загоряння та загибелі пасажирів [1, 2].

Ще однією проблемою «зношених» пасажирських рухомих складів є підвищений рівень вібрації і шуму, які виникають внаслідок руху вагона і знижують комфортабельність перебування пасажирів при перевезеннях [3, 4]. Вібрація впливаючи на організм пасажирів призводить до дратівливості, головного болю, погіршення уваги, збільшення ймовірності захворювання невротиками та ін.

Тому актуальною науково-практичною задачею є створення важкогорючої мастики з підвищеними адгезійно-міцностними властивостями для облицювання внутрішніх металевих поверхонь кузовів залізничного рухомого складу (бокові стіни, салонні перегородки) з метою забезпечення їх пожежної безпеки і акустичного комфорту.

Полімерна матриця на основі епоксидних олігомерів та уретану є найбільш поширеним матеріалом, який виробники використовують для підвищення демпфуючих властивостей ПКМ: епоксидні олігомери характеризуються високою міцністю, стійкістю до гідролітичного впливу, а уретанові склади мають високу демпфуючу здатність.

Досліджено вплив епоксидних олігомерів (ЕД-20, Т-111) та отверджувачів аміного типу: діетилентриаміну (ДЕТА) та поліетилентетрааміну (ПЕТА) на фізико-хімічні та адгезійно-міцнісні властивості епоксидуретанових вібропоглинаючих композицій. Склад епоксидуретанових композицій (ЕУ) базується на використанні суміші олігомерів: олігоефірдікарбонатного марки Лапролат-803 (ОЦК) і одного з епоксидних олігомерів в співвідношенні 90:10, 80:20, 70:30 мас. %.

Фізико-механічні властивості та адгезійну міцність епоксидуретанових полімерів визначали за стандартними методиками.

Результати випробувань на адгезійну міцність представлені на рисунку показали, що руйнування клейового з'єднання для чистого ОЦК і сумішевих композицій з часткою епоксидного олігомеру в суміші з ОЦК з 10:90 до 30:70 мас. % носить, переважно, когезійний характер. Це зумовлено тим, що дані полімерні матеріали при температурі 298 К знаходяться у високоеластичному стані і мають нижчі значення модуля високоеластичності. Зі збільшенням вмісту ЕД-20 та Т-111 до 30 мас. % у суміші з ОЦК модуль високоеластичності зростає з одночасним збільшенням адгезійної міцності на 55% та 48% відповідно. Це пов'язано з тим, що епоксидуретанова композиція збагачується більш жорстким компонентом, що сприяє утворенню сітки сильніших міжмолекулярних взаємодій. Для полімеру на основі чистого ЕД-20 і Т-111, які знаходяться в склоподібному стані при температурі випробування, характер руйнування більшою мірою носить адгезійний характер. Також видно, що величина адгезійної міцності і модуля високоеластичності полімеру на основі біфункціонального епоксидіанового олігомеру ЕД-20 має більше значення порівняно з полімером на основі епоксидкремнійорганічного олігомеру Т-111, що, мабуть, пов'язано з наявністю Т-111 еластичних органосилоксанових груп.

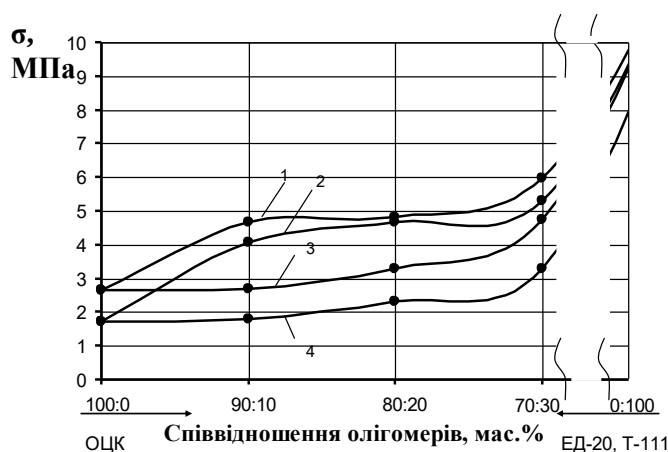


Рисунок. Вплив епоксидних олігомерів у суміші з ОЦК і типу отверджувача на адгезійну міцність ЕУ полімерів: ЕД-20:ОЦК (1), Т-111:ОЦК (3), отверджувача ДЕТА та ЕД-20:ОЦК (2), Т-111:ОЦК (4), отверджені ПЕПА

Використання як отверджувача діетилентріаміну в епоксиретанових композиціях, дозволяє підвищити значення $\sigma_{\text{від}}$ порівняно з композиціями, що отверджуються поліетиленполіаміном.

При дослідженні покриттів на еластичність при згині встановлено, що всі суміші епоксидних олігомерів з олігоєфірціклокарбонатом марки Лапролат-803 мають підвищену еластичність на відміну від полімерів на основі чистого епоксидного олігомеру, де еластичність при згині становить 20 мм, що свідчить про підвищення крихкості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Skripinets A. V., Saienko N. V., Hryhorenko O. N., Berezovskiy A. I. Development and Evaluation of the Possibility of Using Epoxyurethane Mastic in Railway Transport. *In Materials Science Forum. Trans Tech Publications Ltd.* 2020. Vol. 1006, PP. 273-281.
2. Skripinets A., Saienko N., Blazhko V., Saienko L. Efficiency evaluation: epoxyurethane damping inserts in vibration protection systems. *Комунальне господарство міст. Науково-технічний збірник серія: технічні науки та архітектура.* 2022. Т. 4. Вип. 178, С. 17-27.
3. Пшінько О. М., Бараш Ю. С., Марценюк Л. В. Управління вантажними вагонами компаній-операторів в умовах реформування залізничного транспорту України. Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна: Дніпропетровськ, 2015, 147 с.
4. Барабаш Ю. С., Чаркіна Т. Ю. Основні моделі реформування залізничного транспорту в Європі. *Проблеми транспортного комплексу України. Вісник економіки транспорту і промисловості.* 2014. №45, С. 211-215.

A. Skripinets, PhD, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv
N. Saienko, PhD, Associate Professor, National University of Civil Defence of Ukraine

RESEARCH OF ADHESION AND STRENGTH PROPERTIES OF FIRE AND VIBRATION ABSORBING COMPOSITION FOR APPLICATION IN RAILWAY TRANSPORT

A difficult combustible epoxyurethane mastic with increased vibration-damping properties and the necessary physical and mechanical properties has been developed for lining internal metal surfaces of railway rolling stock. Epoxyurethane network polymers were used as a polymer matrix.

*Н. О. Ференц, кандидат технічних наук, доцент,
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИРОДНИХ ЦЕОЛІТІВ ДЛЯ УБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ АПАРАТІВ І ТРУБОПРОВОДІВ

В Україні видобування цеолітів було розпочато ще у 1967 р., яке триває і сьогодні. Цеолітовий кар'єр на околицях села Сокирниця Хустського району є найбільшим родовищем цеоліту в Європі і одним із найбільших у цілому світі. Цеоліти Закарпаття мають найвищу якість у Європі.

Мета роботи полягала у проведенні дослідження природних цеолітів для підвищення пожежної безпеки технологічних апаратів та трубопроводів.

Застосування природних цеолітів для підвищення рівня пожежної безпеки зумовлено їх фізико-хімічними властивостями. Цеоліти – алюмосилікати, які містять оксиди лужних і лужноземельних металів і характеризуються впорядкованою регулярною структурою пор, в кристалічній ґратці цеолітів знаходяться молекули води, яка вилучається при нагріванні [1]. Цеоліти мають високу теплоємність, що дає можливість використовувати їх як охолоджувальний агент. Цеолітова порода легко піддається механічній обробці – розмелюванню, розсіюванню на фракції, пресуванню, формуванню, що дає можливість створити різноманітні технічні форми.

Рентгенофазові дослідження природних цеолітів показали, що цей матеріал складається в основному з клиноптилоліту ($d/n=0,898; 0,395; 0,296$ нм), невелика інтенсивність дифракційних максимумів $d/n=0,334; 0,245; 0,228; 0,181$ нм вказує на незначний вміст кварцу (SiO_2). Середня густина цеолітової породи $1780...1900$ кг/м³, пористість – $21,4...27,5$ %, водопоглинання – $11...13$ %, міцність на стиск – $45...75$ МПа. За результатами хімічного аналізу, природний цеоліт має такий склад, мас. %: SiO_2 – 68,72; Al_2O_3 – 13,45; Fe_2O_3 – 1,63; CaO – 2,64; K_2O – 4,21; Na_2O – 2,35.

Аналіз мікроструктури цеолітової породи (збільшення у 10000 раз) показав, що їй властива пориста структура з виразною просторовою орієнтацією. Кристали основного мінералу – клиноптилоліту мають пластичний габітус, незважаючи на те, що він належить до каркасних алюмосилікатів, тобто його структура тривимірна із системою каналів і вікон. Невідповідність форми кристалів структурі клиноптилоліту спричинена неоднорідністю хімічних зв'язків на певних кристалографічних напрямках. В кінцевому це призводить до утворення в його структурі слабозв'язаних алюмоокисневих шарів та проявляється у вигляді пластинчастих кристалів і спайності.

В технологічних апаратах і виробничих комунікаціях хімічної, газової, нафтохімічної, вугільної та інших галузей промисловості з метою локалізації горіння на певній ділянці технологічної схеми, запобігання поширення полум'я використовують сухі вогнеперешкоджувачі. Такі пристрої захищають виробничі комунікації, якими переміщаються газо-пароповітряні вибухопожежонебезпечні суміші. Дія вогнеперешкоджувачів базується на гасінні полум'я в вузьких каналах, через які вільно проходить горюча суміш і продукти горіння, а полум'я, розділене на дрібні потоки, поширюватися не може.

У роботі запропоновано удосконалити вогнеперешкоджувачі для протипожежного захисту технологічних апаратів та трубопроводів шляхом використання в якості насадки природних цеолітів.

Аналіз даних про вогнеперешкоджувачі, які експлуатуються у виробництві показав, що основним їх недоліком є низька вогнестійкість. Тривалість захисної дії промислових серійних вогнеперешкоджувачів (0,1...0,3 год) недостатня для ліквідації аварійної ситуації.

Конструктивні елементи вогнеперешкоджувача повинні витримувати силові навантаження, які виникають при розповсюдженні полум'я і тиск, на який розрахований

пристрій [2]. Вони не повинні деформуватися при локалізації полум'яного горіння протягом часу, який рівний часу збереження працездатності при дії полум'я. При використанні у вогнеперешкоджувачі в якості полум'ягасильного елемента гранульованого матеріалу гранули повинні мати кулеподібну чи близьку до неї форму. Вони повинні бути з жароміцних і корозійностійких матеріалів. Максимальна температура поверхні корпусу вогнеперешкоджувача, який розташовується в горючому середовищі (горючі гази, пара, пил), повинна бути не менше ніж на 20 % нижча від температури самозаймання вказаних горючих речовин. З урахуванням вказаних вимог запропоновано в якості насадки використовувати природні цеоліти Сокирницького родовища Закарпатської області.

Поведінка природних цеолітів в процесі зростання температури до 1000°C вивчалась з допомогою диференційно-термічного методу аналізу. При нагріванні цеолітової породи в температурному інтервалі до 200°C відбувається вилучення фізично зв'язаної води із гідрослюди́стих мінералів. В цьому ж температурному інтервалі починається вилучення і цеолітної води клинопітоліту, яке завершується при температурі 530 °C. Процеси дегідратації мінералів цеолітових порід є плавним і не супроводжуються руйнуванням структури.

Розрахунковим параметром вогнеперешкоджувачів є критичний канал полум'ягасильного елемента – мінімальний діаметр каналу полум'ягасильного елемента, через який може поширюватися полум'я стаціонарної парогазової суміші, його розраховували за формулою:

$$\delta_{кр} = \frac{Pe_{кр} \cdot R \cdot (t_p + 273) \cdot \lambda_c}{u_n \cdot C_{p,c} \cdot P_p},$$

де: $\delta_{кр}$ – критичний діаметр каналів сухого вогнеперешкоджувача, [м]; t_p – початкова (робоча) температура горючої суміші, [°C]; P_p – початковий (робочий) тиск горючої суміші, [Па]; R – питома газова стала горючої суміші, [Дж/кг·K]; u_n – нормальна швидкість поширення полум'я, [м/с]; λ_c – коефіцієнт теплопровідності горючої суміші, [Вт/(м·K)]; $C_{p,c}$ – коефіцієнт теплоємності горючої суміші, [Дж/кг·K].

Розраховано критичні діаметри полум'ягасильних каналів насадки із цеолітової породи для різноманітних парогазоповітряних повітряних сумішей: етаноповітряних, метаноповітряних, бензиноповітряних, бензолповітряних та пропаноповітряних, що становить діаметр каналу змінюється в межах 2,2...5,1 мм.

Таким чином, в роботі доведена ефективність використання в якості полум'ягасильного елемента вогнеперешкоджувачів природних цеолітів Сокирницького родовища Закарпатської області.

ЛІТЕРАТУРА

- 1.Ференц Н.О., Павлюк Ю.Е. (2018). Вогнеперешкоджувачі на основі відходів цеолітних каталізаторів типу «Цеосор А». Пожежна безпека, (32), 69-73.
- 2.Резервуари вертикальні циліндричні сталеві для нафти та нафтопродуктів: ДСТУ Б В.2.6–183:2011. [Чинний з 01.010.2012]. Київ: УкрНДІпроектстальконструкція, 2011. 31 с.

*N.O. Ferents, candidate of technical sciences, associate professor,
Lviv State University of Life Safety*

RESEARCH OF NATURAL ZEOLITES FOR PROVIDING TECHNOLOGICAL APPARATUS AND PIPELINES

The study of natural zeolites in the process of increasing the temperature to 1000°C, which was studied using the differential thermal method of analysis, X-ray phase studies and analysis of the microstructure of natural zeolites showed the possibility of using them as a flame retardant element of flame retardants.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИПРОБУВАННЯ ПОЖЕЖНИХ СПОВІЩУВАЧІВ

Будь яке обладнання здатне якісно виконувати покладені на нього функції лише за умови своєчасного та правильного технічного обслуговування. І системи пожежної сигналізації (СПС) [1] не є виключенням. Як показує практика найбільш вразливим місцем цих систем є пожежні сповіщувачі (ПС). Це пояснюється тим, що вони постійно контактують з навколишнім середовищем, стан якого, як правило, не відрізняється «лабораторною чистотою». Відповідно електронна схема, чутливий елемент забруднюються і технічні характеристики приладів погіршуються. А з часом сповіщувач взагалі може вийти з ладу. Для контролю стану ПС передбачається проведення їх випробувань.

На теперішній час процедури випробувань регламентуються окремими частинами ДСТУ EN 54 (в залежності від типу ПС). Наприклад, для димових ПС є чинним [2]. Але в цілому можна описати загальні підходи до випробування цього обладнання.

В залежності від того, які цілі сформульовані на початку процедури, розрізняють випробування:

- оперативні;
- стаціонарні.

Виходячи з назви оперативні випробування проводять за місцем встановлення ПС, стаціонарні – в лабораторних умовах після демонтажу приладу.

Оперативні випробування, в свою чергу, поділяються на три класи:

- клас А – проводяться оператором в ручному режимі;
- клас В – проводяться в автоматичному режимі з пожежного приймально-контрольного приладу (ППКП) СПС;
- клас С – проводяться оператором шляхом впливу на чутливий елемент за допомогою імітаторів первинної ознаки пожежі.

Найбільш розповсюдженими технічними рішеннями класу А є розробка механічних елементів, з допомогою яких відбувається вплив на чутливий елемент ПС, який за своїми характеристиками нагадує вплив первинних ознак пожежі. До переваг такого методу можна віднести простоту і малий час проведення. А основним недоліком – неможливість оцінювання чутливості ПС до різного за характеристиками (рівнем сигналу) впливу «первинної ознаки».

Випробування класу В проводяться шляхом формування ППКП імпульсу, що імітує вплив на чутливий елемент факторів пожежі або виникнення позаштатної ситуації (коротке замикання, обрив шлейфу та ін.). У більшості сучасних ППКП розробники передбачають таку функцію. До переваг такого методу можна віднести його швидкість та простоту, комфортність для оператора. Але при цьому він має і суттєві недоліки. Головним вважається те, що фактично перевіряється не чутливий елемент ПС, а робота схеми обробки інформації. Також не аналізується чутливість сповіщувача до різного рівня вхідного сигналу.

Різноманіття на ринку продукції протипожежного призначення технічних рішень класу С зараз дуже широке. До них відносяться камери невеликого розміру, за допомогою якої у локальному об'ємі навколо ПС створюється вплив, схожий з дією пожежі. Також розробники пропонують речовини, що імітують вплив первинних ознак пожежі. Ще одне технічне рішення, яке відносять до даного класу – портативні прилади для дистанційного посилення на чутливий елемент ПС електромагнітного імпульсу. Основною перевагою таких випробувань є перевірка саме чутливого сповіщувача.

Стаціонарні випробування ПС, як правило, проводяться на етапі виготовлення виробником, органами сертифікації продукції для підтвердження відповідності її чинним вимогам.

Проведення стаціонарних випробувань дає змогу провести аналіз якості роботи як чутливих елементів, так і схеми обробки сигналу у різних режимах, за різних умов експлуатації та впливу ознак пожежі.

- TF 1 – відкрите полум'я (деревина);
- TF 2 – пиролізний (деревина);
- TF 3 – тліючий (бавовна);
- TF 4 – відкрите полум'я, синтетика (поліуретан);
- TF 5 – рідинний (n-гептан);
- TF 6 – рідинний (денатурований спирт).

Для точної оцінки параметрів ПС згідно міжнародних стандартів застосовується повітряний канал, що забезпечує циркуляцію повітря. В якості прикладу установки для проведення стаціонарного випробування ПС можна навести установку в лабораторії Центра інтеграції енергетичних систем NREL (Міністерство енергетики США) (рис. 1).



Рисунок 1 – Установка для стаціонарних випробувань пожежних сповісвачів

Таким чином, аналіз існуючих методів випробування пожежних сповісвачів показав, що їх вибір дозволяє підтримувати працездатність СПС на належному рівні як під час виготовлення обладнання, його сертифікації та здавання в експлуатацію, так і протягом всього періоду поточної експлуатації. А прийняття рішення щодо вибору конкретного метода залежить від задач, які поставлені.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дерев'янюк О.А., Бондаренко С.М., Христич В.В., Антошкін О.А. Системи пожежної та охоронної сигналізації. Текст лекцій. Харків, 2008. 149 с.
2. Системи пожежної сигналізації. Сповісвачі димові точкові розсіяного світла, пропущеного світла або іонізаційні (ДСТУ EN 54-7:2000, IDT). [Чинний від 2004-05-07]. К. : Держспоживстандарт України, 2004. 186 с.
- 3.

O.A. Antoshkin, Ph.D., associate professor, National University of Civil Defense of Ukraine A.H. Kovshar, National University of Civil Defense of Ukraine

ANALYSIS OF FIRE ALARM TESTING METHODS

The work examines the existing methods of testing automatic fire detectors in fire alarm systems, their advantages and disadvantages, and procedures.

*О.В. Миргород, к.т.н., с.н.с., доцент
М.А. Десятерик, курсант 4 курсу факультету ПБ
М.Б. Омелянчук, курсантка 4 курсу факультету ПБ
Національний університет цивільного захисту України*

ДЕЯКІ ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ У СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ

Пластик оточує нас всюди. Він легкий, міцний, дешевий, гнучкий, стійкий до корозії та хімічних речовин, а тому такий популярний у різних галузях промисловості, торгівлі, харчуванні, в моді та будівництві. Естетика й функціональність, а також повторне використання пластику роблять його ідеальним для створення різноманітних речей.

Одна із переваг пластмас – це їхня міцність та стійкість. Пластикові речі можуть витримувати високий тиск, удари, згинання та розтягування й тривалий час не потребують заміни чи ремонту, що зручно в будівельній галузі [1-2].

Для несучих, огорожувальних конструкцій застосовують різні будівельні матеріали. Деревношаруваті пластики – це листові матеріали, виготовлені гарячим пресуванням пакетів із декількох шарів деревного шпону, просоченого синтетичними смолами. Довжина листів – 700-5600, ширина – 950-1200, товщина – до 12 мм. Застосовують як конструкційно-опоряджувальний матеріал.

Склопластики складаються з в'язучого полімеру і наповнювачів із скловолокнистих матеріалів. За видом скловолокнистого наповнювача розрізняють: СВМ – скловолокнистий анізотропний матеріал склопластик на основі рубленого волокна, склотекстоліт. СВМ виготовляють гарячим пресуванням листів склошпону – тонких полотен спеціально орієнтованих волокон, які склеєні епоксидно-фенольними смолами. Основні характеристики: $\rho_m = 1900-2000 \text{ кг/м}^3$, $R_{роз} = 450 \text{ МПа}$, $R_{ст} = 400$, $R_{зг} = 700 \text{ МПа}$. Використовують для несучих елементів, оболонок, стінових панелей.

Склопластики на основі рубленого волокна і поліефірних смол випускають у вигляді плоских і хвилястих листів, довжина яких 1000-6000 мм, ширина – 1500 мм і товщина 1,0-1,5 мм; $\rho_m = 1400 \text{ кг/м}^3$, $R_{ст} = 90$, $R_{зг} = 130 \text{ МПа}$. Використовують для покрівлі, опоряджування балконів, кафе, павільйонів, навісів тощо.

Склотекстоліт одержують гарячим пресуванням полотен склотканини, просоченої фенолформальдегідними смолами. Випускають у вигляді листів, довжина яких 2400 мм, ширина 600-1200, товщина 1-7 мм і у вигляді плит 9-35 мм завтовшки; $\rho_m = 1850-1950 \text{ кг/м}^3$, $R_{ст} = 95$, $R_{роз} = 300$, $R_{зг} = 120 \text{ МПа}$. Зі склотекстоліту виготовляють стінові панелі, оболонки, покрівлі.

Полімерні матеріали легші, ніж деревні та керамічні, міцні, біостійкі, гігієнічні, тепло- та звукоізоляційні. Найпоширеніший матеріал для покриття підлоги – лінолеум (рис. 1), який випускають з основою і без неї. Каландровим способом виготовляють безосновний лінолеум; змішують компоненти; пластифікують масу на вальцях при температурі 130-150 °С і отримують полотно на каландрах.

Лінолеуми на підоснові виготовляють промазним способом: лінолеумну пасту наносять на рухоми підоснову (джутові, кенафні тканини та повстяна підкладка) з наступною термообробкою у камерах і ущільненням на каландрі.

Полівінілхлоридний лінолеум виготовляють з полівінілхлориду (40-45%), дибутилфталату (17-23 %), стабілізатора (до 1 %), наповнювачів: деревне борошно, тальк тощо (19-35 %), пігментів (5-15 %). Випускають у вигляді полотна, ширина якого 1200-2400 мм, товщина – 1-6 мм і довжина – до 12 м.

Найбільш індустріальний вид покриття – полівінілхлоридний лінолеум на тепло-, звукоізоляційній повстяній або синтетичній спученій основі виробляється відповідно до [3]. Застосовують для влаштування підлог у приміщеннях з підвищеними вимогами до звуко- та теплоізоляції (житлові приміщення, номери готелів, громадські будівлі).

Полівінілхлоридний лінолеум без підоснови виробляється відповідно до [4]. Нині понад 80 % усього лінолеуму, що випускається у світі, припадає на ПВХ-лінолеум.

У західних країнах ПВХ-лінолеум прийнято називати ПВХ-покриттям, тоді як у нас усі види гнучких покриттів для підлоги називають лінолеумом.



Рисунок 1. Загальний вигляд лінолеуму.

Гліфталевий (алкідний) лінолеум виготовляють на тканинній основі промазним способом. Лінолеумну пасту одержують із фталевого ангідриду, гліцерину та модифікувальних добавок. Випускають 1800-2000 мм завширшки, 2,5-5,0 мм завтовшки, не менш як 20 м завдовжки. Гліфталевий лінолеум може бути однокольоровим або з малюнком. При мінусових температурах крихкий. В Україні алкідний лінолеум на тканинній основі після 2000 року не випускався.

Колоксиліновий (нітроцелюлозний) лінолеум – безосновний. У рулоні його 20 м, ширина – 1000-1600 мм, товщина – від 2 до 4 мм. Колір червоний або коричневий. Має високу еластичність, пружність, добре чинить опір стиранню. Недолік – підвищена займистість. Основною сировиною для виробництва цього виду лінолеуму служить колоксилін – продукт обробки целюлози нітрирувальною сумішшю. В Україні колоксиліновий лінолеум не виробляють.

Гумовий лінолеум (релін) виготовляють дво- чи тришаровим. Основний шар – нафтовий бітум з подрібненою гумою і азбестом. Верхній (лицьовий) шар – з кольорової гуми на синтетичному каучуку з наповнювачами. Довжина рулонів реліну – не менше ніж 12 м, ширина – 1000-1600 мм, товщина – 3-5 мм. Кожен шар виготовляють окремо з наступним дублюванням на барабанних пресах і одночасній вулканізації гуми. Релін еластичний, водо-, кислото-, лугостійкий, звукопоглинальний. В Україні гумовий лінолеум після 2000 року не випускався.

Синтетичні ворсові килими на спінений латексній основі мають підвищені акустичні й теплоізоляційні властивості. Товщина – 3-8 мм, довжина – до 12 м, ширина – від 1000 до 4000 мм. Застосовують у читальних залах, номерах готелів тощо. Різновиди синтетичних ворсових килимів – ворсолін і ворсоніт. Ворсолін – нетканий рулонний матеріал з двох шарів: верхній шар – петельний ворс із пропіленої пряжі, нижній шар – полівінілхлоридна плівка. Довжина полотна – 12-20 м, ширина – 1000, товщина – 4-6 мм. Ворсоніт виготовляють із поліефірної чи поліамідної тканини. Верхній шар – синтетична тканина з капроновим ворсом, а нижній – спінений латекс (пінолатекс). Довжина – до 12 м, ширина – 1-4 м, товщина – до 8 мм.

Плитки для підлог виготовляють з полівінілхлориду, кумарону, каучуку, гуми. Плитки легко кріпити до основи, замінювати іншими під час ремонту. З них можна створювати малюнок підлоги, але вони менш гігієнічні, ніж рулонні матеріали. Розміри полівінілхлоридних плиток – 300×300, 200×200 мм, товщина – 1,5-3 мм; водостійкі, добре чинять опір стиранню, пружні. Кумаронові плитки мають такі ж розміри при товщині 3-4 мм. Розміри гумових плиток 300×300, 500×500 мм, товщина – 3,5-10 мм.

Крім рулонних і плиткових, для підлог застосовують мастикові безшовні матеріали на основі карбамідних, поліефірних, полівінілацетатних полімерів. Безшовні підлоги бувають полівінілацетатні, полімерцементні, епоксидні.

Полівінілацетатні покриття складаються з полівінілацетатної емульсії (1 частина), мінерального порошку (0,8-1,5 частини), мінеральних пігментів (0,12-0,25 частини) і води (0,3-0,5 частини), їх наносять на сухий шар цементно-піщаного розчину марки 150 з полівінілацетатною емульсією пістолетом-розпилювачем у два шари, загальна товщина яких 2-3 мм.

Полімерцементні покриття виготовляють ретельним перемішуванням полівінілацетатної емульсії з водою, пігментами, цементом, піском, щебенем. Склад полівінілацетатного бетону за масою: цемент марки не нижче 400 – 1 частина; полівінілацетатна емульсія – 0,3; вода – 0,25; пігменти – 1,4; щебінь – 2,6 частини.

Епоксидні підлоги складаються з суміші епоксидної смоли (1 частина), отверджувача (2 частини), піску (3,7 частини). Товщина покриття – 2-3 мм. Уводячи до складу мастикових безшовних матеріалів спеціальні добавки, можна створювати електричні, бактерицидні, пиловідштовхуючі та інші спеціальні покриття підлог промислових і цивільних будівель.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пахаренко В.О., Пахаренко В.В., Яковлєва Р.А. Пластмаси в будівництві: Підручник. – К.: «Видавництво Ліра-К», 2016. – 352 с.
2. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.
3. ДСТУ Б В.2.7-20-95. Будівельні матеріали. Лінолеум полівінілхлоридний на теплозвукоізолюючій підоснові. Технічні умови.
4. ДСТУ Б В.2.7-21:2013. Матеріали і вироби полівінілхлоридні багат шарові та одношарові для покриття підлог. Технічні умови.

O.V. Myrgorod, Ph.D., Senior Researcher, Associate Professor

M.A. Desyaternyk, 4th year cadet at the Faculty of PB

M.B. Omelyanchuk, 4th year cadet at the Faculty of PB

National University of Civil Defence of Ukraine

SOME POLYMERIC MATERIALS USED IN MODERN CONSTRUCTION

Plastic surrounds us everywhere. It is light, strong, cheap, flexible, resistant to corrosion and chemicals, which is why it is so popular in various industries, trade, food, fashion and construction. Aesthetics and functionality, as well as the reusability of plastic, make it ideal for creating a variety of things.

One of the advantages of plastics is their strength and durability. Plastic items can withstand high pressure, impact, bending and stretching and do not need to be replaced or repaired for a long time, which is convenient in the construction industry.

Different building materials are used for load-bearing, enclosing structures. Polymer materials are lighter than wooden and ceramic materials, strong, bio-resistant, hygienic, heat- and sound-insulating. The most common material for covering the floor is linoleum, which is produced with and without a base. Baseless linoleum is made using the calender method; mix the components; the mass is plasticized on rollers at a temperature of 130-150 °C and the fabric is obtained on calenders.

*А.І. Ковальов, к.т.н., с.н.с., ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України,
Р.Р. Пурденко, Приватне підприємство «ПроектБудСтар»,
Є.В. Качкар, к.т.н., доц., Комунальний навчальний заклад «Черкаський обласний
інститут післядипломної освіти педагогічних працівників Черкаської обласної ради»*

МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ВОГНЕЗАХИЩЕНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЛІ

Незважаючи на значний поступ у науково-технічній сфері, людству ще не вдалося знайти абсолютно надійних засобів щодо забезпечення пожежної безпеки. Більше того, статистика свідчить, що при зростанні чисельності населення на 1 %, кількість пожеж збільшується приблизно на 5 %, а збитки від них зростають на 10 %. Проведений аналіз статистичних даних виникнення пожеж за останні роки, аналіз сучасних методів та підходів щодо оцінювання вогнестійкості залізобетонних конструкцій, дає можливість стверджувати щодо існування потреб в розробці методів оцінювання вогнестійкості залізобетонних конструкцій, що допоможе запобігти руйнуванню конструкцій та зменшити кількість загиблих при виникненні надзвичайних ситуацій або пожеж [1]. Саме тому створення основ ефективного оцінювання вогнестійкості вогнезахисних залізобетонних будівельних конструкцій з науково обґрунтованими параметрами вогнезахисних покриттів є актуальною проблемою.

Забезпечення нормованого значення межі вогнестійкості несучих елементів залізобетонних будівельних конструкцій є важливою і досить складною проблемою, розв'язання якої дозволить на стадії проектування, будівництва та експлуатації будівель і споруд застосовувати у сучасному будівництві конструкції, які здатні забезпечити стійкість об'єкту при високотемпературному впливі або при руйнуванні внаслідок порушення нормальних умов його функціонування.

Метою дослідження є розкриття особливостей впливу високих температур та механічного навантаження на стійкість будівель (на прикладі паркінгу для автомобілів) із захищених і вогнезахисних залізобетонних конструкцій (перекрыттів, колон) за допомогою розробленої комп'ютерної моделі в програмному комплексі «ЛІРА-САПР» (Україна). Це дає можливість здійснити аналіз теплового та напружено-деформованого стану захищених будівельних конструкцій будівлі та розробити пропозиції з підвищення меж вогнестійкості конструкцій за допомогою вогнезахисних покриттів з науково обґрунтованими параметрами [2].

Об'єктом дослідження було обрано 3-ох поверховий паркінг, що являв собою монолітно-каркасну будівлю, виконану із монолітного залізобетону.

Для обробки даних використовувались результати розрахунків теплового та напружено-деформованого станів вогнезахисних залізобетонних (перекрыттів, колон) будівельних конструкцій, які використано при оцінюванні вогнестійкості залізобетонних конструкцій на прикладі паркінгу із вогнезахисних конструкцій.

Дослідження проведено на основі чисельного дослідження напружено-деформованого стану вогнезахисних залізобетонних конструкцій з урахуванням нестационарних полів температур в бетоні та арматурі для стандартного температурного режиму пожежі за допомогою системи «Теплопровідність» ПК «ЛІРА-САПР» (Україна).

Для вказаного проекту в програмному комплексі «ЛІРА-САПР» було побудовано скінчено-елементну модель трьохповерхового паркінгу, задані навантаження на конструкції паркінгу. Модель складається з 49105 елементів та 40070 вузлів. Навантаження на плиту прийняті: постійне – $0,55 \text{ т/м}^2$, тимчасове – $0,96 \text{ т/м}^2$, із них довготривале – $0,6 \text{ т/м}^2$, короткочасне $0,36 \text{ т/м}^2$. Змодельованим елементам скінчено-елементної моделі було призначено типи жорсткості.

Побудова моделі і в подальшому розрахунки були виконані на ліцензованій комп'ютерній програмі, яку надано ТОВ «ЛІРА САПР» (Україна) (ліцензія № 1/8583 від 16.02.2022).

Для розрахунків нерівномірних розподілів температури в поперечному перерізі вогнезахищеної залізобетонної колони застосовували математичну модель нестационарної теплопровідності, математичний апарат якої використано в програмі «ЛІРА-САПР». Модель являє собою диференціальне рівняння теплопровідності, яка враховує радіаційно-конвективний теплообмін від газового середовища до обігрівних поверхонь колони (обігрів з 4-ох сторін) (граничні умови III-го роду), теплообмін теплопровідністю в колоні. Для розв'язання рівняння теплопровідності використовувався метод скінчених елементів, реалізований в програмі «ЛІРА-САПР». Розрахунок проводився із врахуванням фізичної нелінійності при формуванні параметрів. Для врахування нелінійності в програмному комплексі «ЛІРА-САПР» був обраний простий кроковий метод з кількістю кроків рівним 30. Обрано закон нелінійного деформування бетону, що застосовуються в програмному комплексі «ЛІРА-САПР»: 1501 – кусково-лінійний закон деформування [3].

Для підвищення межі вогнестійкості залізобетонної колони до 180 хв. розмірами $0,5 \times 0,5 \times 3$ м можливо застосування вогнезахисних покриттів з науково обґрунтованими параметрами. До таких параметрів слід віднести: вид, товщину вогнезахисного покриття, місця нанесення та умови експлуатації. Для підвищення вогнестійкості залізобетонних конструкцій найбільш ефективні та переважно використовуються пасивні вогнезахисні покриття. Було обрано таке пасивне вогнезахисне покриття, коефіцієнт теплопровідності якого знайдено в роботі [4]. Питома об'ємна теплоємність покриття була знайдена розв'язанням обернених задач теплопровідності і склала $C_v = 10^6$ Дж/м³·°C.

Використовуючи теплофізичні характеристики покриття, проведено моделювання вогнезахисту залізобетонної колони. В результаті проведених досліджень встановлено, що для підвищення межі вогнестійкості залізобетонної колони розмірами 500×500 мм до 180 хвилин необхідно запроектувати вогнезахист у вигляді вогнезахисного покриття з заданими параметрами арматури і бетону. При цьому, товщина вогнезахисного покриття повинна складати 11 мм на основі розв'язання прямих задач теплопровідності у програмному комплексі FRIEND. В результаті чисельного моделювання були отримані розподіли температур у вогнезахищеній залізобетонній колоні на 180 хв. вогневого впливу за стандартним температурним режимом пожежі при обігріві колони з чотирьох сторін [4]. Товщина пасивного вогнезахисного покриття з науково обґрунтованими параметрами дозволяє знизити температуру на кутових арматурних стрижнях в 4 рази. Вказане створює умови для ефективного підвищення меж вогнестійкості залізобетонних конструкцій без проектування додаткового армування

Таким чином, методологія оцінювання вогнестійкості вогнезахищених будівельних конструкцій включає в себе:

- вибір математичної моделі: вхідні (початкові) дані, початкові умови, граничні умови, зв'язуюче рівняння, вихідні дані, розв'язання обернених задач теплопровідності, алгоритм, ідентифікація, збіжність результатів (аналіз невизначеностей), верифікація, валідація, 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: задавання 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), якщо не відповідає, то вибираємо інший;

- моделювання процесу (теплотехнічний та статичний розрахунки);
- аналіз результатів: розподіл температури по перетину конструкції, зміна фізичних характеристик бетону та арматури в залежності від температури прогріву перетину: модуль пружності бетону при різних температурах, коефіцієнт лінійної температурної деформації бетону, гранична відносна деформація бетону;
- перевірка 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.

ЛІТЕРАТУРА

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

Andrii Kovalov, Phd, Senior Research, Cherkassy institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine, Roman Purdenko, private enterprise «ProjectBudStar», Yevhen Kachkar, Phd, Associate Professor, Cherkassy Regional Institute of Postgraduate Education for Pedagogical Workers of the Cherkassy Regional Council

METHODOLOGY FOR EVALUATING THE FIRE RESISTANCE OF FIRE-PROOF BUILDING STRUCTURES

A methodology for evaluating the fire resistance of fire-resistant building structures has been developed, which includes: selection of a mathematical model: input (initial) data, initial conditions, boundary conditions, binding equation, output data, solution of inverse heat conduction problems, algorithm, identification, convergence of results (uncertainty analysis), verification, validation, sensitivity analysis, computational experiment; construction of a finite element model; task of physical properties of materials: task of thermophysical characteristics of concrete and fire-resistant coating (coefficients of thermal conductivity, heat capacity, density, coefficients of convective heat exchange), choice of fire temperature regime; the question of strength and deformation properties of materials, task of load on the structure, actual weight, conditions of fixing the sample, scheme of fixing the sample, choice of the law of nonlinear deformation of the construction materials (concrete and reinforcement), if it does not match, then we choose something else; process modeling (thermal engineering and static calculations); analysis of results; check with the results of fire resistance tests.

*Д.Г. Трегубов, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України
Ф.Д. Трегубова, Національний університет цивільного захисту України*

ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ НА ПІДСТАВІ МОДЕЛЮВАННЯ ЕТАПУ КЛАСТЕРНОЇ БУДОВИ ПОЛУМ'Я

Недоліком багатьох методик розрахунку параметрів речовин, у тому числі пожежонебезпечних, є відсутність способів врахування взаємодії на надмолекулярному рівні, який на нашу думку визначає коливальності певних параметрів для гомологічних рядів. Але існують дані про наявність таких структур та їх вплив на деякі параметри. Так, найпростішим арифметичним параметром, який корелює з властивостями речовин є еквівалентна довжина кластеру, яка може бути не пропорційною до довжини молекули [1].

Попередні дослідження показали подібність між процесами розчинності н-алканів у воді та умовою їх самоспалахування [2], тому процес виникнення горіння можна описати агрегацією усіх молекул горючої речовини з усіма молекулами кисню суміші у суцільну полімероподібну структуру з пероксидними групами у якості зв'язуючих ланок. В цій структурі можна виділити найменший базовий кластер, який визначає її властивості. Для дуже багатих та бідних сумішей з'являється надлишок горючої речовини або кисню, які разом з азотом повітря заважають утворитися цій цілісній структурі.

Для усіх завершених пероксидних співвідношень можна розрахувати стехіометричні концентрації повітряних сумішей [3]:

$$\varphi_{\text{смк}} = 100/(1 + 4,76\beta), \%, \quad (1)$$

де β – стехіометричний коефіцієнт, який показує кількість молів кисню для утворення певної пероксидної пропорції на 1 моль горючої речовини.

Для кожного виду виникнення та поширення горіння існує певна стехіометрична пероксидна пропорція, якою можна описати повітряні суміші та певні межі горіння: 1) нижня КМПП моделюється полімером, мономер якого на кожному карбоні має 2 гідропероксидних групи та дві алкілпероксидні, якими зв'язаний з паралельними мономерами та ще 2 – з сусідніми мономерами лінійного розташування, але за «погонного» розрахунку на 1 молекулу витрачається молекул кисню $3n_c+1$; 2) верхня КМПП моделюється полімером, мономер якого складається з алкан-димеру паралельного розташування, який зв'язаний алкілпероксидними групами з таким самим мономером, та ще 4 – з сусідніми мономерами лінійного розташування, але за «погонного» розрахунку на 1 молекулу витрачається молекул кисню $0,25n_c+1$; 3) стехіометрична концентрація повного згоряння моделюється полімером, мономер якого є послідовним алкан-димером та має на кожному карбоні 1 гідропероксидну та 1 алкілпероксидну групи, остання зв'язує цей мономер з паралельним, та ще 1 алкілпероксидну, яка зв'язує його з сусідніми мономерами лінійного розташування, але за «погонного» розрахунку на 1 молекулу витрачається молекул кисню $1,5n_c+0,5$; 4) нижня детонаційна межа моделюється полімером, мономер якого має 4 алкілпероксидні групи на кожному карбоні, якими зв'язаний з паралельними мономерами, але за «погонного» розрахунку на 1 молекулу витрачається молекул кисню $2n_c$; 5) верхня детонаційна межа моделюється полімером, кожний мономер якого зв'язаний пероксидними містками з 2 сусідніми паралельними мономерами, але за «погонного» розрахунку на 1 молекулу витрачається молекул кисню $1n_c$; 6) верхня межа холодного полум'я моделюється як суміш пероксидних полімерів лінійних алкан-димерів з $\beta = 0,5$ та пероксидних паралельних димерів з 1 алкілпероксидною групою на кожному карбоні з $\beta=0,5n_c$ у співвідношенні 95/5 %. Поза концентраційних меж не утворюється суцільних надмолекулярних структур.

Достатньо довідкових даних [4] є лише для встановлення кореляцій розрахункових моделей стосовно КМПП та стехіометричної концентрації. Для відповідних моделей № 1–

З достовірність апроксимації довідкових даних становить не менше ніж 0,99, рис. 1.

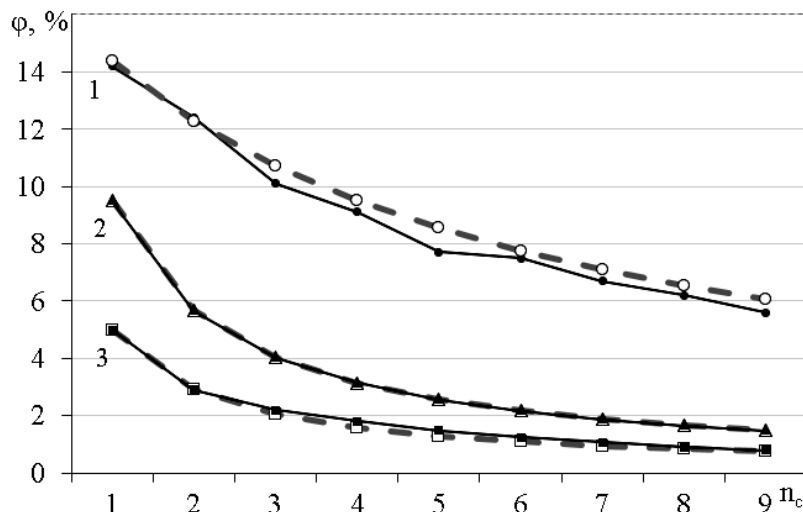


Рис. 1. Відповідність концентраційних меж за пероксидною моделлю «— — —» до довідкових даних «————» [4]:

1 – верхня КМПП, 2 – стехіометрична концентрація, 3 – нижня КМПП

Але незалежно від кількості агрегованих «кисневих» груп можна говорити про каркасну довжину кластеру з урахуванням «кисневих» містків. Такі моделі було створено для опису $t_{пл}$ та γ н-alkanів [2, 5], табл. 1 (кратність кластеризації, ланка місця кластеризації у вуглеводні, довжина кластеру).

Таблиця 1. Моделювання довжин кластерів н-alkanів

пс	Стан плавлення			Розчинність			Самоспалахування		
	кластеризація		$n_{с_{кв}}$	кластеризація		$n_{с_{кв}} + n_{H_2O}$	кластеризація		$n_{с_{кв}} + n_{O_2}$
	кратність	ланка		кратність	ланка		кратність	ланка	
1	6	1	6	6	1	12	3	1	6
2	3	1	6	3	1	9	2	1	6
3	2	1	6	2	1	8	2	2	6
4	2	1	8	2	2	8	2	2	8
5	2	2	9	2	3	8	2	2	10
6	2	1	12	2	3	10	2	2	12
7	2	2	13	2	3	12	2	2	14
8	2	1	16	2	1	18	2	2	16
9	2	2	17	3	3	24	2	3	16
10	2	1	20	3	2	30	2	4	16
11	2	2	21	4	3	36	2	5	16
12	2	1	24	4	1	52	2	6	16
13	2	2	25	4	2	48	2	7	16
14	2	1	28	6	1	90	2	8	16
15	2	2	29	9	1	144	2	9	16
16	2	1	32	9	1	153	2	1	16*
17	2	2	33	3	1	54	2	1	16*
18	2	1	36	3	4	48	2	1	13*
19	2	2	37	7	1	140	2	1	12*
20	2	1	40	3	2	60	2	1	12*

* - інші ланки карбонового ланцюга знаходяться у стані глобул.

Короткі молекули вуглеводнів часто мають аномальні властивості. Так, серед н-

алканів метан та етан мають завищені $t_{пл}$ та занижені t_{cc} , розчинність у воді. Це вимагає більшої довжини кластерів, тому для моделювання $t_{пл}$, t_{cc} та γ метану випробувано гексамерну будову, для етану – тримерну (для самоспалахування – як суміш кластерів різної кратності). Прогнозовані довжини кластерів n -алканів для умов самоспалахування певним чином корелюють з відповідними характеристиками для умов плавлення та розчинності у воді, табл. 1, що свідчить про концептуальну близькість лінійної будови надмолекулярних структур.

На підставі раніше розробленого показника «легкості плавлення» [6] розроблено формулу для опису залежності $t_{cc}(n_c)$ для n -алканів аналогічного вигляду до $t_{пл}(n_c)$:

$$t_{cc} = -204,6 \ln(10n_{Mcc} - 9) + 1440,9, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2)$$

де n_{Mcc} – модифікований показник легкості плавлення для характеристики кластерної будови за умов самоспалахування, $n_{Mcc} = n_{c_{еквCC}} M^{0,2}$; $n_{c_{еквCC}}$ – еквівалентна довжина пероксидного кластеру вуглеводню у повітряній суміші під час самоспалахування, розрахована за методикою [7]; M – молярна маса мономерного стану речовини, г/моль.

Формула виду (2) дозволяє добирати довжини та кратність кластерів та забезпечує для алканів нормальної та ізомерної будови опис залежності $t_{cc}(n_c)$ з коефіцієнтом кореляції $R = 0,98$. Похибки розрахунку скоріш за все визначаються помилками у моделюванні надмолекулярної будови алканів.

Таким чином, параметри горіння n -алканів корелюють з описом їх агрегування у надмолекулярні структури з молекулами кисню у вигляді об'ємної полімерної сітки, мономер якої має певні пероксидні пропорції та довжину.

ЛІТЕРАТУРА:

- [1]. Tregubov D. et al. Oscillation and Stepwise of Hydrocarbon Melting Temperatures as a Marker of their Cluster Structure. *Solid State Phenomena*. 2022. Vol. 334. P. 124–130.
- [2]. Трегубов Д.Г. та ін. Аналіз співвідношення властивостей у гомологічних рядах вуглеводнів з метою врахування наявності надмолекулярної будови речовини. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2023. № 38. С. 96–118.
- [3]. Тарахно О.В. та ін. Теорія розвитку та припинення горіння. Практикум. Ч. I: Харків: НУЦЗ України, 2010. 309 с.
- [4]. Glassman I., Yetter R. A. Combustion. London: Elsevier, 2014. 757 p.
- [5]. 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. URL: <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/15983>
- [6]. Трегубов Д. Г., Шаршанов А. Я., Соколов Д. Л., Трегубова Ф. Д. Прогнозування найменших надмолекулярних структур алканів нормальної та ізомерної будови. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2022. № 35. С. 63–75.
- [7]. Tregubov D., Slepuzhnikov E., Chyrkina M., Maiboroda A. Cluster Mechanism of the Explosive Processes Initiation in the Matter. *Key Eng. Materials*. 2023. Vol. 952. P. 131–142.

*D.G. Tregubov, Ph.D., associate professor, National University of Civil Protection of Ukraine,
F.D. Tregubova, student, National University of Civil Protection of Ukraine*

FIRE HAZARD PARAMETERS PREDICTION BASED ON THE FLAME CLUSTER STRUCTURE STAGE MODELING

In the article, the "oxygen" proportions of the n -alkane molecules association into clusters are developed, which allow determining the characteristic concentration limits for the flaming combustion and detonation occurrence, the clusters lengths are determined, and a formula is developed that allows predicting the n -alkanes autoignition temperatures.

*Ю.Л. Фецул, кандидат технічних наук, старший дослідник;
О.О. Сізіков, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник;
С.Ю. Голікова*

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

АНАЛІЗ ПОЛОЖЕНЬ ДБН В.1.2-7:2021, ПОВ'ЯЗАНИХ З СУТТЄВИМИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ БУДІВЕЛЬНОЇ ПРОДУКЦІЇ

З введенням в дію технічного регламенту, що визначає правові та організаційні засади введення в обіг або надання будівельної продукції на ринку шляхом встановлення правил для вираження показників, пов'язаних із суттєвими експлуатаційними характеристиками такої продукції, який прийнятий Законом України «Про надання будівельної продукції на ринку» [1] виникла необхідність в аналізі діючих державних будівельних норм [2], що визначають основні положення основної вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки відповідно до [3].

Аналітичний огляд джерел інформації, зокрема [4–7] дозволив встановити, що основними пожежними характеристиками будівельної продукції є

- вогнестійкість;
- реакція на вогонь;
- стійкість до зовнішнього вогневого впливу.

Розділом 5 ДБН В.1.2-7:2021 при визначенні критеріїв граничних станів єдиною суттєвою характеристикою будівельної продукції взято вогнестійкість, при цьому упущено інші пожежні характеристики.

Разом з цим ДБН В.1.2-7:2021 не у повній мірі розкриває граничні стани з вогнестійкості. Зокрема упущено граничні стани з вогнестійкості, що передбачені ДСТУ EN 13501-2:2023 «Пожежна класифікація будівельних виробів і будівельних конструкцій. Частина 2. Класифікація за результатами випробувань на вогнестійкість (крім складників вентиляційних систем) (EN 13501-2:2016, IDT)» [8], а саме:

- здатність до самозачинення (C),
- стійкість до витоку диму (S),
- стійкість до «пожежі з горінням сажі» (G),
- вогнезахисна здатність (K).

Відсутність таких суттєвих пожежних характеристик як реакція на вогонь та стійкість до зовнішнього вогневого впливу не дає можливості реалізувати положення [1].

Таким чином в [2] необхідно визначити класи щодо реакції на вогонь відповідно європейської пожежної класифікації для:

- будівельної продукції, крім покриттів для підлог і теплоізоляційних матеріалів для прямих трубопроводів, електричних кабелів та покриттів/ покрівель будівель;
- для теплоізоляційних матеріалів для прямолінійних ділянок трубопроводів;
- для покриттів підлог;
- для електричних кабелів.

Окрім того, в [2] необхідно встановити класи за стійкістю до зовнішнього вогневого впливу для покриттів/покрівель будівель, що зазнають зовнішнього вогневого впливу.

Аналіз інжинірингу пожежної безпеки, зокрема п. А.4 додатку А показав, що не всі властивості щодо суттєвої характеристики «реакція на вогонь» відображені. Потребують уточнення наведені властивості відповідно до європейських підходів, а також доповнення переліку такою властивістю як «тління».

Отже, проведений аналіз ДБН В.1.2-7:2021 показав, що дані державні будівельні норми не розкривають пункт 2 частини 4 статті 7² Закону України «Про будівельні норми», а також вимоги Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку» в частині встановлення показників до суттєвих пожежних експлуатаційних характеристик

будівельної продукції тому в ДБН В.1.2-7:2021 необхідно вносити зміни або ж розробляти нову редакцію.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про надання будівельної продукції на ринку : Закон України від 02.09.2020 р. № 850-IX. *Голос України*. 2020. 03 жовт. № 183.
2. ДБН В.1.2-7:2021. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. [Чинний від 2022-09-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2022. 17 с.
3. Про будівельні норми : Закон України від 05.11.2009 № 1704-VI. *Офіційний вісник України*. 2009. № 93. 13стор.
4. Деякі питання надання будівельної продукції на ринку : Постанова Кабінету Міністрів України від 23.12.2021 р. № 1458. *Офіційний вісник України*. 2022. № 12. стор. 45.
5. COMMISSION DECISION of 3 May 2000 implementing Council Directive 89/106/EEC as regards the classification of the resistance to fire performance of construction products, construction works and parts thereof (notified under document number C(2000) 1001) (Text with EEA relevance) (2000/367/EC).
6. COMMISSION DECISION of 21 August 2001 implementing Council Directive 89/106/EEC as regards the classification of the external fire performance of roofs and roof coverings (notified under document number C(2001) 2474) (Text with EEA relevance) (2001/671/EC).
7. COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) 2016/364 of 1 July 2015 on the classification of the reaction to fire performance of construction products pursuant to Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council (Text with EEA relevance)
8. ДСТУ EN 13501-2:2023. Пожежна класифікація будівельних виробів і будівельних конструкцій. Частина 2. Класифікація за результатами випробувань на вогнестійкість (крім складників вентиляційних систем) (EN 13501-2:2016, IDT). [Чинний від 2023-11-01]. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2023. 67 с.

Y.L. Feshchuk, candidate of technical sciences, senior researcher,

O.O. Sizikov, candidate of technical sciences, senior researcher,

S.Y. Golikova

Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Kyiv, Ukraine

ANALYSIS OF THE PROVISIONS OF DBN V.1.2-7:2021 RELATED TO ESSENTIAL OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF CONSTRUCTION PRODUCTS

Abstract. An analysis of the provisions of DBN B.1.2-7:2021 related to the essential operational characteristics of construction products was conducted and it was established that these state construction regulations do not disclose clause 2 of part 4 of article 72 of the Law of Ukraine "On Construction Regulations", as well as the requirements of the Law of Ukraine "On the provision of construction products on the market" in terms of establishing indicators for essential fire performance characteristics of construction products.

Підкопай О.Ю., Національний університет цивільного захисту України
Дурєєв В.О., канд. техн. наук, доцент, Національний університет цивільного захисту
України

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТА З СУПЕРПАРАМАГНІТНИМИ ЧАСТКАМИ ПРИ СЛАБКОМУ МАГНІТНОМУ ПОЛІ

В переважній кількості теплових СП, що застосовуються в Україні, у якості ЧЕ застосовується магнітноконтактний геркон (СПТМ-62, СПТМ-70). Прийmemo наступну розрахункову схему для такого СП, рис. 1.

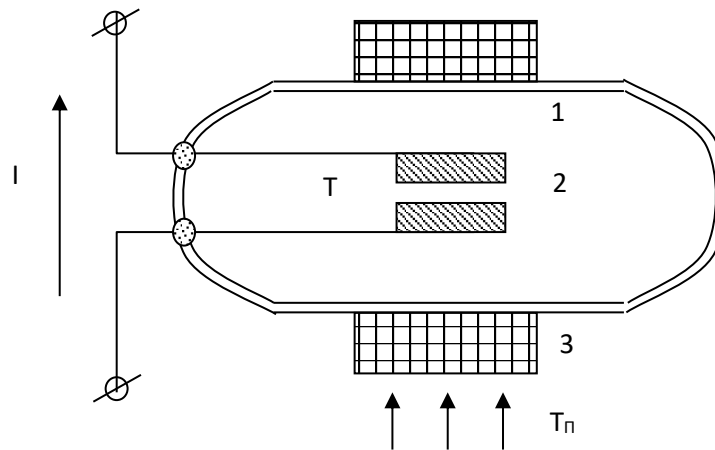


Рис. 1. Розрахункова схема магнітноконтактного чутливого елемента: 1 – геркон; 2 – контакти; 3 – кільцевий постійний магніт

Залежність намагніченості від зовнішнього магнітного поля і температури для матеріалів, що складаються з суперпарамагнітних часток, при слабкому та сильному магнітних полях:

$$M_{\text{сЛ}} = \frac{nm^2H}{3k_B T}; \quad (1)$$

де n – кількість суперпарамагнітних часток в одиниці об'єму матеріалу контакту; m – магнітний момент, Ам^2 ; H – зовнішнє магнітне поле, А/м . Для переходу до лінійної форми рівнянь (1÷4), дорівнюємо їх диференціали лівої та правої частин:

$$\frac{dM_{\text{сЛ}}}{dT} = \frac{k_{\text{сЛ}}}{T^2}; \quad k_{\text{сЛ}} = -\frac{nm^2H}{3k_B}; \quad (2)$$

Виконаємо аналогічні перетворення для математичних моделей магнітноконтактних СП, в яких матеріалами ЧЕ виступають суперпарамагнітні частки при слабкому та сильному магнітних полях і суперпарамагнітні частки з урахуванням намагніченості від зовнішнього магнітного поля і температури в загальних умовах.

Для ЧЕ з суперпарамагнітних часток при слабкому магнітному полі:

$$C \cdot m \cdot \frac{T^2}{k_{\text{СЛ}}} \cdot \frac{d}{d\tau} \Delta M_{\text{СЛ}} + \alpha \cdot F \cdot \frac{T^2}{k_{\text{СЛ}}} \cdot \Delta M_{\text{СЛ}} = \alpha \cdot F \cdot \Delta T_{\text{П}}; \quad (3)$$

$$T_{\text{СЛ}} \frac{\dot{m}_{\text{СЛ}}}{m_{\text{СЛ}}} + \overline{m_{\text{СЛ}}} = K_{\text{СЛ}} \overline{t_{\text{П}}}; \quad (4)$$

$$T_{\text{СЛ}} = \frac{C \cdot m}{\alpha \cdot F}; \quad K_{\text{СЛ}} = \frac{k_{\text{СЛ}}}{T^2} \cdot \frac{T_{\text{П0}}}{M_{\text{СЛ0}}}, \quad (5)$$

де $M_{\text{СЛ0}}$ – намагніченість суперпарамагнітних часток при слабкому магнітному полі у вихідній точці, А/м; $T_{\text{СЛ}}$ – інерційність, с; $K_{\text{СЛ}}$ – коефіцієнт посилення.

Так для контактів з суперпарамагнітних часток при слабкому магнітному полі 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 .

ЛІТЕРАТУРА

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>
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 SiO₂ 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

*V. Durieiev, PhD, Associate Professor of the Department,
National University of Civil Defence of Ukraine*

SIMULATION OF THE OPERATION OF A SENSITIVE ELEMENT WITH SUPER-PARAMAGNETIC PARTICLES IN A WEAK MAGNETIC FIELD

A mathematical model of a fireman's thermal magnetic contact detector was developed, taking into account the type and structure of the material of the sensitive element. Dependencies for the calculation of the dynamic parameters of the fire detector were determined and parametric studies of the tripping parameters were carried out.

Скрипник А.В., Національний університет цивільного захисту України
Дурсєв В.О., к. т. н, доцент, Національний університет цивільного захисту України

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТА З ОДНОДОМЕННИМИ ФЕРОМАГНІТНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

Велике різноманіття сповіщувачів, що виявляють пожежу на ранній стадії по збільшенню температури, використовують механізм зміни величини магнітної індукції при зміні рівня температури. Слід відмітити, що чутливий елемент такого сповіщувача містить контакти, магнітні властивості яких залежать від індукції магнітного поля постійного магніту, який міститься на капсулі чутливого елемента. При дії магнітного поля постійного магніту контакти намагнічуються та замикаються. При збільшенні температури до значення точки Кюрі, коли контакти втрачають магнітні властивості, контакти розмагнічуються та розмикаються. Ураховуючи, що контакти герметично запаєні в капсулі, на них не діє зовнішній вплив атмосфери і вони не окислюються. Роботі в якості матеріалів контактів чутливого елемента, запаєних в капсулі, пропонується застосування однодоменних феромагнітних матеріалів.

Так залежність намагніченості однодоменних феромагнітних матеріалів від температури:

$$M_{\text{одн}} = M_0 \sqrt{\frac{A\alpha}{k_B T}}, \quad (1)$$

де $M_{\text{одн}}$ – намагніченість однодоменного феромагнітного ЧУ при поточній температурі, А/м; M_0 – намагніченість однодоменного феромагнітного матеріалу ЧУ при $T = 0$ К, А/м; A – ефективна константа обмінної взаємодії; a – параметр решітки (структури) матеріалу контактів, м; k_B – постійна Больцмана, Дж/К; T – поточна температура, К.

З комплексним урахуванням намагніченості від зовнішнього магнітного поля і температури для загальних умов:

$$M_{\text{компл}} = nm \left[\text{cth} \left(\frac{mH}{k_B T} \right) - \frac{k_B T}{mH} \right]. \quad (2)$$

Для переходу до лінійної форми рівнянь (1÷4), дорівняємо їх диференціали лівої та правої частин:

$$\frac{dM_{\text{одн}}}{dT} = \frac{k_{\text{одн}}}{\sqrt{T^3}}; \quad k_{\text{одн}} = -\frac{1}{2} M_0 \sqrt{\frac{A\alpha}{k_B}}. \quad (3)$$

Для магнітноконтактного ЧЕ, що складається з однодоменних феромагнітних матеріалів:

$$C \cdot m \cdot \frac{\sqrt{T^3}}{k_{\text{одн}}} \cdot \frac{d}{dt} dM_{\text{одн}} + \alpha \cdot F \cdot \frac{\sqrt{T^3}}{k_{\text{одн}}} \cdot dM_{\text{одн}} = \alpha \cdot F \cdot dT_{\Pi}. \quad (4)$$

Виконаємо лінеаризацію (4):

$$C \cdot m \cdot \frac{\sqrt{T^3}}{k_{\text{одн}}} \cdot \frac{M_{\text{одн}0}}{M_{\text{одн}0}} \cdot \frac{d}{dt} \Delta M_{\text{одн}} + \alpha \cdot F \cdot \frac{\sqrt{T^3}}{k_{\text{одн}}} \cdot \frac{M_{\text{одн}0}}{M_{\text{одн}0}} \cdot \Delta M_{\text{одн}} = \alpha \cdot F \cdot \frac{T_{\Pi 0}}{T_{\Pi 0}} \cdot \Delta T_{\Pi}; \quad (5)$$

$$\frac{\dot{m}_{\text{одн}}}{M_{\text{одн0}}} = \frac{1}{M_{\text{одн0}}} \cdot \frac{d}{d\tau} \Delta M_{\text{одн}}; \quad \overline{m_{\text{одн}}} = \frac{\Delta M_{\text{одн}}}{M_{\text{одн0}}}; \quad \overline{t_{\text{п}}} = \frac{\Delta T_{\text{п}}}{T_{\text{п0}}}; \quad (6)$$

$$T_{\text{одн}} \frac{\dot{m}_{\text{одн}}}{\overline{m_{\text{одн}}}} + \overline{m_{\text{одн}}} = K_{\text{одн}} \overline{t_{\text{п}}}; \quad (7)$$

$$T_{\text{одн}} = \frac{C \cdot m}{\alpha \cdot F}; \quad K_{\text{одн}} = \frac{k_{\text{одн}}}{\sqrt{T^3}} \frac{T_{\text{п0}}}{M_{\text{одн0}}}, \quad (8)$$

де $M_{\text{одн0}}$ – намагніченість однодоменного ферромагнітного матеріалу ЧУ у вихідній точці, А/м; $T_{\text{п0}}$ – температура повітря у вихідній точці, К; $T_{\text{одн}}$ – інерційність, с; $K_{\text{одн}}$ – коефіцієнт посилення; $\overline{m_{\text{одн}}}$, $\overline{t_{\text{п}}}$ – відносні змінні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Tsepelev V., Starodubtsev Y., Zelenin V., Belozarov V., Konashkov V. Temperature affecting the magnetic properties of the Co79–xFe3Cr3Si15Bx amorphous alloy. *Journal of Alloys and Compounds*. 2015. Vol. 643. P. 280–282. doi: 10.1016/j.jallcom.2014.12.236
2. Jackiewicz D., Szewczyk R., Salach J. Modelling the magnetic characteristics and temperature influence on constructional steels. *Solid State Phenomena*. 2013. Vol. 199. P. 466–471. doi: 10.4028/www.scientific.net/ssp.199.466
3. Lu H., Zhu Y., Hui J. G. Measurement and modeling of thermal effects on magnetic hysteresis of soft ferrites. *IEEE Transactions on Magnetics*. 2007. Vol. 43 (11). P. 3953–3960. doi: 10.1109/tmag.2007.904942

*Skrypnyk A.V., National University of Civil Defence of Ukraine
V. Durieiev, PhD, Associate Professor of the Department, National University of Civil
Defence of Ukraine*

SIMULATION OF THE OPERATION OF A SENSITIVE ELEMENT WITH SINGLE-DOMAIN FERROMAGNETIC MATERIALS

The analysis of the literature on the modeling of fire detectors proved the need to create a mathematical model of a thermal magnetic contact detector in order to obtain its dynamic parameters and improve technical data. The model represents a system of differential equations describing the dependence of the magnetization of contacts of various structures in the sensitive element of the magnetic contact heat detector of the firefighter on the temperature during non-stationary convective heating. The solution of mathematical models is the equation of detector dynamics in relative variables, taking into account the contact structure of the sensitive element: single-domain ferromagnet, superparamagnetic particles in weak and strong magnetic fields, superparamagnetic particles with comprehensive consideration of magnetization from the external magnetic field and temperature.

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТА З КОМПЛЕКСНИМ УРАХУВАННЯМ НАМАГНІЧЕНОСТІ ВІД ЗОВНІШНЬОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ І ТЕМПЕРАТУРИ

Роботи з дослідження спрацювання систем протипожежного захисту потребують визначення динамічних параметрів роботи її складової системи сигналізації, а саме пожежних сповіщувачів. Для того, щоб визначити технічні параметри елементів систем пожежної сигналізації, потрібно розробити та скласти математичні моделі, що ураховують роботу складових в різних умовах. Зазвичай, потрібно урахувати в моделі роботи чутливого елемента його форму, структуру, хімічний склад та структуру кристалічної решітки матеріалу контактів.

Залежність намагніченості від зовнішнього магнітного поля і температури для матеріалів з комплексним урахуванням намагніченості від зовнішнього магнітного поля і температури для загальних умов:

$$M_{\text{КОМПЛ}} = nm \left[\text{cth} \left(\frac{mH}{k_B T} \right) - \frac{k_B T}{mH} \right]. \quad (1)$$

де n – кількість магнітних часток в одиниці об'єму матеріалу контакту; m – магнітний момент, Ам²; H – зовнішнє магнітне поле, А/м.

Для переходу до лінійної форми рівняння (1), дорівнюємо їх диференціали лівої та правої частин:

$$\frac{dM_{\text{КОМПЛ}}}{dT} = nm \left[\frac{1}{\text{sh}^2 \left(\frac{mH}{k_B T} \right)} \frac{1}{T^2} - \frac{k_B}{mH} \right] = \frac{k_1}{\text{sh}^2 \left(\frac{k_2}{T} \right)} \frac{1}{T^2} + k_3; \quad (2)$$

$$k_1 = nm; \quad k_2 = \frac{mH}{k_B}; \quad k_3 = -\frac{nk_B}{H}. \quad (3)$$

Для ЧЕ з суперпарамагнітних часток з комплексним урахуванням намагніченості від зовнішнього магнітного поля і температури в загальних умовах:

$$C \cdot m \cdot \frac{\text{sh}^2 \left(\frac{k_2}{T} \right) T^2}{k_1 + \text{sh}^2 \left(\frac{k_2}{T} \right) T^2 k_3} \cdot \frac{d}{d\tau} \Delta M_{\text{КОМПЛ}} + \alpha \cdot F \cdot \frac{\text{sh}^2 \left(\frac{k_2}{T} \right) T^2}{k_1 + \text{sh}^2 \left(\frac{k_2}{T} \right) T^2 k_3} \cdot \Delta M_{\text{КОМПЛ}} = \alpha \cdot F \cdot \Delta T_{II}; \quad (4)$$

$$T_{\Sigma} \frac{\dot{m}_{\Sigma}}{m_{\Sigma} + \overline{m}_{\Sigma}} = K_{\Sigma} \overline{t}_{II}; \quad (5)$$

$$T_{\text{КОМПЛ}} = \frac{C \cdot m}{\alpha \cdot F}; \quad (6)$$

$$K_{\text{КОМПЛ}} = \frac{k_1 + sh^2 \left(\frac{k_2}{T} \right) T^2 k_3}{sh^2 \left(\frac{k_2}{T} \right) T^2} \cdot \frac{T_{\text{ПО}}}{M_{\text{КОМПЛО}}}, \quad (7)$$

де $M_{\text{КОМПЛО}}$ – намагніченість суперпарамагнітних часток при сильному магнітному полі у вихідній точці, А/м; $T_{\text{КОМПЛ}}$ – інерційність, с; $K_{\text{КОМПЛ}}$ – коефіцієнт посилення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kachniarz M., Salach J., Szewczyk R., Bieńkowski A., Korobiichuk I. Investigation of temperature effect on magnetic characteristics of manganese-zinc ferrites. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2015. 6/5 (78). P. 17–21. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.55410>
2. Бушкова В. С. Низкотемпературные магнитные свойства ферритов. *Low Temperature Physics*. 2017. Vol. 43 (12) P. 1724–1732. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/176281/04-Bushkova.pdf?sequence=1>
3. Дурєєв В.О. Визначення динамічних параметрів сповіщувачів за даними експерименту. *Проблеми пожежної безпеки*. 2019. 46. С. 54-56. URL: <https://nuczu.edu.ua/images/topmenu/science/zbirky-naukovykh-prats-ppb/ppb46/Dureev.pdf>

*Huzhva D.R., National University of Civil Defence of Ukraine
V. Durieiev, PhD, Associate Professor of the Department, National University of Civil Defence of Ukraine*

SIMULATION OF THE OPERATION OF A SENSITIVE ELEMENT WITH SINGLE-DOMAIN FERROMAGNETIC MATERIALS

The obtained dynamics equations represent a standard inertial dynamic link and are convenient for researching the operation and determining the dynamic parameters of magnetic contact heat detectors for firefighters. The obtained equations allow conducting research and determining the dynamic parameters of the detectors, taking into account the structure of the material of the magnetic contact sensitive element and the rate of temperature change. Comparison of the obtained results with experimental data shows differences of no more than 5%. The developed mathematical model and the obtained dynamic equations make it possible to make recommendations regarding the selection of technical data of magnetic contact detectors and ways to improve their dynamic parameters.

THE STATUS OF IMPLEMENTATION OF FIRE SAFETY ENGINEERING IN EUROPE

In the European Union (EU), fire safety in the built environment is a national competence regulated by the EU Member States (MS), but it is also embedded in several EU initiatives and action plans related to the construction ecosystem [1-2]. Moreover, technological developments and the need for improved energy-performance and climate-resilience of buildings have changed significantly the built environment, bringing new challenges.

In this context, the European Commission coordinates and facilitates EU-level activities complementary to national regulatory fire safety, such as the Fire Information Exchange Platform (FIEP) established in 2017. FIEP aims to enhance cooperation among EU Member States, as well as to facilitate the exchange of knowledge, information and best practices, and cross-learning from fire safety activities. Fire Safety Engineering (FSE) is one of the five priority areas within FIEP's scope. FSE deals with the application of engineering methods to the development or assessment of designs in the built environment, through the analysis of specific fire scenarios or the quantification of risk for a group of fire scenarios.

Moreover, the EU has put in place a comprehensive legislative and regulatory framework for the construction sector, including related European Standards (EN). European standards are fundamental for achieving a climate-neutral, resilient and circular economy [3]. The Structural Eurocodes (EN 1990 to EN 1999) have a prominent role within the standardisation framework for the construction sector and contain specific “fire parts” dealing with the fire resistance of structures, making possible the application of FSE approach for fire design.

In line with FIEP's scope, the Joint Research Centre (JRC) of the European Commission explores the needs and options for further harmonisation of the FSE approach in Europe. In November 2020 to October 2021, JRC coordinated an enquiry to map the implementation status of the FSE approach in the regulatory framework and design practice in Europe. The enquiry focused on the built environment (housing, offices, theatres, shopping malls, hotels, airports, etc.), excluding industrial buildings or plants. The enquiry was performed through a questionnaire circulated to the main fire regulators of the 27 EU Member States, three European Free Trade Association (EFTA) countries (Iceland, Norway and Switzerland), United Kingdom and Serbia (see [4] for full description of the results, published in January 2023).

The enquiry has revealed that the FSE approach is not yet fully implemented in the national regulatory frameworks of the responding countries, even in case of recently issued or updated national regulations. However, only four countries (Portugal, Greece, Bulgaria and Slovakia) have responded that FSE approach is not allowed in fire safety design (**Figure 1**). Rather than related to any legal restriction, this fact seems due to the practical lack of tools, education and experience in FSE-related issues, also linked to insufficient infrastructure components (legal framework, insurance coverage, professional certification, education, etc.). The implementation of the FSE approach seems to be mostly driven by innovation in technology, architecture and construction, and the need to design structures or elements not covered by prescriptive fire design regulations.

The questionnaire explored the following concepts of fire design solutions: *Prescriptive*, *Deemed-to-satisfy* and *Performance-based*. The first two embody the traditional single-member fire design based on tabulated data, requiring no further verification by the designer. The last approach refers to fire design performed with analytical methods, whose compliance with fire safety and performance standards must be demonstrated with FSE-based methods. The status of FSE implementation was explored through the description of 12 main Technical Areas (TAs), allowing to map the integration of FSE in fire design regulations of the various countries. The applicability of the three fire safety approaches is almost the same through the TAs; 40-50% of

the available solutions are prescriptive, 20-25% deemed-to-satisfy and 25-30% performance-based (Figure 2).

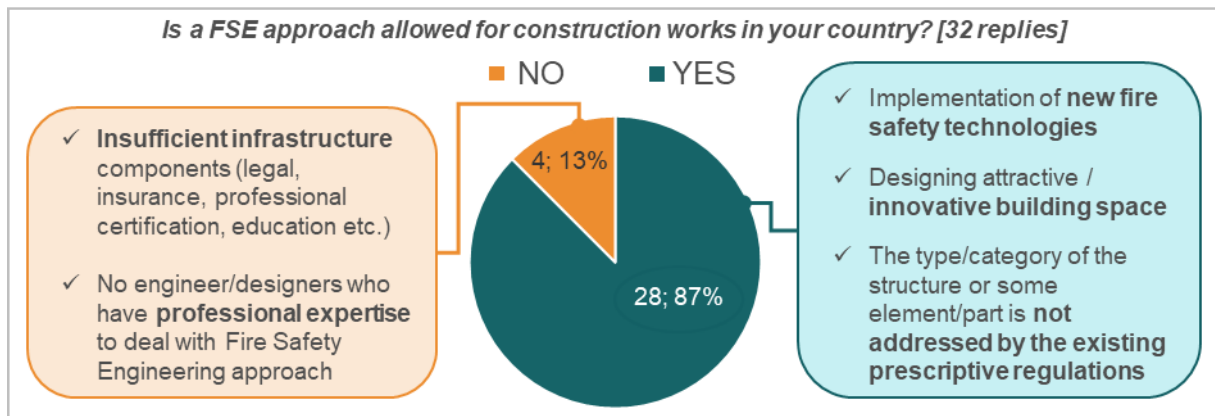


Figure 1: Reasons for allowance / non-allowance of FSE approach in fire safety design

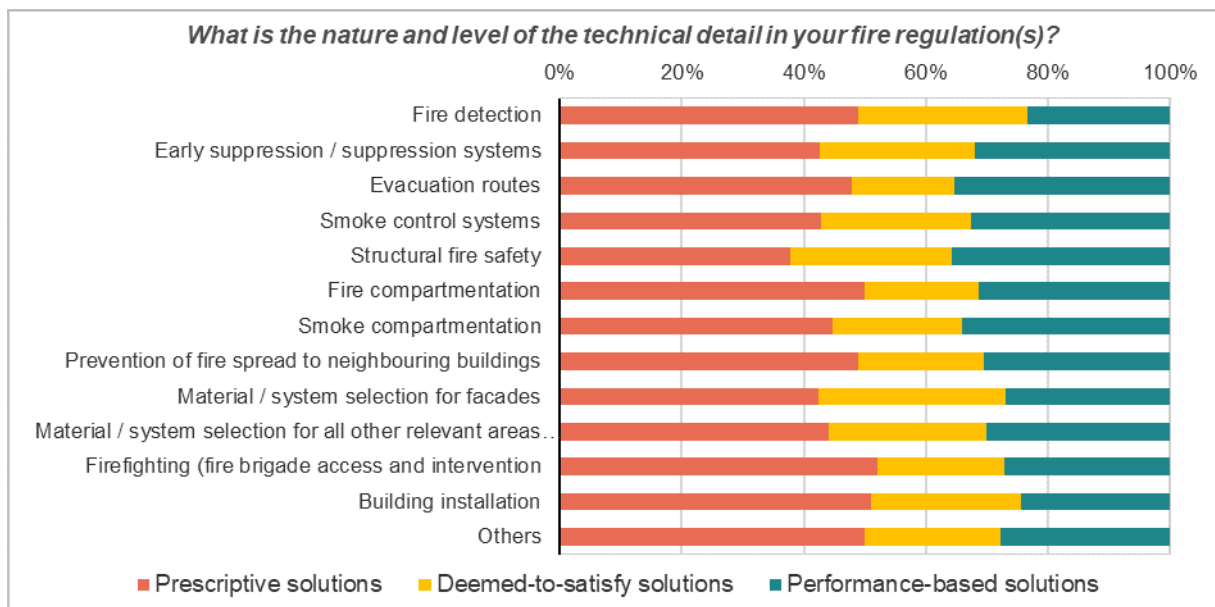


Figure 2: Shares of the different approaches to fire safety design through the selected 12 TAs

In countries that allow for FSE (28 of 32 countries), performance-based design solutions are mainly available for all or most of the 12 TAs; only in 6 of these countries the use of performance-based design is limited to certain technical areas (Figure 3a). This point reveals a potentially wider implementation of FSE approach for the majority of countries. However, in 22 countries (65%), mainly only one approach is available per technical area, indicating restricted choice for fire designers; about 30% of the countries allow, at least, for two approaches (Figure 3b).

The enquiry analysis has underlined the importance of building / fire regulations and international standards that provide assessment methods for FSE (Figure 4a). The application of FSE-based assessment and design methods practically covers any type of construction in most countries. Exceptions are mostly due to the availability of code-established prescriptive solutions – which often indirectly prevent the application of FSE approach to residential buildings – and limits of size (FSE can be applied to a certain type of building above a certain height, number of floors, or surface area) or capacity (maximum number of users, type of hosted activity) (Figure 4b).

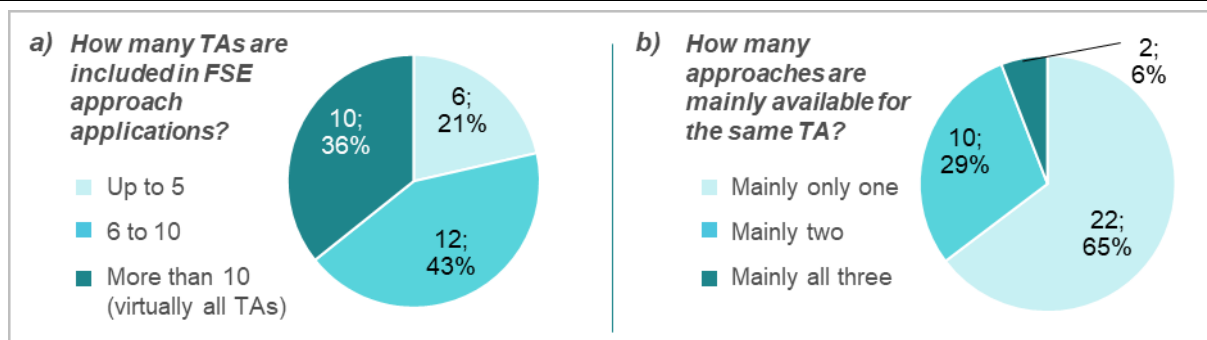


Figure 3: a) Number of TAs included in FSE approach and b) approaches available per TA

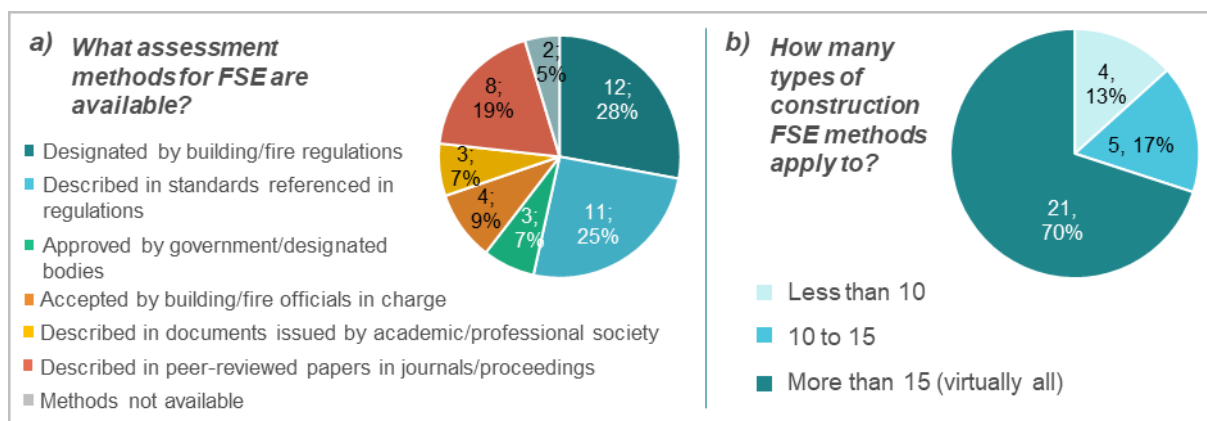


Figure 4: a) Assessment methods for FSE approach and b) construction types FSE applies to

As a general conclusion, the implementation of FSE approach in the fire design for buildings is not yet fully achieved in the responding European countries, with less performance-based solutions being generally available than prescriptive ones. Prescriptive methods are largely prevalent in practice, even if FSE approach is allowed. The prospects for FSE implementation in the building fire regulations of the European countries appear positive, because FSE is practically applicable in all or many FSE related technical areas, and to all or many types of constructions. However, mainly only one approach for technical solutions per technical area is available, and the availability of assessment methods mainly depends on the availability of national regulations and standards.

Bibliography

- [5] European Union: European Commission, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council and the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: *The European Green Deal*, 11 December 2019, COM(2019) 640 final.
- [6] European Union: European Commission, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council and the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: *A Renovation Wave for Europe – greening our buildings, creating jobs, improving lives*, 14 October 2020, COM (2020) 662 final.
- [7] European Union: European Commission, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council and the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: *An EU Strategy on Standardisation Setting global standards in support of a resilient, green and digital EU single market*, 2 February 2022, COM(2022) 31 final.
- [8] Athanasopoulou, A.; Sciarretta, F.; Sousa, M.L.; Dimova, S., *The status and needs for implementation of Fire Safety Engineering approach in Europe*, EUR 31383 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, doi:10.2760/031591, JRC131689

МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНКИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ РОБОТИ НАВАНТАЖЕНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ПРОВОДУ З ПОДВІЙНОЮ ІЗОЛЯЦІЄЮ

Згідно статистичних даних [1] про пожежі в Україні серед електротехнічних виробів за пожежною небезпекою кабельна продукція посідає перше місце (до 60% пожеж, 20% загиблих і 70% прямих матеріальних збитків). Під час експлуатації властивості ізоляційних матеріалів погіршуються, внаслідок чого відбувається, зокрема, зменшення максимально припустимого струмового навантаження кабельних виробів.

В роботі [2] для оцінки пожежної безпеки роботи навантаженого електричного проводу з одношаровою ізоляцією (незахищеного електричного проводу) побудовано математичну модель. Враховано властивості конструктивних елементів електричного проводу, струмове навантаження та умови навколишнього середовища.

Побудуємо математичну модель для більш складного випадку – навантаженого електричного проводу з подвійною ізоляцією (захищеного електричного проводу, рис. 1)

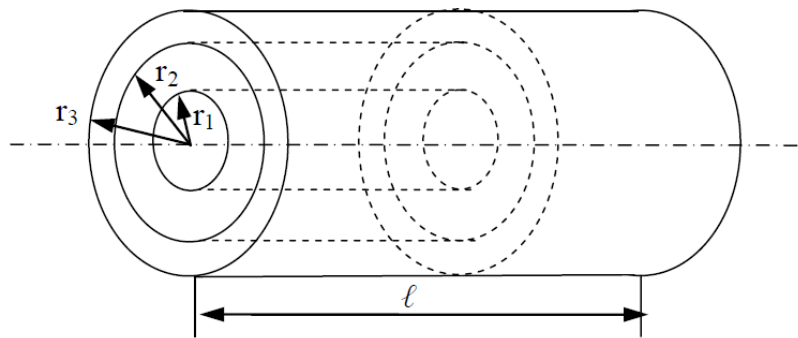


Рис. 1 - Провід з подвійною ізоляцією

В роботі [2] (формула (5)) отримано співвідношення між силою струму I , що протікає по електричному проводу, та іншими параметрами, що впливають на його роботу:

$$I = \sqrt{\frac{S}{\rho} \cdot \frac{t_1 - t_n}{R_\ell}}. \quad (1)$$

де $S = \pi \cdot r_1^2$ – поперечний переріз струмопровідної жили, м^2 ; r_1 – радіус струмопровідної жили, м ; ρ – питомий електричний опір матеріалу струмопровідної жили, $\text{Ом} \cdot \text{м}$; t_1 – температура струмопровідної жили, К ; t_n – температура повітря навколишнього середовища, К ; $R_\ell = R_{\lambda, \ell} + R_{\alpha, \ell}$ – лінійний термічний опір теплопередачі від поверхні електричного проводу до повітря навколишнього середовища, $\text{К} \cdot \text{м} / \text{Вт}$. $R_{\lambda, \ell}$ – лінійний термічний опір теплопровідності електричного проводу, $\text{К} \cdot \text{м} / \text{Вт}$; $R_{\alpha, \ell}$ – лінійний термічний опір конвекційної тепловіддачі від зовнішньої поверхні електричного проводу до повітря, $\text{К} \cdot \text{м} / \text{Вт}$.

Лінійний термічний опір теплопровідності електричного проводу визначимо за формулою:

$$R_{\lambda,\ell} = \frac{1}{2\pi \cdot \lambda_2} \cdot \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \frac{1}{2\pi \cdot \lambda_3} \cdot \ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right), \quad (2)$$

где λ_2 – коефіцієнт теплопровідності першого шару ізоляційного матеріалу електричного проводу, Вт/К/м; λ_3 – коефіцієнт теплопровідності другого шару ізоляційного матеріалу електричного проводу, Вт/К/м; r_2 – радіус першого шару ізоляційного матеріалу електричного проводу, м; r_3 – радіус другого шару ізоляційного матеріалу електричного проводу, м.

Лінійний термічний опір конвекційної тепловіддачі від зовнішньої поверхні електричного проводу до повітря визначимо за формулою:

$$R_{\alpha,\ell} = \frac{1}{2\pi \cdot r_3 \cdot \alpha} = \frac{1}{\pi \cdot \lambda_{\pi} \cdot Nu} \approx \frac{1}{\pi \cdot \lambda_f \cdot Nu_0} \left(1 - \frac{\partial \ln(Nu)}{\partial r} \Big|_{r=r_2} \cdot \delta \right), \quad (3)$$

де α – коефіцієнт тепловіддачі з поверхні електричного проводу, Вт/К/м; λ_{π} – коефіцієнт теплопровідності повітря, Вт/К/м; Nu – число Нуссельта процесу конвекційної теплопередачі між повітрям і поверхнею електричного проводу з радіусом r_2 ; Nu_0 – число Нуссельта процесу конвекційної теплопередачі між повітрям і поверхнею електричного проводу з радіусом r_3 ; $\delta = r_3 - r_2$, м.

Число Нуссельта визначимо з рівняння, яке у випадку вільної конвекції має наступний вид:

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n, \quad (4)$$

де C , n – сталі величини; Gr – число Грасгофа; Pr – число Прандтля.

Добуток чисел Грасгофа Gr та Прандтля Pr залежить від параметрів повітря, різниці температур між поверхнею електричного проводу й повітрям та радіуса електричного проводу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Статистика пожеж // Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту. URL: <http://undicz.dsns.gov.ua>.
2. Kulakov O., Kustov M., Katunin A., Roianov O. Investigation of the Impact Properties of the Material of the Isolation on the Parameters of the Loaded Cable Lines. Key Engineering Materials, 2023. Vol. 954. P. 125-133.

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

MODEL FOR EVALUATION THE FIRE SAFETY OF A LOADED DOUBLE-INSULATED ELECTRIC WIRE

A model for the fire safe operation of a loaded double-insulated electric wire has been proposed. The obtained mathematical relation will allow determining the maximum permissible current load of a double-insulated electric wire depending on the materials and thickness of the insulation layers.

*О.А. Петухова, к.т.н., доцент,
Національний університет цивільного захисту України*

РОЗРАХУНОК ВНУТРІШНЬОГО ПРОТИПОЖЕЖНОГО ВОДОПРОВОДУ ЯК НАПРЯМОК ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ БУДІВЛІ

Пожежна безпека будівель забезпечується під час проєктування, експлуатації та ліквідації об'єкта. Основною вимогою забезпечення пожежної безпеки є зведення до мінімуму можливості виникнення пожежі під час будівництва, експлуатації та ліквідації будівель і споруд, що означає, що об'єкти повинні бути запроектовані і побудовані так, щоб у разі виникнення пожежі упродовж визначеного проміжку часу зберігалася несуча здатність конструкцій; було обмежено виникнення та поширення вогню і диму всередині будівлі або споруди; було обмежено поширення вогню на сусідні будівлі і споруди; була забезпечена можливість евакуації людей або їх порятунку в інший спосіб; враховувалася безпека пожежно-рятувальних підрозділів. Одним зі способів реалізації поставленої вимоги є забезпечення відповідного рівня пожежної безпеки на стадії проєктування об'єкта. Система протипожежного водопостачання (внутрішнього та зовнішнього) є одним з елементів системи протипожежного захисту об'єкта, який безпосередньо реалізує забезпечення його пожежної безпеки.

На сьогодні існує багатий досвід в проєктуванні внутрішнього протипожежного водопроводу (ВПВ) будівель. При виконанні розрахунків простої за призначенням будівлі використовують методику, яка викладена у відповідних нормативних документах [1], або користуються програмними комплексами [2]. При розрахунку складної за призначенням будівлі [3-8] процес ускладнюється тим, що для одержання кінцевого рішення щодо кожної складової ВПВ виникає необхідність розраховувати декількох можливих варіантів системи, тобто однакові розрахунки робити декількох разів, при цьому використання програмних комплексів обмежується їх можливостями.

Для демонстрації можливостей програмного комплексу “ВПВ-2023”, був виконаний розрахунок внутрішнього протипожежного водопостачання будівлі виробничого об'єкта, яка складається з одноповерхової частини складського призначення, чотирьохповерхової частини адміністративно-побутового призначення та одноповерхової частини виробничого призначення з вбудованими адміністративно-побутовими приміщеннями. За вимогами нормативних документів при відокремленні частин будівлі одна від одної протипожежною стіною першого типу, необхідність влаштування ВПВ та нормативні витрати води приймаються окремо для кожної частини. Розрахунок у програмному комплексі “ВПВ” неможливий тому, що частини будівлі мають різне призначення та відповідно ввести вихідні дані цілої будівлі неможливо, а введення характеристик декількох частин будівлі комплексом не передбачено. Відповідно розрахунок кожної складової необхідно виконувати окремо.

Вихідними даними для одноповерхової складської частини є категорія будівлі за вибухопожежною та пожежною небезпекою – В, ступінь вогнестійкості – III, об'єм будівлі (при висоті приміщення 12 м) – 18978 м³. Розрахунок показав, що при комплектуванні ПКС рукавами 15 м, кількість ПКС – 6, труби магістрального трубопроводу діаметром 70 мм, відповідно необхідний напір на введенні – 59 м, що передбачає встановлення підвищувальних установок.

В результаті аналогічних розрахунків за допомогою програмного комплексу “ВПВ” чотирьохповерхової адміністративно-побутової та одноповерхової виробничої частини будівлі з вбудованими адміністративно-побутовими приміщеннями було визначено, що ці частини не обладнуються системою ВПВ, тобто розрахунок не виконується.

Наступним етапом в межах роботи з другою частиною програмного комплексу – “Вибір ВПВ”, було виконане дослідження змін характеристик пожежних кран-комплектів

(ПКК) (діаметра ПКК, діаметра насадка ствола, довжини та діаметра рукава) та вплив цих змін на кількість ПКК та необхідний напір на ПКК (таблиця 1).

Таблиця 1. Визначення кількості ПКК в залежності від характеристик його складових за допомогою програмного комплексу “ВПП” (частина “Вибір ВПП”)

Характеристики ПКК			Результати розрахунку	
діаметр ПКК, мм	діаметр насадка ствола, мм	довжина рукава, м	напір на ПКК, м	кількість ПКК
50; 65	13	10	ПКК з заданим обладнанням недоцільно використовувати для захисту будівлі	
50; 65	13	15	ПКК з заданим обладнанням недоцільно використовувати для захисту будівлі	
50; 65	13	20	ПКК з заданим обладнанням недоцільно використовувати для захисту будівлі	
50	19	10	20,6	8
50	19	15	22,3	6
50	19	20	24	5
65	19	10	18,2	8
65	19	15	19	6
65	19	20	19,9	5

Аналізуючи таблицю 1 можливо зробити висновки: використання стволів з насадком діаметром 13 мм не забезпечить подачу нормативних витрат води; при використанні ствола з діаметром насадка 19 мм можливо встановлювати ПКК діаметром 50 мм або 65 мм (не забороняється вимогами норм при відповідному обґрунтуванні); зменшення кількості ПКК можливо збільшенням тиску на ПКК з врахуванням довжини рукава. Для вибору характеристик ПКК та використання їх в подальшому для виконання гідравлічного розрахунку та вибору схеми ВПП було розраховано дванадцять можливих варіантів. Використання програмного комплексу дозволило зробити всі розрахунки швидко, якісно, виключаючи помилки та неправильні результати. Розрахунок виробничої будівлі був виконаний для кожної її частини окремо. Завдяки тому, що дві складові частини не обладнуються ВПП, кількість розрахунків склала лише 12. При необхідності проєктування ВПП в інших частинах заданої будівлі кількість розрахунків збільшилась би відповідно до кількості частин будівлі та при цьому програмний комплекс не дозволив би виконати гідравлічний розрахунок та вибір схеми ВПП для всій будівлі, що привело б до необхідності робити все це власноручно - без використання програмного комплексу. Все це підтверджує необхідність створення програмного комплексу, який може виконувати вибір елементів та розрахунок ВПП не лише для простої за призначенням будівлі, а і для складної також.

Таким чином, проєктування ВПП відповідно до вимог сучасних нормативних документів є одним з напрямків забезпечення пожежної безпеки будівель. Сучасні будівлі найчастіше мають складну за призначенням структуру, тому проєктування ВПП в них передбачає низьку однотипних розрахунків, реалізація яких можлива власноручно або за допомогою програмних комплексів, що на сьогодні має об'єктивні труднощі. Але робота зі створення комплексів, що враховують неоднаковість призначення окремих частин будівлі є доцільною. Такий комплекс дозволить значно спростити та підвищити ефективність проведення необхідної кількості розрахунків при проєктуванні ВПП, а відповідно і забезпечить високий рівень пожежної безпеки об'єкта на стадії його проєктування.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація. [Чинний від 013-03-01]. Київ: Мінрегіон України, 2013. 134 с.
2. Петухова О.А., Горносталь С.А. Оцінка ефективності використання програмного комплексу з розрахунку пожежних кран-комплектів. Матеріали XII міжнародної науково-методичної конференції “Безпека людини у сучасних умовах”. Харків: НТУ «ХПІ», 2020. С. 282-284. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/11950>.
3. Петухова О.А., Андронов В.А., Горносталь С.А., Черепаха Р.Е. Протипожежне водопостачання: Підручник – Харків. – Друкарня Мадрид, 2022. – 280 с. URL: <http://moodle.nuczu.edu.ua/mod/folder/view.php?id=4339>.
4. Петухова О. А., Горносталь С. А., Щербак С. М., Левенко Г. М. Розробка підходу до розташування пожежних кран-комплектів в плані будівлі. Problems of Emergency Situations. 2021. № 2(34) С. 154-167 DOI: <https://doi.org/10.52363/2524-0226-2021-34-12>. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/14721>.
5. Горносталь С.А., Дудник В.Р., Оксьом Т.Ю., Петухова О.А. Дослідження умов успішного гасіння пожежі при застосуванні пожежного кран-комплекту // Actual trends of modern scientific research. Abstracts of the 6th International scientific and practical conference. MDPC Publishing. Munich, Germany. 2021. Pp. 154-158. URL: <https://sci-conf.com.ua/vi-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-actual-trends-of-modern-scientific-research-17-19-yanvary-2021-goda-myunhen-germaniya-arhiv/>.
6. Petukhova O., Cherepakha R., Dobrynska V., Kulesh D. Дослідження характеристик пожежних кран-комплектів театрів // Scientific progress: innovations, achievements and prospects. Proceedings of the 7th International scientific and practical conference. MDPC Publishing. Munich, Germany. 2023. Pp. 231-237. URL: <https://sci-conf.com.ua/vii-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-scientific-progress-innovations-achievements-and-prospects-3-5-04-2023-myunhen-nimechchina-arhiv/>.
7. Петухова О. Розрахунок внутрішнього протипожежного водопроводу багатофункціональної будівлі // European scientific congress. Proceedings of the 9th International scientific and practical conference. Barca Academy Publishing. Madrid, Spain. 2023. Pp. 150-156. URL: <https://sci-conf.com.ua/ix-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-european-scientific-congress-2-4-10-2023-madrid-ispansiya-arhiv/>.
8. Петухова О., Білаш Є., Добринська В., Бермант Д. Способи розрахунку внутрішнього протипожежного водопроводу будівлі виробничого об'єкта // Modern research in science and education. Proceedings of the 3rd International scientific and practical conference. BoScience Publisher. Chicago, USA. 2023. Pp. 298-305. URL: <https://sciconf.com.ua/iii-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-modern-research-in-science-and-education-9-11-11-2023-chikago-ssha-arhiv/>.

*O.A. Petukhova, PhD, associate professor,
National University of Civil Defence of Ukraine*

CALCULATION OF INTERNAL FIRE WATER SUPPLY AS A DIRECTION FOR ENSURING FIRE SAFETY OF A BUILDING

The design of internal fire water supply is one of the areas of ensuring fire safety of buildings. The creation of software complexes will allow to significantly simplify and increase the efficiency of internal water supply calculation and ensure a high level of fire safety of the object at the stage of its design.

*А.Ф. Гаврилюк, кандидат технічних наук, доцент,
Р.С. Яковчук, доктор технічних наук, доцент
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

ОСОБЛИВІСТЬ ПРОВЕДЕННЯ ВОГНЕВИХ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕЛЕМЕНТІВ СИЛОВИХ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Кількість електромобілів продовжує стрімко зростати. Це зумовлено суворими екологічними стандартами, які обмежують розвиток автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння, а також прагненням зменшити викиди шкідливих речовин від автотранспорту. На рисунку 1 приведено динаміка зміни парку електромобілів за регіонами світу [1].

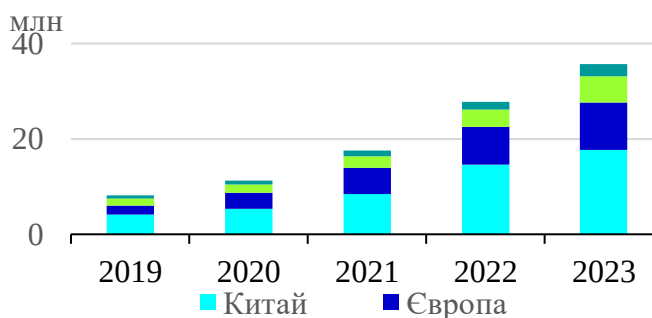


Рисунок 1 – Динаміка зміни автопарку електромобілів за регіонами світу

Очікується, що до 2025 року світовий ринок електромобілів перевищить 100 млрд. дол. США [2].

Для живлення електродвигунів електромобілів використовуються силові акумуляторні батареї (далі – АКБ), серед яких найбільшого поширення набули літій-іонні батареї через ряд технічних переваг.

Особливість літій-іонних АКБ є те, що певних умов [3] в них може виникнути необоротна екзотермічна реакція, що часто спричиняє займання і призводить не лише до пожеж, а й вибухів електромобілів [4-6].

Тому всебічні дослідження виникнення та перебігу необоротної екзотермічної реакції, яка виникає у літій-іонних АКБ створить підґрунтя для підвищення рівня забезпечення їх пожежної безпеки.

Виходячи з цього необхідним є розроблення основних положень методики проведення експериментальних досліджень, що і є метою даної роботи.

Сутність розробленої методики полягає у визначенні теплових параметрів (температури займання, горіння та густини теплового потоку), які описують процеси горіння силових літій-іонних акумуляторів електромобілів, а також дослідженні впливу чинників на вказані параметри.

Обладнання для проведення натурних вогневих досліджень включає: модельне вогнище пожежі класу В, досліджувані зразки, засоби вимірювальної техніки, обладнання для проведення фото- та відеознімання.

Для наукової розвідки вибрані модельні вогнища класів В, перевагою яких і порівнянні з модельними вогнища класу А є те, що вони дають кращу повторюваність теплових характеристик. Це зумовлюється незмінними параметрами пального. Натомість деревина може бути різних хвойних порід (сосна, ялина, ялівець тощо). Ба більше, бруски можуть виготовлятися також із різного сорту деревини, що і впливає на температурні параметри. Отже, з огляду на це для ініціювання займання вибрано модельне вогнище класу В.

Модельне вогнище створюється бензином марки А-92 та об'ємом 200 мл, який розміщується у металевому деку діаметром 140 ± 5 мм, висотою борта 100 ± 5 мм та

товщиною стінки борта $2,0 \pm 0,5$ мм. Розміри дека та кількість пального обґрунтовано експериментальним шляхом з міркувань забезпечення часу горіння модельного вогнища 6–7 хв, а також охоплення дослідних взірців полум'ям.

Перед проведенням експерименту необхідно провести зважування кожного елемента за допомогою електронних ваг із точністю зважування не менше 0,5 г.

Стан заряду батарей необхідно здійснювати за допомогою мультиметра з точністю не менше 0,1 В. У разі необхідності для збільшення заряду можна використовувати зарядний пристрій, який сумісний із параметрами досліджуваних взірців батарей електромобілів. Для зменшення заряду батарей допускається використовувати навантаження у вигляді лампи розжарювання чи будь-якого іншого споживача через інвертор, як це наведено на рис 3.

З метою обґрунтування місця розміщення випробувальних зразків проведено експериментальні дослідження із визначення розподілу температур щодо джерела нагрівання.

Для цього у деку поміщено 200 мл пального, і над деком розміщено 4 термопари. Перша із них розміщена у центрі дека по горизонталі із верхнім краєм стінки дека. Кожна наступна термопара розміщувалась на 7 см ($L_1=7$ см) вище першої, як це наведено на рисунку.

Пристрій для визначення густини теплового потоку ВТП-01 розміщувався на відстані 30 см (L_3) по вертикалі та 20 см від центра (L_2) дека по горизонталі (рис. 2).

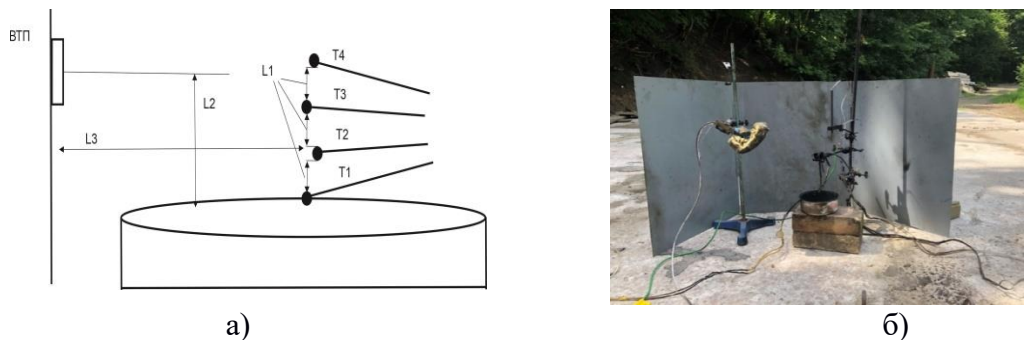


Рисунок 2 – Схематичне (а) та натурне (б) зображення розміщення термопар щодо дека

На рис. 3 показано проведення експерименту із визначення температурного розподілу від модельного вогнища пожежі класу В.



Рисунок 3 – Фото під час проведення експерименту

Час повного вигорання пального складав 11 хв 20 с, а інтенсивного горіння – 7 хв 10 с. Найбільша температура досягалась на 3–4 хв від початку випробувань. Найбільше значення температури фіксувала термопара T2, яка розміщувалась на висоті 7 см від борта дека, пікові значення якої становили близько $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$, а усереднені – $600\text{--}650\text{ }^{\circ}\text{C}$. Значення термопари T3, яка розміщувалась на висоті 14 см, незначно відрізнялось від значення термопари T2, і усереднене значення коливалось в межах $580\text{--}650\text{ }^{\circ}\text{C}$, а максимальна – $950\text{ }^{\circ}\text{C}$. Термопара T1 розміщувалась на одній горизонталі із краєм дека і фіксувала

максимальну температуру до 550 °C, а усереднена була в межах 400–420 °C.

Таким чином, встановлено: для модельного вогнища класу В, яке утворене горінням 200 мл бензину марки А-92, що поміщений в кругле деко діаметром 140 мм, максимальна температура горіння досягається на відрізку 7–14 см по вертикалі від краю дека і складає 950–1000 °C, а усереднена – 600–650 °C.

Отже, обґрунтовано розміщення дослідних зразків у модельному вогнищі пожежі класу В, яке утворене горінням 200 мл бензину марки А-92, у деку діаметром 140 мм на висоті 7–14 см по вертикалі від верхнього краю дека. Детально розроблена методика описано у науковій праці [7].

Висновки та перспективи подальших досліджень. Розроблена методика вогневих експериментальних досліджень елементів літій-іонних АКБ електромобілів дозволить розкрити закономірності їх горіння та визначити теплові параметри (температури займання, горіння та теплового потоку). У методиці експериментальним шляхом обґрунтовано параметри модельного вогнища пожежі класу В, а також розміщення ЗВТ.

За розробленою методикою буде здійснено експериментальне дослідження, результати якого увійдуть у наступну публікацію.

ЛІТЕРАТУРА

1. Global EV Data Explorer. Paris, France: IEA. 2021.
2. Diaz, L. B., He, X., Hu, Z., Restuccia, F., Marinescu, M., Barreras, J. V., & Rein, G. (2020). Meta-review of fire safety of lithium-ion batteries: Industry challenges and research contributions. *Journal of The Electrochemical Society*, 167(9), 090559.
3. Hammami A, Raymond N, Armand M. Lithium-ion batteries: runaway risk of forming toxic compounds. *Nature*. 2003. 12904779.
4. Schmidt, A., Oehler, D., Weber, A., Wetzel, T., & Ivers-Tiffée, E. (2021). A multi scale multi domain model for large format lithium-ion batteries. *Electrochimica Acta*. 393, 139046.
5. Chen, M., Sun, Q., Li, Y., Wu, K., Liu, B., Peng, P., & Wang, Q. (2021). A thermal runaway simulation on a lithium titanate battery and the battery module. *Energies*. 8(1), 490-500.
6. Gavryliuk, A., Yakovchuk, R., Chalyy, D., Lemishko, M., & Tur, N. (2023). Determination of fire protection distances during a tesla model s fire in a closed parking lot. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(10 (122), 39–46. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.277999>
7. Гаврилюк А.Ф., Яковчук Р.С. (2023). Методика експериментальних досліджень поведінки літій-іонних батарей під дією відкритого полум'я. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека* №2 (16), 32-41. <https://doi.org/10.33269/nvcz.2023.2.32-41>

*A.F. Gavryliuk PhD of Technical Sciences, Associate Professor,
R.S. Yakovchuk Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
Lviv State University of Life Safety*

PECULIARITIES OF CONDUCTING FIRE EXPERIMENTAL RESEARCHES OF ELECTRIC VEHICLE BATTERY CELLS

The article presents trends in the rapid increase in the electric vehicle fleet by region of the world. The hazards arising during the operation of electric vehicles are outlined. The main provisions of the developed methodology for studying the fire hazard of lithium-ion batteries are described. The use of the developed methodology will allow to conduct experimental studies of lithium-ion batteries of electric vehicles and identify patterns of their combustion, determine thermal parameters (ignition, combustion and heat flux temperatures). The methodology experimentally substantiates the parameters of a class B model fire, as well as the placement of measuring equipment.

Лазаренко О.В. канд. техн. наук, доцент., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, професор кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт

ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ ПРОГРІВУ ЛІТІЙ-ІОННОГО ЕЛЕМЕНТА ЖИВЛЕННЯ PANASONIC NCR 18650В ВІД ЗОВНІШНЬОГО ДЖЕРЕЛА

Загальна статистика продажів та вжитку електромобілів невідомо зростає кожного року, одночасно з тим зростає кількість випадків їх загорання. Сьогоднішні статистичні дані стосовно кількості випадків, марок автомобілів та особливо причин їх загорань надзвичайно обмежені [1] і лише деякі міжнародні організації та установи здійснюють облік саме цих загорань та пожеж. Однак, незважаючи на це, навіть та статистика що наявна стверджує наступне [2]: кількість випадків загорання електромобілів та інших видів транспорту, що працюють на літій-іонних елементах живлення однозначно збільшується; найбільше випадків загорань виникає в автомобілях марки «Tesla» згідно наявних статистичних даних; найбільш розповсюдженою причиною загорань акумуляторної батареї електромобілів є її механічне пошкодження.

Низка наукових досліджень вже довели значну пожежну небезпеку ЛІЕЖ Panasonic NCR 18650В, що використовуються в акумуляторній батареї електромобіля «Tesla» [3,4]. Черговим продовженням зазначених досліджень було визначення часу та температури прогріву ЛІЕЖ Panasonic NCR 18650В з метою подальшого визначення теплофізичних характеристик складових ЛІЕЖ.

Для проведення експериментальних досліджень було спроектовано та експериментальний стенд. Температурні показники визначалися з використанням термопар а нагрівання ЛІЕЖ здійснювалось з використанням газового пальника. Відповідно за результатами експериментальних досліджень було отримано графічну залежність прогріву корпусу ЛІЕЖ без внутрішнього наповнення з використанням зовнішнього джерела нагріву, рис.1.

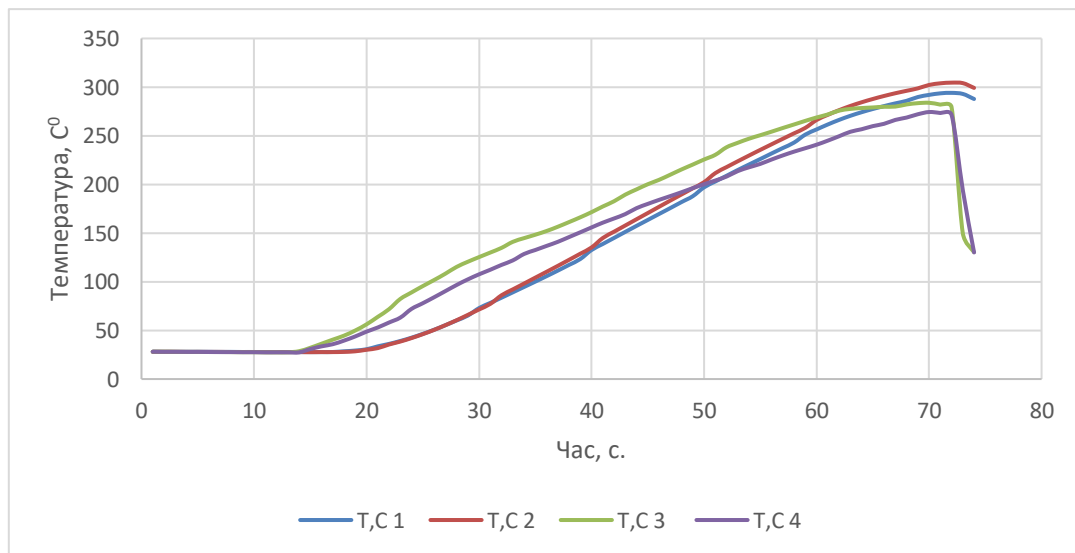


Рис.1. Результати прогріву корпусу ЛІЕЖ без внутрішнього наповнення: T1, T2, - термопари в середині ЛІЕЖ; T3, T4, - термопари на поверхні ЛІЕЖ (в середині обігріваного металевому корпусу «печі»)

Наступним етапом дослідження було встановлення часових показників та графічних залежностей прогріву повноцінного ЛІЕЖ з внутрішнім наповненням (катод та анод). Графічні залежності представлені на рис.2.

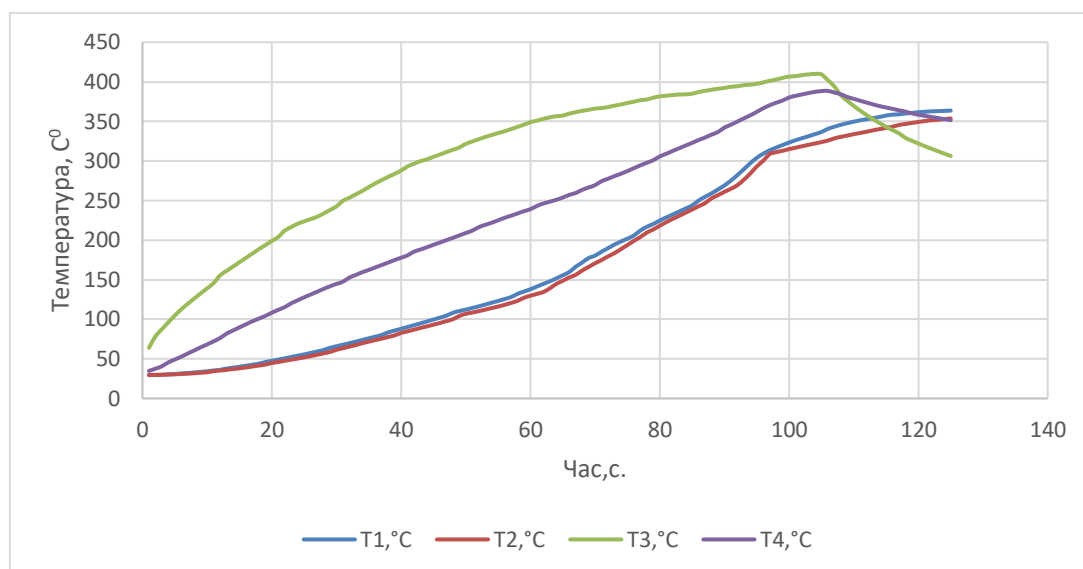


Рис.2. Результати прогріву повноцінного ЛІЄЖ: T1, T2, - термопари в середині ЛІЄЖ; T3, T4, - термопари на поверхні ЛІЄЖ (в середині обігріваного металевому корпусу «печі»)

Відповідно до отриманих результатів в подальшому необхідно здійснити їхній аналіз та оброблення з використанням відповідного програмного забезпечення та математичного апарату. Застосування відповідних дій в подальшому дасть змогу отримати математичну модель прогріву та теплофізичні характеристики ЛІЄЖ Panasonic NCR 18650B.

ЛІТЕРАТУРА

1. [Статистичні дані виникнення пожеж електромобілів. Режим доступу: https://www.evfiresafe.com/files/ugd/8b9ad1_01aa449ee5074086a55cb42aa7603f40.pdf](https://www.evfiresafe.com/files/ugd/8b9ad1_01aa449ee5074086a55cb42aa7603f40.pdf)
2. February 2024 Education Night - Case Study: Tesla Model 3 Incident | NSW AFI https://www.youtube.com/watch?v=jJkOk2q5lEw&list=LL&index=5&t=3111s&ab_channel=NSWAssociationofFireInvestigators
3. O. V. Lazarenko, O. Yu. Pazen, R. Yu. Sukach, V. I. Pospolitak (2022) Experimental evaluation of fire hazard of lithium-ion battery during its mechanical damage. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, № 5, pp. 68-73. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2022-5/068>
4. Lazarenko O., Hembara T., Pospolitak V., Voytovych D. (2023) Assessing the effect of mechanical deformation of the Panasonic NCR18650B lithium-ion power cell housing on its fire safety *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (7 (122)), 69–78. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.276780>

Lazarenko O.V. PhD, associate professor, Lviv State University of Life Safety, professor of the Department of Fire Tactics and Emergency Rescue work

DETERMINING THE WARM-UP TIME OF THE PANASONIC NCR 18650B LITHIUM-ION POWER CELL FROM AN EXTERNAL SOURCE

The work highlights the experimental results of determining the time and temperature of the PANASONIC NCR 18650B lithium-ion battery cell (LIB) warm-up using an external heating source. The obtained experimental results made it possible to construct several graphic dependencies. The resulting graphical dependencies will later make it possible to obtain and calculate a mathematical model of heating and establish the thermophysical characteristics of LIB.

*С.В. Новак, к.т.н., с.н.с., О.В. Добростан к.т.н., ст. дослідник
Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту, Україна
М.М. Пустовий
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля
Національного університету цивільного захисту України
М.С. Новак
Національний університет харчових технологій, Україна*

ВПЛИВ ПОЧАТКОВОЇ ТЕМПЕРАТУРИ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІД ЧАС ВИПРОБУВАННЯ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ НА РЕЗУЛЬТАТИ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОМІЖКУ ЧАСУ ЗБЕРЕЖЕНОСТІ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ

Під час випробування сталевих конструкцій на вогнестійкість їхні зразки піддають впливу за номінального температурного режиму – стандартного за EN 1363-1 [1] або альтернативного йому за EN 1363-2 [2], і визначають проміжок часу до досягнення на зразках критичної температури сталі або їх граничної деформації [3]. Відповідно до 10.3 EN 1363-1 [1] початкове середнє значення температури зразків має бути в діапазоні від 10 °C до 40 °C. У разі випробування за однакових умов вогневого впливу однакових зразків сталевих конструкцій, які мають різну початкову температуру сталі, не можна виключати можливості отримання для цих зразків різних результатів визначення проміжку часу збереженості несучої здатності.

За мету цього дослідження ставилось виявлення впливу початкової температури зразків для випробування таких сталевих конструкцій, як балки і колони з одношаровою системою вогнезахисту, на проміжок часу збереженості їхньої несучої здатності, для широких діапазонів параметрів цих конструкцій (теплофізичних властивостей застосовного вогнезахисного матеріалу, товщини вогнезахисту, критичної температури сталі і коефіцієнта поперечного перерізу конструкції).

Для досягнення мети дослідження було застосовано метод чисельного моделювання теплового стану сталевих конструкцій, оснащеної вогнезахисним матеріалом із заданими теплофізичними властивостями, в умовах вогневого впливу за стандартного температурного режиму [4]. Розв'язанням прямої задачі теплопровідності для широкого діапазону параметрів сталевих конструкцій з одношаровою системою вогнезахисту визначали дані щодо проміжку часу збереженості несучої здатності цієї конструкції за різних значень її початкової температури θ_0 (номінального $\theta_{0,nom} = 20$ °C, мінімально допустимого $\theta_{0,min} = 10$ °C і максимально допустимого $\theta_{0,max} = 40$ °C). При цьому за показник для визначення проміжку часу збереженості несучої здатності брали проміжок часу до досягнення на металевій поверхні конструкції критичної температури сталі θ_{cr} . Як значення товщини вогнезахисту брали величини мінімальної товщини одношарової системи вогнезахисту, необхідні для забезпечення певних нормованих проміжків часу збереженості несучої здатності сталевих конструкцій за номінальної початкової температури $\theta_{0,nom} = 20$ °C [5].

Для розв'язання прямої задачі теплопровідності використано одномірну двошарову математичну модель теплопровідності, яка складається із системи рівнянь, наведеної в [5]. Значення коефіцієнтів тепловіддачі конвекцією і теплового випромінювання на обігрівній поверхні системи вогнезахисту, теплофізичні властивості сталі та інші параметри цієї моделі обрані такими, як наведено в [6]. Розв'язання математичної моделі й прямої задачі теплопровідності з визначення температури сталі виконано методом кінцевих різниць за неявною схемою апроксимації [3].

За результатами розв'язання прямої задачі теплопровідності розраховували відсоткові різниці $\delta_{t,10}$ і $\delta_{t,40}$ між значеннями проміжку часу до досягнення критичної температури, отриманими за мінімально допустимої початкової температури 10 °C і номінальної початкової температури 20 °C, а також між значеннями, отриманими за

максимально допустимої початкової температури 40 °С і номінальної початкової температури 20 °С.

За результатами проведеного дослідження визначено, що для застосовного при розрахунках діапазону параметрів сталеві конструкції різниця між значеннями проміжку часу до досягнення критичної температури, отриманими за мінімально допустимої початкової температури 10 °С і номінальної початкової температури 20 °С, може досягати 2,33 %, а різниця між значеннями, отриманими за максимально допустимої початкової температури 40 °С і номінальної початкової температури 20 °С – 3,67 %. Закономірним є зменшення цих різниць (за модулем) з підвищенням критичної температури θ_{cr} . Зокрема, за значеннями коефіцієнта поперечного перерізу 150 м⁻¹, коефіцієнта теплопровідності вогнезахисного матеріалу 0,2 Вт/(м·°С), номінального проміжку часу збереженості несучої здатності 90 хв і підвищенні критичної температури від 350 °С до 700 °С різниці $\delta_{t,10}$ і $\delta_{t,40}$ зменшуються від 1,33 % до 0,33 % і від –2,89 % до –0,67 %, відповідно (рис. 1).

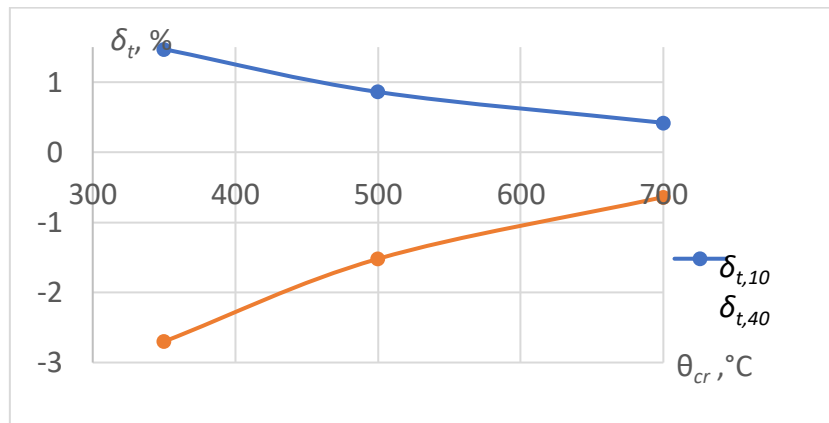


Рисунок 1 – Залежності різниць $\delta_{t,10}$ і $\delta_{t,40}$ від критичної температури θ_{cr}

Встановлено, що для визначення значення проміжку часу збереженості вогнестійкості сталеві конструкції, яке є найбільш наближеним до номінального значення, необхідне застосування показника, яким є проміжок часу до досягнення коригованої критичної температури [4]. Визначено залежність різниці між цією коригованою критичною температурою і нормованою критичною температурою від параметрів сталеві конструкції. Показано, що у разі застосування цього показника відхил розрахункового проміжку часу збереженості вогнестійкості, визначеного за мінімально і максимально допустимих значень початкової температури сталеві конструкції, від проміжку часу за номінальної початкової температури не перевищує 0,89 %, що є прийнятною точністю для інженерних розрахунків. Визначено процедуру коригування отриманих під час випробування показників щодо проміжку часу збереженості несучої здатності сталеві конструкції з одношаровою системою вогнезахисту, яка дозволяє усунути вплив відхилення початкової температури зразків від номінального значення.

Окреслено напрями подальших досліджень, які орієнтовані на виявлення впливу початкової температури на показники щодо проміжку часу збереженості несучої здатності сталевих конструкцій, оснащених одно- і багатшаровими системами вогнезахисту, в яких застосовують вогнезахисні матеріали зі змінними теплофізичними властивостями, для умов вогневого впливу за різними номінальними температурними режимами.

ЛІТЕРАТУРА

1. 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.

2. EN 1363-2:1999. Fire resistance tests – Part 2: Alternative and additional procedures. European committee for standardization. Central Secretariat: rue de Stassart, 36, B-1050 Brussels. 1999 CEN. 16 p.

3. Круковский П., Новак С., Поклонский В., Еременко С., Фролов Г. *Оценка огнестойкости металлических строительных конструкций и огнезащитной способности покрытий (расчетно-экспериментальный подход)*: коллективная монография. Киев: ТОВ "Франко Пак". 2021. 148 с.

4. Новак С., Добростан О., Пустовий М. Визначення проміжку часу збереженості вогнестійкості несучих сталевих конструкцій з різною початковою температурою. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. 2023. № 2 (16). С. 4–21.

5. Новак С., Дріжд В., Добростан О., Новак М. Вплив теплофізичних властивостей вогнезахисних матеріалів на тепловий стан сталевих колон за стандартного температурного режиму. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. 2022. № 1 (13). С. 88–110.

6. ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016. Проектування сталевих конструкцій. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість. Київ : Мінрегіон України, 2016. 111 с.

S.V. Novak, PhD, Sen. St. Sc., O.V. Dobrostan PhD, Sen. St. Sc.
Institute of Public Administration and Research on Civil Defense, Ukraine

M.M. Pustovyi
Cherkasy Institute of Fire Safety named after Heroes of Chornobyl of the National University of Civil Defense of Ukraine

M.S. Novak
The National University of Food Technologies, Ukraine

INFLUENCE OF THE INITIAL TEMPERATURE OF STEEL STRUCTURES DURING FIRE RESISTANCE TESTING ON THE RESULTS OF DETERMINING THE TIME PERIOD OF LOAD-BEARING CAPACITY PRESERVATION

The purpose of this study was to determine the effect of the initial temperature of test specimens for such steel structures as beams and columns with a single-layer fire protection system on the time period of their load-bearing capacity for a wide range of parameters of these structures (thermal and physical properties of the applied fire protection material, fire protection thickness, critical steel temperature, and cross-sectional area ratio of the structure). To achieve this goal, the method of numerical modeling of the thermal state of a steel structure equipped with a fire protection material with specified thermal and physical properties under fire exposure at a standard temperature regime was used.

By solving the direct heat conduction problem for a wide range of parameters of a steel structure with a single-layer fire protection system, data on the time period for maintaining the load-bearing capacity of this structure at different values of its initial temperature (nominal, minimum allowable, and maximum allowable values) were determined. In this case, the time period until the critical steel temperature is reached on the metal surface of the structure was taken as an indicator for determining the time interval for maintaining the load-bearing capacity.

According to the results of the study, it was determined that for the range of steel structure parameters used in the calculations, the difference between the values of the time period before reaching the critical temperature obtained at the minimum permissible initial temperature of 10 °C and the nominal initial temperature of 20 °C can reach 2.33%, and the difference between the values obtained at the maximum permissible initial temperature of 40 °C and the nominal initial temperature of 20 °C can reach 3.67%.

The paper outlines directions for further research aimed at identifying the influence of the initial temperature on the indicators of the time period for maintaining the load-bearing capacity of steel structures equipped with single- and multi-layer fire protection systems that use fire protection materials with variable thermal and physical properties.

РОЗРОБКА СПРОЩЕНОЇ СХЕМИ УДОСКОНАЛЕНОГО ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РОЗРАХУНКОВОГО МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ МЕЖІ ВОГНЕСТІЙКОСТІ НЕСУЧИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ СТІН

Анотація. Аналіз існуючих наукових робіт щодо методів визначення вогнестійкості несучих залізобетонних стін таких дослідників: П. Г. Круковського, С. В. Поздєєва, О. М. Нуянзіна, С. Л. Фомина, О. В. Некори, С. В. Новака, С. О. Сідня, В. Bartelemi, G. Kruppa, T. Lie, T. Harmathy, виявив обмеження досліджуваних ними методів та неоднозначність у практиці. Удосконалений експериментально-розрахунковий метод включає в себе схему проведення експериментів з нагрівання несучих залізобетонних стін та розрахунків, спрямовану на забезпечення точності визначення межі вогнестійкості.

Спрощена схема удосконаленого експериментально-розрахункового методу оцінювання межі вогнестійкості несучих залізобетонних стін дозволяє більш ефективно, в порівнянні з існуючими, встановлювати межу вогнестійкості залізобетонних стін.

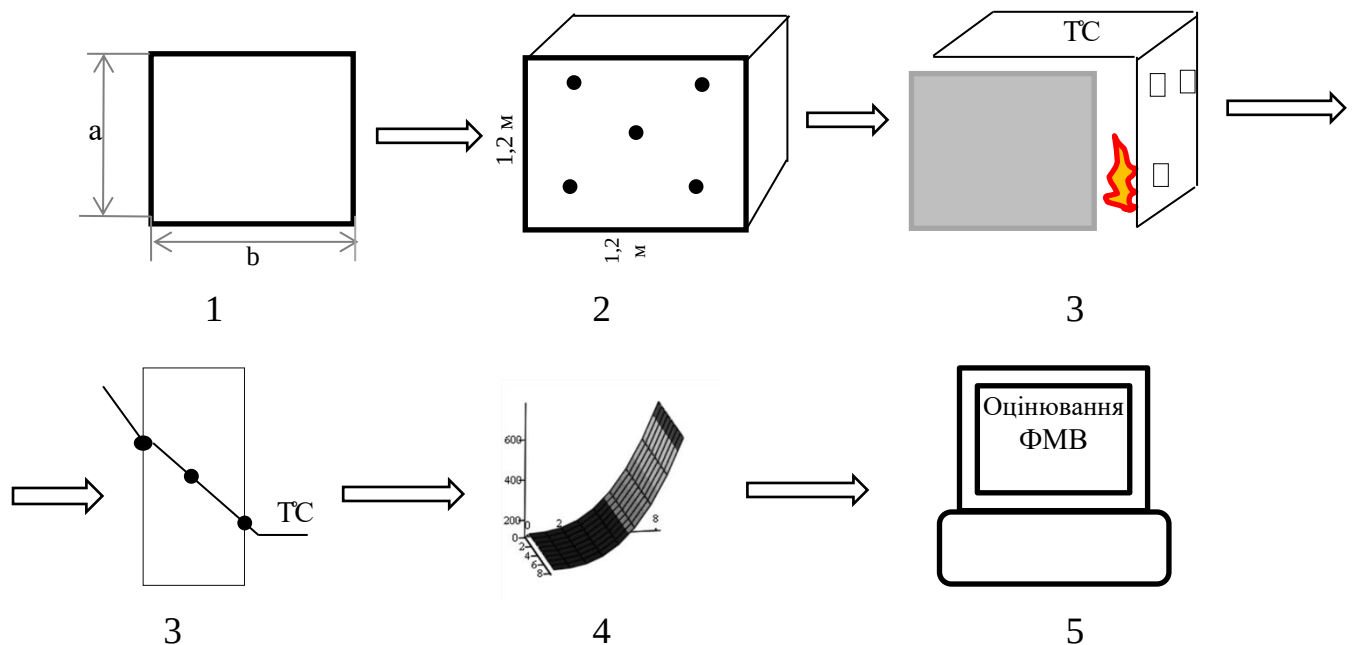


Рисунок 1. Спрощена схема удосконаленого експериментально-розрахункового методу оцінювання межі вогнестійкості несучих залізобетонних стін

Згідно із схемою на рис. 1. для оцінювання межі вогнестійкості несучих залізобетонних стін за допомогою удосконаленого експериментально-розрахункового методу спрощений алгоритм передбачає [1]:

1. Схематичне відображення розмірів елемента, який виготовляють заздалегідь для нагрівання у камері вогневої установки.
2. Підготовка фрагменту до випробувань з установленням датчиків контролю температури у камері вогневої установки та у досліджуваному фрагменті.
3. Експериментальне випробування з нагрівання досліджуваного фрагмента у камері малогабаритної вогневої установки.
4. Розподілення температури у перерізі несучої залізобетонної стіни на кожній хвилині випробування на основі точкових замірів температур під час нагрівання у камері вогневої установки.
5. Оцінювання межі вогнестійкості розрахунковим шляхом.

Для виконання експериментальної частини з нагрівання фрагмента несучої залізобетонної стіни необхідно використовувати вогневу установку, яка буде забезпечувати основні вимоги [1]:

1. Рівномірність прогрівання камери вогневої печі та відповідно обігрівної поверхні досліджуваного фрагмента. Для цього рекомендовано використовувати вогневу установку з мінімально можливим розміром камери вогневої печі, яка здатна забезпечити мінімальну необхідну відстань від факела полум'я, а висота установки має забезпечувати необхідний мінімальний об'єм для циркуляції продуктів горіння, а отже і відтворення стандартного температурного режиму пожежі у камері вогневої установки.

2. Розміщення пальників. Пальники слід розміщувати таким чином, щоб уникнути непрямих впливів вогню на стіни та забезпечити рівномірне поширення теплового потоку. Тобто рекомендовано дотримуватися встановлених стандартів щодо мінімальної відстані між пальниками та стінами.

3. Отвір для відведення продуктів горіння. Отвір для відведення продуктів горіння рекомендовано розміщувати внизу на задній стінці камери вогневої печі з можливістю зміни його розміру.

Для виконання експериментального дослідження необхідно виготовити як мінімум 3 фрагмента залізобетонних несучих стін, щоб перевірити відтворюваність отриманих даних температури.

Отримані результати експериментального дослідження будуть використані для виконання подальших розрахунків, оцінювання межі вогнестійкості залізобетонних несучих стін.

Для розв'язування задачі міцності необхідно використовувати зонний метод, який полягає у розділенні перерізу стіни на зону, яка опирається механічним навантаженням на рівні ненагрітого бетону та ушкодженої зони, яка не здатна опиратися силовій дії механічного навантаження.

У цілому, розробка спрощеної схеми удосконаленого експериментально-розрахункового методу оцінювання межі вогнестійкості несучих залізобетонних стін відкриває нові перспективи для покращення якості та безпеки будівельних конструкцій у умовах пожежі, за рахунок проведення дослідження з нагрівання несучих залізобетонних стін у спеціально створеній малогабаритній вогневій установці без навантаження та проведення подальшого розрахунку міцності.

ЛІТЕРАТУРА

1 Перегін, А. В. (2023). *Удосконалення експериментально-розрахункового методу оцінювання межі вогнестійкості несучих залізобетонних стін* (Дисертаційне дослідження).

*A. V. Perehin, O. M. Nuianzin doctor of technical sciences, associate professor
Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes NUCDU*

DEVELOPMENT OF A SIMPLIFIED SCHEME FOR AN IMPROVED EXPERIMENTAL-CALCULATIVE METHOD OF EVALUATING THE FIRE RESISTANCE LIMIT OF LOAD-BEARING REINFORCED CONCRETE WALLS

Abstract. The analysis of existing scientific works on methods for determining the fire resistance of load-bearing reinforced concrete walls by researchers such as P.G. Krukovsky, S.V. Pozdyeev, O.M. Nuianzin, S.L. Fomin, O.V. Nekory, S.V. Novak, S.O. Sidnei, V. Barteleми, G. Kruppa, T. Lie, T. Harmathy, revealed limitations in their investigated methods and ambiguity in practice. The enhanced experimental-calculation method includes a scheme for conducting experiments on heating load-bearing reinforced concrete walls and calculations aimed at ensuring the accuracy of determining the fire resistance limit.

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЗДАТНОСТІ
РЕАКТИВНОГО ВОГНЕЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ НА СТАЛЕВІЙ ПЛАСТИНІ
РОЗМІРОМ 500X500 мм ТОВЩИНОЮ 0,3 см**

Пожежі є надзвичайно великою проблемою сьогодення. Беручи до уваги заключний звіт Всесвітнього центру статистики пожеж 2023 року [1], у період з 1993 по 2021 рік середній показник виникнення пожеж становив 3,7 млн щороку. Середній показник загиблих на пожежах складає 40,1 тис людей щороку. Матеріальні збитки завдані пожежами оцінюються мільярдами доларів.

Слід зазначити, що 31,3 (763 092 шт.) % від загальної кількості пожеж – це пожежі, що виникають у виробничих, громадських, житлових та інших будівлях. Беручи до уваги таку статистику, актуальним є завдання щодо запобігання виникненню та поширенню пожеж. Очевидним є той факт, що найважливіше значення та вплив на розвиток і поширення пожеж в будівлях і спорудах має вогнестійкість будівельних конструкцій, яка повинна враховуватись на етапі проектування.

Особливу увагу при застосуванні у будівництві необхідно приділяти саме металевим конструкціям, оскільки їх межа вогнестійкості становить близько 15 хв в залежності від профілю та перерізу конструкції, а це в свою чергу обмежує їх застосування у будівлях і спорудах де передбачено клас вогнестійкості конструкцій > REI 15. Способами підвищення класу вогнестійкості сталевих будівельних конструкцій є її вогнезахист [2], що може бути реалізований з використанням спеціальних засобів.

Тому, розроблення нових вогнезахисних речовин та дослідження ефективності їх складів є актуально науково-технічною задачею.

Стандартом [3] попередньо, під час сертифікаційних, типових чи періодичних випробувань (під час розроблення технічних умов на вогнезахисний засіб) передбачено визначення часу прогріву двох сталевих пластин до критичної температури (480 °C від початкового значення).

Для дослідження вогнезахисної ефективності розробленого вогнезахисного покриття [4] використано установку для визначення вогнезахисної здатності (ефективності) вогнезахисних покриттів, принцип роботи якої, полягає у нагріванні внутрішнього простору камери установки електричними нагрівальними елементами.

Нагрівання дослідного зразка сталевих пластин (розміром 500x500 мм) товщиною 0,3 см із нанесеним вогнезахисним покриттям різної товщини відбувалось згідно стандартного температурного режиму пожежі за ДСТУ Б В.1.1-4-98*.

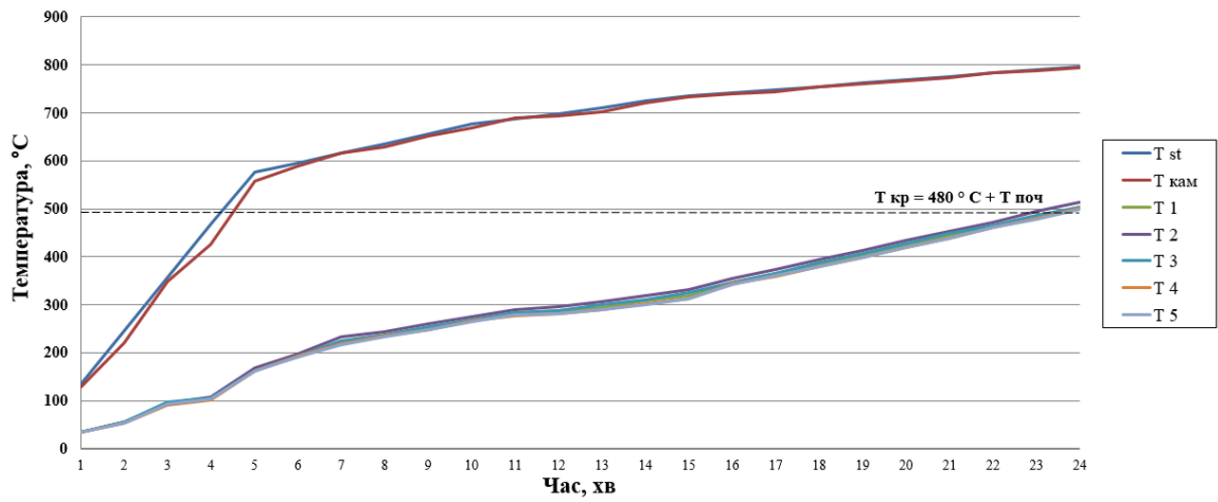
Параметри та характеристики дослідних зразків наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

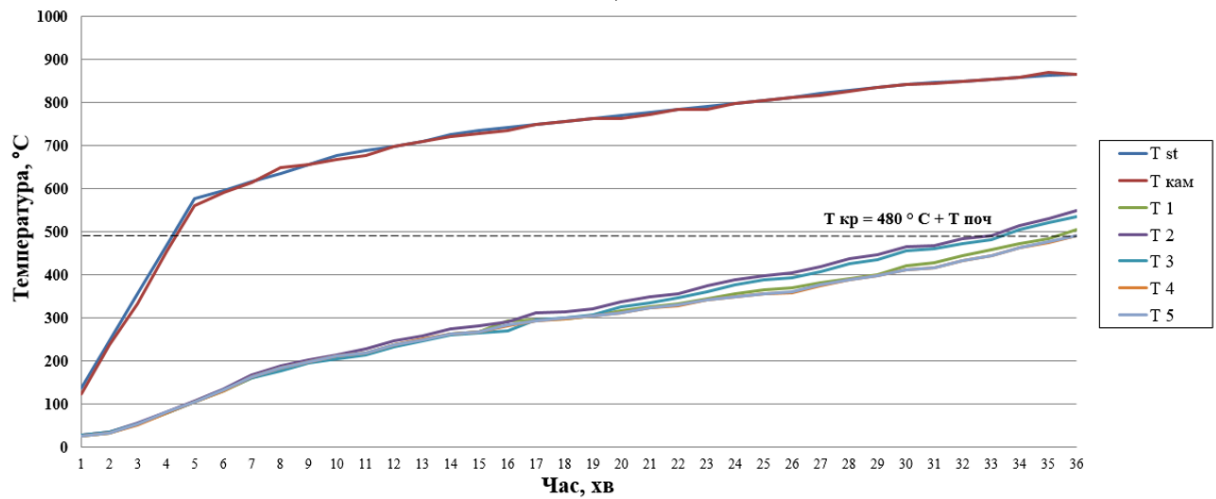
Номенклатура дослідних зразків

№ зразка	1	2	3	4
Параметр				
Товщина сталевих пластин, мм	3			
Товщина покриття, мм	0,3	0,45	0,6	0,8

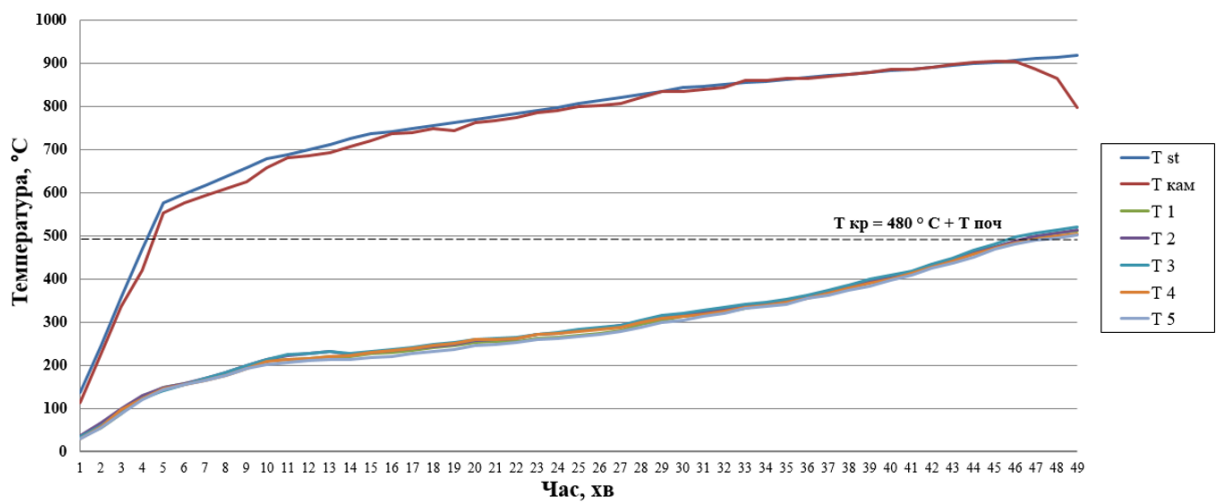
Результати прогріву дослідних зразків до критичної температури представлено на рисунку 2 (T_{st} – стандартний температурний режим пожежі, $T_{кам}$ – режим нагрівання камери, T_1 - T_5 – покази термопар, що розташовані на необігрівній поверхні дослідного зразка).



а)



б)



в)

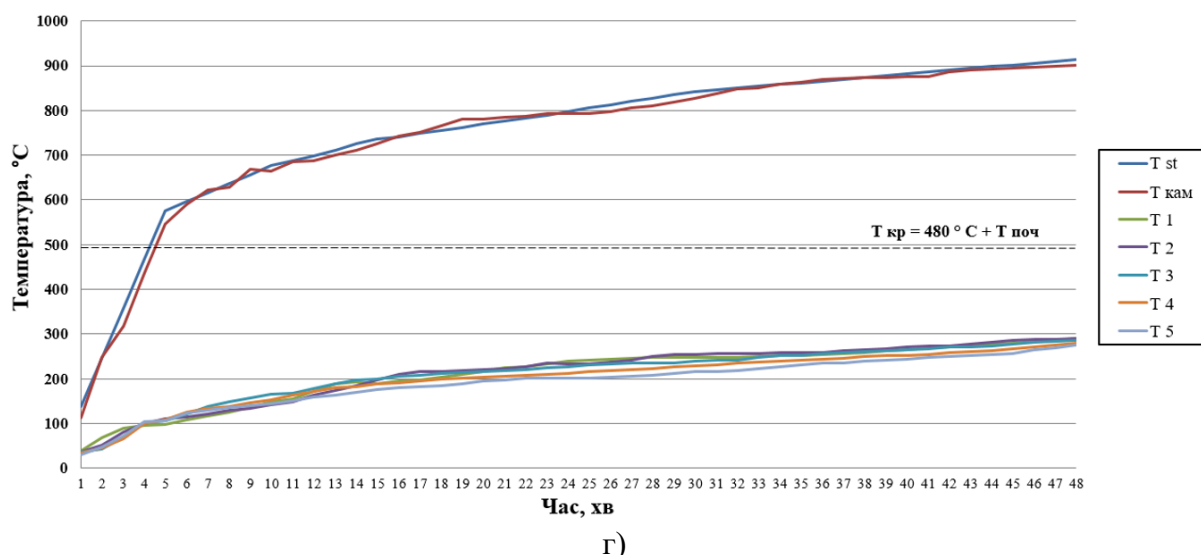


Рис. 1. Розподіли температури по металевій пластині товщиною 0,3 см:
а) - товщина покриття 0,3 мм, б) – товщина покриття 0,45 мм,
в) - товщина покриття 0,6 мм, г) - товщина покриття 0,8 мм

Висновок. Експериментально встановлено, що критична температура у сталевій пластині товщиною 0,3 см досягається на 23, 34, та 46 хв при товщині покриття – 0,3, 0,45, та 0,6 мм відповідно. При товщині покриття 0,8 мм, критична температура на необігрівій поверхні дослідного зразка не була досягнута.

ЛІТЕРАТУРА

1. World Fire Statistics (2023). Report № 28. – International Association of Fire and Rescue Services (CTIF): Copyright by Center of Fire Statistics of CTIF – 102 p.
2. Веселівський Р. Б., Смоляк Д.В. Способи вогнезахисту металевих будівельних конструкцій. *Пожежна безпека*. 2021. № 39. С. 63–76.
3. Захист від пожежі. Вогнезахисне оброблення будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання : ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29:2010 [Чинний від 30-12-2010]. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010.
4. Веселівський Р.Б., Смоляк Д.В. Експериментальні дослідження вогнезахисної здатності вогнезахисного покриття на основі полісилоксану та алюмінію оксиду для сталевих будівельних конструкцій. *Пожежна безпека*. 2022. № 41. С. 31–37.

*Veselivskiy R.B., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
 Yakovchuk R.S., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Smolyak D.V.
 Lviv State University of Life Safety*

EXPERIMENTAL STUDIES OF FIRE PROTECTION CAPACITY OF REACTIVE FIRE PROTECTION COATING ON STEEL PLATE SIZE 500X500 mm THICKNESS 0.3 cm

Experimental studies were carried out and the heating time of a prototype steel plate (0,3 cm thick) with a fireproof coating based on polysiloxane and oxides of aluminum, titanium, and chromium was determined to a critical temperature depending on the coating thickness (0,3, 0,45, 0,6, 0,8 mm).

С.С. Майстренко¹, О. Ребров², Р.І. Шевченко¹ д.т.н., проф.

¹Національний університет цивільного захисту України

²Інститут державного управління та наукових досліджень цивільного захисту

ДО ПИТАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПАСИВНИХ ЗАСОБІВ ЛОКАЛІЗАЦІЙ ПОЖЕЖІ НА ОБ'ЄКТАХ З МАСОВИМ ПЕРЕБУВАННЯМ ЛЮДЕЙ

До лютого 2022 року на теренах держави активно здійснювалося будівництво, модернізація закладів з масовим перебуванням людей. Реконструкція закладів з масовим перебуванням людей, яка безумовно буде поновлена після закінчення війни та нашої перемоги.

Проектовані у різних містах закладів з масовим перебуванням людей є, за своєю суттю, унікальними об'єктами як за прийнятими технічними рішеннями, які передбачають суміщення в єдиному обсязі приміщень різних класів функціональної пожежної небезпеки з різномірним контингентом і різними технологічними зв'язками), а також за їх державною та соціальною значимістю, проектування яких немає єдиних типових вимог.

Пожежі, що відбуваються на таких об'єктах, часто супроводжуються масовою загибеллю, груповим травмуванням людей, а також значними матеріальними збитками, оскільки такі об'єкти є, по суті, багатофункціональними об'єктами з масовим перебуванням людей.

Подібний стан справ призводить до необхідності детальної оцінки рівня пожежної безпеки будівель, а також вжиття неухильних заходів, спрямованих на безумовне забезпечення безпеки тих, хто перебуває в них.

Актуальність цієї теми очевидна: будівництво нових закладів з масовим перебуванням людей, у складі яких перебувають приміщення різних класів функціональної пожежної небезпеки розробки та впровадження нових технічних рішень, спрямованих на забезпечення безпеки людей, а також запобігання розповсюдженню небезпечних факторів пожежі.

Так, у провідних країнах світу для запобігання поширенню небезпечних факторів пожежі допускається застосування пасивних засобів у вигляді екранних конструкцій (стін). Подібне нове технічне рішення здатне вирішити багато проблем, пов'язаних не тільки із зонуванням багатофункціональних об'єктів торгівельно-розважальних комплексів, а також запобігання розповсюдженню пожежі. Реалізація таких рішень дозволить значно знизити матеріальні витрати на будівництво подібних об'єктів та монтаж окремих інженерних елементів, а також забезпечить мінімізацію можливої шкоди у разі виникнення пожежі. Крім того, екранні стіни не перешкоджають вільному переміщенню та евакуації людей.

При цьому вдосконалення нормативних положень для підвищення рівня пожежної безпеки закладів з масовим перебуванням людей набуває ще більшої актуальності та значущості.

S.S. Maistrenko¹, O. Rebrov², R.I. Shevchenko¹ Doctor of Technical Sciences, Prof.

¹National University of Civil Defense of Ukraine

²Institute of State Administration and Scientific Research of Civil Protection

ON THE QUESTION OF STUDYING THE EFFICIENCY OF PASSIVE FIRE LOCATION MEANS IN OBJECTS WITH A MASSIVE PRESENCE OF PEOPLE

The paper presents the results of a study of the effectiveness of passive means of limiting fire in institutions with a mass presence of people. Recommendations for the use of innovative means of fire localization are given.

М.М. Пустовий, І.Г. Маладика, к.т.н., доцент

Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля

Національного університету цивільного захисту України

С.В. Новак, к.т.н., с.н.с.

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту, Україна

М.С. Новак

Національний університет харчових технологій, Україна

ЗАЛЕЖНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИПРОБУВАННЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ ВІД ВІДХИЛУ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ В ПЕЧІ ВІД НОМІНАЛЬНОГО

Під час експериментального визначення проміжку часу збереженості вогнестійкості сталевих конструкцій здійснюють ідентифікацію їхнього теплового стану в умовах впливу номінального температурного режиму – стандартного за EN 1363-1 [1] або альтернативного за EN 1363-2 [2]. Відхил фактичної температури в печі від номінального режиму призводить до похибки результатів випробування, однак, як зазначено в ДСТУ EN 1363-1 [1] «Через особливості випробування на вогнестійкість і складність кількісного визначення невизначеності результату визначення вогнестійкості, зумовлену ними, вказати заданий ступінь точності результату неможливо», і актуальним слід вважати виявлення впливу цього відхилу на отримувані результати.

За мету цього дослідження ставилось виявлення залежності між проміжком часу збереженості вогнестійкості для таких сталевих конструкцій, як балки і колони з одношаровою системою вогнезахисту, і відхилом фактичної температури в печі від номінального режиму, а також визначення процедури коригування отриманих показників щодо цього проміжку часу для усунення впливу зазначеного відхилу температури на результати випробування. Для досягнення цієї мети було застосовано метод, складовими якого є обчислювальна процедура чисельного моделювання теплового стану сталевих конструкцій, оснащеної вогнезахисним покриттям із заданими теплофізичними властивостями, в умовах вогневого впливу за стандартного температурного режиму (процедура розв'язання прямої задачі теплопровідності), процедури аналізу, порівняння, узагальнення, апроксимації та систематизації отриманих розрахункових даних із використанням лінійного числового регресійного аналізу. За критерій настання граничного стану сталевих конструкцій за ознакою втрати несучої здатності брали досягнення критичної температури сталевих конструкцій (далі – критичної температури), яка дорівнює 500 °С. Обчислювальні експерименти виконували шляхом розв'язання прямої задачі теплопровідності для сталевих конструкцій, яка має коефіцієнт поперечного перерізу 200 м⁻¹ (товщину 5 мм). Для розрахунку теплового стану сталевих конструкцій в умовах вогневого впливу (температури сталі для різних проміжків часу вогневого впливу) використано одномірну двошарову математичну модель теплопровідності, яка складається із системи рівнянь, наведеної в [3]. Значення коефіцієнтів тепловіддачі конвекцією і теплового випромінювання на обігрівній поверхні вогнезахисного покриття, теплофізичні властивості сталі та інші параметри цієї моделі обрані такими, як наведено в [4]. Розв'язання математичної моделі й прямої задачі теплопровідності з визначення температури сталі виконано методом кінцевих різниць за неявною схемою апроксимації із використанням програмного забезпечення FRIEND-2 [5].

За результатами проведеного дослідження виявлено закономірності щодо впливу відхилу фактичної температури в печі від номінального режиму на результати випробування сталевих конструкцій в умовах стандартного температурного режиму за EN 1363-1 [1] і ДСТУ Б В.1.1-4 [6]. Встановлено, що різниця між значеннями проміжку часу до досягнення на металевій поверхні сталевих конструкцій з одношаровою системою вогнезахисту критичної температури 500 °С, отриманими за фактичним і номінальним

температурними режимами в печі, залежить від проміжку часу вогневого впливу і показника відхилення між цими режимами, і не залежить від теплофізичних властивостей вогнезахисного покриття. Найбільші величини цієї різниці є різними для допустимих відхилів, регламентованих в європейському EN 1363-1 [1] і національному ДСТУ Б В.1.1-4 [6] стандартах. Для умов національного стандарту з підвищенням проміжку часу вогневого впливу t_{fr} від 30 хв до 240 хв величина цієї різниці $\delta_{t,T}$ зменшується від 14,7 % до 3,3 %, а для європейського стандарту – від 6,6 % до 2,4 % (див. рис. 1 [7]). На цьому рисунку $\delta_{t,Tmin}$, $\delta_{t,Tmax}$ – це різниці, отримані для мінімально і максимально допустимих температурних режимів в печі за ДСТУ Б В.1.1-4 [6], а $\delta_{t,Tmin,e}$, $\delta_{t,Tmax,e}$ – за EN 1363-1 [1].

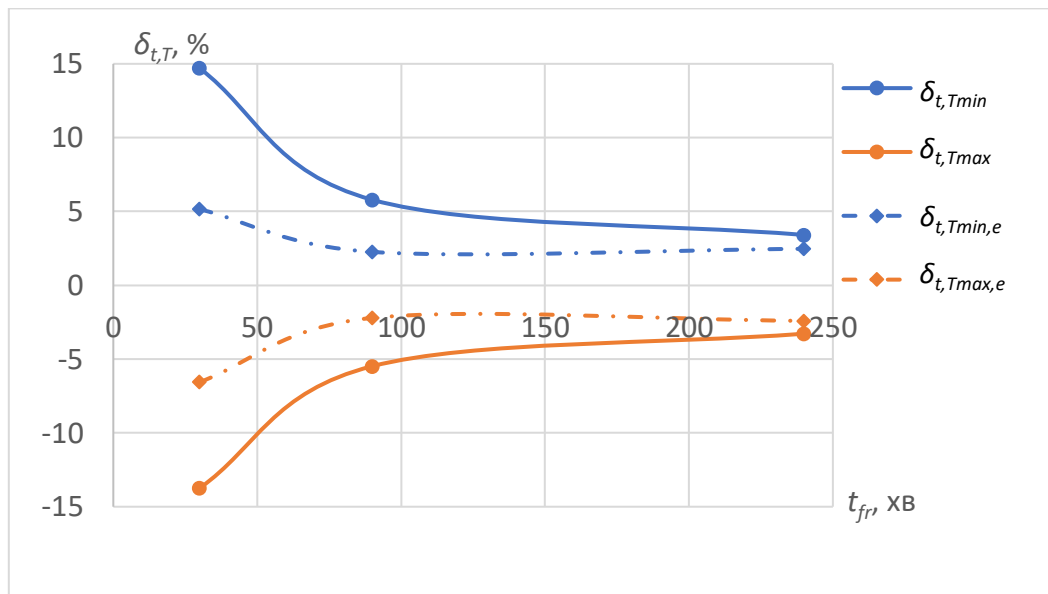


Рисунок 1 – Залежності різниць між значеннями проміжку часу до досягнення критичної температури 500 °C, отриманими за мінімально і максимально допустимими температурними режимами в печі, і цим проміжком часу за номінальної температури в печі від проміжку часу t_{fr}

Визначено процедуру коригування отриманих під час випробування показників щодо проміжку часу до настання граничного стану сталевих конструкцій з одношаровою системою вогнезахисту за ознакою втрати несучої здатності, яка дозволяє усунути вплив відхилення фактичного температурного режиму в печі від номінального на результати випробування.

Окреслено напрями подальших досліджень, які орієнтовані на виявлення залежностей між проміжком часу до настання граничного стану за ознакою втрати несучої здатності сталевих конструкцій, оснащених одно- і багатшаровими системами вогнезахисту, в яких застосовують вогнезахисні покриття зі змінними теплофізичними властивостями, відхилом температури в печі від номінального режиму і значенням критичної температури для різних номінальних температурних режимів пожежі.

ЛІТЕРАТУРА

1. 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.
2. EN 1363-2:1999. Fire resistance tests – Part 2: Alternative and additional procedures. European committee for standardization. Central Secretariat: rue de Stassart, 36, B-1050 Brussels. 1999 CEN. 16 p.

3. Новак С., Дріжд В., Добростан О., Новак М. Вплив теплофізичних властивостей вогнезахисних матеріалів на тепловий стан сталевих колон за стандартного температурного режиму. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. 2022. № 1 (13). С. 88–110.

4. ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016. Проектування сталевих конструкцій. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість. Київ : Мінрегіон України, 2016. 111 с.

5. Круковский П., Новак С., Поклонский В., Еременко С., Фролов Г. *Оценка огнестойкости металлических строительных конструкций и огнезащитной способности покрытий (расчетно-экспериментальный подход)*: коллективная монография. Киев: ТОВ "Франко Пак". 2021. 148 с.

6. ДСТУ Б В.1.1-4-98* Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. Київ: Держбуд України, 2005. 19 с.

7. Новак С., Новак М., Пустовий М. Вплив відхилення температури в печі від номінального режиму на результати випробування сталевих конструкцій на вогнестійкість. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. 2023. № 2 (16). С. 88–105.

M.M. Pustovyi, I.G. Maladyka, PhD, docent

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

S.V. Novak, PhD, Sen. St. Sc.

Institute of Public Administration and Research on Civil Defense, Ukraine

M.S. Novak

The National University of Food Technologies, Ukraine

DEPENDENCE OF THE RESULTS OF TESTING STEEL CONSTRUCTIONS FOR FIRE RESISTANCE ON THE DEVIATION OF THE TEMPERATURE MODE IN THE FURNACE FROM THE NOMINAL

The purpose of this study was to determine the relationship between the time interval of fire resistance retention for steel structures such as beams and columns with a single-layer fire protection system and the deviation of the actual temperature in the furnace from the nominal mode, as well as to determine the procedure for adjusting the obtained indicators for this time interval to eliminate the influence of this temperature deviation on the test results.

The regularities of the influence of the deviation of the actual temperature in the furnace from the nominal mode on the test results of steel structures under standard temperature conditions according to the European standard EN 1363-1:2020 and the national standard of Ukraine DSTU B V.1.1-4-98* were revealed. It was established that the difference between the values of the time interval until the metal surface of a steel structure with a single-layer fire protection system reaches a critical temperature of 500 °C, obtained from the actual and nominal temperature conditions in the furnace, depends on the time interval of fire exposure and the deviation index between these conditions, and does not depend on the thermal and physical properties of the fire protection coating. The largest values of this difference are different for the permissible deviations regulated in the above national and European standards. For the national standard, as the fire exposure time increases from 30 minutes to 240 minutes, this difference decreases from 14.7% to 3.3%, and for the European standard, it decreases from 6.6% to 2.4%.

The procedure for correcting the test results regarding the time interval before the onset of the limit state of a steel structure with a single-layer fire protection system on the basis of loss of bearing capacity is determined, which allows eliminating the influence of the deviation of the actual temperature regime in the furnace from the nominal one on the test results.

The paper outlines directions for further research aimed at identifying dependencies between the time interval before the onset of the limit state on the basis of the loss of bearing capacity of steel structures equipped with single- and multilayer fire protection systems that use fireproof coatings with variable thermal and physical properties.

*О.В. Миргород, к.т.н., с.н.с., доцент,
Я.О. Радіонов, курсант 3 курсу факультету ПБ
О.В. Попов, курсант 4 курсу факультету ПБ
Національний університет цивільного захисту України
Skatkov L., PhD in Technical Sciences, Ben Gurion University of Negev (Israel)*

ЗАГЛИБЛЕННЯ ЗАЗДАЛЕГІДЬ ВИГОТОВЛЕНИХ ПАЛЬ НА ЕТАПІ БУДІВНИЦТВА

Виготовлення паль на будівельному майданчику створенням свердловини в ґрунті і заповненням її бетоном запропонував київський інженер А.Е.Страус наприкінці ХІХ ст. З того часу з'явилося досить багато різних вдосконалених конструкцій і технологій.

Показником ефективності палі є її несуча здатність. Тому вдосконалення технології спрямоване на забезпечення кращого контакту бетону з оточуючим ґрунтом та на збільшення щільності ґрунту. Це досягається трамбуванням бетонної суміші трамбівками, стисненням повітрям, обсадними трубами, спеціальними пуансонами, напірним бетонуванням, ущільненням основи свердловини трамбуванням або втрамбуванням у ґрунт щебеню або збірних малогабаритних елементів, заміною бурових свердловин на витрамбовувані обсадними трубами, трамбівками та вибуховими речовинами.

Заглиблення в ґрунт виготовлених заздалегідь паль виконують різними способами – забивають, вдавлюють за допомогою вібрації, розмиву ґрунту водою, загвинчують. Машини, які підтримують палі в потрібному положенні, як правило, вертикально, а також робочий орган, за допомогою якого заглиблюють палі, називають копрами. Копри бувають у вигляді спеціальних мостів на рейковому ході, змонтовані на автомобілях, тракторах, екскаваторах та стрілових кранах.

Крім копрів, для заглиблення паль випускають спеціальне коперне обладнання для базових машин. За його допомогою виконують значний обсяг пальових робіт. Спеціалізовані копри обладнані спеціальними пристроями для автоматизованого виставлення палі у вертикальне положення, підтягування її тощо. Забивають палі молотами, котрі підвішують, на копрі. Молоти бувають механічні, пароповітряні, дизельні, гідравлічні.

Механічний молот – це важка чавунна відливка, яку за допомогою лебідки піднімають на висоту, а потім скидають на верхню частину палі. Маса молотів сягає 8-10 т і більше, вони мають велику потужність, але низьку продуктивність.

Пароповітряний молот – це замкнений порожній вертикальний циліндр, в якому рухається (вгору–вниз) поршень масою 1,25-6 т, амплітуда руху 1,3-1,5 м. У дію його приводить стиснене повітря або пара.

Дизельні молоти (штангові та трубчасті) найпоширеніші у використанні. У штангових молотах рухомий циліндр масою 500-5000 кг ударяє по поршню, розвиваючи силу удару до 90 кДж. Трубчастий дизельний молот має поршень масою до 2500 кг, який рухається в трубці-циліндрі і розвиває силу удару до 20 кДж. Тиск у камері згоряння у цій конструкції значно менший, ніж у штанговому молоті, тому трубчастий молот застосовують ширше.

Гідравлічний молот – аналог пароповітряного молота з різницею, що енергоносієм є робоча рідина (переважно технічне мастило), яка працює у замкненій системі. Гідравлічний привід створює тиск до 30-60 МПа і порівняно з пароповітряним розвиває більшу силу удару по палі. Широке застосування ударний спосіб заглиблення паль набув за рахунок наявності великої кількості обладнання і високої продуктивності цього способу. Проте він має низку недоліків – низький коефіцієнт корисної дії обладнання, потреба у міцних конструкціях паль, оскільки навантаження на палю під час забивання в 3-5 разів перевищує навантаження на неї у будівлі.

Необхідну силу удару молота (E_n , кДж), визначають за формулою 1:

$$E_n = 0,045 N, \quad (1)$$

де N – розрахункове навантаження на палю, кН.

За довідковими даними підбирають молот, сила удару якого (E_a) не нижча обчисленої і забезпечується умова:

$$\frac{(m_1 + m_2 + m_3)}{E_d} \leq R, \quad (2)$$

де m_1 , – маса молота, т; m_2 – маса палі, т; m_3 – маса підбабка, т; R – коефіцієнт, який має значення від 0,6 до 0,2 залежно від типу молота та матеріалу палі.

За допомогою розрахунків можна обчислити величину заглиблення палі від одного удару молота, при якій буде гарантована задана несівна здатність. Заглиблення палі від одного удару молота називається відмовою палі. На практиці вона визначається як середнє арифметичне від 10 ударів молота (так званий залог).

Якщо вірно були виконані геологічні розвідування і підібрано молот, то паля заїде в ґрунт на проектну глибину і при цьому буде мати задану проектувальниками відмову. Відмова може бути фальшивою. Вона виявляється в піщаних та твердих ґрунтах за рахунок того, що під нижнім кінцем палі під час забивання ґрунт значно ущільнюється і паля показує відмову, що дорівнює проектній, не досягнувши проектної глибини. У такому випадку не слід зрубувати недобиту палю, а треба дати їй постояти. За 3-6 днів під її нижнім кінцем відбудуться процеси релаксації і розуцільнення ґрунту і після повторного її добивання виявиться дійсна відмова.

Якщо палю у твердих ґрунтах не можна заглибити на потрібну глибину і вона не має заданої несівної здатності, що контролюється відмовою, то для її заглиблення застосовують лідерне буріння. Лідерна свердловина має діаметр, удвічі менший від меншого розміру поперечного перерізу палі і глибину на 1,0-1,5 м меншу за довжину палі.

У водонасичених ґрунтах, особливо глинистих, під час заглиблення палі структурні зв'язки порушуються і відбувається тиксотропне розрідження ґрунту. Ґрунт стає рідким і паля легко в нього заглиблюється, не показуючи проектної відмови на проектній глибині. У цьому випадку теж слід не поспішати заглиблювати палідублери або міняти довжину палі. Їй також треба дати постояти протягом 10-20 днів. У разі повторного добивання паля може показати дійсну відмову. Явище фальшивої відмови може виявитися і при інших методах заглиблення, навіть при статичних, а розрідження глинистого водонасиченого ґрунту може бути навіть від того, що частинки ґрунту можуть потрапити в резонансне коливання з працюючим двигуном робочої машини.

Заглиблення паль вдавлюванням виконують, коли не допустимі динамічні навантаження на ґрунт та на будівлі, які розташовані поряд. Оскільки цей метод застосовують рідко, то машини для цього виготовляють за індивідуальними замовленнями. Наприклад, платформа на рівні землі має в центрі ґратчасту башту, в яку вставляють палю і за допомогою поліспастової системи вдавлюють у ґрунт. Анкерні зусилля створюються вагою платформи, оснасткою і привантаженням бетонними блоками або будівельними машинами, частіше тракторами. Установка для вдавлювання паль розроблена на основі гусеничного крана, основним органом якої є вакуумний присос до поверхні землі з робочою площею 15 м². Вона може розвивати 1000-1200 кН зусилля на вдавлювання.

За допомогою вібрації заглиблюють палі з малим поперечним перерізом або трубчасті палі-оболонки з відкритим нижнім кінцем. Цей метод застосовують у водонасичених ґрунтах. Завдяки гідродинамічній силі, яка виникає від вібрації в ґрунті, руйнується зв'язок між твердими частинками ґрунту і між ґрунтом та палею, і вона під своєю вагою заглиблюється в ґрунт. Крім вібрації, використовують вібропривантаження – спеціально збільшують вагу вібратора або через поліспастову систему передають на палю частину ваги коперної установки. Віброударний метод полягає у співдії вібрації і удару.

Віброзаглиблювачі працюють за принципом синхронного обертання двох незрівноважених мас (рис. 1).



Рисунок 1 - Вібродарний метод заглиблення паль.

Гвинтові палі заглиблюють спеціальними установками – кабестанами. Це стаціонарні пристрої, установлені для загвинчування конкретних паль, які можуть загвинчувати палі з діаметром гвинта до 1,2 м і 8-10 м довжиною. Заглиблення паль за допомогою підмиву виконують під час гідротехнічного будівництва, якщо є достатня кількість води і не треба виконувати спеціальні роботи для відведення відпрацьованої води. Суть методу полягає в тому, що потужні струмені води із сопел, закріплених на нижньому вістрі палі, розмивають ґрунт і паля заглиблюється в нього під дією своєї ваги. Після заглиблення порожнину навкруг палі замивають ґрунтом або палю добивають. Тиск води при цьому має бути 0,4-2,0 МПа, витрати – 0,01-0,05 м³ /с.

O.V. Myrgorod, Ph.D., Senior Researcher, Associate Professor

Ya.O. Radionov, 3th year cadet at the Faculty of PB

O.V. Popov, 4th year cadet at the Faculty of PB

National University of Civil Defence of Ukraine

DEEPENING OF PREMADE PILES AT THE CONSTRUCTION STAGE

Pre-made piles are driven into the ground in various ways: they are hammered in, pressed in with the help of vibration, washed out with water, and screwed. Machines that support the piles in the desired position, usually vertically, and also the working body, with the help of which the piles are deepened, are called copra. Copras come in the form of special bridges on a rail course, mounted on cars, tractors, excavators and jib cranes.

In addition to digging piles, special digging equipment for basic machines is produced for driving piles. With its help, a significant amount of piling work is performed. Specialized pits are equipped with special devices for automated setting of the pile in a vertical position, pulling it up, etc.

С. М. Федченко, І. В. Федченко

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

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНИЖЕННЯ МІЦНОСТІ БЕТОНУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ТАВРОВОГО ПЕРЕРІЗУ В УМОВАХ ВОГНЕВИХ ВИПРОБУВАНЬ

У роботі викладені результати досліджень щодо зниження міцнісних характеристик бетону залізобетонних конструкцій таврового перерізу залежно від тривалості теплового впливу стандартного температурного режиму. Дані, необхідні для дослідження зниження міцності бетону залізобетонних конструкцій таврового перерізу, були отримані шляхом проведення вогневих випробувань залізобетонних ригелів.

За результатами вогневих випробувань було одержано закономірність зміни міцності бетону у залежності від температури. Для прогнозування поведінки залізобетонних ригелів в умовах пожежі використовують експериментальний та розрахунковий методи оцінки їхньої вогнестійкості [1]. Ці методи нині застосовуються для оцінювання вогнестійкості залізобетонних конструкцій, зокрема залізобетонних ригелів, проте мають переваги та недоліки, що накладають певні специфічні умови при їхньому використанні і актуалізують зусилля, спрямовані на їх удосконалення.

Перший метод ґрунтується на проведенні вогневих випробувань. Високотемпературні випробування залізобетонних ригелів та балок відбуваються у відповідності до стандартів [2]. Згідно із цими стандартами, залізобетонний ригель повинен бути підданий тепловій дії в умовах механічного навантаження, що повністю відповідає діючому навантаженню у них згідно із розрахунковою схемою конструкції будівлі. Міцність бетону змінюється по-різному при підвищених температурах залежно від навантаження і умов нагрівання. Метод вогневих випробувань є універсальним для всіх будівельних конструкцій при визначенні всіх типів граничних станів. Проте даний метод не завжди може бути коректно застосований. Це обумовлено в основному неможливістю відтворити при експерименті повну відповідність умовам закріплення і навантаження елементу при його роботі як складової частини даної конструкції.

Розрахункові методи прогнозування функціонування залізобетонних конструкцій в умовах пожежі не мають таких обмежень і широко застосовуються на стадії проектування будівель і споруд, які б відповідали вимогам будівельних норм щодо їх вогнестійкості [3]. Такі методи за допомогою комп'ютерного моделювання надають можливість відтворити умови роботи будівельної конструкції при пожежі у повному обсязі. В алгоритми комп'ютерних програм закладені сучасні чисельні методи [4]. Переваги розрахункових методів оцінювання вогнестійкості залізобетонних ригелів полягають в універсальності, гнучкості, можливості врахувати будь-який набір граничних умов та конструктивних особливостей, а також режимів теплового впливу пожежі. Серед недоліків слід вказати на обмеженість початкових даних щодо феноменології поведінки матеріалів в умовах пожежі.

Як початкові дані для розрахункових методів оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій використовують міцнісні характеристики бетону, що наведені у європейських нормах. У Eurocode 2 наведений коефіцієнт зниження характеристичної міцності бетону залежно від температури, що є універсальним та використовується при оцінці вогнестійкості розрахунковим методом для всіх типів залізобетонних конструкцій. Проте дослідження зразків, розміри яких наближені до реальних розмірів елементів будівель, дають більш точні результати.

Для отримання достовірних результатів щодо прогнозування вогнестійкості залізобетонних конструкцій розглядають метод вогневих випробувань і математичну обробку результатів, що надає гнучкість при врахуванні граничних умов для залізобетонних елементів [5, 6]. Цей підхід має перспективу для уточнення характеристик

матеріалів, що є компонентами залізобетону, безпосередньо через результати вимірювань при вогневих випробуваннях ригелів як альтернатива отриманню подібних даних через випробування лабораторних зразків відповідних матеріалів.

При проведенні вогневих випробувань отримується набір результатів вимірювань у вигляді залежностей від часу температурних показників в окремих точках перерізу та залежність максимального прогину ригеля від часу теплового впливу. Для визначення температур у будь-якій точці перерізів залізобетонних ригелів за точковими вимірюваннями температури у їх внутрішніх шарах, отриманими під час вогневих випробувань, проводиться процедура інтерполяції і встановлюються температури шарів, на які розбивається переріз ригеля. З використанням отриманих температурних розподілів та кривої залежності максимального прогину від часу ідентифікація механічних характеристик бетону на основі рівнянь рівноваги, побудованих з використанням деформаційної моделі.

Отже, для дослідження зниження міцності бетону залізобетонних конструкцій таврового перерізу в умовах вогневих випробувань розглянуто залізобетонні ригелі, конструктивна схема та схема розташування термопар для контролю температур у їх внутрішніх шарах зображені на рис. 1.

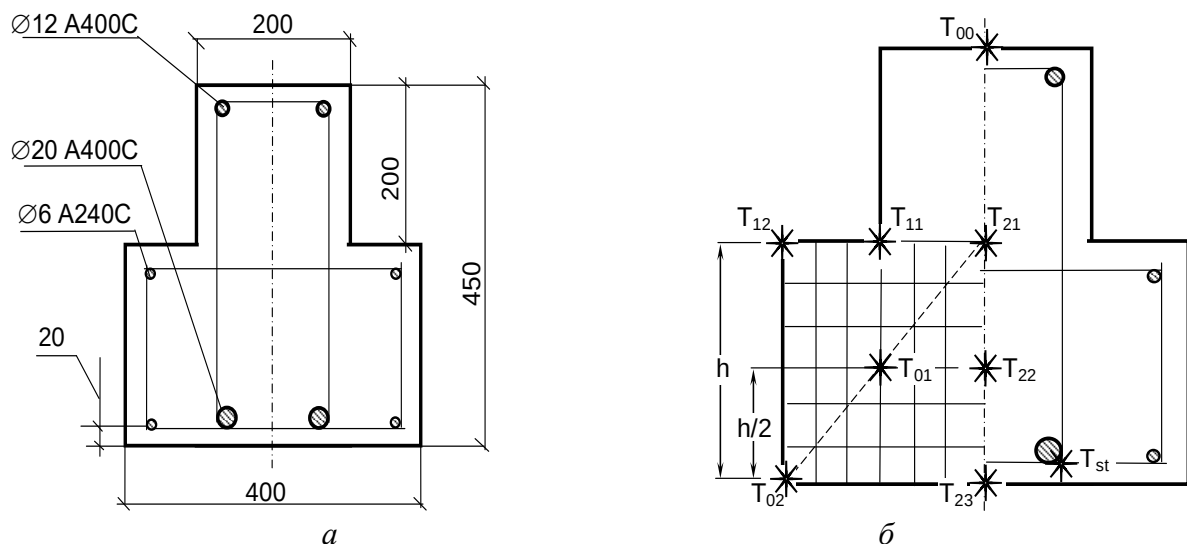


Рис. 1. Конструктивна схема залізобетонного ригеля – а; схема розташування термопар для контролю температур у внутрішніх шарах залізобетонного ригеля – б

Після проведення вогневих випробувань було отримано дані щодо температурних показників у камері печі та у внутрішніх шарах залізобетонних ригелів. Отримані результати показують задовільну відтворюваність експерименту, а отримана крива температур у камері печі не перевищує допустимі відхилення температурного режиму.

За показниками температури у внутрішніх шарах ригеля було проведено інтерполяцію за блок-схемою алгоритму визначення температури у вузлових точках перерізу шляхом інтерполяції температур за температурними показниками у контрольних точках перерізу, згідно із роботою [5] та побудовані температурні розподіли у залізобетонному ригелі для 15 хв, 30 хв, 45 хв, 60 хв тривалості вогневого випробування, що наведені у роботі [5].

У результаті проведення вогневих випробувань було отримано криву залежності максимального прогину від часу випробування (рис. 2). Отримані показники максимального прогину від часу випробування залізобетонних ригелів використовувалися при ідентифікації міцнісних характеристик бетону.

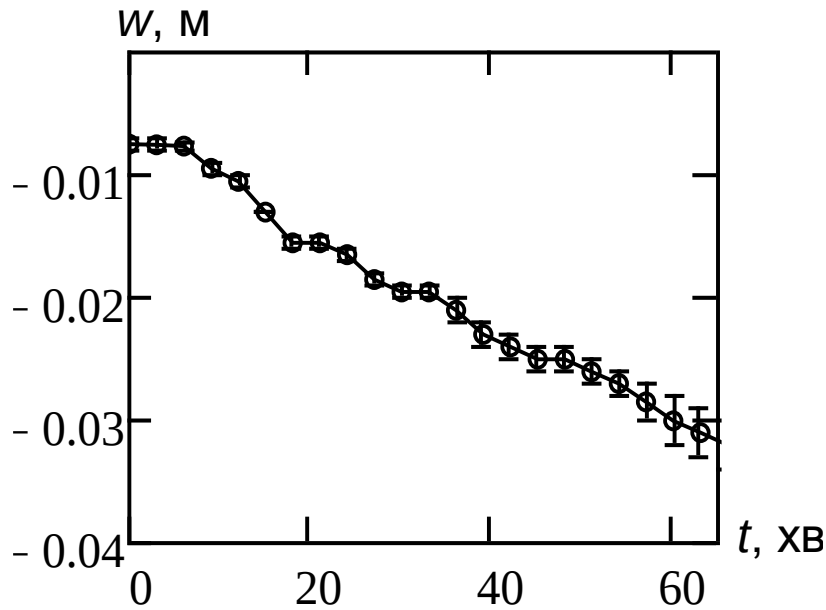


Рис. 2. Залежність величини середнього максимального прогину залізобетонних ригелів із відхиленнями

При застосуванні даних вимірювань температурних показників та величини середнього максимального прогину залізобетонних ригелів, які були отримані під час вогневих випробувань, та з використанням математичного апарата, описаного формулами, що наведені у роботі [5], було ідентифіковано залежність коефіцієнта зниження міцності бетону залізобетонного ригеля від температури.

На рис. 3 подано графіки усередненої залежності значення коефіцієнта зниження міцності бетону для досліджуваних залізобетонних ригелів та стандартної залежності, яка рекомендована настановами другої частини Eurocode 2.

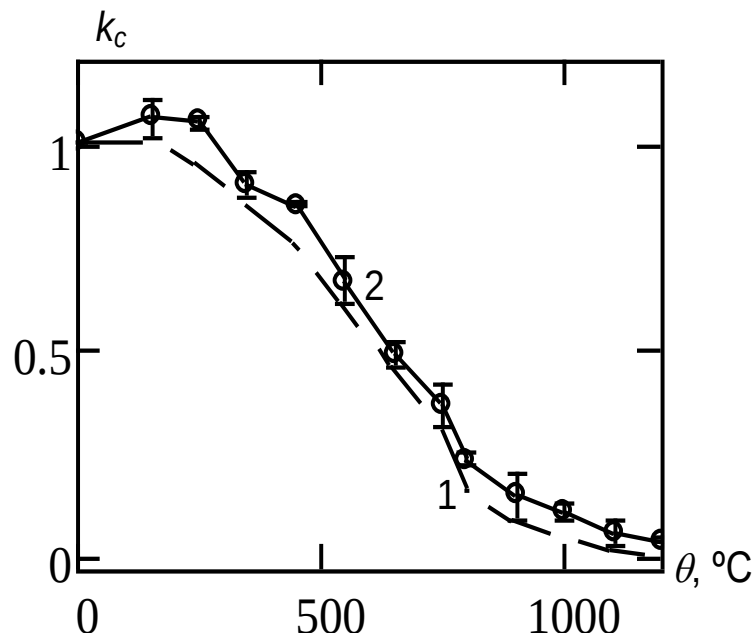


Рис. 3. Залежності коефіцієнта зниження міцності бетону: 1 – стандартна залежність; 2 – усереднена залежність для зразків № 1 та № 2 із відхиленнями

З метою спрощення автоматизації розрахунку із використанням отриманих даних щодо коефіцієнту зниження бетону отриману закономірність було апроксимовано за допомогою степеневої регресії:

$$k_c(\theta) = 1 + 1.505 \cdot 10^{-3} \theta - 7.123 \cdot 10^{-6} \theta^2 + 6.655 \cdot 10^{-9} \theta^3 - 1.921 \cdot 10^{-12} \theta^4. \quad (1)$$

Таким чином, було отримано уточнену залежність коефіцієнта зниження міцності бетону для залізобетонних ригелів, що дозволить підвищити точність результатів досліджень зниження міцності бетону залізобетонних конструкцій даного типу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Analysis and prediction methods for the static properties of reinforced concrete beams under fire / Chaofeng Liu et as. *Structures*. 2023. Volume 47. P. 2319–2330.
2. ДСТУ Б В.1.1-13:2007 Захист від пожежі. Балки. Метод випробування на вогнестійкість (EN 1365-3:1999, NEQ): ДСТУ (Держ. Стандарт України) Наказ від 22.06.2007 № 64. 6 с.
3. Comparative fire behavior of reinforced concrete beams made of different concrete strengths / Kodur et as. *11th International Conference on Structures in Fire. The University of Queensland* 2020.
4. Probabilistic thermo-mechanical finite element analysis for the fire resistance of reinforced concrete structures / R. C. S. de Souza, M. Andreini et as. *Fire Safety Journal*. – 2019. – Vol. 104. – P. 22–33.
5. Федченко С. М. Удосконалення методу розрахунку на вогнестійкість залізобетонних балок та ригелів: дис. доктора філософії за спеціальністю – пожежна безпека. Черкаси. 2024, С. 198.
6. Інтерпретація результатів вогневих випробувань залізобетонних балок для оцінки їхньої межі вогнестійкості / С. В. Поздєєв, Ю. та ін. *Промислове будівництво та інженерні споруди*. – 2014. – № 2. – С. 14–18.

S. Fedchenko, I. Fedchenko

*Cherkasy Institute of Fire Safety named after the Heroes of Chornobyl
of the National University of Civil Protection of Ukraine*

STUDY OF THE DECREASE OF CONCRETE STRENGTH OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES OF A STEPPED SECTION UNDER FIRE TESTS

The article presents the results of studies of the regularity of changes in the concrete strength of reinforced concrete beams depending on the heating temperature of its inner layers under fire conditions by interpreting the temperature and deformation measurement results. As a result of the tests, obtained a set of measurement results in the form of time dependences of temperature indicators at individual cross-section points and the dependence of the maximum beam deflection on time, which are necessary to identify the coefficients of reduction in concrete strength of reinforced concrete beams under fire test conditions. At the next stage, to identify the dependence of the concrete strength of reinforced concrete beams, we used a method based on the compilation of systems of equilibrium equations of internal layers in the cross-section of a reinforced concrete beam, in which the unknown values are the coefficients of reduction of concrete strength for a range of temperatures every 100°C in the range from 20°C up to 1200°C, provided that the reduction factor for the specified heating temperature of the inner layer of concrete is determined by linear interpolation.

І.А. Оношко,

А.П. Кушнір, кандидат технічних наук, доцент,

С.Я. Вовк, кандидат технічних наук, доцент

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ АВІАЦІЙНИХ АНГАРІВ

Авіаційні ангари є складними об'єктами, в яких складно швидко виявити загорання і надзвичайно складно зробити це надійно, з мінімальною кількістю помилкових спрацювань систем пожежної сигналізації (СПС) від ознак, які не пов'язані із пожежею. Швидке виявлення загорання у разі пожежі та її гасіння має вирішальне значення для захисту життя людей, майна та літаків. Літак внаслідок пожежі може отримати пошкодження менш, ніж за хвилину від початку пожежі. Так, обшивка фюзеляжу літака може бути пошкоджена вже через 45 секунд після першого контакту з вогнем. Пінні системи пожежогасіння високої кратності, які використовуються для захисту деяких типів ангарів, можуть заповнити ангар піною на висоту невеликого літака за більше, ніж дві хвилини. Саме тому час виявлення пожежі є критичним показником для вибору СПС.

На ефективну роботу СПС в авіаційному ангарі впливає ряд факторів, а саме: випромінювання від літаків/двигунів; електромагнітні та радіочастотні завади; гарячі викиди CO₂; полум'я від реактивних двигунів рухомих і стоячих літаків на злітно-посадковій смугі та сонячні промені, що проникають крізь відчинені великі розсувні двері; зміна інтер'єру внаслідок переміщення літаків та обладнання; велика зона виявлення, крила літаків та перешкоди створюють значні завади; технічне обслуговування, яке може включати зварювання або шліфування тощо.

Вище згаданий негативний вплив багатьох чинників в авіаційному ангарі відіграє вирішальну роль у виборі відповідної технології при побудові пожежних сповіщувачів (ПС). Однак не зважаючи на неймовірний розвиток сучасних технологій і усе різноманіття СПС – забезпечення пожежної безпеки авіаційних ангарів залишається актуальною задачею.

Про необхідність обладнання авіаційних ангарів певними системами протипожежного захисту вказано в стандартах NFPA 409, NAS 3306 [1, 2]. Кожна СПС повинна враховувати унікальні характеристики об'єкта та вимоги до нього. NFPA 409 посиляється на стандарт NFPA 72 [3], в якому чітко зазначено, вибрані ПС для авіаційних ангарів повинні відповідати призначенню будівлі, виявляти загорання реактивного палива і розміщуватись виключно на основні розрахунку ризиків, проведеного кваліфікованими особами.

Великі відкриті зони з великою висотою авіаційних ангарів, можуть спричинити розрідження диму. В результаті чого концентрація диму при досягненні встановлених на стелі точкових димових ПС може бути малою для їх спрацювання, а різниця температур може спричинити термічне відшарування диму від стелі. Крім того, точкові димові ПС не є ідеальними через проблеми з обслуговуванням і витратами. Це стосується також і теплових ПС. Їх взагалі не рекомендується встановлювати вище 8 м [4, 5]. Термічне розшарування також перешкоджає тепловому потоку досягнути ПС. Ці сповіщувачі мають найбільшу інерційність і тому їх не можна використовувати для захисту ангарів.

Виявлення диму також можна здійснювати шляхом активного відбору проб повітря аспіраційними димовими ПС. Аспіраційні димові сповіщувачі використовують передові технології виявлення пожежі і використовуються там, де необхідне раннє виявлення загорання. Їх ще називають системами раннього виявлення. Аспіраційні димові сповіщувачі зазвичай мають широкий діапазон чутливості та виявляють найперші ознаки пожежі на ранній стадії, що дає час для оцінки ризику та вжиття відповідних заходів для захисту людей та майна. Вони мають ряд переваг: можливість використання в недоступних або важкодоступних місцях; завдяки використанню відповідних фільтрів та точності налаштування чутливості датчика забезпечується ефективний захист приміщень з підвищеним вмістом пилу і забруднюючих частинок тощо. Однак на сьогоднішні аспіраційні системи для захисту авіаційних ангарів не використовуються. Беручи до уваги їхні переваги, можливо надалі необхідним буде провести дослідження ефективності таких систем для можливого їх використання.

Оптичні ПС полум'я роками використовуються для захисту як цивільних, так і військових

ангарів. Вони добре підходять для захисту авіаційних ангарів, якщо взяти до уваги їх висоту і специфічні умови, які там є. Згідно з дослідженнями та стандартами [1, 6, 7], для захисту авіаційних ангарів в СПС необхідно використовувати ПС полум'я, які реєструють електромагнітне випромінювання, на певних довжинах хвиль, що генерується як відкритим полум'ям, так і тліючим вогнищем.

Одноканальні інфрачервоні (ІЧ) ПС полум'я, які в основному виявляють полум'я в діапазоні 4,2÷4,6 мкм, реагують на гарячий CO₂. Вони можуть спрацювати на вихлопи двигунів або генераторів, що може бути значною проблемою, коли реактивні двигуни вмикаються або перевіряють на обладнанні для технічного обслуговування, яке можуть використовувати в ангарах. Такі ПС полум'я можуть помилково спрацювати через випромінювання чорного тіла від літаків або службових транспортних засобів. Крім того, ангари піддаються радіочастотам від авіоніки, наземних радарів аеропорту та різних пристроїв зв'язку, що також може спричинити помилкове спрацювання такого ПС. Ще ETL 02-15 [6] 2002 року вимагав, щоб для захисту авіаційних ангарів використовувалися ультрафіолетові (УФ)/ІЧ- або багатоканальні (багатоспектральні) ІЧ ПС полум'я. Однак, в п. 3.6.19.11.1 UFC 4-211-01 [7] 2018 року вже говориться лише про використання триканальні ІЧ ПС полум'я. В п. 3.6.19.11.4 UFC 4-211-01 [7] зазначено, що ПС полум'я, повинен відповідати критеріям ефективності, викладеним у розділах 5, 6 і 7 цього документа.

І хоча багатоканальні ІЧ ПС полум'я мають багато переваг, вони мають і певні ключові недоліки, головним чином пов'язані з помилковими спрацюваннями. Хоча сонячні промені, як правило, не призводять до помилкових спрацювань багатоканальних ПС полум'я порівняно з УФ/ІЧ ПС полум'я. Для цього багатоканальні ПС полум'я використовують частоти “захисної смуги”, щоб відрізнити справжнє полум'я від джерел завад. На жаль, захисні смуги в повній мірі не захищають від променів сонця, тому ПС зазнають значної десенсибілізації (зменшення чутливості) за наявності сонячного світла, модульованого чи ні [8]. Їх робота значно погіршується. ПС будуть ефективні лише на набагато менших відстанях, коли сонце перебуває в межах “поля зору” сповіщувача. Також коли широкі, високі ангарні двері відкриті, в поле зору ПС полум'я може потрапляти злітно-посадкова смуга. Полум'я з реактивних двигунів або випромінювання від вже вимкнутих реактивних двигунів літаків, які розташовані на злітно-посадковій смузі, може спричинити помилкове спрацювання багатоканального ПС полум'я. У роботі [9] автори стверджують, що сніг та туман можуть утворювати поверхню від якої відбиваються сонячного промені, які через відкриті двері можуть проникати в ангар і також негативно впливати на роботу ПС полум'я, зменшуючи їх чутливість. Туман також поглинає ІЧ-випромінювання, від якого залежить робота ПС полум'я.

Ризики, пов'язані з використання традиційних оптичних ПС полум'я, демонструють потребу в розробці більш ефективних СПС, з меншим ризиком спрацювання від джерел завад, не пов'язаних з реальною пожежею. Для цього необхідно використовувати нові технологічні рішення. Одним із перспективних способів підвищення надійності та зменшення часу виявлення загорання є використання в СПС високоінтелектуальних ПС полум'я, які здатні розрізняти реальні пожежі від оманливих явищ, не пов'язаних з пожежею. Особливо важливу роль в цьому відіграють розроблені алгоритми роботи ПС, зокрема алгоритми обробки та інтерпретації вихідних сигналів з сенсорів. Сигнали з сенсорів об'єднуються, розкладаються на математичні компоненти, які обробляються згідно із запрограмованими алгоритмами. Набутий досвід розробника дає можливість реалізувати технології виявлення загорання і побудувати ПС полум'я на основі нечіткої логіки [10, 11], нейронної мережі та нечіткої нейронної мережі (нейро-фаззі системи) [12-14].

Також найбільш перспективним напрямком для раннього виявлення загорянь є використання пожежних відеосповіщувачів, оскільки вони виявляють саме загорання, а не її ознаки. Ця технологія візуального виявлення загорання, яка по суті використовує комп'ютерне програмне забезпечення для аналізу відеопотоків даних має суттєві переваги над типовими СПС та набуває все більшого і більшого визнання та застосування. Технології, які аналізують зображення настільки точні, що можуть відрізнити дим від пари, полум'я пожежі від полум'я з реактивного двигуна. Ці пожежні відеосповіщувачі найкращим чином підходять для захисту великих об'єктів [15, 16]. Вони мають ряд переваг над традиційними ПС, включаючи швидке та надійне виявлення загорання в зонах з високим рівнем ризику виникнення пожежі, дають можливість контролювати

велику територію, приміщення з високими стелями, забезпечують ефективний захист у складних умовах експлуатації тощо. Однак, їх використання для захисту авіаційних ангарів вимагає подальших досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. NFPA 409. Standard on Aircraft Hangars. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 2022.
2. NAS3306. Facility requirements for aircraft operations. Revision 4, May 29, 2020.
3. NFPA 72. National Fire Alarm and Signaling Code. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 2022.
4. ДБН В.2.5-56:2014. Інженерне обладнання будинків і споруд. Системи протипожежного захисту. Зі зміною № 1. Офіц. Вид. К. : Мінрегіон України, 2019. 97 с.
5. ДСТУ CEN/TS 54-14:2021. Системи пожежної сигналізації та оповіщення. Частина 14. Настанови щодо побудови, проектування, монтування, пусконаладжування, введення в експлуатацію, експлуатування та технічного обслуговування (CEN/TS 54-14:2018, IDT). Вид. офіц. Київ : ДП “УкрНДНЦ”, 2021. 81 с.
6. Air Force Technical Letter ETL 02-15. Fire Protection Engineering Criteria – New Aircraft Facilities. Dec 3, 2002.
7. UFC 4-211-01. Aircraft Maintenance Hangars, with Change 3. April 20, 2021.
8. McNay James. Desensitisation of optical based flame detection in harsh offshore environments. *International Fire Professional*. July 2014. No. 9. P. 12-14.
9. William Pittman, and James McNay. Applying Intelligent Visual Flame Detection in Military Aircraft Hangars. 10 p. <https://etapii.com/wp-content/uploads/Draeger-Flame-detection-in-aircraft-hangers.pdf>
10. Andrii Kushnir, and Bohdan Kopchak. Development of Multiband Flame Detector with Fuzzy Correction Block. 2021 IEEE XVII International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), Polyana, Ukraine, May 2021, P. 58-63. doi:10.1109/MEMSTECH53091.2021.9468075.
11. A. E. Çetin, B. Mercı, O. Gunay, B. U. Toreyin, and S. Verstockt. Infrared Sensor-Based Flame Detection. *Methods and Techniques for Fire Detection: Signal, Image and Video Processing Perspectives*. 2016, pp. 47-59. doi:10.1016/B978-0-12-802399-0.00003-X.
12. JunJie Zhang, ZiYang Ye, and KaiFeng Li. Multi-sensor information fusion detection system for fire robot through back propagation neural network. *PLoS ONE*. Jul. 2020. Vol. 15, No. 7, Art. no. e0236482. doi:10.1371/journal.pone.0236482.
13. Yang Feng, Qu Na, and Li Chao. Compound Fire Detection Algorithm Based on Fuzzy Neural Network. *Proceedings of the 2017 2nd International Conference on Machinery, Electronics and Control Simulation (MECS 2017)*, Taiyuan, China, 24-25 June, 2017. doi:10.2991/mecs-17.2017.133.
14. O. S. da Penha, and E. F. Nakamura. Fusing light and temperature data for fire detection. *The IEEE symposium on Computers and Communications*, Riccione, Italy, 22-25 June 2010. P. 107-112. doi: 10.1109/ISCC.2010.5546519.
15. Zhigang Liu, George Hadjisophocleous, Guofeng Ding, and Choon Siong Lim. (2012). “Study of a Video Image Fire Detection System for Protection of Large Industrial Applications and Atria”. *Fire Technology*, vol. 48, pp. 459–492. doi:10.1007/s10694-011-0237-6.
16. Daniel T. Gottuk, and Joshua B. Dinaburg. Video Image Detection and Optical Flame Detection for Industrial Applications. *Fire Technology*. Vol. 49. 2013. P. 213–251. doi:10.1007/s10694-012-0254-0.

Тарас САМЧЕНКО, д-р філософії, Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту ДСНС України
Олексій РАТУШНИЙ, Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту ДСНС України

АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ЩО МОЖУТЬ ЗАСТОСОВУВАТИСЬ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ ПОЖЕЖ У КАБЕЛЬНИХ ТУНЕЛІВ

Пожежу умовно поділяють на три стадії (рис. 1): загоряння, розвинуеного горіння й загасання [1]. Для більш точного моделювання пожежі можливе застосування і більш складних фізичних моделей, що реалізуються в складних комп'ютерних програмах. В алгоритми цих програм закладені сучасні чисельні методи.

Розроблено два методи переходу від реальних режимів пожежі до єдиного «стандартного» режиму пожежі [1-4]. Одним з методів переходу від реальних пожеж до стандартного є метод рівності площ під кривими «температура-час». Інший метод приведення реальних пожеж до стандартної проводиться за методом досягнення в якій-небудь конструкції критичних температур, що визначають її вогнестійкість.

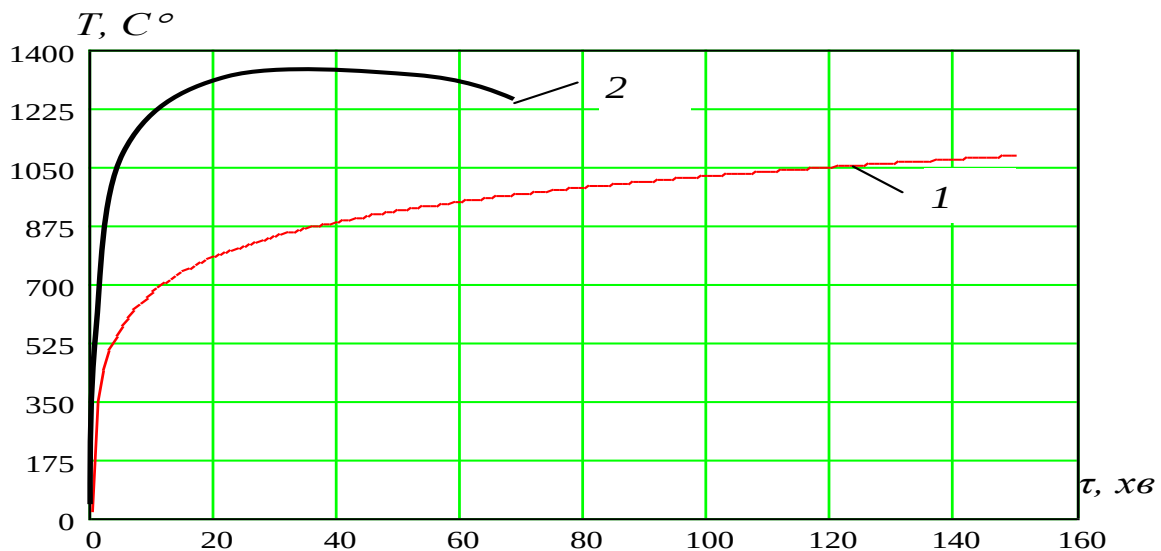


Рисунок 1 – Температурні режими пожежі: 1 – режим «стандартної» пожежі;
2 – режим пожежі в тунелях [5].

У випадку пожежі в житлових будинках, та будівлях загального користування у горінні беруть участь схожі матеріали, кількість яких на одиницю площі приблизно однакова. Схожі також умови теплогазообміну. Пожежі в кабельних тунелях на відміну від пожеж у приміщеннях, у вугільних шахтах і на інших об'єктах, мають свою специфіку. З метою встановлення ефективності гасіння пожеж у кабельних тунелях різними засобами проведені паралельно експерименти в лабораторних умовах без впливу на осередок пожежі будь-якого засобу і з впливом на нього різних засобів пожежогасіння. Експериментальні дослідження в лабораторних умовах виникнення і розвитку пожеж в кабельних тунелях з геометричним масштабом моделювання 1:4, що відповідає реальному об'єкту з наведеним діаметром 2 м і довжиною тунелю до 10 м при числі Рейнольдса до 10000, що знаходиться в турбулентній області течії газів. Встановлено в лабораторних умовах, що концентрація кисню в зоні горіння може знизитися до 5%, що підтверджується даними дослідження великомасштабних пожеж, а також даними математичного моделювання, вказуючи тим самим на нерозривний зв'язок процесів газообміну і теплообміну при пожежах.

Під час проведення аналізу моделей що можуть застосовуватись для прогнозування розвитку пожеж у кабельних тунелів та для правильного прогнозу процесів горіння та

гасіння в закритих об'ємах необхідно розробити математичну модель, яка враховує піроліз твердих горючих матеріалів, вступ в хімічні реакції з киснем газоподібних продуктів які розкладаються, їх вплив на температуру з урахуванням надходження повітря збіднілого на кисень на осередок пожежі, а це неможливо зробити достовірно без експериментальних досліджень [6-8].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Roitman V. M. Engineering solutions for assessing the fire resistance of designed and reconstructed buildings / Vladimir Mironovich Roitman. – M.: Association “Fire Safety and Science” 2001. – 382 с.
2. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробування на вогнестійкість. Загальні вимоги (ISO 834:1975): ДСТУ Б В.1.1-4-98. – [Чинний від 1998-10-28]. - К.: Укрархбудинформ, 1999. – 21с. – (Державний стандарт України).
3. ДСТУ-Н EN 1991-1-2:2010 Єврокод 1: Дії на конструкції – Частина 1-2: Загальні дії – Дії на конструкції під час пожежі, [Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-2: General actions -Actions on structures exposed to fire].
4. EN 1992-1-2:2005 Eurocode 2: Design of concrete structures Part 1-2: General rules - Structural fire design, Brussels, 2004.
5. ДНАОП 0.00-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.
6. Методи математичного моделювання теплових процесів при випробуваннях на вогнестійкість залізобетонних будівельних конструкцій / Нуянзін О. М., Некора О. В., Поздєєв С. В. [та ін.] // Монографія. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, - 120 с.
7. Razdolsky, L., “Explosion in a High-Rise Building”, METROPOLIS&BEYOND Proceedings of the 2005 Structures Congress and the 2005 Forensic Engineering Symposium New York, NY, 2005.
8. Razdolsky, L., Petrov, A., Shtessel, E., “Critical conditions of local ignition in a large medium with convective heat transfer” Physics of combustions and explosions, National Academy of Science, 1977.

*Taras SAMCHENKO, PhD, Institute of Public Administration and Research in Civil Protection
Oleksiy RATUSHNYI, Institute of Public Administration and Research in Civil Protection*

ANALYSIS OF MODELS THAT CAN BE APPLIED FOR FORECASTING THE DEVELOPMENT OF FIRE IN CABLE TUNNELS

Conducting an analysis of models that can be used to predict the development of fires in cable tunnels and to correctly predict the processes of burning and extinguishing in closed volumes, it is necessary to develop a mathematical model that takes into account the pyrolysis of solid combustible materials, the entry into chemical reactions with oxygen of gaseous products that decompose, their the effect on temperature taking into account the arrival of oxygen-depleted air at the fire source, and this cannot be done reliably without experimental studies.

Олександр Григоренко, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України
Євгенія Золкіна, доктор філософії, доцент, Національний університет цивільного захисту України
Наталія Сасенко, к.т.н, доцент, Національний університет цивільного захисту України
Володимир Липовий, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України

УДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ

Складним практичним питанням під час розробки нових рецептур РВП є оцінка їх вогнезахисної ефективності, що може бути вирішене шляхом розробки нових або удосконалень існуючих методів оцінки ефективності реактивних вогнезахисних покриттів.

Критичний аналіз сучасних методів оцінювання вогнезахисної здатності вогнезахисних матеріалів для будівельних конструкцій наведено у роботі [1].

В Україні методи дослідження вогнезахисних реактивних покриттів для металевих конструкцій визначено відповідно до національного стандарту України ДСТУ Б В.1.1-17 [2]. Сутність методу полягає у нагріванні набору зразків у стандартному температурному режимі. В Європейському союзі для класифікації вогнезахисної ефективності реактивних покриттів для несучих металевих конструкцій використовують EN 13381-8 [3], що відповідає державному стандарту України ДСТУ Б В.1.1-17 [2].

Оскільки за стандартами [2, 3] випробування повинні проводитися на габаритних зразках, що потребує відповідного обладнання, методи не цілком придатні для використання саме у процесі розробки та дослідження нових рецептур РВП, а можуть бути використані тільки на заключному етапі експерименту для підтвердження ефективності розроблених вогнезахисних покриттів.

У роботі [4] як критерій вогнезахисної ефективності РВП використовувалося порівняння температур після 30 хв. впливу полум'я пальника на реверсі металевих пластин без засобів вогнезахисту та металевих пластин, що були попередньо захищені досліджуваними вогнезахисними засобами. Як джерело тепла використовувався газовий пальник з максимальною температурою полум'я 1150 °С. Як показали дослідження, випробування також проводиться за температурного режиму, що відрізняється від стандартного режиму пожежі – максимальна температура на реверсі навіть незахищеної металевої пластини не перевищує значень 470 °С.

Для удосконалення було обрано описаний в [4] метод. 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 покриттями. Як джерело теплового випромінювання пропонується використовувати електричну піч з ізолюваною на відміну від [4] випробувальною камерою, що сприяє акумуляції тепла (рис. 1, а). 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 РВП для металевих конструкцій. Дослідження за таких умов є обґрунтованим, оскільки, як правило, зі зменшенням інтенсивності нагрівання ефективність вогнезахисту реактивних покриттів знижується, що пояснюється сповільненням протікання фізико-хімічних перетворень між компонентами РВП. Схема випробувальної печі, що оснащена електричними нагрівачами, наведена на рис. 1, а.

Випробування пропонується здійснювати на 3 зразках металевих пластин розмірами 120×120×3 мм для кожного досліджу.

Вимірювання значень температури пропонується здійснювати за допомогою термопар типу L та двадцятичотирьохканального приладу фіксації температури (рис. 1, б). 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 [4], 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. Для побудови залежності температури зовнішньої сторони пластини від часу пропонується брати середнє значення

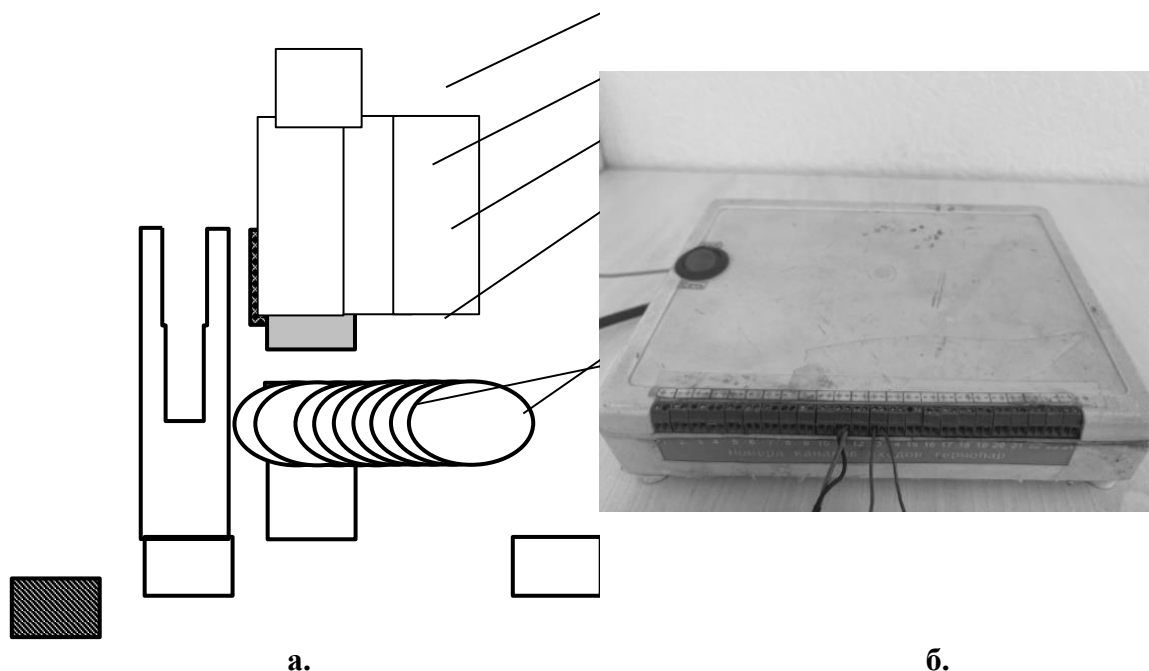


Рис. 1. Обладнання, що використовували для порівняльної оцінки вогнезахисної ефективності РВП: а – схема випробувальної печі: 1 – прилад для фіксації температури, 2 – термопари, 3 – блок утримувача зразка, 4 – дослідний зразок (пластина із нанесеним вогнезахисним покриттям), 5 – нагрівальний елемент, 6 – теплоізоляція; б – прилад фіксації температури

температури виміряне у п'яти точках усереднене за результатами 3 випробувань.

Оцінка ефективності вогнезахисту покриттів за допомогою удосконаленого методу може бути здійснена шляхом порівняння результатів випробувань досліджуваного покриття з результатами випробувань інших вогнезахисних покриттів, у випадку, якщо випробування проводяться за однакових умов.

Використання оптимізованого методу оцінки вогнезахисної ефективності реактивних вогнезахисних покриттів дозволяє істотно скоротити час на підготовку зразків при плануванні та проведенні експерименту.

Таким чином, застосування оптимізованого методу оцінки вогнезахисної ефективності реактивних вогнезахисних покриттів дозволяє зробити порівняльну оцінку ефективності РВП, використовуючи як критерій час досягнення критичної температури (500 °C) на зовнішній стороні металеві пластини.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Новак С. В., Дріжд В. Л., Добростан О. В. Аналіз сучасних Європейських методів оцінювання вогнезахисної здатності вогнезахисних матеріалів для будівельних конструкцій. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. 2018. № 1 (5). С.74–84.
2. ДСТУ Б В.1.1-17:2007. Захист від пожежі. Вогнезахисні покриття для будівельних несучих металевих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності (ENV 13381-4:2002, NEQ). [Чинний від 2008-01-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2007. 60 с. (дата звернення: 19.05.2022).
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. [Чинний від 2013-05-01]. Brussels: European Committee for Standardization. URL: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/df0cdd6b-9ef2-47fc-874b-414ae34aa5cc/en-13381-8-2013>. (дата звернення: 19.05.2022).
4. Silveira, M. R. D., Peres, R. S., Moritz, V. F., Ferreira, C. A. Intumescent coatings based on tannins for fire protection. *Materials Research*. 2019. 22 (2). e20180433.
5. Hryhorenko O., Zolkina Ye., Saienko N., Popov Yu. Investigation of the Effect of Fillers on the Properties of the Expanded Coke Layer of Epoxyamine Compositions. *IOP Conference Series: Problems of Emergency Situations: Materials and Technologies II*. 2021. Vol. 1038. P. 539–546.

O. M. Hryhorenko, Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of Department

N. V. Saienko, PhD, Assistant Professor

Ye. S. Zolkina, PhD, Lecturer

V.O. Lypovyi, Associate Professor, Associate Professor of Department

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

IMPROVEMENT OF RESEARCH METHODS FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF FLAME-PROOFING COATINGS

A critical analysis of methods for assessing the fire-resistant effectiveness of reactive fire-resistant coatings was carried out. It was established that during research aimed at the development of new formulations of flame retardant compounds, it is expedient to use simplified test methods, which would make it possible to significantly simplify the experiment and reduce the time for processing its results. A method of comparative assessment of fire protection efficiency using an electric oven with an isolated test chamber for heat accumulation as a source of thermal radiation, which allows obtaining a temperature on the reverse side of a metal plate above 950 °C, is proposed. As a criterion of fire protection efficiency, it is proposed to use a comparison of the time of reaching the critical temperature (500 °C) on the outside of metal plates protected by fire protection coatings.

*А.Б. Феценко, к.т.н., доцент,
О.В. Закора, к.т.н., доцент,
Л.В. Борисова, к.ю.н., доцент,
Національний університет цивільного захисту України*

ІМОВІРНІСНА МОДЕЛЬ ТИПОВОГО ФРАГМЕНТА ВІДОМЧОЇ ЦИФРОВОЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ ДСНС

Оперативність прийняття рішень при організації ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій (НС), аварій, катастроф, стихійного лиха, гасіння пожеж, рятування людей у підрозділах ДСНС України обумовлює використання новітніх комп'ютерних технологій, відомчої цифрової телекомунікаційної мережі (ВЦТМ) ДСНС, як функціональної підсистеми Єдиної інформаційної системи МВС України при оперативно-диспетчерському управління силами та засобами ДСНС України під час реагування та ліквідації наслідків НС.

Надійність роботи вузлів та каналів зв'язку ВЦТМ ДСНС визначається імовірністю безвідмовної роботи та коефіцієнтом готовності, які залежить від інтенсивності відмов та обраної структури типових фрагментів ВЦТМ.

В режимі пікового навантаження під впливом електричних перевантажень зростає інтенсивність відмов, що може приводити до тривалих затримок в роботі вузлів та каналів зв'язку у складі типових фрагментів ВЦТМ ДСНС.

Тому, актуальною проблемою є недопущення аварійних станів вузлів та каналів зв'язку відомчої цифрової телекомунікаційної мережі під час експлуатації в умовах НС.

Графоаналітична структура типового фрагменту ВЦТМ який забезпечує передачу даних від центрального вузла ВЦТМ ДСНС (основний, резервний) через окремий вузол 1-го рівня (регіонального рівня) до відповідного окремого вузла 2-го рівня (районного рівня) без урахування резервування вузлів та каналів зв'язку, що наведене на Рис. 1., де На Рис. 1 буквами позначені вузли графу c , a , b та канали передачі даних k_{ca} , k_{ab} фрагменту ВЦТМ, які пронумеровані цифрами 1, 2, 3, 4, 5. Кожному елементу графа на Рис. 1 вповідають певні ймовірності безвідмовної роботи $p_c(t)$ - центрального вузла, $p_a(t)$ - вузла 1-го рівня (регіонального рівня), $p_b(t)$ - вузла 2-го рівня (районного рівня) та відповідних каналів зв'язку $P_{c,a}(t)$ і $P_{a,b}(t)$.

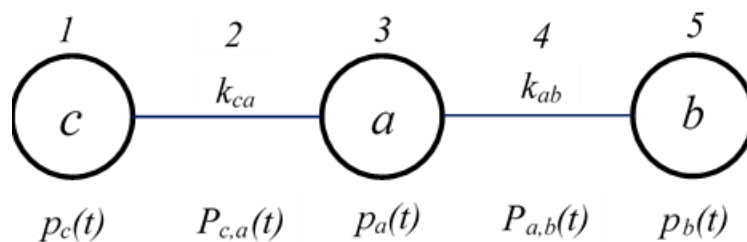


Рис. 1 Структурна схема надійності типового фрагменту ВЦТМ без резервування

Блок-схеми надійності типового фрагменту ВЦТМ для різноманітних конфігурацій з резервуванням вузлів наведені на Рис. 2., для яких напишемо вираження для імовірності безвідмовної роботи типового фрагменту ВЦТМ

$$\begin{aligned}
P_{c,a,b,1}^{\oplus} &= [1 - (1 - p_{co}) \cdot (1 - p_{cp})] \cdot P_{c,a} \cdot P_{ao} \cdot P_{a,b} \cdot P_{bo} \\
P_{c,a,b,2}^{\oplus} &= [1 - (1 - p_{co}) \cdot (1 - p_{cp})] \cdot P_{c,a} \cdot [1 - (1 - p_{ao}) \cdot (1 - p_{ap})] \cdot P_{a,b} \cdot P_{bo} \\
P_{c,a,b,3}^{\oplus} &= [1 - (1 - p_{co}) \cdot (1 - p_{cp})] \cdot P_{c,a} \cdot [1 - (1 - p_{ao}) \cdot (1 - p_{ap})] \cdot P_{a,b} \cdot [1 - (1 - p_{bo}) \cdot (1 - p_{bp})]
\end{aligned}
\tag{1}$$

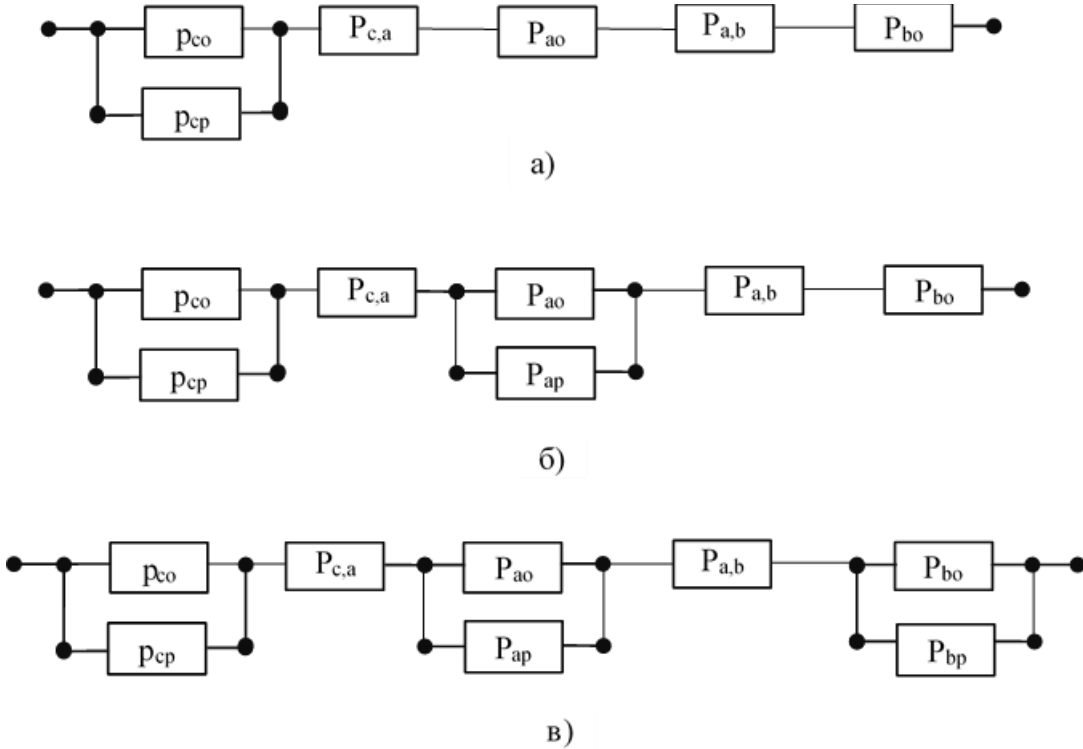


Рис. 2 Блок-схеми надійності типового фрагменту ВЦТМ для структури з резервуванням: а) центральних вузлів; б) центральних і регіональних вузлів; в) центральних, регіональних і районних вузлів

Як що допустити вузли типового фрагменту ВЦТМ рівнонадійними $p_{co} = p_{cp} = p_{ao} = p_{ap} = p_{bo} = p_{bp} = c = p$, тоді вираження (1) перетворюються до наступного виду

$$\begin{aligned}
P_{c,b,1}^{\oplus} &= [1 - (1 - p)^2] \cdot p^2 \cdot P_{c,a} \cdot P_{a,b} \\
P_{c,b,2}^{\oplus} &= [1 - (1 - p)^2]^2 \cdot p \cdot P_{c,a} \cdot P_{a,b} \\
P_{c,b,3}^{\oplus} &= [1 - (1 - p)^2]^3 \cdot P_{c,a} \cdot P_{a,b}
\end{aligned}
\tag{2}$$

Оскільки канали зв'язку ДСНС, операторів телекомунікацій та державні канали зв'язку спеціального призначення взаємно резервуються один одним відповідно з кратністю $m_{роз} = 3$, то справний стан каналів передавання даних визначається формулою (3), іноді його можливо вважати близьким до ідеального

$$P_{c,a} = P_{a,b} = [1 - (1 - p)^3] \tag{3}$$

Тоді з урахуванням (3) вираз (2) перетворюється до наступного виду

$$\begin{aligned}
 P_{c,a,b,1}^{\oplus} &= [1 - (1-p)^2] \cdot p^2 \cdot [1 - (1-p)^3]^2 \\
 P_{c,a,b,2}^{\oplus} &= [1 - (1-p)^2]^2 \cdot p \cdot [1 - (1-p)^3]^2 \\
 P_{c,a,b,3}^{\oplus} &= [1 - (1-p)^2]^3 \cdot [1 - (1-p)^3]^2
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Отримане вираження (4), як раз і описує імовірнісну модель типового фрагмента ВЦТМ зображену у вигляді блок-схем надійності для структур з роздільним резервуванням вузлів та каналів зв'язку на Рис. 2. Імовірнісна модель типового фрагмента ВЦТМ дозволяє проводити дослідження впливу структури типового фрагменту ВЦТМ на його надійність методом математичне моделювання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Фещенко А.Б. Розробка імовірнісної моделі типового фрагмента відомчої цифрової телекомунікаційної мережі ДСНС. / А.В. Загора, Л.В. Борисова // Problems of Emergency Situations: Scientific Journal. – Х.: НУЦЗУ, 2021. № 1(33), pp.222-233. DOI: <https://doi.org/10.52363/2524-0226-2021-33-17>

Режим доступу: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/13957>

*A. Feshchenko, PhD, Associate Professor, Senior Lecturer of the Department,
O. Zakora, PhD, Associate Professor, Lecturer of the Department,
L. Borysova, PhD, Associate Professor, Senior Lecturer of the Department
National University of Civil Defense of Ukraine, Kharkov, Ukraine*

PROBABILITY MODEL OF A TYPICAL FRAGMENT OF THE DEPARTMENTAL DIGITAL TELECOMMUNICATION NETWORK

An analysis of the purpose, operating conditions of the components, the hierarchy of the structure of the departmental digital telecommunications network of the State Emergency Service of Ukraine, which is considered as a set of typical network fragments. The structure of a typical fragment of a departmental digital telecommunication network is presented in the form of a structural scheme of reliability without redundancy, which consists of central, regional and district nodes connected in series by communication channels. The required values of the probability of failure-free operation of nodes and channels of the departmental digital telecommunications network depending on the required value of the structural reliability of the typical fragment are substantiated. The application of structural separate double redundancy of nodes with different degrees of hierarchy for typical fragments is proposed in order to simultaneously reduce the requirements for the reliability of nodes of the departmental digital telecommunications network. A probabilistic model of a typical fragment of a departmental digital telecommunication network in the form of block diagrams of reliability for structures with multiple redundancy of central, regional district nodes and communication channels is developed. Analytical expressions for studying the influence of the structure of a typical fragment of a departmental digital telecommunication network on its reliability by statistical mathematical modeling are obtained. Analytical and graphic materials of statistical mathematical modeling on research of dependence of probability of a serviceable condition of a typical fragment of a departmental telecommunication network on structure of a typical fragment with redundancy and reliability of the corresponding network nodes and communication channels are resulted. It is advisable to choose structures with double node redundancy at least at the central level, at most at all levels, and counting on intermediate values of reliability when reserving nodes of central and regional level in order to increase the probability of good condition of a typical fragment of the departmental digital telecommunications network.

*В.М. Нуязін, кандидат технічних наук, доцент, Є.О. Коцар, М.О. Наливайко
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного
університету цивільного захисту України*

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВПЛИВУ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ПОЛУМ'Я НАФТОГАЗОВОЇ СВЕРДЛОВИНИ

У 2008 році американське Агентство оборонних ініціатив спільно з міністерством енергетики оголосили про початок фінансування дослідницького проекту IFS (Instant Fire Suppression, "Швидке придушення вогню"), в рамках якого розглядалися два основні підходи до управління вогнем - електромагнітний та акустичний впливи.

Вплив електромагнітних хвиль на вогонь досліджувався в експериментах, проведених групою вчених хімічного факультету Гарвардського університету, де метанова пальник поміщався між двома електродами, екранованими скляною ізоляцією. На електроди подавалася електрична напруга, що створювала у просторі електричне поле напруженістю 75 кВ/м.

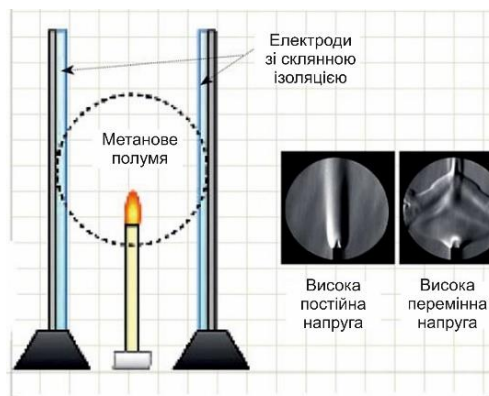


Рис.1 - Вплив електромагнітних хвиль на полум'я

На лівій частині рисунку показано поведінку полум'я, зняте за допомогою шлірен-фотографії (метод візуалізації фазових спотворень у прозорих середовищах) при подачі постійної напруги на електроди. На правій – полум'я під впливом змінної напруги (800 Гц): «іонний» вітер розриває полум'я, здуваючи його з матеріалів, що горять.

Причина в тому, що полум'я – це плазма, тобто іонізований газ, що містить заряджені частинки, такі як сажа, що зумовлює його реакцію на електричне поле.

Ці дослідження показали очевидний вплив електромагнітних та звукових хвиль на вогонь, це свідчить про перспективи подальших досліджень в цій галузі та актуальність даного наукового напрямку.

Як показують дослідження [1-2], полум'я має діамагнітні властивості, тобто. полум'я "виштовхується" з магнітного поля. В основному діамагнітні властивості полум'я, а також його забарвлення пояснюються присутністю в ньому у зваженому стані розпечених частинок вуглецю, що ще не зазнали процесу окислення.

Оскільки полум'я має діамагнітні властивості, то вплив магнітного поля на полум'я із зовнішнього боку факела в тому чи іншому (одному) напрямку на факел дозволяє змінити форму останнього, змусивши його відхилитися в напрямку, протилежному тому напрямку, в якому діє магнітне поле, і збільшити кут вищезгаданої сили, що діє на частинки полум'я на межах факела, до значення 90° і навіть більше, в результаті чого стає можливим точне визначення візуальним шляхом як мінімум однієї з кордонів свердловини, що горить.

Під час дослідження було проведено розрахунки величини напруженості магнітного поля, яка потрібна на відхилення полум'я наведеного обсягу. На основі цього параметра можливо обрати електромагніт здатний ефективно впливати на відхилення полум'я.

Розрахунок потужності електромагніту будемо проводити для впливу на полум'я пожежі нафтогазової свердловини. Згідно задуму пластовий тиск свердловини $P_{пл}$ складає 130 атм або 13172300 Па. Тиск на поверхні землі $P_{пов}$ приймається рівним нормальному атмосферному тиску 101 325 Па.

Відповідно до проведених розрахунків сила, що діє на частинки полум'я та обумовлена лише різницею тисків у глибині свердловини та на поверхні землі (тобто сила, з якої відбувається викид нафтогазової суміші, що горить, із свердловини за відсутності зовнішнього магнітного поля) буде складати 54898,1 Н.

Для розрахунку F_M - сили, породженої зовнішнім магнітним полем, визначали магнітну сприйнятливість полум'я за формулою:

$$F_M = X \cdot m \cdot \frac{H^2}{L_{фак} + L_{безоп}} = X \cdot m \cdot \frac{H^2}{(R_{ф} - R_{НКТ}) + L_{безоп}} \quad (1)$$

де, X - магнітна сприйнятливість полум'я (тобто тих частинок полум'я, які мають діаманітні властивості);

m - маса частинок полум'я, що мають діаманітні властивості, кг;

H - напруженість магнітного поля, створюваного електромагнітом робота пожежного роботизованого комплексу, А/м;

L - відстань від вихідної межі факела полум'я (яка мала місце до впливу магнітного поля на полум'я) до вертикальної площини, що проходить через точку на межі гирла газонафтової свердловини, найближчу до осі магнітного поля і паралельної останньої, м;

$R_{ф}$ - радіус факела полум'я у найвищій його частині, м;

$R_{г}$ - радіус гирла свердловини, м;

За L приймається відстань від вихідної межі факела полум'я до вертикальної площини, що проходить через точку на межі гирла газонафтової свердловини, найближчу до осі магнітного поля та паралельної останньої та безпечної відстані, на якій розташовується пожежний робот.

Обсяг полум'я, на який впливає магнітне поле, виглядає так:

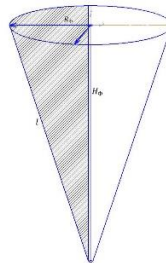


Рис. 2. Схема частини полум'я, що піддається впливу магнітного поля (заштрихована область)

В результаті розрахунку визначено мінімально необхідна сила, яку повинен створювати електромагніт, для відхилення даного обсягу полум'я і вона дорівнюватиме: 268425,2 Н.

Температура пожежі перевищує температуру кипіння нафти (у разі нафта важка і температура її кипіння дорівнює 106°C). Отже, виділяються насичені пари, які беруть активну участь у горінні. Масу насиченої пари, яка займає об'єм, на який впливає магнітне поле, визначимо за формулою:

$$m_{н.п.} = \rho_{н.п.} \cdot V_{пов} \quad (2)$$

де $\rho_{н.п.}$ - щільність насиченої пари, кг/м³;

$V_{пов}$ - Об'єм, на який впливає магнітне поле, м³.

Щільність насичених парів має обернено пропорційну залежність від температури, і зростає зі збільшенням тиску. В даному випадку, пожежа відбувається на відкритому просторі і її тиск прийнято за нормальний атмосферний, тобто 760 мм.рт.ст:

$$\rho_{\text{н.п.}} = \rho_0 \cdot \frac{273}{273+t} \cdot \frac{P_a}{760} \quad (3)$$

де t - температура пожежі, °C;

P – тиск у зоні пожежі (для цього розрахунку приймаємо 760 мм.рт.ст.);

ρ_0 – щільність насиченої пари за нормальних умов, кг/м³.

Оскільки магнітне поле діє тільки на розпечені частинки вуглецю в загальному обсязі нафти, що горить, то розрахункам підлягає тільки та частина, яка містить вуглецеві сполуки. Знаючи, що їх міститься 87% загальному обсязі, але не знаючи відсоткове співвідношення кожного, можна знехтувати визначенням їхньої молекулярної ваги, прийнявши за нього молекулярну вагу всієї суміші в цілому.

Тоді

$$\rho_{\text{н.п.}} = \frac{M}{22,4} \cdot \frac{273}{273+t} \cdot \frac{P_a}{760} = \frac{120,69}{22,4} \cdot \frac{273}{273+1100} \cdot \frac{760}{760} = 1,07 \text{ кг/м}^3.$$

Маса насиченої пари нафти дорівнює:

$$m_{\text{н.п.}} = 1,07 \cdot 56,93 = 60,92 \text{ кг.}$$

Розрахуємо напруженість магнітного поля, створюваного електромагнітом:

$$H = \sqrt{\frac{F_M \cdot 2((R_{\Phi} - R_{\text{НКТ}}) + L_{\text{безоп}})}{x_g \cdot m_c}} = \sqrt{\frac{26845,2 \cdot 2 \cdot ((2,75 - 0,0365) + 12,82)}{3,41 \cdot 10^{-3} \cdot 60,92}} = 2003,7 \text{ А/м}$$

Отже, отримані результати дозволяють нам обрати (створити) перелік комплектуючих для збирання необхідного електромагніту. Подальші дослідження будуть присвячені визначення технічних можливостей, щодо оснащення наявної техніки підрозділів ДСНС електромагнітом та розробка тактики використання електромагнітного поля для гасіння пожеж.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Balanyuk, V. (2019). Явища та процеси, що виникають під дією звукової хвилі в аерозолі. *Пожежна безпека*, 16, 129-136. Retrieved із <https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/PB/article/view/1131>
2. Корыстынський, У., Balanyuk, V., & Lavrenyuk, O. (2019). Вплив звукових ударних хвиль на дисперсні системи. *Пожежна безпека*, 17, 180-183. Retrieved із <https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/PB/article/view/1035>

V.M. Nuianzin, PhD in technical sciences, docent, Y.O. Kotsar, M.O. Nalyvaiko

Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of the National University of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy

THE STUDY OF POSSIBILITY OF THE INFLUENCE OF THE MAGNETIC FIELD ON OIL AND GAS BOREHOLES

The paper considers the possibility of using a magnetic field to help extinguish fires. It was established that the flame has diamagnetic properties, i.e. the flame is "pushed" out of the magnetic field. Basically, the diamagnetic properties of the flame, as well as its color, are explained by the presence in it of heated carbon particles in a suspended state that have not yet undergone the oxidation process. The option of a fire at an average oil and gas borehole was considered. As a result of the calculation, the minimum necessary force that the electromagnet must create to deflect this amount of flame is determined and it will be equal to: 268425.2 N. To create such a force, the magnetic field strength must be 2003.7 A/m.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ТВЕРДИХ ГОРЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ ШЛЯХОМ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПІНОЗМІШУВАЧА ПЗ-5

Реалізація способів припинення горіння досягається використанням вогнегасних речовин та технічних засобів. До вогнегасних належать речовини, що мають фізико-хімічні властивості, які дозволяють створювати умови для припинення горіння. Серед них найпоширенішими є вода, водяна пара, піна, газові вогнегасні суміші, порошки, пісок, вогнестійкі тканини, тощо.

Питання підвищення ефективності гасіння пожеж твердих горючих матеріалів розглядається вже давно. Враховуючи, що найпоширенішою вогнегасною речовиною є вода, шляхи пошуку збільшення ефективності перебувають саме в площині використання води. Існують різні добавки до води, які покращують її вогнегасну ефективність, однак, найчастіше для гасіння пожеж використовується лише вода. Експериментально доведено, що в ідеалі, для гасіння 1 м² твердих горючих матеріалів потрібно всього 0,5 л води. Залишається лише вирішити головну задачу – як за допомогою невеликого об'єму води ефективно вплинути на осередок пожежі. З метою збільшення вогнегасних властивостей води до неї додають змочувачі (поверхнево активні речовини ПАР), які знижують її поверхневий натяг і роблять її більш проникливою, відповідно вогнегасна ефективність води збільшується в 1,5-2 рази. Широке застосування пожежно-рятувальними підрозділами під час гасіння пожеж в якості змочувачів знайшли піноутворювачі загального призначення, що подаються в дещо менших концентраціях на відміну від повітряно-механічної піни.

Найчастіше реалізація подачі зменшеної концентрації піноутворювача забезпечується, в залежності від потрібної кількості приладів гасіння, шляхом додавання піноутворювача (змочувача) до цистерни з водою АЦ, або, в разі подачі 3-х та більше приладів гасіння, шляхом встановлення крану пінозмішувача на відмітку «1», що забезпечить подачу 1-2 % розчину піноутворювача. Обидва способи є недосконалими і мають значну кількість недоліків та незручностей в ході реалізації. Розчини змочувачів, сформовані безпосередньо в автоцистернах, застосовують головним чином для подачі першого ствола. Практика гасіння показує, що однієї автоцистерни з розчином змочувача, як правило, достатньо для ліквідації незапущеної пожежі та локалізації розвиненої.

Враховуючи, що переважна більшість пожеж гаситься 1-2 стволами, спосіб з використанням стаціонарно встановленого пінозмішувача ПЗ-5 не є доцільним через перевитрати піноутворювача при подачі кількості стволів менше 3-х.

Пропонується модернізація пінозмішувача ПЗ-5 шляхом створення додаткового отвору діаметром 1,2 мм дозволить забезпечити подачу 2 % розчину піноутворювача при роботі 1 ствола типу Protek-366 з витратами 3,8 л/с або 1 % розчину піноутворювача при роботі 1 ствола типу Protek-366 з витратами 6 л/с або 7,9 л/с. Додатковий отвір діаметром 2,4 мм дозволить забезпечити подачу 2 % розчину піноутворювача при роботі ствола Protek-366 з витратами 6 л/с або 7,9 л/с.

Можливі варіанти подачі 1-2 % розчину піноутворювача в якості змочувачів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Концентрації розчину піноутворювача в залежності від діаметру отвору.

№ з/п	Витрати зі ствола Protek-366, л/с	1 % розчин ПУ / діаметр отвору, мм	2% розчин ПУ / діаметр отвору, мм
1.	3,8	--	1,2
2.	6	1,2	2,4
3.	7,9	1,2	2,4

Варіант модернізації пінозмішувача ПЗ-5 з додатковим отвором, призначеним для подачі 2% концентрації піноутворювача, наведено на схемі (рис. 1).

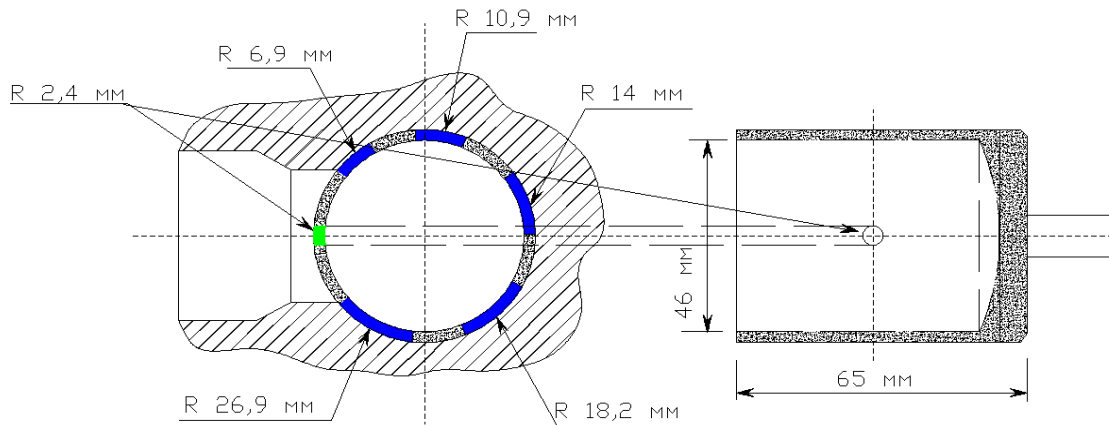


Рисунок 1. Схема модернізованого пінозмішувача ПЗ-5.

Реалізація запропонованої конструкції пінозмішувача на практиці, дозволить підвищити ефективність гасіння пожеж на різних стадіях розвитку вже першими прибулими пожежно-рятувальними підрозділами.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Реалізація способів подачі води під час гасіння пожеж. Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту: матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, 20 квітня 2023 року. Харків: НУЦЗУ, 2023. С. 185.
2. Особливості використання компактного або розпиленого струменя під час гасіння пожеж. Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту: матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, 20 квітня 2023 року. Харків: НУЦЗУ, 2023. С. 185.
3. Дослідження та застосування інноваційної техніки та обладнання «Firexpress» для пожежогасіння. Матеріали круглого столу "Об'єднання теорії та практики – запорука підвищення готовності оперативно-рятувальних підрозділів до виконання дій за призначенням". – Х.: НУЦЗ України, 2023. С. 145-146.
4. Дубінін Д. П. та ін. Експериментальне дослідження розвитку пожежі в будівлі. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2021. № 34. С. 110–121.
5. [Підвищення ефективності гасіння пожеж твердих горючих матеріалів в будівлях.](#) Проблеми пожежної безпеки. Збірка наукових праць. НУЦЗУ. Харків. № 34.
6. https://www.plasma.com.ua/ua/chemistry/chemistry/wetting_agent.html.

*Vitaly Aksyonov, student of higher education, National University of Civil Defense of Ukraine;
Andrii Lisniak, Ph.D., associate professor, National University of Civil Defense of Ukraine*

INCREASING THE EFFICIENCY OF FIRE EXTINGUISHING SOLID COMBUSTIBLE MATERIALS THROUGH MODERNIZATION OF THE PZ-5 FOAM MIXER

Variants of modernization of the PZ-5 foam mixer are proposed to ensure the supply of 1-2% concentrations of the foaming agent as a wetting agent when extinguishing fires involving the burning of solid combustible materials.

РОЗРОБКА ЗАСОБУ ПОЖЕЖОГАСІННЯ ГЕЛЕУТВОРЮЮЧИМИ СКЛАДАМИ ПІДВАГОНОГО ПРОСТОРУ МЕТРОПОЛІТЕНУ

Враховуючи те, що основна частина матеріалів й обладнання вагонів сприяє швидкому розповсюдженню полум'я та поширенню витоку токсичних газів, які створюють при пожежі небезпеку отруєння людей продуктами горіння. Дійсно, це обумовлює істотні труднощі щодо проведення робіт пожежним [1].

Доставку ГУС у підвагонний простір пропонується здійснювати за допомогою спеціального візка (рис. 1). Такий візок містить розміщені на рамі вузької колії два балона з компонентами ГУС, що прикріплені до рами хомутами з замками, і має дві колісні пари, які разом з рамою створюють рухомий візок. Перша і друга колісні пари, спеціального візка, приєднані тросом до барабанної лебідки з відповідним приводом, діючим за принципом «тягни-штовхай». Сам візок встановлено на вузькій колії, в середині основної колії руху вагонів метрополітену. Кожен балон заповнено під тиском одною компонентою ГУС та приєднано через запірний пристрій до спеціального насадку, який розпорошує компонент ГУС на палаючі елементи підвагонного обладнання. Протягування лебідкою візка повз всієї площі пожежі здійснюється стільки разів, скільки знадобиться до припинення горіння під вагоном [2].

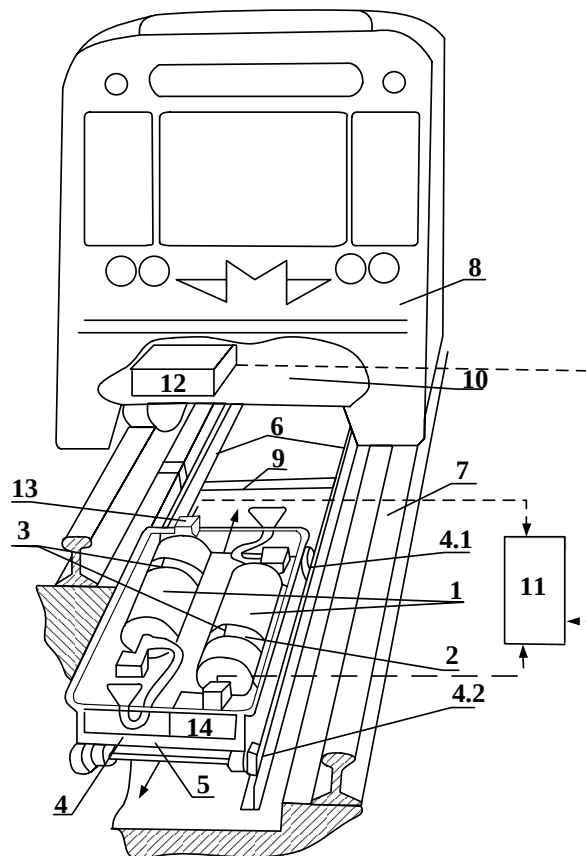


Рис. 1. Устрій підвагонного гасіння: 1 – балони з компонентами ГУС; 2 – хомути кріплення; 3 – замки кріплення; 4 – візок; 4.1, 4.2 – перша і друга колісні пари; 5 – зчіпка; 6 – вузькоколійна дорога; 7 – основна колія; 8 – вагон метрополітену; 9 – шпала; 10 – тягова лебідка з тросом «тягни-штовхай»; 11 – система управління рухом візка; 12 – система управління рухом вагону, 13 – датчик температур; 14 – тахометр

Знаючи про недоліки застосування води й вогнегасного порошку при гасанні під вагоном, та враховуючи необхідність здійснювати подачу ВГР знизу на похилі поверхні у

підвагоному просторі, досліджувалась ефективність гасіння загорянь, коли ВГР подавалася під різними кутами на осередки пожеж. Для підвищення ефективності гасіння використовували ГУС, які в різних умовах мають досить міцну адгезію до поверхонь пожежогасіння, тим самим зменшуючи витрати ВГР [3].

Для більш точного визначення переваг ГУС до найбільш поширених вогнегасних речовин, які використовуються при гасінні осередків пожеж під вагоном метро, нами були проведені наближені до реальності порівняльні експерименти з визначенням ефективності гасіння модельних вогнищ [4].

Особливістю запропонованого методу гасіння пожежонебезпечного обладнання під вагонами метро є використання спеціального візка підвагоного гасіння. Спеціальний візок розташований всередині основної колії руху вагонів метрополітену в поглибленні лотка водозбірника. Рух візка забезпечується приєднанням до нього тросом тягової лебідки, що діє за принципом «тягни-штовхай». Система управління рухом візка автономна і забезпечена датчиком температур і датчиком-тахометром, за допомогою яких можливо контролювати режим руху візка, залежно від факту наближення візка до осередку пожежі у підвагонному просторі. Режим відкривання запірних пристроїв подачі ВГР може здійснюється дистанційно радіо сигналами. Особливістю отриманих результатів можливого задіяння спеціального візка підвагоного гасіння в порівнянні з використанням існуючих, зараз, на станціях та у вагонах метрополітену засобів пожежогасіння є зменшення ймовірності отримання травм пожежними та працівниками станції при гасінні пожеж у важкодоступних місцях під вагонами метро, за рахунок дистанційного керування спеціальним візком [5].

ЛІТЕРАТУРА

1. Long, Z., Zhong, M., Chen, J., Cheng, H. (2023). Study on emergency ventilation strategies for various fire scenarios in a double-island subway station. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 235, 105364. doi: 10.1016/j.jweia.2023.105364.
2. Saveliev D., Khrystych O., Kirieiev O. Binary fire-extinguishing systems with separate application as the most relevant systems of forest fire suppression. *European journal of technical and natural science*. 2018. Vol. 1. 2018. P. 31–36. url: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/7121>.
3. Ostapov et al., Improving the installation of fire gasing with gelelating compounds. *Problems of emergency situations*. 2021. Vol. 33. P. 4–14. url: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/14116>.
4. Ostapov K., Kirichenko I., Senchykhyn Y. Improvement of the installation with an extended barrel of cranked type used for fire extinguishing by gel-forming compositions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 4(10 (100)). P. 30–36. doi: 10.15587/1729-4061.2019.174592.

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

DEVELOPMENT OF A MEANS OF FIRE EXTINGUISHING WITH GEL-FORMING COMPOSITIONS OF THE UNDERCARRIAGE SPACE OF THE SUBWAY

The effectiveness of extinguishing fires in the undercarriage space of cars at subway stations has been increased due to the use of a special trolley for supplying gel-forming compounds to hard-to-reach places under subway cars. In order to ensure the delivery of the gelling system to hard-to-reach places under the subway cars, it is proposed to use a special cart that moves inside the main track of the subway in the deepened tray of the water collector, thanks to a cable winch on the "pull-push" principle with an autonomous electric reversing drive.

СТВОРЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНОЮ ГУСЕНИЧНОЮ ПОЖЕЖНОЮ МАШИНИ ІЗ ПІДВИЩЕНИМИ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

- розробити ескізний проект універсальної гусеничної пожежної машини на шасі малого тягача легкого бронювання;
- дослідити тактико-технічне забезпечення до базового модуля імпульсного пожежогасіння універсальної гусеничної пожежної машини.

Предметом дослідження є теоретичні основи створення тактичного забезпечення базового модуля імпульсного пожежогасіння універсальної гусеничної машини. Об'єкт дослідження – це малий тягач легкого бронювання (МТЛБ) на гусеничному шасі та його пожеже-технічне обладнання. Гіпотеза дослідження – адекватність процесів імпульсного подання вогнегасних речовин (ВР) на осередок вогню за допомогою порохових зарядів та їх пневмометання. До апаратних засобів відносяться фото-відео апаратура, а саме відеокамера SONY HDR-CX405 Black та мірильний інструмент довжин (вимірювальна рулетка Stanley Fiberglass 20 м x 12.7 мм), кутів (кутомір Topex 31C700) та штатний ноніус повертання башти МТЛБ на 360°.

Насамперед, було проведено уточнюючий аналіз висновків із матеріалів випробувань «Імпульс-3» [1]. По кадрах кінограм натурних зйомок імпульсного метання ВР уточнено особливості перетворень у часі параметрів потоку вогнегасного порошку, що рухається на модельне вогнище – «хмари ВР» (рис.1).

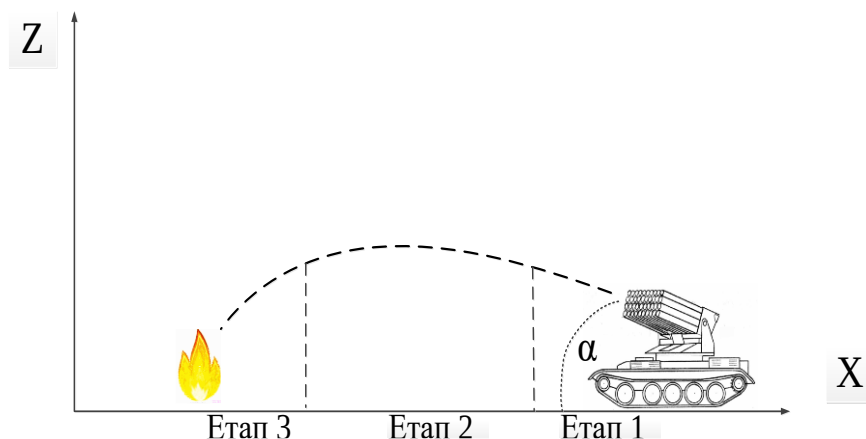


Рис. 1. Уточнений вид положення псевдо осі параболічного еліпсоїда для «хмари ВР», що подається до осередку пожежі «Імпульс-3»

На їх підставі, до вже отриманих висновків нами внесено доповнення:

1) у складі головних, стабільно повторюваних моментів у русі «хмари ВР», імпульсно поданого з установок типу «Імпульс», відзначимо те, що його випукла параболічна еліпсоїда з часом істотно змінює свої геометричні параметри. Також його «псевдоосьова» лінія в силу дії сил опору повітря і сил ваги частинок ВР «деформується» під час його руху від початку прямої лінії (спочатку пострілу) до пологої кривої виду параболі (рис. 2);

2) причому, довжина цієї «хмари» та її обсяг (з урахуванням діаметра середньої частини поблизу точки максимуму висоти його псевдоосі) зростають, до моменту втрати своєї лінійної швидкості переміщення, аж до повного припинення руху «хмари ВР», з подальшим осадженням порошку на площу своєї проекції у вигляді еліпса;

3) зі зменшенням маси «вихідного» порохового заряду (або перепаду тисків при пневмометанні ВР) кінцева довжина псевдоосі «хмари ВР» коротшає, а при деякому критично мінімальному значенні потік ВР не формується. Порошок просто зсипається

одразу за зрізом стволів пакета.

Аналогічного слід очікувати і у разі залучення 2×10 стволів універсальної гусеничної машини.

Зважаючи на наслідки військового зіткнення України та Росії [2], було запропоновано виключити основну незручність використання гусеничних машин у межах міста – пошкодження вуличного дорожнього покриття, що пов'язано з питомим тиском на нього гусеничного обводу. Разом з цим, – по максимуму використовувати основні переваги ГПМ, а саме: безпечне для особового складу наближення до об'єктів пожежогасіння та надання допомоги населенню, яке постраждало в результаті бойових дій, прохідність у ландшафті зруйнованих будівель і споруд, наявність фільтровентиляційних установок в ГПМ, що дозволяє вести роботи в зоні небезпечного зараження, досить велику енергоозброєність та ін.

В результаті досліджень було розроблено ескізний проект універсальної гусеничної пожежної машини на шасі малого тягача легкого бронювання [3].

У зв'язку з цим запропоновано ескіз (рис. 2) універсальної ГПМ. Універсальна ГПМ містить: гусеничне шасі 1 з пакетами стволів верхній 2 і нижній 3, що мають можливість незалежного повороту нижнього відносно верхнього в площинах розташованих у ряди стволами 4. Причому, один з пакетів (верхній) розміщений над іншим (нижнім) у цапфах 5, які разом з опорами 6 жорстко прикріплені до корпусу шасі. Це дозволяє верхньому пакету незалежно від нижнього змінювати кут свого піднесення, за допомогою, пов'язаних з ним механізмами наведення на ціль піднесення.

А нижній пакет розміщений під верхнім і за допомогою своїх цапф 7 з опорами 8 свого пакета приєднаний до платформи 9 баштового погону. Так, що, у свою чергу, є можливість нижньому пакету незалежно від верхнього щодо нього зміщуватися і змінювати свій кут піднесення своїм механізмом наведення на ціль з піднесення. При цьому поворотна платформа баштового погону пов'язана з механізмом наведення нижнього пакета на ціль по азимуту, а механізми управління рухом шасі відповідно пов'язані з механізмом наведення на ціль верхнього пакета по азимуту.

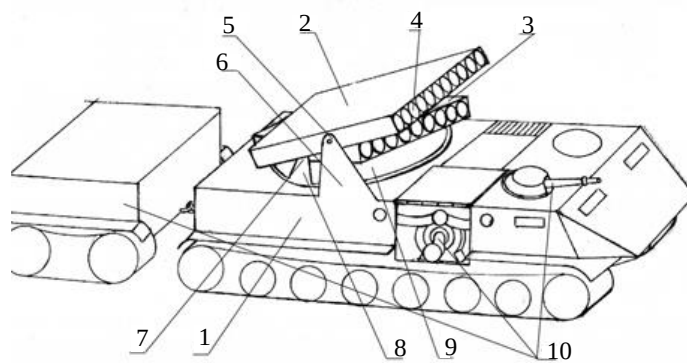


Рис. 2. Схема конструкції універсальної гусеничної пожежної машини

Цей базовий модуль універсальної гусеничної пожежної машини працює наступним чином: універсальна гусенична пожежна машина висувається на вихідну позицію і розташовується на розрахунковій тактично дистанції від вогнища пожежі, щоб імпульсно-подоваємий порошок раціональним чином «накрив» ціль. Для цього механік-водій по команді орієнтує по азимуту на ціль шасі 1 разом з верхнім пакетом 2 так, щоб «оператор-стрілок» за допомогою своїх механізмів наведення «повернув» до цілі на розрахунковий кут по азимуту стволи нижнього пакета. Потім, за допомогою механізмів наведення обох пакетів за підвищенням забезпечив найбільш повне охоплення площі пожежі. Нарешті, зробив залпове метання вогнегасного порошку на осередок пожежі.

З ескізу (рис. 2) видно, що універсальність конструкції запропонованої ГПМ забезпечити з практичної точки зору нескладно – треба доповнити конструкцію причіпної ємності, що легко змінюється 10 з необхідним запасом води і піноутворювача. Це дозволяє забезпечити і традиційне пожежогасіння, застосовуючи штатне обладнання 10, змонтоване на шасі та імпульсне порошкове пожежогасіння пакетами стволів. Тактичні прийоми роботи з водою та піноутворювачем такі ж, як для основного пожежного автомобіля. А при порошковому імпульсному пожежогасінні однотипність верхнього і нижнього пакетів стволів сприяє оперативній їх заміні на підготовлений запас, що возиться в кузові, заповнених вогнегасним порошком пакетів. Причому, для залпового гасіння пожежі порошком принцип метання ВП [4] (пневмометання або метання з використання порохових зарядів) залежить лише від бажаного конструктивного виконання ГПМ. Таким чином, досягається мета – створення передумов до поповнення парку пожежних машин універсальною гусеничною пожежною машиною із підвищеними тактико-технічними характеристиками.

Також зазначимо, що у базовому (в 1,5 рази легшому, ніж танк) шасі малого тягача легкого бронювання (МТЛБ) є просторий десантний відсік, де можна перевозити необхідне обладнання та особовий склад для ведення аварійно-рятувальних робіт.

ЛІТЕРАТУРА

1. Leistungsschau: Feuerlöschpanzer "Spot-55" URL: <https://www.ndr.de/radiomv/Leistungsschau-Feuerloeschpanzer-Spot-55,loeschpanzer100.html> (дата звернення 01.11.2022р.).

2. Харчук, А. І., Соломон І. І. Особливості діяльності підрозділів ДСНС під час війни та на деокупованих територіях (на прикладі Київської області). Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення: збірник тез доповідей наук.-техніч. конф. Львів. 2022. С.545-548. URL: <https://sci.ldubgd.edu.ua/bitstream/123456789/11125/1/Tezy%20PB%20Kyryliv%20Y.B.%202022.pdf>

3. Остапов К. М., Сенчихін Ю. М., Аветісян В. Г., Грицина І. М., Гапоненко Ю. І. Обґрунтування тактико-технічних переваг універсальної гусеничної пожежної машини. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2022. Вип. 2(36). Р. 296–311. url: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/17045>.

4. Ostapov K. M., Senchihin Yu. N., Syrovoy V. V. Development of the installation for the binary feed filling for multiplications 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>.

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

CREATION OF A UNIVERSAL TRACKED FIRE ENGINE WITH INCREASED TACTICAL AND TECHNICAL CHARACTERISTICS

The tactical and technical advantages of tracked fire engines and the task of making rational decisions during firefighting and emergency rescue operations in extreme conditions of military operations are considered. Based on concrete examples of the creation of a fire tank and experimental units "Impulse", the main shortcomings that prevent their use within the city are formulated. The scheme of a universal tracked fire engine on the chassis of a multi-purpose light armored tractor is presented with an innovative division of the package of barrels of the "Grad" artillery system into two packages, which have the ability to independently change the angles of their guidance on the target from the elevation relative to the horizon and along the azimuth.

Олександр Савченко, к.т.н., ст. наук. співр., Національний університет цивільного захисту України

Сергій Гарбуз, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України

Вячеслав Савченко, ГУ ДСНС України у Харківській області

ПРОБЛЕМА ДЕФІЦИТУ ВОДИ ПРИ ГАСІННІ ПОЖЕЖ У ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ

Підrozділами територіальних органів ДСНС упродовж 2023 року в Україні зареєстровано 67 934 пожежі. Порівняно з 2022 роком кількість пожеж зменшилася на 15,8 %. Унаслідок пожеж загинуло 1 472 людини, у тому числі 40 дітей; 1 551 людина отримала травми, у тому числі 145 дітей.

Однією з найбільш постраждалих територій від бойових дій у 2022-2023 роках є Харківська область. У 2023 році на території Харківської області виникло 5235 пожеж, в тому числі 1455 пожеж – з причин, які пов'язані з проведенням бойових (воєнних) дій. На пожежах загинуло 110 осіб.

Київського та Салтівського районів м. Харкова є найбільш постраждалими у наслідок бойових дій у 2022-2023 роках у м. Харкові. Тому коректно розглядати роботу 3 ДПРЗ ГУ ДСНС України у Харківській області, що обслуговують дані райони як один з прикладів функціонування підрозділів ДСНС в умовах воєнного стану.

З лютого 2022 року, з початком бойових дій на території Харкова та Харківської області, було відмічено збільшення кількості випадків дефіциту води на пожежогасіння. Було проведено аналіз статистичних показників оперативних дій 3 ДПРЗ ГУ ДСНС України у Харківській області у 2021-2023 роках (Табл. 1).

Таблиця 1. Пожежі ліквідовані за допомогою підвозу води підрозділами ДПРЗ 3 ГУ ДСНС України у 2021-2023 роках

з/п	Підрозділ	Пожежі ліквідовані за допомогою підвозу води		
		2021 рік	2022 рік	2023 рік
1.	5 ДПРЧ	0	10	7
2.	9 ДПРЧ	1	14	80
3.	11 ДПРЧ	3	38	24
4.	18 ДПРЧ	0	18	5
5.	22 ДПРЧ	2	23	18
6.	27 ДПРЧ	1	91	9
7.	36 ДПРЧ	-	-	-

Виділено наступні причини, що призводили до дефіциту води на пожежогасіння:

1. Ушкодження водопровідної мережі;
2. Нemoжливість (великі труднощі) встановити автоцистерну на вододжерело у наслідок руйнування (ушкодження) пожежних гідрантів;
3. Нemoжливість (великі труднощі) організації подачі води способом перекачки (небезпека для особового складу);
4. Тривалий час руху автоцистерн при організації подачі води методом підвозу;
5. Необхідність укриття особового складу та техніки у разі початку (загрози) обстрілу;
6. Недостатня кількість автоцистерн у наслідок великої кількості одночасних пожеж у місті.

У переважній більшості випадків для гасіння пожеж використовується вода. Вода є найбільш поширеною вогнегасною речовиною, вона має унікальну охолоджуючу дію, зумовлену великою теплоємністю та високою теплоотоємністю пароутворення. При гасінні пожежі водою відбувається розбавлення горючого середовища парами, що утворюються при

випаровуванні, ізоляцією горючого матеріалу від кисню повітря або механічним впливом на речовину, яка горить, тобто зривом полум'я. Практично всі чинники діють одночасно, але домінуючою є охолодження горючих речовин.

Відомо, що при гасінні пожежі компактними струменями більше 90% води втрачається, не приймаючи участі у гасінні [1]. Досить часто під час вогневого впливу будівельні конструкції втрачають свої експлуатаційні якості. Керівними документами вимагається при гасінні пожежі захищати будівельні конструкції від впливу високої температури, тому їх охолодження, як правило, неодноразове, виконується підрозділами ДСНС практично на кожній пожежі.

Для подолання наслідків дефіциту води та з метою збільшення ефективності пожежогасіння пропонується застосування модифікованих рідинних засобів пожежогасіння, зокрема гелеутворюючих систем (ГУС).

Компоненти ГУС складаються з розчину сульфату лужного металу та розчин силікату. При одночасної подачі вони змішуються на поверхнях, що захищаються або горять, і утворюють шар стійкого гелю. На відміну від рідинних засобів пожежогасіння, гель практично на 100% залишається на поверхні, що захищається. До того ж, товщину гелевої плівки за потреби можна регулювати, збільшуючи її в особливо небезпечних місцях. При цьому гель на 85-95% складається з води. У порівнянні з водою ГОС мають перевагу, що полягає в суттєвому зменшенні втрат за рахунок стікання з похилих і вертикальних поверхонь. Іншою перевагою ГУС є їхня висока вогнезахисна дія. Це обумовлено дією води, що міститься в гелі, а після випаровування всієї води утворюється пористий шар (ксероргель), який ускладнює передачу тепла за рахунок своєї низької теплопровідності. Технічна реалізація застосування ГУС розглянуто в роботах [2,3].

ЛІТЕРАТУРА

1. Розробка тактичного забезпечення до імпульсних вогнегасників. Лінчевський Є.А., Сировой В.В. // Пожежна безпека: Науковий збірник. Ч.3, Черкаси. 1999. – С. 21-23.
2. Савченко А.В. Аналіз мобільних установок для подачі гелеутворюючих систем / О.В. Савченко, М.В. Копачов // Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування та ліквідація їх наслідків. Матеріали круглого столу (вебінару). – Харків: Національний університет цивільного захисту України, 23 лютого 2023 – С.153. Режим доступу к журн.: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/17212>.
3. Савченко А.В. Перспективні технології влаштування протипожежного бар'єру при локалізації лісових пожеж / А.В. Савченко, Д.О. Медвєєва, Несторенко О. // Problems of Emergency Situations: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. – Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2021. – С.93-94. Режим доступу к журн.: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/12976>.

Oleksandr Savchenko, PhD, Senior Research Fellow, National University of Civil Defense of Ukraine;

*Serhij Garbuz, PhD, Associate professor, National University of Civil Defense of Ukraine;
Vyacheslav Savchenko, Head Department the state emergency service of Ukraine in the Kharkiv region,*

THE PROBLEM OF WATER SHORTAGE WHEN EXTINGUISHING FIRE IN RESIDENTIAL BUILDINGS DURING MARITAL STATE

The issue of water shortage when extinguishing fires under martial law is considered. The statistics of fire situation indicators in the city of Kharkov in 2021-2023 are considered. An increase in the number of cases of fire extinguishing using the water supply method has been recorded. The causes of water shortage when extinguishing fires under martial law have been identified. It is proposed to use gel-forming compounds to extinguish fires.

Ольга Філюшина, здобувачка вищої освіти, Національний університет цивільного захисту України;

Андрій Лісняк, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕАГУВАННЯ НА ВИКЛИКИ ЗА РАХУНОК ОПТИМІЗАЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ ОПЕРАТИВНОГО РОЗГОРТАННЯ

Умови для успішного гасіння пожеж у населених пунктах та об'єктах забезпечуються підготовкою до гасіння пожеж, яка включає: визначення структури, чисельності, озброєння та розміщення підрозділів, розробку та своєчасне коригування оперативних документів з пожежегасіння, а також планування тактичної підготовки особового складу пожежно-рятувальних підрозділів.

Одним з ключових критеріїв ефективності реагування пожежно-рятувальними підрозділами на виклики є час. Так нормативи прибуття державних пожежно-рятувальних підрозділів до місця виклику не повинні перевищувати: на території міст — 10 хвилин; у населених пунктах за межами міста — 20 хвилин. З урахуванням метеорологічних умов, сезонних особливостей та стану доріг нормативи прибуття можуть бути перевищені, але не більше ніж на 5 хвилин [2].

Пожежна тактика вирішує питання зменшення складових часу реагування на пожежу, а саме:

- розміщення ПРП;
- оснащення відповідною технікою;
- своєчасне виявлення пожеж (сигналізація, підготовка персоналу, тощо);
- оперативне реагування, або оптимізація оперативних дій (збір та виїзд; прямування, розвідка пожежі, оперативне розгортання, рятування, гасіння пожежі).

Схематично складові часу реагування на пожежі показано на рисунку 1.

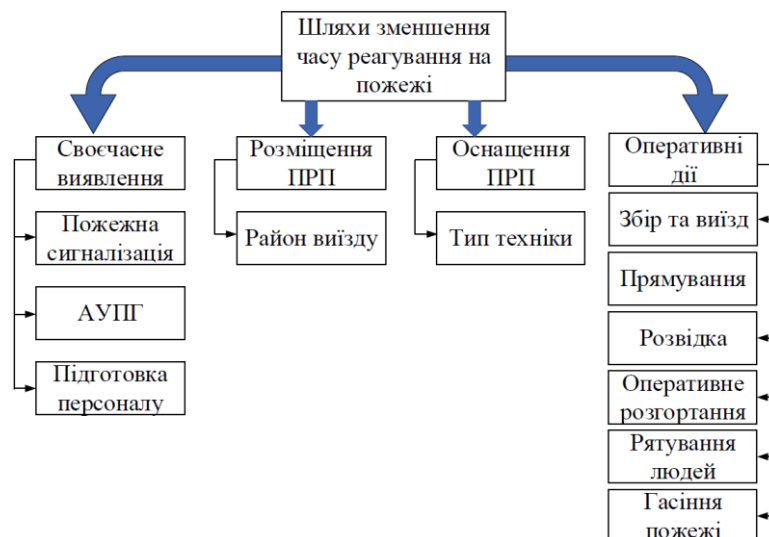


Рисунок 1. Шляхи зменшення часу реагування на пожежу.

Розглядаючи способи і оптимізацію проведення оперативного розгортання в поверхах будівель слід звернути увагу на умови проведення прокладки рукавних ліній (сходові клітини, обмежений простір, тощо) можливі залами перекручування рукавних ліній, тощо.

Найпоширенішим способом укладки рукавів в Україні є подвійна скатка, яка є універсальною для використання в різних умовах, хоча і має ряд недоліків при використанні в обмеженому просторі.

Четверна скатка не знайшла широкого застосування і використовується в окремих підрозділах. По компактності укладки не відрізняється від подвійної але, на відміну від

попереднього типу кладки, має переваги при проведенні оперативного розгортання в обмеженому просторі (сходові клітини, коридори, тощо).

Рукавна укладка змійка / гармошка дозволяє забезпечити найшвидшу подачу ствола на вирішальному напрямку оперативних дій першим прибулим підрозділом.

Рукавна укладка равлик та рукавні касети дозволяють пришвидшити доставки рукавних ліній на верхні поверхи багатоповерхових будівель та будівель підвищеної поверховості (рис 2).



Рисунок 2. Варіанти укладок пожежних рукавів.

Використання різних варіантів укладок рукавних ліній є дієвим інструментом КГП при проведенні оперативного розгортання за різних умов та обстановки.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Статут дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж. Наказ МВС України від 26.04.2018 № 340.
2. Постанова КМУ від 27 листопада 2013 р. № 874. Про затвердження критеріїв утворення державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту в адміністративно-територіальних одиницях та переліку суб'єктів господарювання, де утворюються такі підрозділи (частини).
3. ДСТУ 8767:2018. Пожежно-рятувальні частини. Вимоги до дислокації та району виїзду, комплектування пожежними автомобілями та проектування.
4. Наказ ДСНС № 727 від 12.12.2022 р. «Про затвердження Методичних рекомендацій з організації тактичної підготовки в територіальних органах ДСНС».

*Olga Filyushina, student of higher education, National University of Civil Defense of Ukraine;
Andrii Lisniak, Ph.D., associate professor, National University of Civil Defense of Ukraine*

INCREASING RESPONSE EFFICIENCY DUE TO OPTIMIZATION OF ELEMENTS OF OPERATIONAL DEPLOYMENT

Variants of reducing response time to fires by optimizing operational deployment by fire and rescue units are given.

*В.М. Стрілець, д.т.н., проф., ст. викладач кафедри АСБ та ІТ
С.О. Степанчук, ст. викладач кафедри піротехнічних та спеціальних робіт
Національний університет цивільного захисту України*

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СКОРОЧЕННЯ ЧАСУ ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ В РАДІАЦІЙНО-ЗАБРУДНЕНІЙ МІСЦЕВОСТІ

В доповіді показано, що урахування п'ятих аналітичних залежностей дозволить отримати математичну модель скорочення часу гуманітарного розмінування в радіаційно-забрудненій місцевості (ГР РЗМ)

$$\left\{ \begin{array}{l} X_{\text{НС}} \Rightarrow W \in \langle w_{\text{ззш}} \cap w_{\text{ззод}} \cap w_{\text{брж}} \cap w_{\text{брш}} \rangle; \\ t_w = \bar{t}_w^* + (\bar{t}_{w1} - \bar{t}_w^*) \cdot e^{-\lambda \cdot (n-1)}; \\ n_w^* = n_w, \text{ якщо } H_0 : \bar{t}_w(n_w) = \bar{t}_w(n_w + 1); \\ t_w^*(n_w^*) = \bar{t}_w(n_w^*) + \sigma_w(n_w^*) \cdot \Phi_w^{-1}(P_w^*); \\ E_{\text{після}} > E_{\text{до}}, \text{ якщо } H_1 : \bar{t}_w(n_w^* + 1) < \bar{t}_w(n_w^*). \end{array} \right.$$

Перша описує залежність множини ресурсів W , яку повинен задіяти сапер ДСНС для забезпечення гуманітарного розмінування в радіаційно-забрудненій місцевості без зниження рівня особистої безпеки та яка включає поєднання окремих варіантів одночасного використання засобів індивідуального захисту шкіри $w_{\text{ззш}}$, органів дихання $w_{\text{ззод}}$ від можливого радіаційного впливу, а також конкретних модифікацій бронежилету $w_{\text{брж}}$ та бронешолому $w_{\text{брш}}$ у якості захисту від вибухонебезпечних предметів, від умов надзвичайної ситуації в місці проведення розмінування.

Друге рівняння описує експоненційний характер скорочення часу виконання обраної для аналізу операції ГР РЗМ в залежності від досвіду саперу ДСНС, у якості якого розглядається кількість n спроб виконання ним цієї операції, з параметром λ і зсувом $n=1$, який свідчить про те, що практична підготовка саперу починається з першої реально виконаної спроби.

Третє рівняння показує можливість припинення тренувань саперами ДСНС виконанню обраної операції ГР РЗМ за тієї спроби n_w^* , після якої середній час здійснення обраного варіанту оперативної діяльності перестає скорочуватись, свідченням чого є виконання нуль-гіпотези рівності оцінок середнього часу виконання в поточній $n_w + 1$ та попередній n_w спробі.

Четверта залежність дозволяє визначити нормативи $t_w^*(n_w^*)$ для оцінювання рівня підготовленості саперів ДСНС до ГР РЗМ, за яких буде забезпечене скорочення часу ГР РЗМ, використовуючи значення зворотної функції Φ^{-1} стандартного нормального розподілу з параметрами середнього часу виконання обраної операції $\bar{t}_w(n_w^*)$ та його середньоквадратичного відхилення $\sigma_w(n_w^*)$, а також тієї долі кожного нормативу P_w^* , яка відповідає імовірності улучення випадкової величини в заданий інтервал.

П'ята залежність дозволяє зробити висновок, що підготовка з урахуванням розроблених нормативів є ефективною, якщо середній час виконання вправи після цього $\bar{t}_w(n_w^* + 1)$ суттєво зменшиться.

Відмічається, що така математична модель буде основою відповідної методики скорочення часу гуманітарного розмінування в радіаційно-забрудненій місцевості (рис. 1).

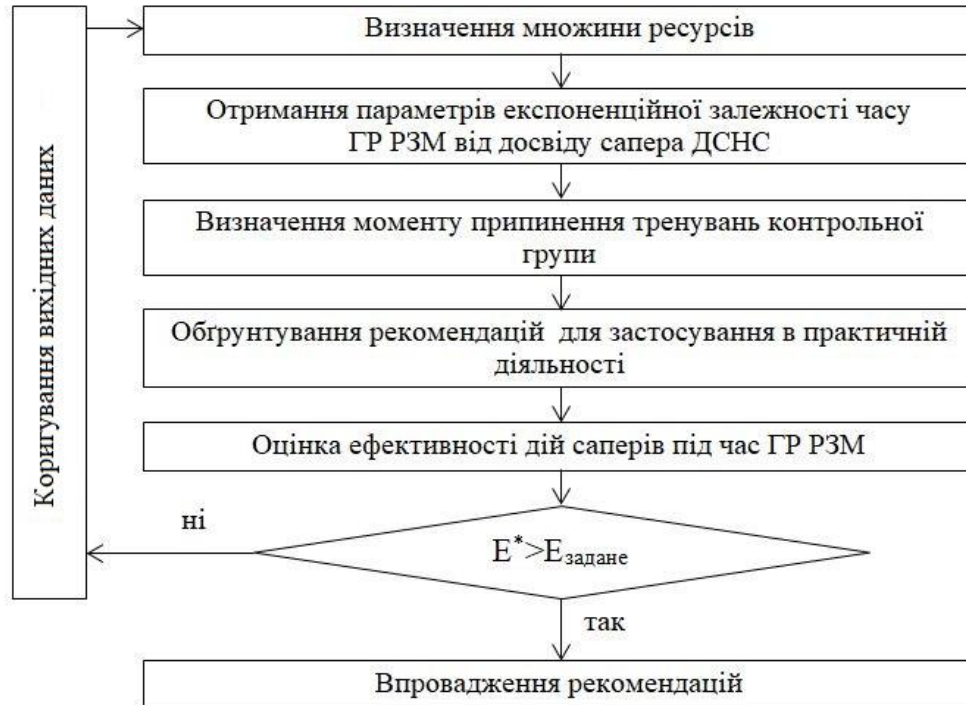


Рисунок 1. Методика скорочення часу гуманітарного розмінування в радіаційно-забрудненій місцевості

Особливістю такої методики буде не тільки розробка практичних рекомендацій на основі аналізу параметрів математичної моделі, але й використання пропозицій, які будуть виникати під час проведення експериментальних полігонних випробувань як різноманітних засобів протирадіаційного та противибухового захисту, так і застосування новітніх технічних рішень, у тому разі тих, які надають провідні закордонні фірми.

Victor Strelets, Dr. of Sciences, Professor, Senior lecturer of the Department of Automatic Security Systems and Information Technologies

Stepanchuk Serhii, Senior lecturer of the Department of Pyrotechnics and Special Training National University of Civil Defence of Ukraine

FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL FOR REDUCING THE TIME OF HUMANITARIAN DEMINING IN A RADIATION-CONTAMINATED AREA

Annotation. Taking into account five analytical dependencies allows you to obtain a mathematical model of reducing the time of humanitarian demining in a radiation-contaminated area. The first describes the dependence of the available resources on the conditions of an emergency situation at the place of demining, the second describes the exponential nature of the reduction in the time of humanitarian demining depending on the experience of the sapper of the SES, the third - the moment of cessation of training, the fourth - the procedure for obtaining standards, the fifth - the evaluation of the effectiveness of training with application of standards.

*Олександр Загора, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України
Андрій Феценко, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України.*

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ РАЙОНУ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ROIP-КАНАЛІВ

Сучасні дії ДСНС можуть відрізнятися високою динамічністю і маневреністю, широким застосуванням різних технічних засобів і технологій. В цих умовах підвищується значення системи управління діяльністю підрозділів, організаційного та технічного забезпечення заходів, що проводяться ДСНС. Однією з важливих складових даної системи є підсистема передачі даних та моніторингу мобільних об'єктів, що забезпечує оперативну передачу сигналів управління, збір і відображення інформації про положення і рух відповідних підрозділів. Істотний прогрес у вдосконаленні цих систем пов'язаний з інтенсивним розвитком глобальних систем супутникової навігації та мобільного зв'язку. Радіонавігаційна система підсистеми передачі даних та моніторингу мобільних об'єктів може бути побудована на основі глобальної, локальної або комплексної системи навігації, але залишається проблема забезпечення під час надзвичайної ситуації швидкого прямого зв'язку між екіпажами ліквідаторів і базовою станцією (диспетчером), а також між екіпажами. Наявні зараз технічні рішення систем моніторингу рухомих об'єктів дозволяють оперативно відслідковувати стан транспортних засобів на інтерактивній карті; в той же час вразливим елементом системи моніторингу рухомих об'єктів залишається канал передачі даних підсистеми збору та відображення даних, за яким йдуть сигнали управління та здійснюється передача даних про поточні параметри об'єктів на сервер обробки даних. В якості такого каналу у сучасних технічних рішеннях пропонується переважно використання каналів GSM-зв'язку, але під час масштабних надзвичайних ситуацій функціонування стільникового зв'язку стає ненадійним. Для забезпечення роботи системи управління та моніторингу рухомих об'єктів потрібні резервні канали передачі даних.

Існуючі в наш час системи моніторингу рухомих об'єктів містять підсистему збору та відображення параметрів руху рухомих об'єктів, що визначаються навігаційними модулями, встановленими на рухомих об'єктах. Функціонування підсистеми збору та відображення даних дозволяє відстежити в реальному часі розташування, швидкості руху, читати статуси їх роботи, давати оперативні команди, безпосередньо зв'язуватися з водіями й екіпажами, графічно подати інформацію про пройдений рухомих об'єктом шлях на серверах системи і терміналах диспетчерів (керівників підрозділів). За допомогою системи моніторингу рухомих об'єктів диспетчер може постійно контролювати місце розташування ліквідаторів або транспортних засобів.

По каналах передачі даних підсистеми збору та відображення даних здійснює зв'язок з навігаційними модулями, встановленими у транспортних засобах (GPS-трекерами). Головним завданням GPS-трекера є збір і передача на сервер системи у режимі реального часу даних про поточні позиції, швидкість та стани увімкнених на рухомих об'єктах датчиків. Крім цього він може забезпечувати ряд додаткових функцій, таких як розрахунки необхідного часу на переміщення, швидку передачу повідомлень кнопками статусів (станів), на кшталт "виїзд на виклик", "на місці", "повернення на базу", або, наприклад, "потрібна допомога".

В умовах надзвичайної ситуації, коли функціонування стільникового зв'язку стає ненадійним, передача даних від GPS-трекерів може здійснюватися резервними засобами з використанням RoIP-каналів. Технологія "радіо по IP" (RoIP) - забезпечує застосування передачі голосу по інтернет-протоколу IP (VoIP) в мережах двостороннього радіозв'язку [1]. Всі цифрові радіомережі з IP-зв'язком використовують RoIP. Таким чином RoIP система радіозв'язку є новим сегмент універсальної комунікаційної системи, який здійснює перетворення радіосигналів в цифрові дані для передачі по IP-мережі, і зворотне

перетворення на боці другого абонента. Ця система призначена для передачі мови по локальній мережі в реальному часі між комп'ютером і віддаленими радіостанціями. Система складається з робочого місця диспетчера і віддалених радіостанцій. Радіостанції, в свою чергу, підключаються до IP-мережі за допомогою шлюзів RoIP. Основне призначення системи є забезпечення сталим радіозв'язком об'єктів зі складною інфраструктурою і топологією, об'єднання в одну мережу кількох груп користувачів, що використовують різний частотний ресурс (рис. 1); вона може також забезпечити резервні канали ретрансляції даних від GPS-трекерів в умовах надзвичайної ситуації.



Рисунок 1 Організація каналу зв'язку з віддаленим пунктом управління через IP-мережу

Для врахування економічної ефективності функціонування системи управління і моніторингу рухомих об'єктів може бути прийнято відношення узагальненого результату застосування цієї підсистеми у реальних умовах до приведених витрат на побудову та експлуатацію системи:

$$E_c = E/C, \quad (1)$$

де узагальнений результат застосування (економічний ефект) системи моніторингу рухомих об'єктів можна визначити як

$$E = \alpha[(C_{дп1} - C_{дп2}) + (C_{пп1} - C_{пп2}) + (C_{нп1} - C_{нп2})], \quad (2)$$

де $C_{дп1}$, $C_{дп2}$ – середні значення матеріальних втрат, які виникають до початку надзвичайної ситуації відповідно при відсутності системи моніторингу та при її застосуванні; $C_{пп1}$, $C_{пп2}$ – середні значення матеріальних втрат, які виникають під час надзвичайної ситуації відповідно при відсутності системи моніторингу та при її застосуванні; $C_{нп1}$, $C_{нп2}$ – середні значення непрямих матеріальних втрат, які виникають під час надзвичайної ситуації, відповідно при відсутності системи моніторингу та при її застосуванні; α – середня кількість надзвичайних ситуацій за досліджуваний період, разів.

Приведені витрати на побудову та експлуатацію системи можна визначити як

$$C = C_{ек} + E_n \cdot K_n, \quad q \quad (3)$$

де $C_{ек}$ – витрати на експлуатацію системи (технічне обслуговування, профілактику, ремонт); E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень; K_n – витрати на побудову системи моніторингу рухомих об'єктів (капітальні вкладення). В той же час якість зв'язку, яка є здатність забезпечувати своєчасне, достовірне та скритне передавання (приймання) інформації [2]:

$$P_{як} = P_{як} (T_{пер} \leq T_{пер.пр} \text{ } D \leq D_{пр} \text{ } P_{розв} \leq P_{розв.пр}) \quad (4)$$

де $T_{пер}$, $T_{пер.пр}$ – час передачі повідомлень та його припустиме значення; D – існуючий рівень

помилки; $D_{\text{пр}}$ – припустимий рівень помилок; $P_{\text{розв}}$, $P_{\text{розв.пр}}$ – показник втрати скритності зв'язку та його припустиме значення.

Розглянуті показники ефективності підсистеми збору та відображення даних системи моніторингу рухомих об'єктів можуть бути застосовані для вибору каналів передачі даних і структури відповідної підсистеми у різних варіантах застосування підрозділів. Очевидно, що вартість додаткового телекомунікаційного обладнання такої системи буде збільшуватись при збільшенні кількості рухомих об'єктів. Для забезпечення дії великої кількості підрозділів може бути обрано інше рішення - розгортання у районі надзвичайної ситуації мобільних ретрансляторів стільникового зв'язку, розміри яких у наш час можуть бути дуже малими. Це дозволяє також частково забезпечити використання в умовах надзвичайної ситуації звичайних стільникових терміналів зв'язку для передачі мовних повідомлень.

Вибір технічних засобів для створення каналів передачі даних підсистеми збору та відображення даних має проводитися з урахуванням низки технічних і економічних показників підсистеми, що застосовується, такі як час передачі даних від GPS-трекера на сервер системи, час обробки обчислювальною підсистемою отриманих даних, максимальна кількість параметрів РО, що водночас можуть обслуговуватися системою, коефіцієнт готовності обчислювального комплексу, вірогідність виникнення помилки у складі системи рухомого транспортного засобу тощо.

Застосування мобільних технічних засобів дозволяє підвищити рівень інформаційного забезпечення керівництва ДСНС, прискорити процес подолання надзвичайної ситуації, підвищить безпеку праці ліквідаторів у бойових умовах.

ЛІТЕРАТУРА:

[1.] Sinisa Subotic. Radio over IP voice and Signalling characterization through system-of-systems radio over IP solution deployment. A thesis for the degree of master of applied science in engineering. Carleton University. 2014. Ottawa.

URL: <https://library-archives.canada.ca/eng/services/services-libraries/theses/Pages/item.aspx?idNumber=1032935938>

[2] Огороднійчук М. Д., Чайка Ю. Д., Оксіюк О. Г. Комплекси і засоби військових телекомунікаційних мереж : навч. посіб. / за ред. проф. М. Д. Огороднійчука – К. : НУОУ. 2010. – 384 с.

URL: <https://sprotyvg7.com.ua/wp-content/uploads/2023/06/Комплекси-і-засоби-військових-телекомунікаційних-мереж.pdf>

*Oleksandr Zakora, PhD, associate Professor, National University of Civil Protection of Ukraine,
Andrew Feshchenko, PhD, associate Professor, National University of Civil Protection of
Ukraine*

ENSURING THE RELIABILITY OF THE SYSTEM OF OF MOBILE OBJECTS OPERATIONAL CONTROL IN THE EMERGENCY AREA BASED ON THE USE OF ROIP CHANNELS

The paper discusses the vulnerability of the process of operational transmission of control signals, collection and display of information about the position and movement of units in the emergency area under high load. As a solution, it is proposed to use Internet Protocol (IP) signaling. Coordination of signals with the Internet protocol is provided by IP gateways. In order to take into account the economic efficiency of the system operation, the ratio of the generalized result of the system's application in real conditions to the reduced costs of its construction and operation is suggested. At the same time, the quality of communication is normalized by the level of errors and time delay.

*О. О. Сobotніцька, А. О. Майборода, доцент кафедри фізико-хімічних основ розвитку та гасіння пожеж, канд. пед. наук, доцент
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України*

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ СТВОРЕННЯ ВОДЯНОГО ТУМАНУ ДЛЯ ЦІЛЕЙ ПОЖЕЖОГАСІННЯ

Пожежа завжди є серйозною загрозою для людського життя та майна. Ефективність заходів пожежогасіння визначається швидкістю та точністю реакції пожежних служб. Одним з інноваційних методів боротьби з вогнем є використання водяного туману. Процес створення водяного туману для цілей пожежогасіння базується на використанні спеціальних систем розпилення води, які створюють туман частинок води різного розміру. Цей метод пожежогасіння виявляється ефективним через здатність водяного туману зменшувати температуру та тиск у зоні горіння, тим самим знижуючи інтенсивність пожежі [3].

Він є складним і включає в себе декілька етапів. Нижче наведений аналіз цього процесу. Вибір відповідної системи розпилення, яка може бути водогасильним пістолетом, водяним вогнегасником або автоматичною системою розпилення води. Вода зазвичай використовується як основний складник для створення водяного туману. Іноді до води можуть додаватися добавки для підвищення ефективності гасіння пожежі, такі як антипінона. Розчин повинен бути правильно підготовлений з урахуванням його концентрації та інших характеристик. Розпилення води проводиться з використанням відповідного обладнання. Водяний струмінь розпилюється на дрібні краплі за допомогою насадок або насосних систем. Водяні краплі мають бути розподілені рівномірно, утворюючи густий туман, який може ефективно гасити вогонь. Це може вимагати налагодження параметрів системи розпилення, таких як тиск і кут розпилення. Подача туману на джерело пожежі. Останній етап - наведення водяного туману на джерело пожежі. Це може бути здійснено ручним способом за допомогою пожежного обладнання або автоматично, в залежності від типу системи розпилення [1].

Пропоную розглянути принцип роботи - водяний туман створюється за допомогою спеціальних пристроїв, які розпилюють воду на дрібні краплі. Для кращого розуміння варто переглянути систему комплектації - розпилювачів чи дисків насосів, системи керування, резервуари для води, трубопровід, датчики виявлення пожежі та засоби блокування.

Ці краплі відбивають тепло, поглинають енергію від пожежі та випаровуються, знижуючи температуру та гасячи вогонь. Він здатний знижувати температуру та видаляти теплову енергію з пожежного джерела. Це дозволяє ефективно загасити пожежу та запобігти її подальшому поширенню. Окрім цього, туман зменшує шкоду для майна та здатний зменшити вплив на людське життя та життя рятувальників. Оскільки, вода водяного туману розпилюється на дуже дрібні краплі, метод може зменшити ризик пошкодження майна порівняно з іншими методами пожежогасіння, які можуть використовувати більше води або хімічних речовин [2].

Водяний туман як і будь-який засіб гасіння пожежі має свої переваги та недоліки. Безсумнівно, що переваг набагато більше ніж недоліків.

Переваги туману. Екологічність, водяний туман є більш екологічно чистим методом порівняно з іншими речовинами, що використовуються для гасіння пожежі, такими як хімічні засоби. Мінімізує шкоду майна, - вода водяного туману розпилюється на дуже дрібні краплі, цим самим зменшуючи ризик. Мінімізація опіків для особового складу та людей – так як туман розпилюється на дрібні краплі, то з цього випливає, що він може знизити ризик ураження людей від гарячого пару та забезпечити кращі умови для рятувальників у зоні пожежі. Ефективний у важкодоступних місцях - туман має гарну

здатність проникнення в тісні та важкодоступні місця, водяний туман може бути ефективним у пожежогасінні у важкодоступних тунелях, куточках, щілинах та інші простори, де стандартні методи пожежогасіння можуть бути менш ефективними. Рациональне використання ресурсів- використання водяного туману дозволяє зменшити витрати води, яка може бути обмеженою у важкодоступних місцях, та зменшує можливість затоплення чи пошкодження майна. Охоплення - Дрібні краплі води водяного туману можуть легко проникати у труднодоступні місця та покривати більшу площу, що дозволяє більш ефективно гасити пожежу та запобігати її подальшому поширенню. Мінімізує ризик димової травми- туман може зменшувати температуру та рівень токсичних газів у важкодоступних областях, що зменшує ризик димової та теплової травми для пожежних та осіб, які можуть бути під час пожежі. Незважаючи на таку велику кількість переваг, ми можемо побачити перелік недоліків. Висока вартість обладнання та клопітке облаштування. Найбільше часу займе облаштування даної системи. Обмежена дальність дії, - туман має обмежену дальність дії порівняно з іншими методами пожежогасіння, такими як водяні струмені або пінний струмінь. Це може обмежувати його ефективність у випадках великих пожеж. Регулярні технічні обстеження, перевірки для забезпечення правильного функціонування [4].

Аналіз процесу створення водяного туману для пожежогасіння дозволяє краще розуміти технологію та параметри, які впливають на ефективність гасіння пожежі за допомогою цього методу.

Отже, використання водяного туману для цілей пожежогасіння є ефективним, безпечним і перспективним напрямом розвитку пожежної техніки, який може значно покращити ефективність боротьби з вогнем та зменшити його негативні наслідки. Водяний туман є перспективним методом пожежогасіння, оскільки він поєднує в собі ефективність та мінімальну шкоду для навколишнього середовища та майна. Проте для його ефективного використання потрібно провести подальші дослідження з метою покращення технології та зниження вартості встановлення обладнання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Harri K. Karvinen, Juha-Pekka Leppänen, Tapio Mäkeläinen. (2019). "Experiments on fire suppression using a high-pressure water mist system." *Fire Technology*.
2. A. Pagni, G. Landucci, F. Gardoni, E. D'Errico, M. Cozzani. (2020). "Comparison of water mist and conventional sprinklers: Fire risk assessment and societal cost evaluation in a railway tunnel." *Fire Safety Journal*.
3. Daniel A. Gorham, Georgios V. Fontaras, Cameron H. Tappin. (2020). "Performance comparison of fire suppression systems in a wind-driven fire experiment." *Fire Safety Journal*.
4. L. Bianchi, M. G. E. Jahangir, R. F. Negreira. (2019). "A methodology to assess the effectiveness of water mist systems in road tunnels." *Tunnelling and Underground Space Technology*.

O. O. Sobotnitska, A. O. Maiboroda, PhD, associate professor, Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Defence of Ukraine

ANALYSIS OF THE WATER FOG CREATION PROCESS FOR FIRE EXTINGUISHING PURPOSES

The use of water fog for fire extinguishing purposes is an effective, safe and promising direction in the development of fire engineering, which can significantly improve the effectiveness of fire fighting and reduce its negative consequences. Water mist is a promising fire extinguishing method, as it combines efficiency with minimal damage to the environment and property. However, for its effective use, further research is needed to improve the technology and reduce the cost of equipment installation.

ЕВАКУАЦІЯ ТА АВТОМОБІЛІ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ПОТЕРПІЛИХ ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

На сьогоднішній день питання евакуації потерпілих від надзвичайних ситуацій є дуже актуальним, оскільки й досі триває військовий стан, розпочатий з 24 лютого 2022 року - з дня повномасштабного вторгнення зі сторони РФ. За цей час малися чисельні прильоти снарядів, ракет, снарядів від градів як по промисловій інфраструктурі, так і по жилим кварталам. Ці обставини викликали необхідність евакуації великої кількості потерпілих не лише в містах з багатоповерхівок, але й в селах - з домівок в приватних секторах.

Відомо, що в Харківській області нараховується 56 територіальних громад. При цьому встановлено, що більшість громад, які нараховують до 10000 жителів (16 громад), до 15000 жителів – (7 громад) та до 20000 жителів – (7 громад), а значно менше територіальних громад з жителями від 35000 і більше, як представлено в табл. 1.

Таблиця 1. Розподіл мешканців Харківської області по громадам

	Кількість жителів (тис. людей) в громаді										
	До 10	До 15	До 20	До 25	До 30	До 35	До 40	До 45	До 50	До 60	До 80
Кількість громад	16	7	7	4	6	4	4	2	2	1	1

Такий розподіл жителів по громадам, в разі виникнення обстрілів, вимагає значної кількості евакуаційних транспортних засобів. Отже, оскільки військовий стан триватиме і далі, то необхідно оперативно-рятувальні підрозділи забезпечити евакуаційним транспортом в достатній кількості.

Евакуація – комплекс заходів з винесення і вивозу постраждалих із зони надзвичайної ситуації (НС), доставка їх на медичні пункти і до лікувальних закладів для надання своєчасної та необхідної медичної допомоги та лікування [1]. Для евакуації використовують різні санітарно-транспортні засоби та всі види громадського транспорту, а також транспорт індивідуального користування.

Транспортування (евакуацію) можна розділити на невідкладну (першої черги) – для постраждалих у стані, що загрожує життю, або з пошкодженнями, які при затримці надання допомоги призводять до незворотних наслідків, і відстрочену (другої черги) – для постраждалих, затримка евакуації у яких не приведе до розладу життєво важливих функцій організму. Маршрут, за яким здійснюється вихід, винос і транспортування уражених, носить назву "шлях медичної евакуації".

Медична евакуація — комплекс заходів спрямований на щадне транспортування хворого, постраждалого чи пораненого у відповідний [медичний заклад](#) чи [медичний пункт](#), де може бути надано адекватну медичну допомогу, чи прийнято рішення про подальше транспортування у інший медичний заклад. У мирний час цю функцію виконує [екстрена медична допомога](#). Також існує поняття медичного сортування. Медичне сортування – метод розподілення постраждалих на групи (категорії) за ознаками потреби в однорідних лікувально-профілактичних та евакуаційних заходах в залежності від конкретної обстановки. Його призначення в тому, щоб забезпечити своєчасне надання медичної допомоги ураженим та їх подальшу евакуацію. Необхідність проведення медичного сортування обумовлена масовістю уражень внаслідок НС і неможливістю наявними

медицини силами та засобами надавати своєчасно медичну допомогу всім постраждалим. Види сортування. В залежності від задач, які вирішуються в процесі сортування, прийнято виділяти два види сортування: а) внутрішньопунктове; б) евакуаційно-транспортне.

Медичне сортування – метод розподілення постраждалих на групи (категорії) за ознаками потреби в однорідних лікувально-профілактичних та евакуаційних заходах в залежності від конкретної обстановки. Його призначення в тому, щоб забезпечити своєчасне надання медичної допомоги ураженим та їх подальшу евакуацію.

Необхідність проведення медичного сортування обумовлена масовістю уражень внаслідок НС і неможливістю наявними медичними силами та засобами надавати своєчасно медичну допомогу всім постраждалим.

Види сортування.

В залежності від задач, які вирішуються в процесі сортування, прийнято виділяти два види сортування:

- а) внутрішньопунктове;
- б) евакуаційно-транспортне.

Внутрішньопунктове сортування проводиться з метою розподілу уражених на групи (в залежності від характеру та тяжкості ураження) для встановлення черговості надання медичної допомоги, а також для визначення місця функції, де має бути надана допомога.

Евакуаційно-транспортне сортування проводиться з метою розподілу уражених на однорідні групи по черговості евакуації, виду транспорту (автомобільний, залізничний, авіаційний, тощо), положенню в транспорті (лежачи, сидячи) та визначення маршруту евакуації з урахуванням локалізації, характеру та тяжкості ураження. Вирішення цих питань здійснюється на підставі діагнозу та прогнозу.

Аналіз існуючих транспортних засобів, що використовуються для евакуації постраждалих із зони НС показав наступні дві групи, а саме:

- 1) броньований транспорт для вивозу поранених з поля бою;
- автомобільний транспорт для медичної евакуації поранених, а саме: санітарний автомобіль УАЗ-3962; - санітарні автомобілі класу «В»; - санітарні автомобілі класу С; - санітарний автобус АС-66; - вантажний автомобіль ГАЗ-66 з уніфікованим обладнанням; - вантажний автомобіль ЗІЛ-131 з уніфікованим санітарним обладнанням.

В роботі авторами пропонується розробка аварійно-евакуаційної машини легкого типу на базі УАЗ 3962 для швидкої допомоги та перевезення постраждалих при НС. Тактико-технічні характеристики аварійно-евакуаційної машини легкого типу на базі УАЗ 3962 наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Тактико-технічні характеристики санітарного мікроавтобуса на базі УАЗ 3962

№ з/п	Технічні параметри	Показники
1	колісна формула	4x4
2	Кількість місць	8
3	Габаритні розміри: довжина	4440 мм
4	ширина	2100 мм
5	висота	2101 мм
6	Колісна база	2300 мм
7	Дорожній просвіт	220 мм
8	Глибина подоланого броду	500 мм
9	Маса спорядженого автомобіля	1805 кг
10	Повна маса	2730 кг
11	Вантажопідйомність	925 кг
12	Робочий об'єм	бензиновий, ЗМЗ-4091
13	двигун	2,7 л
14	Потужність двигуна	82,5 кВт
15	Максимальний крутний момент	208 Нм

16	Максимальна швидкість	127 км / год
17	Витрата палива при 90 км / год	13,5 л / 100 км
18	Ємність паливних баків	77 л
19	Шини	225/75 R 16

В санітарному мікроавтобусі на базі УАЗ 3962 (39629) кузов вже розділено перегородкою на кабінку водія і санітарне приміщення. Перегородка має вікно з розсувними стеклами. Санітарне приміщення вже обладнано відкидними сидіннями, спеціальними кронштейнами та ременями для кріплення нош, поручнями в проїмах дверей та на даху, а також шторами вікон боковин, дверей та перегородки. Завдяки спеціальних кронштейнів та ременів санітарний автомобіль здатний перевозити до чотирьох нош. Передбачена можливість розміщення санітарного обладнання. У передній частині на даху встановлений поворотний прожектор. Завдяки наявності постійного приводу на всі колеса є можливість проводити евакуацію постраждалих не лише в містах, а й в сільській місцевості.

Дані автомобілі пропонується обладнати сучасним обладнанням для проведення першочергових аварійно-рятувальних робіт (гідравлічна маслостанція з ножицями, розтискачами, домкратами), пошуку постраждалих та надання їм домедичної допомоги (ноші, медичні засоби), організації зв'язку (цифрові радіостанції), освітлення місця події (індивідуальні, переносні та стаціонарні ліхтарі). Медичні ноші В 10 [2], прилади для пошуку постраждалих та медичні засоби будуть розміщені в салоні автомобіля, а інструмент (ножниці, розтискачі, домкрати) для проведення аварійно-рятувальних робіт будуть розміщені на даху автомобіля. Такі автомобілі бажано б мати в кожній громаді в добровільних пожежних дружинах.

ЛІТЕРАТУРА:

1. https://pidru4niki.com/89588/meditsina/evakuatsiya_postrazhdalih
<https://www.google.com/>
2. Домедична допомога на місці події: практичний посібник / П. Б. Волянський, А. М. Гринзовський, С. О. Гур'єв та ін. ; за заг. ред. д. н. держ. упр., професора П. Б. Волянського та д. мед. н., професора С. О. Гур'єва. – Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2020. – 224 с.
3. <https://vsauto.com.ua/ru/blog/sarm-l-na-baze-mitsubishi-l200-dlya-gschs-harkovskoj-oblasti/>
4. <https://uk.wikipedia.org/wiki/>

Oleksiy Shevchuk, student of higher education, National University of Civil Defense of Ukraine;
Volodymyr Kokhanenko, Ph.D., associate professor, National University of Civil Defense of Ukraine

EVACUATION AND VEHICLES FOR TRANSPORTATION VICTIMS IN EMERGENCY SITUATIONS

In these theses, the problem of evacuating the injured population as a result of enemy shelling is solved by using UAZ-469-based medical minibuses as emergency evacuation vehicles. In order to perform emergency and rescue work, it is suggested to equip the sanitary minibus with emergency and rescue equipment and fix it on the roof of the car. To provide immediate assistance to victims, emergency evacuation vehicles are proposed to be located in territorial communities.

Максим Іванов, здобувач вищої освіти, Національний університет цивільного захисту України;

Дмитро Дубінін, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України

ВИМОГИ ДНЮЧОГО ЗАКОНОДАВСТВА УКРАЇНИ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ПОЖЕЖНИХ-РЯТУВАЛЬНИКІВ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ТРЕНАЖЕРІВ

Проведення рятувальних робіт особовим складом пожежно-рятувальних підрозділів на пожежі та їх захист під час розвитку пожежі на сьогоднішній день здійснюється за рахунок комплектації особового складу спеціальним одягом та спорядженням, апаратами захисту органів дихання, а також технічними засобами пожежогасіння для подачі вогнегасних речовин. Але успіх гасіння при виникненні таких явищ пожежі, як ролловер, флешовер та бекдрафт при її розвитку для особового складу пожежно-рятувальних підрозділів буде залежати від їхнього навчання та підготовки до реагування на них [1-5]. Гасіння пожеж та ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій передбачає ведення оперативних дій в умовах складної обстановки, вдень і вночі, при високих і низьких температурах, в задимленому і загазованому середовищі, на висотах і в підвалах, в умовах вибухів, обвалів, землетрусів тощо. В тому числі у задимленому та загазованому середовищі. Постійні тренування є обов'язковою складовою постійної готовності до дій за призначенням

На сьогоднішній день в якості підготовки особового складу пожежно-рятувальних підрозділів використовують тренажери. Окрім професійної підготовки з реагування на пожежу вони також дозволяють розглянути такі питання, як особливості розвитку внутрішньої пожежі за різних умов газообміну, регулювання висоти нейтральної зони та провести аналіз розподілу температури пожежі за висотою. Таким чином проведення даних досліджень є актуальним. Розглянемо законодавчі та нормативно-правові акти, щодо підготовки пожежних рятувальників.

Відповідно до статті 90 Організація підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту та рятувальників професійних аварійно-рятувальних служб [6] наведено, що підвищення рівня знань, умінь, навичок та професійних якостей осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту з метою забезпечення успішного виконання завдань за призначенням проводиться під час службової підготовки у робочий час. Порядок організації службової підготовки визначається центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері цивільного захисту. Підвищення рівня теоретичних знань, практичних навичок і майстерності рятувальників, інших основних працівників професійних аварійно-рятувальних служб проводиться під час професійної підготовки за рахунок робочого часу, яка організовується керівником служби відповідно до її профілю.

В роботі [7] наведено вимоги до навчально-тренувальних баз, що розміщені в пожежно-рятувальних підрозділах, а саме:

1. Навчально-тренувальна база органів та підрозділів цивільного захисту призначена для проведення занять, заліків та самостійної підготовки особового складу.

2. До складу навчально-тренувальної бази входять:

– навчальні кабінети (зала, клас, лабораторія), обладнані технічними засобами навчання (у тому числі мультимедійною технікою);

– навчальні споруди (спортзал, спортивна кімната, спортивний майданчик, навчальна башта, стометрова смуга з перешкодами, смуга психологічної підготовки, навчальний майданчик з підготовки піротехніків, обладнане місце для проведення водолазних спусків, теплотимокамера (димокamera, теплокамера, тренажери).

3. Проведення тренувань та виконання навчальних вправ з особовим складом підпорядкованих підрозділів, у яких відсутні навчальні споруди, здійснюється один раз на

квартал у визначених керівником органу та підрозділу цивільного захисту підпорядкованому підрозділі, який має такі навчальні споруди. До таких занять залучається весь особовий склад підпорядкованого підрозділу (крім осіб, що перебувають на чергуванні та в резерві) із закріпленим резервним спорядженням та обладнанням.

4. Органи та підрозділи цивільного захисту мають щороку планувати заходи з удосконалення навчально-тренувальної бази для проведення занять із службової підготовки.

5. Навчально-тренувальна база має відповідати правилам безпеки праці та санітарно-гігієнічним нормам.

Окрім цього в роботі [8] зазначено, що керівники органів та підрозділів цивільного захисту, підпорядкованих підрозділів щороку планують заходи з розвитку навчально-тренувальної бази і організовують контроль за виконанням цих заходів.

Відповідно до роботи [9] в ДСНС організована професійна підготовка особового складу органів та підрозділів цивільного захисту де зазначено про нормативно-правову базу з питань професійно-технічної освіти, методичні матеріали та нормативно-правову базу з питань службової підготовки. Також в роботі [10] зазначено, що професійна підготовка – це організований, безперервний і цілеспрямований процес формування і розвитку в осіб рядового і начальницького складу професійних компетентностей, необхідних для професійної діяльності за певною професією (спеціальністю) та успішного виконання посадових обов'язків у відповідній галузі, а також їх своєчасного оновлення та вдосконалення.

В пожежно-рятувальних підрозділах ДСНС здійснюється тактична підготовка відповідно до [11] основним завданням тактичної підготовки є:

- вдосконалення особами допущеними до самостійного виконання обов'язків керівника гасіння пожежі практичних навичок здійснювати оцінку обстановки на місці пожежі, небезпечної події чи надзвичайної ситуації, передбачити її розвиток, правильно визначити вирішальний напрямок оперативних дій, приймати обґрунтовані рішення щодо застосування підрозділів, своєчасно зосереджувати необхідні сили та засоби, вміло керувати ними, максимально використовувати тактичні можливості підрозділів;

- набуття особовим складом оперативних розрахунків практичних навичок щодо правильного розуміння обстановки на місці пожежі, виконання своїх обов'язків, команд та наказів командирів і начальників під час гасіння пожежі, ліквідації наслідків небезпечної події чи надзвичайної ситуації

В роботі [12] зазначено, що для підготовки газодимозахисників використовуються та облаштовуються з розрахунку одна (один) на державний пожежно-рятувальний загін: теплотимокамери, теплокамери, димокамери; смуги психологічної підготовки (полігони); навчально-тренувальні комплекси ГДЗС. При цьому начальники органів та підрозділів ДСНС, у яких відсутні стаціонарні теплотимокамери, теплокамери, димокамери, полігони, смуги психологічної підготовки і навчально-тренувальні комплекси ГДЗС, організовують проведення занять в інших органах та підрозділах ДСНС, де такі наявні, за погодженням начальника ГДЗС гарнізону. В цьому наказі також зазначено, що до засобів ГДЗС належать технічні засоби для підготовки газодимозахисників, теплотимокамери, димокамери, полігони, смуги психологічної підготовки і навчально-тренувальні комплекси ГДЗС.

В роботі [13] наведені вимоги до тренажерного та іншого обладнання, призначеного для підготовки та перевірки знань осіб командного складу та суднової команди. Вимоги застосовуються до тренажерного та іншого обладнання з підготовки до рятування на воді (далі - Обладнання) підприємств, організацій та установ, що проводять підготовку осіб. Вимоги встановлюють єдині стандарти щодо устаткування, технічних засобів, документації Обладнання, вимоги до робочих місць інструкторів та слухачів, до інструкторського складу для усіх НТЗ, що здійснюють ознайомлення, початкову підготовку та інструктаж з питань безпеки для всіх моряків та підготовку фахівців з рятувальних шлюпок, рятувальних плотів та чергових шлюпок, що не є швидкісними черговими шлюпками, або фахівців швидкісних

чергових шлюпок.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дубінін Д. П. та ін. Експериментальне дослідження розвитку пожежі в будівлі. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2021. № 34. С. 110–121.
2. Dubinin D. et al. Research and justification of the time for conducting operational actions by fire and rescue units to rescue people in a fire //Sigurnost. – 2022. – Т. 64. – №. 1. – С. 35-46.
3. Dubinin D. et al. Dubinin D. et al. Investigation of the effect of carbon monoxide on people in case of fire in a building //Sigurnost. – 2020. – Т. 62. – №. 4..
4. Посібник «Вентилятори і вентиляція у пожежній охороні / Шимон Кокот-Ґура; переклад з пол. Володимира Дубасюка. – Львів: «SUPRON1», 2020 – 72 с.
5. Dubinin D. et al. Experimental Investigations of the Thermal Decomposition of Wood at the Time of the Fire in the Premises of Domestic Buildings //Materials Science Forum. – Trans Tech Publications Ltd, 2022. – Т. 1066. – С. 191-198.
6. Кодекс цивільного захисту України. Відомості Верховної Ради (ВВР), 2013, № 34-35, ст.458
7. Наказ МВС України № 511 від 15.06.2017 р. «Про затвердження Порядку організації службової підготовки осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту».
8. Наказ ДСНС № 628 від 10.08.2023 р. «Про затвердження Методичних рекомендацій з організації службової підготовки в ГУ ДСНС України в областях та м Києві, підрозділах центрального підпорядкування, закладах вищої освіти та науково-дослідних установах».
9. Професійна підготовка особового складу органів та підрозділів цивільного захисту. URL: <https://dsns.gov.ua/osvita-i-nauka/profesiyna-pidgotovka-osobovogo-skladu-organiv-ta-pidrozdiliv-civilnogo-zahistu>.
10. Наказ МВС України № 412 від 26.05.2020 року «Про затвердження Порядку підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту».
11. Наказ ДСНС № 727 від 12.12.2022 р. «Про затвердження Методичних рекомендацій з організації тактичної підготовки в територіальних органах ДСНС».
12. Наказ МВС України № 780 від 25.09.2023 року «Про затвердження Порядку організації роботи органів управління та підрозділів, закладів освіти системи ДСНС під час підготовки особового складу, гасіння пожеж, ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та інших небезпечних подій в умовах екстремальних температур, задимленості, загазованості, радіоактивного, хімічного забруднення та біологічного зараження».
13. Наказ Мінінфраструктури України № 491 від 07.10.2014 «Про затвердження вимог до тренажерного та іншого обладнання, призначеного для підготовки та перевірки знань осіб командного складу та суднової команди».

*Maxim Ivanov, student of higher education, National University of Civil Defense of Ukraine;
Dmytro. Dubinin, Ph.D., associate professor, National University of Civil Defense of Ukraine,*

REQUIREMENTS OF THE CURRENT LEGISLATION OF UKRAINE FOR THE TRAINING OF FIREFIGHTERS FOR THE USE OF TRAINERS

Theoretical studies on the prospects of using simulators for the training of firefighters and rescuers have been carried out in the work. The current legislation of Ukraine regarding the professional training of personnel of civil protection bodies and units is justified.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ СИНТЕТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ПІД ЧАС РОЗВИТКУ ВНУТРІШНОЇ ПОЖЕЖІ

До синтетичних матеріалів відносяться речовини, що виготовляються з інших, простіших речовин, методом органічного синтезу. Синтетичні матеріали представляють високомолекулярні органічні сполуки, тобто, полімери [1-3]. Сировиною для синтетичних матеріалів є продукти сухої перегонки (коксування) вугілля, сублімації нафти, переробки деревини. Синтетичні матеріали відрізняються високим вмістом вуглецю і більшість їх не містить кисню. Тому для їхнього горіння необхідний значний об'єм повітря (10-12 м³/кг). Під час нагрівання синтетичні матеріали плавляться і утворюється на поверхні рідкий шар. На вертикальних та похилих поверхнях, що горять, рідкий шар утримуватися не може і стікає. Тому на таких поверхнях шар рідини має товщину, що не перевищує 1-2 мм. Рідина, що стікає, утворює на підлозі приміщення або на поверхні землі шар у кілька сантиметрів, який, розтікаючись, поширює горіння на інші предмети, що ще не горять [4, 5]. В таблиці 1 наведено елементний склад деяких синтетичних матеріалів.

Таблиця 1. Елементний склад синтетичних матеріалів [5].

Синтетичний матеріал	С	Н	О	N
Ізопреновий каучук	88,25	11,75	–	–
Капролактам	63,70	9,75	14,2	12,35
Натуральний каучук	88,25	11,75	–	–
Поліпропілен	85,4	14,6	–	–
Поліакрилати	55,90	6,9	37,2	–
Поліетилен	85,80	14,2	–	–
Фенолформальдегідна смола	78,80	5,05	16,15	–

На сучасному етапі виробу з синтетичних матеріалів є одними з найбільш розповсюджених в побуті людини, насамперед під час будівництва та експлуатації приміщень житлових будівель. При цьому маючий великий попит, синтетичні матеріали є дуже небезпечними для здоров'я та життя людини [6, 7] під час розвитку внутрішніх та зовнішніх пожеж. Окрім цього при горінні синтетичні матеріали виділяють небезпечні продукти згорання, що значно погіршують екологічний стан довкілля [8, 9].

На відміну від твердих органічних матеріалів (деревини), синтетичні матеріали можуть плавитися і випаровуватися, що обвуглюються та виділяють продукти у газовому агрегатному стані під час термічного розкладання або піролізу [1-3]. При цьому синтетичні матеріали потенційно містять у двічі більше теплової енергії, що може виділитися у процесі згорання. Також, вони набагато легше під впливом теплової енергії розкладаються на паливо у газовому агрегатному стані, яке здатне горіти. Продукти термічного розкладання синтетичного палива, також, підлягають набагато легшому займанню, ніж продукти, що походять із природного палива. Таким чином дослідження показників пожежної безпеки та процесів термічного розкладання (піролізу) синтетичних матеріалів при розвитку пожеж є актуальним та потребує вирішення.

В роботі [2] наведені результати дослідження впливу температури на зразки синтетичних матеріалів та зміни їх структури наведенні на рис. 1 [2].

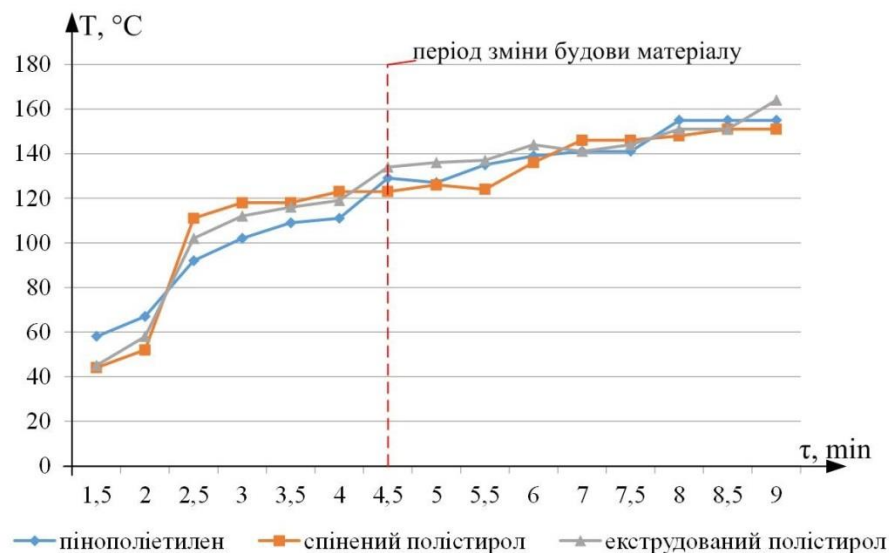


Рисунок 1. Залежність температури поверхні зразків синтетичних матеріалів від часу при тепловому опроміненні [2]

Так в роботі [2] проведені дослідження термічного розкладання синтетичних матеріалів, що використовуються у будівництві (пінополіетилен, спінений та екструдований полістирол). За результатами проведених досліджень встановлено час та температуру початку термічного розкладання синтетичних матеріалів, а також зміну маси зразків матеріалів до та після випробувань. При цьому, встановлено, що різке зростання температури на поверхні синтетичних матеріалів відбувається вже через 2,5 хв (температура поверхні пінополіетилен складає 92°C, спіненого полістиролу – 92°C, екструдованого полістиролу – 102°C). Слід зазначити, що з початком зміни будови матеріалу відбувається його термічне розкладання з виділенням токсичних та горючих газів, в приміщенні де проводилися дослідження був характерний наявний неприємний запах при цьому температура на поверхні матеріалу складала для пінополіетилену складала 129°C, спіненого полістиролу – 123°C, екструдованого полістиролу – 134°C. На 9 хв температура набула на поверхні матеріалу набула максимального та постійного значення (для пінополіетилену складала 155°C, спіненого полістиролу – 151°C, екструдованого полістиролу – 164°C).

Для запобігання термічного розкладання синтетичних матеріалів, що використовуються в якості будівельних матеріалів та в побуті людини доцільно наносити на їх поверхні вогнезахисні склади (гіпсова штукатурка, тощо) [10, 11], а при їх горінні використовувати засоби пожежогасіння тонкорозпиленою водою [12, 13] із відповідними характеристиками [14-16].

Проведені експериментальні дослідження дозволяють обґрунтовувати процес термічного розкладання синтетичних матеріалів з урахуванням часу, температури та зміни маси для подальшої розробки математичних моделей. Разом з тим, в подальших дослідженнях планується підвищити захист матеріалів вогнезахисним складом та провести дослідження у більш розширеному діапазоні температур.

ЛІТЕРАТУРА:

- [1] Dubinin D, Lisniak A, Krivoruchko Y, Pobidash A. Experimental Investigations of the Thermal Decomposition of Wood at the Time of the Fire in the Premises of Domestic Buildings. Materials Science Forum. 2022. 1066. P. 191–198. doi: 10.4028/p-8258ob.
- [2] Dubinin D., Hrytsyna I., Ragimov S., Hrytsyna N. Experimental Investigation of the Pyrolysis of Synthetic Materials Exposed to External and Internal Fires, In Key Engineering Materials. 2023. 952. P. 95–103. doi: 10.4028/p-rtt6po.
- [3] Dubinin D., Lisniak A., Shevchenko S., Gaponenko Y. Experimental Investigation of the Flammable Properties and Factors of Wooden Products Exposed to the Fire Impact. In Key

Engineering Materials. 2023. 952. P. 83–93. doi: 10.4028/p-4f8ed8.

[4] L. Chernyak, N. Merezko, T. Karavayev, Ecological safety of polymeric materials on the base of polystyrene, *Commodities and markets*, 9/1, (2010) 189–193.

[5] Demidov, P. G., Shandyba, V. A., Shcheglov, P. P. Combustion and properties of combustible substances, (1981) 272.

[6] Dubinin D., Avetisyan V., Shevchenko S., Hovalenkov S., Beliuchenko D., Maksymov A., Cherkashyn O. Investigation of the effect of carbon monoxide on people in case of fire in a building. *Sigurnost*, 2020. 62 (4). P. 347–357. doi: [10.31306/s.62.4.2](https://doi.org/10.31306/s.62.4.2).

[7] Dubinin D., Lisniak A., Ostapov K., Hrystyna I., Hovalenkov S., Beliuchenko D., Shcherbak, S. Research and justification of the time for conducting operational actions by fire and rescue units to rescue people in a fire. *Sigurnost*. 2022. 64 (1). P. 35–46. doi: [10.31306/s.64.1.5](https://doi.org/10.31306/s.64.1.5).

[8] 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. doi: 10.52363/2524-0226-2021-34-8

[9] Дубінін Д. П., Лісняк А. А., Шевченко С. М., Криворучко Є. М., Гапоненко Ю. І. Дослідження впливу будівельного матеріалу конструкції будівлі на розвиток внутрішньої пожежі. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2022. № 35. С. 175–185. doi: [10.52363/2524-0226-2022-35-13](https://doi.org/10.52363/2524-0226-2022-35-13).

[10] K. V. Korytchenko et al., Enhancing the Fire Resistance of Concrete Structures by Applying Fire-Retardant Temperature-Resistant Metal Coatings, *Materials Science Forum*, 1038, (2021) 500-505. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.1038.500.

[11] K. V. Korytchenko et al., Advanced detonation gun application for aluminum oxide coating, *Multidisciplinary journal «Functional Materials»*, 27 (1), (2020) 224-229. DOI: 10.15407/fm27.01.224.

[12] D. Dubinin et al., Improving the installation for fire extinguishing with finely-dispersed water, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2/10 (92), (2018) 38– 43. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.127865.

[13] K. Korytchenko et al., Experimental investigation of the fire-extinguishing system with a gas-detonation charge for fluid acceleration, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3/5 (93), (2018) 47– 54. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.134193.

[14] A. Kasimov et al., Numerical study of the process of compressing a turbulized two-temperature air charge in the diesel engine, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6/5 (96), (2018) 49– 53. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.150376.

[15] K. Korytchenko et al., Numerical simulation of initial pressure effect on energy input in spark discharge in nitrogen, *Problems of Atomic Science and Technology*, 122 (4) (2019) 116–119. DOI: 10.46813/2019-122-116.

[16] K. Korytchenko et al., Experimental research into the influence of twospark ignition on the deflagration to detonation transition process in a detonation tube, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4/5 (100), (2019) 26– 31. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.175333.

Dmytro Dubinin, Ph.D., associate professor, National University of Civil Defense of Ukraine

STUDY OF THE FIRE HAZARD OF SYNTHETIC MATERIALS DURING THE DEVELOPMENT OF INTERNAL FIRE

The issue of fire hazard during the thermal decomposition of synthetic materials used in construction to insulate technological equipment and building structures is considered. The results of an experimental study of thermal decomposition of synthetic materials with temperature measurement depending on the time of thermal irradiation, changes in the mass and structure of samples of synthetic materials under the influence of thermal radiation from a fire are presented.

DRONE APPLICATIONS BEYOND FOREST FIRE MONITORING - FOREST FIRE SUPPRESSION

Abstract

Aerial firefighting is effective however very expensive solution to suppress forest fires. Drone application as a most developing branch of the aviation industry can be a complement, or perhaps even a competitive solution with the traditional aerial firefighting. Based on the input data drone swarm technology can be not just an effective but also an efficient solution suppressing forest fires. In this study author used both practical and theoretical approach to investigate the possibility of drone usage delivering suppressant to fire front. Firstly, the required width of wetting strip and the required amount of water per unique area were investigated; practical experience shows that based on the flame length first responders can estimate both the effective width of the fire brake and the amount of water required per a unique area. As a second part of this paper, the transport capability of a drone was investigated during its life cycle that is specially optimized for firefighting. In the example author took a 100 kg transport capacity that is easy to transfer to other drone design; in case of about 0.5 MWm^{-1} fire intensity 100 kg water is enough to make 100 m long fire brake, in case of 3.5 MWm^{-1} fire intensity 100 kg water enough to create only 2.5 m fire brake. Even if this latest results can be seen a bit short we have to take into account the swarm technology. In 10 km distance 30 drones can built a 5 m long fire brake per a minute that means 300 m per hour. This result is no worse than what large or very large air tankers can built averagely in this fire intensity. Expecting the technological development in the near future the length of the fire brake will raise drastically meaning that drone swarm technology will be not a complement but a competitive solution to the traditional aerial firefighting.

Keywords: aerial firefighting, drone, swarm, effectiveness, water flow

Introduction

Due to climate change, forest fires are an increasingly serious problem in the developed world. Fires will become more frequent, more widespread, and more difficult moreover the suppression costs are raising very dynamically. One of the most effective, but certainly the most expensive ways to suppress fires is by using aircraft. In doing so, planes or helicopters release various extinguishing agents, especially water or retardants, at the burning front line. Drone applications, as the most dynamically developing branch of aviation [1] raises the question of whether the use of drones makes sense, has a professional or an economic advantage in firefighting tactics. Attempts have been made to use drones for fire detection [2], surveillance [3] [4], and even to ignite controlled fires [5], but the possibility of extinguishing large-scale front lines has been investigated very limited [6] [7].

There are more and more literatures dealing with drone technology [1] moreover the latest time appeared even videos and reports, mostly in the social media, presenting the possibility of drone technology in the fight with different kind of fires [8] [9] [10] [11]. Forest fire requires much more extinguishing material than closed area fires so the drone technology due to its limited transport capacity seems to be not reasonable for this purpose. However, the swarm technology might compensate the limited transport capacity of single drones. As an example, a large air tanker (LAT) carrying 12,000 litres suppressant to 100 kilometres and it can takes two circles per hour means that the flow rate is 400 litres per minute at the fire front. The distance that is 100 kilometres seems to be long in normal case, however this value is normal in case of LAT service. The flow rate can be the same if a fire engine with 12,000 litres capacity transports water for 10 kilometres distance with two circles per hour frequency. The fire does not mind about how far the water comes from or how it gets there, the main condition for extinguishing the fire is the amount of water flow. At the current level of technology, one drone is assumed not to be able to provide an efficient flow

of water, but with their mass application, that is swarm technology, this might be ensured even today. The purpose of this paper is to investigate the possibilities of drone swarm technology to suppress fires.

Methods

The author used the relevant literatures dealing with drone swarm technology and firefighting however there are only some that focusing specially on this topic [6] [7]. Therefore, this study uses some assumptions that is adapted basically from other technology and practical experiences however the data regarding forest fires calculating with comes from the practice that confirmed by literatures as fundamentals [12] [13]. The author used in this research even his practical experience in both the application of drones and the extinguishing of forest fires, and he used also simple mathematical methods and logical conclusions to present the results.

Results

Knowing or estimating the intensity of a fire is important to be able to calculate how much suppressant we need to extinguish it. Low fire intensities can be extinguished with fewer extinguishing agents, while in the case of a higher fire intensity, the maximum amount of suppressant that can be used is not enough. The minimum and maximum amount of extinguishing agent required for successful suppression is known from laboratory measurements and practical experiences.

The minimum effective amount may vary depending on the literature, usually between 0.2 and 0.5 kgm⁻²; in this study, the author calculates a value of 0.5 kgm⁻². The maximum amount of suppressant does not exceed 5 kgm⁻², even in a mature forest. Knowing the length of the flame is needed to determine the width of wetted strip in front of the front line. Based on practical experience, a wetted strip of 2 to 2.5 times the flame length effectively counteracts the thru-burn, i.e., it prevents the spread of fire. The lower width value is sufficient at lower fire intensities, the higher value is at higher fire intensities. In the study, the author calculates a 2-fold value.

Based on the above, we have to choose the amount of extinguishing agent required per unit area by the intensity of the fire or by the height of the flame. The minimum effective amount of water is 0.5 kgm⁻² and the maximum is 5 kgm⁻². In the study, the amount of water that the author assumed is delivered to the fire front with the drone was 100 kg. Figure 1 shows the amount of water that is sufficient to wet this area as a function of fire intensity.

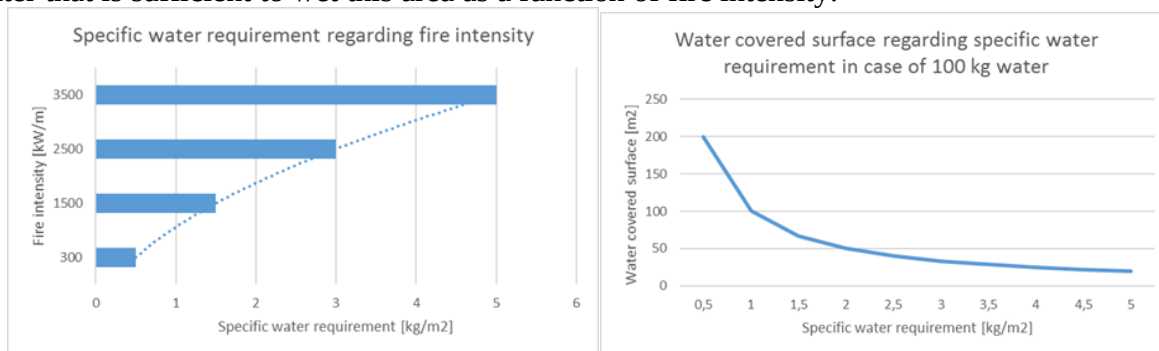


Figure 1. The amount of water that is sufficient to wet the area as a function of fire intensity (left) and the water covered surface depending on the specific water requirement (right). Source: author

The author assumed that the average life cycle of a drone optimized for firefighting is about 2,000 hours. It is possible if we count with the life cycles of brush less electric engines [14], that is a main critical part of the drone. The average speed during the service life is calculated with 80 kmh⁻¹, so the distance covered during the life cycle is about 160,000 km, in one half of which it carries a fire suppression materials to the fire front that can be water, short or long term retardants. In the other half of life cycle drone flies back to the charging station empty. The shape of the drone is aerodynamically optimized due to continuous long-range flights, so it also produces buoyancy with its surface design. This allows the specific energy consumption to be lower than e.g. at spray drones of the same power. When flying back, the weight of the drone is significantly less, so its

flight speed can be higher than average, which can result in time savings that compensate for the loss of time caused by charging at the base and releasing time at the fire front. Using the above assumptions, the life cycle time is halved, so the transport time of the suppressants, as well as the return time is 1,000 to 1,000 hours. Besides the flight hours, the time of suppressant release at the fire front and the refuelling time at the base site is considered negligible.

The load capacity of a drone developed for firefighting is assumed 100 kg. Based on this, the transport capacity of the drone is 8,000,000 kg.km ($1000 \text{ h} \times 80 \text{ km.h}^{-1} \times 100 \text{ kg}$) during its life cycle. This can be modified in the same way as the other data, following the logical principle of the calculations to obtain the efficiency characteristics for the given values.

Based on the first assumption (A), the distance between the refuelling base and the front line of the fire is taken to be 10 km on average. In this case, the drone can make 4 turns in 1 hour, so the delivered quantity is 400 kg. The distance and the delivered quantity are inversely proportional, i.e. the smaller the distance, the more the delivered quantity, and vice versa. Assuming individual cases, as the distance increases, the quantity that can be delivered decreases (200 kg per hour for 20 km) and increases as the distance decreases (800 kg per hour for 5 km). During the life cycle of the drone, that is about 2,000 hours, and taking four missions per hour cycle, 800,000 kg of suppressant can be applied at a distance of 10 km ($2,000 \text{ h} \times 4 \text{ mission per hour} \times 100 \text{ kg per mission}$). With this process at a distance of 5 km carried 1,600,000 kg water, at a distance of 1 km carried 8,000,000 kg water by only one drone. Based on the above we can multiply the transported value of the water depending on the number of the drones included in the swarm.

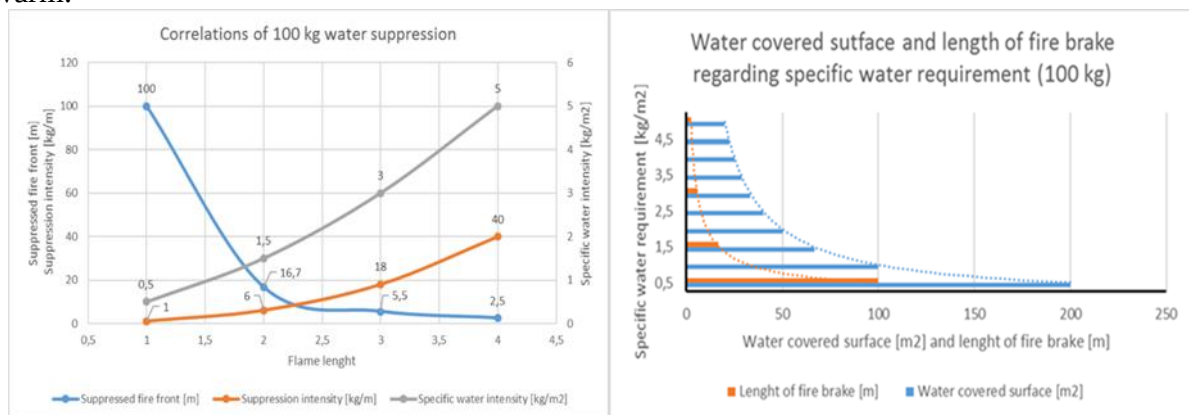


Figure 2. Different calculations of effectiveness with 100 kg water delivered by drone. Source: author

Conclusions

Aerial firefighting is effective however very expensive solution to suppress forest fires. Drone application as a most developing branch of the aviation industry can be a complement, or perhaps even a competitive solution with the traditional aerial firefighting. Based on the input data drone swarm technology can be not just an effective but also an efficient solution suppressing forest fires. In the example author took a 100 kg transport capacity that is easy to transfer to other drone design; in case of 0.5 MWm^{-1} fire intensity 100 kg water is enough to make 100 m long fire brake, in case of 3.5 MWm^{-1} fire intensity 100 kg water enough to create only 2.5 m fire brake. Even if this latest results can be seen a bit short we have to take into account the swarm technology. In 10 km distance 30 drones can built a 5 m long fire brake per a minute that means 300 m per hour. This result is no worse than what large or very large air tankers can built averagely in this fire intensity.

References

1. Tsiamis N, Efthymiou L, Tsagarakis P.K, (2019) A Comparative Analysis of the Legislation Evolution for Drone Use in OECD Countries. *Drones*, 3 (75) <https://doi:10.3390/drones3040075>
2. Yandouzi M, Grari M, Idrissi I, Moussaoui O, Azizi M, Ghoumid K, Elmiad A.K, (2022) Review on forest fires detection and prediction using deep learning and drones. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*.100 (12) 4565-4576
3. Alexis K, Nikolakopoulos G, Tzes A, Dritsas L, (2009) Coordination of Helicopter UAVs for Aerial Forest-Fire Surveillance. *Applications of Intelligent Control to Engineering Systems*, https://doi:10.1007/978-90-481-3018-4_7
4. Kumar M, Cohen K, HomChaudhuri B, (2011) Cooperative control of multiple uninhabited aerial vehicles for monitoring and fighting wildfires. *Journal of Aerospace Computing, Information, and Communication*, 8 (1) 1–16
5. Goldammer J.G, Brunn E, Held A, Johst A, Kathke S, Meyer F, PahlK, Restas A, Schulz J, (2012) Kontrolliertes Brennen zur Pflege von Zwergstrauchheiden (*Calluna vulgaris*) auf munitionsbelasteten Flächen. Erhaltung von Offenlandlebensräumen auf aktiven und ehemaligen militärischen Übungsflächen. *Naturschutz und Biologische* 127 65-95.
6. Ghamry A.K, Kamel A.M, Zhang Y, (2017) Multiple UAVs in Forest Fire Fighting Mission Using Particle Swarm Optimization. *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*, Miami, FL, USA
7. Ausonio E, Bagnerini P, Ghio M, (2021) Drone Swarms in Fire Suppression Activities: A Conceptual Framework. *Drones*, 5 (1) 17 <https://doi.org/10.3390/drones5010017>
8. Gabbert B, (2019) Spanish company developing firefighting drones. *Fire Aviation*, available online on 04.04.2022 <https://fireaviation.com/2019/01/03/spanish-company-developing-firefighting-drones/>
9. Steffen L, (2020) Autonomous Firefighting Drone For High-Rise Fires in China. *Intelligent Living*, Report, available online on 20.03.2022 <https://www.intelligentliving.co/autonomous-fire-fighting-drone/>
10. Tech Insider, (2021) Drone Could Help Firefighters By Putting Out Fires. Report, available online on 15.04.2022 <https://www.youtube.com/watch?v=Bm2BVTtir4c>
11. Aydin B, Selvi E, Tao J, Starek J.M, (2019) Use of Fire-Extinguishing Balls for a Conceptual System of Drone-Assisted Wildfire Fighting. *Drones*, 3 (1), 17; <https://doi.org/10.3390/drones3010017>
12. Byram G.M., (1959) Combustion of Forest Fuels. In *Forest Fire: Control and Use*; McGraw-Hill: New York, NY, USA, 61–89.
13. Bell A, (1986/87) Water bombing of fires: no magic solution. *Ecos 50 Summer*, available online on 04.03.2022 http://www.ecosmagazine.com/?act=view_file&file_id=EC50p18.pdf
14. Brando G, Dannier A, Del Pizzo A, (2022) Efficiency Analytical Characterization for Brushless Electric Drives. *Energies*, 15 2963. <https://doi.org/10.3390/en15082963>

Kravtsiv R. V.¹, master degree student

Afanasenko K.A.¹, PhD, associate professor

Restás Ágoston², PhD, full professor

¹National University of Civil Protection of Ukraine, Ukraine

²National University of Public Service, Hungary

THE USE OF DRONES FOR FIREFIGHTING AND FIRE MONITORING

Unmanned aerial vehicle (UAV) is an aircraft designed to fly without a human onboard, controlled either by a specific program or with the assistance of a special control station.

In today's world, the use of drones in firefighting and fire monitoring is becoming increasingly relevant. Fires can occur anywhere and at any time, posing a serious threat to human lives and property. Rapid detection of fires, effective intervention, and continuous monitoring can save not only resources but also human lives.

The present demands us to address ongoing issues with modern methods, including the problem of fires and fire monitoring, making the use of drones in this field particularly important. By scanning the environment to detect potentially hazardous areas, unmanned aerial vehicles can assess risks and dangers to personnel, track the movement of fire, and control its spread. These capabilities save time for quick response and taking appropriate measures for containment and extinguishment. A significant advantage of using UAVs for firefighting and situation monitoring is their ability to operate in complex or hazardous conditions where human access may be limited or impossible.

With advancements in technology, the use of drones with various devices increases, facilitating the work of rescue teams. Equipped with a thermal camera and real-time data processing system, drones allow us to efficiently detect fire sources and determine its intensity, enabling prompt and targeted response, which often determines the effectiveness of firefighting.

In addition to firefighting, fire and rescue departments actively participate in search and rescue operations, where innovative technologies significantly facilitate the work of personnel for more effective task execution. By scanning large areas using a drone equipped with a thermal imaging camera, rescuers can identify individuals in distress. During disaster response, such as earthquakes, these monitoring technologies help identify dangerous chemical leaks. Moreover, using UAVs with high payload capacity, firefighters can deliver valuable cargo to the site of emergency much faster and *with* fewer resources compared to ground transportation.

With the development of technology, there is a need to improve the capabilities of unmanned aerial vehicles, leading to a wide variety of UAV types. Depending on their structure and size, UAVs differ in functionality, allowing for various tasks to be performed using drones.

The most common, simple, and cost-effective types of UAVs used in various fields are multirotor drones (Figure 1). This type of drone contains more than one engine, hence its name. Their small size and excellent maneuverability make them the best choice for aerial photography. Quadcopters, equipped with four engines (rotors), are the most popular today. Tricopters (3 rotors), hexacopters (6 rotors), and octocopters (8 rotors) are also distinguished.

Due to its increased maneuverability, it can move vertically up and down along a single vertical line, forwards and backward, sideways, and rotate around its axis, allowing it to approach structures and buildings much closer. Thus, during fire monitoring, we can gather a lot of information in a short period, enabling quick response and successful localization. However, the main drawbacks of these types of drones are limited endurance and speed, which restrict their use for prolonged observation and long-range surveillance.

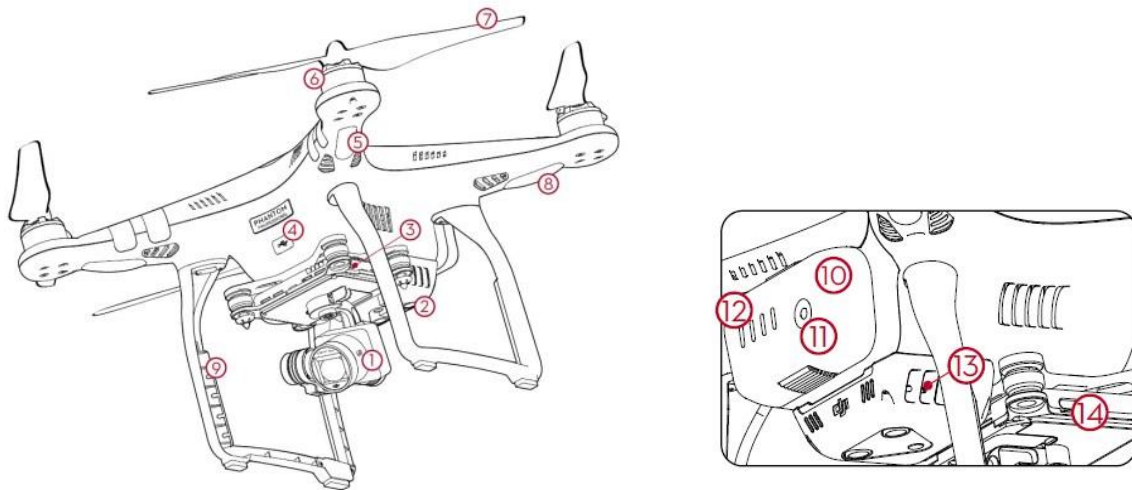


Figure 1. Structure of a quadcopter: 1 - gimbal and camera, 2 - visual positioning sensor, 3 - MicroSD port, 4 - Micro-USB port of the copter, 5 - front LED indicator, 6 - motor, 7 - propeller, 8 - copter status indicator, 9 - antennas, 10 - battery pack, 11 - power button, 12 - battery charge indicator, 13 - bind button, 14 - Micro-USB port of the camera.

One of the significant challenges for both the environment and fire and rescue departments is forest fires, which can cover areas exceeding tens of thousands of square meters. Consequently, extinguishing such fires requires a considerable amount of time. Since a fire can spread over thousands of kilometers, determining its spread becomes problematic. To address this issue and achieve rapid results in firefighting, fixed-wing drones (Figure 2) come to the aid.

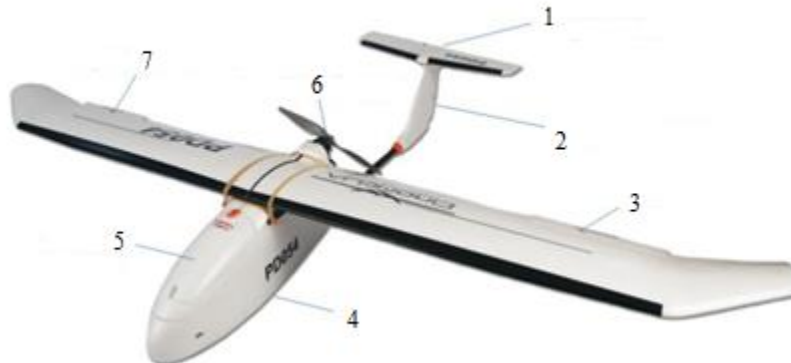


Figure 2. Structure of a fixed-wing drone: 1 - altitude control, 2 - direction control, 3 - left aileron, 4 - fuselage, 5 - camera compartment, 6 - propeller, 7 - right aileron.

By their design and operating principle, these types of drones remind us of airplanes, so they are capable of using air and generating forces that allow them to stay in the air, utilizing the advantages of their aerodynamics. Due to their capabilities, the average flight time is a couple of hours, and with higher fuel density, the flight duration increases and can reach more than sixteen hours, allowing us to observe the spread of fire over a long period. Thus, we obtain data that help assess the scale of the fire and make more informed decisions regarding the deployment of forces and resources and creating conditions for its localization. The disadvantage of fixed-wing drones is that they require a large open space for takeoff and landing, and some larger models require specialized ground equipment to assist them in taking off and landing.

Fire departments use unmanned aerial vehicles not only for monitoring but also for firefighting. Drones equipped with firefighting equipment assist in extinguishing fires in high-rise buildings. To address the issue of extinguishing large-scale fires, the Volocopter's Volodron can

be used, after modifying it to transport a large amount of water. This powerful drone has a high payload capacity.

One of the methods for extinguishing forest fires is creating backfires. Firefighters use a drone to drop fireballs to control the fire that has occurred. Incendiary materials, the size of ping-pong balls, explode upon impact with the ground and create a small fire. The purpose of this method is to eliminate all possible sources of ignition to prevent the spread of fire.

In the drone industry, there are not only unmanned aerial vehicles but also devices with the capacity to carry passengers. Ehang is one of the leading companies in manufacturing such types of drones. They have also developed a firefighting drone by modifying the Ehang 216, installing six projectiles that shoot dry ABC powder and a high-pressure nozzle that disperses foam for firefighting.

- Considering these types of unmanned aerial vehicles and their potential use during emergency response operations, we can highlight the main advantages of drones in firefighting and fire monitoring, namely:

- Rapid deployment is the main advantage of using UAVs for firefighting and reconnaissance, as every minute plays a crucial role in emergency situations;

- By covering a large area with a drone equipped with a camera, we can capture high-resolution images and real-time video, giving firefighting units an advantage in organizing reconnaissance;

- By modernizing drones with thermal imaging cameras, we gain the ability to detect temperature fluctuations, hidden hot spots, and smoldering areas that might otherwise go unnoticed. This technology helps firefighters efficiently direct their efforts and resources to prevent new ignitions;

- The efforts required for firefighting demand a continuous cycle of actions and situational assessments, so drones play a key role in monitoring progress, especially in extinguishing wildfires.

In conclusion, the use of unmanned aerial vehicles in firefighting offers numerous advantages that enhance the effectiveness, safety, and overall performance of firefighting efforts. Thanks to their aerial capabilities, real-time data collection, and specialized technologies, drones have become indispensable assets in modern firefighting operations.

References:

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.
3. Handbook of Unmanned Aerial Vehicles. Kimon P. Valavanis, George J. Vachtsevanos. Springer Dordrecht. 2014. 3022 p.
4. Tu, L., Yan, C., Wang, Y., Yang, Y. (2023). Improving Design of Aerospace Vehicle Orbital Transfer Optimization with Finite Thrust Based on Legendre Pseudospectral Method. In: Yan, L., Duan, H., Deng, Y. (eds) Advances in Guidance, Navigation and Control. ICGNC 2022. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 845. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-6613-2_8.
5. Liu, C. et al. (2011). Pint-Sized Airborne Fire Control System of UAV and its Key Technology. In: Wang, Y., Li, T. (eds) Practical Applications of Intelligent Systems. Advances in Intelligent and Soft Computing, vol 124. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-25658-5_57.
6. Moulitanitis, V.C., Thanellas, G., Xanthopoulos, N., Aspragathos, N.A. (2019). Evaluation of UAV Based Schemes for Forest Fire Monitoring. In: Aspragathos, N., Koustoumpardis, P., Moulitanitis, V. (eds) Advances in Service and Industrial Robotics. RAAD 2018. Mechanisms and Machine Science, vol 67. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00232-9_15.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТАКТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ПІДРОЗДІЛІВ СЛУЖБИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ

У сучасному світі, де загрози безпеки можуть виникнути в будь-який момент, ефективна підготовка особового складу Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) в умовах дії військового стану стає надзвичайно важливою. Військовий конфлікт породжує не лише традиційні виклики, а й низку непередбачених обставин, що вимагають від рятувальників неабиякої підготовки та готовності до дій у найрізноманітніших умовах.

У цьому контексті, адаптація тактичної підготовки особового складу ДСНС до військових умов стає ключовим завданням. Вона передбачає не лише оволодіння рятувальниками фаховими навичками та знаннями, а й розвиток їхньої здатності адекватно реагувати на стресові ситуації, швидко приймати рішення та ефективно співпрацювати з іншими службами та військовими підрозділами.

В даній роботі ми спробуємо проаналізувати основні виклики та завдання, що постають перед особовим складом ДСНС у разі виникнення військового конфлікту. Ми також розглянемо можливі шляхи удосконалення тактичної підготовки рятувальників у контексті військових дій, а також визначимо ключові компоненти, які забезпечують високий рівень готовності особового складу ДСНС до дій у найскладніших умовах.

Основна думка, полягає в тому, що тактична підготовка особового складу Державної служби з надзвичайних ситуацій (ДСНС) в умовах дії військового стану є критично важливою для забезпечення безпеки та захисту населення та території держави. Військовий конфлікт створює низку складних ситуацій, які вимагають від рятувальників не лише високого рівня професійної майстерності, а й здатності ефективно діяти в умовах стресу та обмежень.

З цього випливає необхідність постійного удосконалення системи підготовки особового складу ДСНС до можливих військових конфліктів. Це включає в себе не лише підвищення рівня фахової підготовки та знань, але й акцент на розвитку навичок управління стресом, швидкого прийняття рішень та співпраці з іншими військовими та цивільними структурами.

Для досягнення цих цілей необхідно систематично оновлювати програми підготовки, враховуючи сучасні військові загрози та технологічні інновації. Також важливо підтримувати постійний обмін досвідом з партнерськими військовими та рятувальними організаціями для адаптації кращих практик та стратегій.

Загалом, від такої підготовки залежить ефективність та успішність дій рятувальників у складних умовах військових конфліктів, що робить її невід'ємною складовою національної безпеки та стабільності.

Тож основні аспекти тактичної підготовки в наш час включають в себе:

1. Розвиток тактичних навичок: особовий склад ДСНС повинен бути навчений та тренований у тактичних прийомах дій в умовах бойових дій, включаючи маневреність, маскування.

2. Командно-штабна робота: Ефективна підготовка передбачає розвиток навичок командно-штабної роботи, здатності координувати дії рятувальних підрозділів та взаємодіяти з іншими військовими та цивільними структурами.

3. Адаптація до непередбачених ситуацій: підготовка повинна включати симуляцію різних сценаріїв надзвичайних ситуацій, в тому числі тих, що виникають в умовах військового конфлікту, для забезпечення готовності реагувати на них ефективно та швидко.

4. Освоєння збройних та спеціальних засобів: особовий склад ДСНС повинен мати достатні знання та навички у використанні збройних засобів, спеціального обладнання та техніки для здійснення рятувальних операцій та захисту населення та об'єктів від загроз військового характеру.

5. Психологічна підготовка: враховуючи стресову та високоінтенсивну природу військових конфліктів, важливо забезпечити психологічну стійкість та готовність особового складу ДСНС до дій в умовах стресу та небезпеки.

ДСНС України під час бойових дій бере участь в багатьох аспектах, таких як:

1. Запобігання надзвичайним ситуаціям: Робота ДСНС може включати проведення попередніх заходів щодо мінімізації ризиків надзвичайних ситуацій у зоні можливого виникнення військових конфліктів.
2. Готовність до реагування: Це включає підготовку та тренування особового складу для швидкого та ефективного реагування на надзвичайні ситуації, що можуть виникнути в умовах військового стану.
3. Участь у координаційних та рятувальних операціях: ДСНС може брати участь у реалізації рятувальних та координаційних заходів для забезпечення безпеки населення та об'єктів критичної інфраструктури в зоні конфлікту.
4. Надання гуманітарної допомоги: Це включає надання медичної допомоги, евакуацію населення та надання необхідних матеріальних ресурсів у зоні військового конфлікту.

Загалом, тактична підготовка в ДСНС під час війни повинна бути комплексною та орієнтованою на реалізацію надзвичайних заходів у військових умовах з метою забезпечення безпеки та захисту населення на території держави.

Висновок: З усього вище наведеного, можна сказати, що розробка та реалізація ефективної тактичної підготовки особового складу ДСНС в умовах військового стану є необхідністю, що впливає з вимог сучасного світу та забезпечує захист інтересів та безпеки держави в умовах надзвичайних ситуацій та конфліктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України (ЗУ від 02.10.2012 № 5403-VI).
2. Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту. Затверджений наказом МВС України від 26.04.2018 № 340.
3. Методичні рекомендації з організації тактичної підготовки в територіальних органах ДСНС, затверджені наказом ДСНС № 727 від 12.12.2022 року.
9. Дії підрозділів ДСНС України в умовах воєнного стану – навчальний посібник. – Львів: ЛДУБЖД, 2023. – 308 с.

*Y. V. Lavrik, I. K. Chornomaz, Ph.D., associate professor
Cherkasy Institute of Fire Safety named after Heroes of Chernobyl of the National
University of Civil Defense of Ukraine*

THEORETICAL BASICS OF THE ORGANIZATION OF TACTICAL TRAINING OF CIVIL DEFENSE SERVICE UNITS IN THE CONDITIONS OF MILITARY ACTIONS

In the conditions of military operations, units of the State Service of Ukraine for emergency situations are entrusted with significantly more tasks during the execution of actions as assigned. In general, tactical training in the State Emergency Service during war should be comprehensive and focused on the implementation of emergency measures in military conditions in order to ensure the safety and protection of the population on the territory of the state.

*В.В.Придатко, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
О.М. Ковальчук, Вище професійне училище Львівського державного університету безпеки
життєдіяльності*

АНАЛІЗ ФАКТИЧНОГО ЧАСУ СЛІДУВАННЯ РЯТУВАЛЬНОГО ПІДРОЗДІЛУ

В сучасних умовах воєнного стану, змін та подальшої децентралізації влади перед органами місцевого самоврядування, як новоствореними адміністративними одиницями, постає проблема забезпечення безпеки людей і територій від надзвичайних ситуацій та пожеж. Наразі, організація заходів безпеки в рамках адміністративних одиниць новостворених громад є великою проблемою через відсутність державної підтримки та на сьогоднішній день усвідомлення комерційними організаціями необхідності створення та підтримки рятувальних підрозділів недержавних форм.

В ході здійснення аналізу діючих законодавчої та нормативної баз перед територіальними громадами та розробниками містобудівної документації виникає ряд питань, щодо формування безпекових середовищ на ввірених територіях. Відштовхуючись від огляду виконаних наукових праць, щодо дослідження параметрів та чинників, які впливають на оперативне реагування рятувальних підрозділів на надзвичайні ситуації, події та пожежі, постає декілька питань, які потребують всебічного розгляду, а саме: оптимізації вибору місця розташування депо з урахуванням не лише інформації геоінформаційних систем, а й просторових особливостей певних територій; вибір шляху слідування автомобіля до місця події використовуючи спеціальні пристрої та методи маршрутизації в цілому.

На підставі вище окресленого та поставлених завдань організовано та проведено ряд досліджень фактичного часу доїзду рятувального підрозділу до імовірного місця події та чинників, що впливають на час доїзду і, відповідно, час вільного розвитку пожежі.

В ході дослідження опрацьовано теоретичні дані, інформацію геоінформаційних систем, на базі Google Maps та Waze, проведено повнофакторне дослідження руху рятувального підрозділу від місця розташування до місця події на базі декількох об'єднаних територіальних громад та здійснено порівняльний аналіз даних.

Як, приклад, приводимо результати одного із експериментів, виконаного відповідно до плану дослідження.

Об'єкт досліджень. Фактичний час доїзду, його відповідність теоретичній інформації отриманої від геоінформаційних систем на базі Google Maps та Waze та відповідність отриманих даних умовам наведеним у четвертому абзаці п. 15.1.3 ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій», а саме: максимально допустимому часу прибуття підрозділів до місця виклику в сільській місцевості.

Місце знаходження об'єкту досліджень. Вінницька область, Тульчинський район, Тульчинська міська територіальна громада. Транспортна мережа в межах об'єктів: 14 державна пожежно-рятувальна частина (м. Тульчин) Тульчинського районного управління ГУ ДСНС України у Вінницькій області - с. Дранка, вул. Молодіжна, буд. 102, приватне сільськогосподарське підприємство «ЗОРЯ».

Характеристики транспортної мережі на ділянці руху.

1 ділянка: вул. Леонтовича м. Тульчин – 1,3 км, категорія дороги – III, максимально допустима швидкість – 50 км, кількість смуг руху в кожному напрямку – 2, наявність примикання 10 інших транспортних мереж, наявність паркування транспорту обабіч вздовж всієї ділянки руху, кількість регульованих перехресть – 1, кількість нерегульованих перехресть – 2, кількість пішохідних переходів – 7.

2 ділянка: вул. Гагаріна-вул. Пестеля м. Тульчин – 1,7 км, категорія дороги – V, максимально допустима швидкість – 50 км, кількість смуг руху в кожному напрямку – 1, наявність примикання 16 інших транспортних мереж, наявність поодинокого паркування

транспорту обабіч вздовж всієї ділянки руху, кількість регульованих перехресть – 1, кількість нерегульованих перехресть – 3, кількість пішохідних переходів – 12.

3 ділянка: дорога між населеними пунктами м. Тульчин – с. Суворовське - 2,4 км, категорія дороги – V, максимально допустима швидкість – 90 км, кількість смуг руху в кожному напрямку – 1.

4 ділянка: вулична мережа с. Суворовське - 3,3 км, категорія дороги – V, максимально допустима швидкість – 50 км, кількість смуг руху в кожному напрямку – 1.

5 ділянка: дорога між населеними пунктами с. Суворовське – с. Дранка – 2,5 км, категорія дороги – V, максимально допустима швидкість – 90 км, кількість смуг руху в кожному напрямку – 1.

6 ділянка: вулична мережа с. Дранка – 1,2 км, категорія дороги – V, максимально допустима швидкість – 50 км, кількість смуг руху в кожному напрямку – 1.

Маршрут слідування рятувального автомобіля під час проведення дослідів наведено на рисунку 1.



Рис. 1. Маршрут слідування під час проведення дослідів

Погодні умови. Зимової пора року, температура повітря – -17°C , ожеледиця на всіх ділянках руху, товщина снігового покриву на окремих ділянках до 15 см, середня 7 см.

Залучена техніка. Автоцистерна SCANIA P93 із наступними технічними характеристиками: вантажопідйомність - 6680 кг, повна маса - 16350 кг, габаритні розміри $8.05 \text{ м} \times 2.5 \text{ м} \times 3 \text{ м}$, потужність - 283 л.с. (208 кВт), коробка перемикачів - автомат, максимально допустима швидкість – 120 км/год., максимальна кількість особового складу – 7 осіб, під час дослідів знаходилося 3 особи.

Терміни проведення дослідів. Початок проведення 1 експерименту – 10.12, завершення проведення 3 експерименту – 14.32.

Дані отримані від геоінформаційних систем до проведення дослідів наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. Залежність часу слідування від часового проміжку виїзду

Геоінформаційна система	Часовий проміжок виїзду підрозділу, год / час слідування, хв											
	00.00	02.00	04.00	06.00	08.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00
Google Maps	16	18	18	18	18	18	18	19	19	18	18	18
Waze	15	16	16	16	20	20	20	19	20	20	16	15

Результати досліджу. В ході проведення досліджу, його учасниками почерговим здійсненням замірів часових проміжків та фіксації показань одометру і спідометру рятувального автомобіля та наведено у таблиці 2.

Таблиця 2. Результати проведених дослідів

Вимірюваний параметр	Ділянка					
	1	2	3	4	5	6
Дослід 1 (час проведення 10.12-10.35)						
Середня швидкість руху рятувального автомобіля, км/год:	17	21	49	29	46	36
Фактичний час руху на ділянці, с (хв)	309	371	102	407	98	48
Дослід 2 (час проведення 11.57- 12.21)						
Середня швидкість руху рятувального автомобіля, км/год:	16	19	51	30	44	42
Фактичний час руху на ділянці, с (хв)	321	388	98	396	101	39
Дослід 3 (час проведення 14.08 - 14.32)						
Середня швидкість руху рятувального автомобіля, км/год:	16	22	45	33	44	41
Фактичний час руху на ділянці, с (хв)	337	383	120	402	107	35

Висновок. За результатами проведених дослідів, рухаючись навіть рятувальною технікою із спеціальними пробісковими маячками, встановлено факт перевищення нормативно допустимого часу руху підрозділу до місця події, та невідповідність даним наданим геоінформаційними системами. Відповідно до п. 15.1.3 ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій», час прибуття в межах міських населених пунктів не повинен перевищувати 10 хв, в сільській місцевості 20 хв, однак найменший фактичний час прибуття, за результатами досліджу, становить: в межах міста – 11,3 хв, в межах сільської місцевості – 22,25 хв, що наптовхує на необхідність більш ретельного дослідження чинників, які впливають на час доїзду автомобіля і визначення оптимальних параметрів слідування або прийняття рішень із дислокації окремих рятувальних формувань.

ЛІТЕРАТУРА

1. Придатко О., Смотр О., Мартин Є., Придатко В. Оптимізація методів теорії масового обслуговування для вирішення прикладних завдань розвитку регіональних систем безпеки життєдіяльності. *Системи обробки інформації*. 2019. Вип. 2 С. 146-152.
2. Придатко В.В., Чалий Д.О., Придатко О.В., Кобко В.А. Аналітичний огляд методів та параметрів оптимізації зон обслуговування рятувальних підрозділів. ЛДУБЖД. Пожежна безпека. 2023. Вип. 43. С. 123-136.
3. Планування та забудова територій : ДБН Б.2.2-12:2019. [Чинний з 01.10.2019]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2019. 178 с.

V. V. Prydatko, Lviv State University of Life Safety
O.M. Kovalchuk, Higher Vocational School of Lviv State University of Life Safety

ANALYSIS OF ACTUAL RESCUE UNIT MONITORING TIME

Study of parameters and factors affecting the optimization of depot location selection; choosing the path of following the car to the scene using special devices and routing methods in general. A study of the actual arrival time of the rescue unit to the probable scene was organized and conducted. In the course of the study, theoretical data, information from geo-information systems, based on Google Maps and Waze, were processed, a full-factor study of the movement of the rescue unit from the location to the scene of the event was conducted on the basis of several united territorial communities, and a comparative data analysis was carried out.

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ СЕРЕДОВИЩА НА РОЗТАШУВАННЯ РЯТУВАЛЬНОГО ПІДРОЗДІЛУ

Аналізуючи галузь причинно-наслідкових зв'язків виникнення пожеж, а також результати досліджень, можна чітко визначити, що процес успішної ліквідації пожеж та пом'якшення їх наслідків залежить від багатьох факторів.

Ці фактори можуть бути різного характеру: людські, випадкові, організаційні, технічні та ін. Людські фактори - це час, необхідний для виявлення пожежі та швидкість повідомлення про пожежу. Фактори, що стосуються термінів зосередження особового складу, прибуття на місце події та забезпечення пожежних підрозділів засобами пожежогашіння, є переважно організаційно-технічними.

Якщо ми подивимося на параметри далі, то час слідування рятувальних підрозділів може залежати від погодніх ситуацій, завантаженості дорожньої мережі тощо, що носить чисто випадковий характер. Крім того, час моніторингу значною мірою залежить від місця розташування аварійного підрозділу або стану дорожньої мережі.

Зрозуміло, що сукупність усіх параметрів має найбільше значення, однак проведені раніше дослідження даного питання виділяють найважливіші чинники, що впливають на зменшення наслідків пожежі шляхом скорочення часу їх вільного розвитку, а отже, організаційно-технічного характеру.

Враховуючи вищевикладене, бачимо, що необхідно розробити ефективні технічні та організаційні заходи щодо ефективності зони обслуговування рятувальних підрозділів з метою скорочення часу їхнього переміщення і тим самим скорочення вільного часу розвитку пожежі. Розробка ефективних організаційно-технічних заходів щодо оптимізації зони обслуговування аварійно-рятувальних підрозділів, з метою скорочення часу вільного розвитку горіння шляхом зменшення часу прибуття підрозділів є розробкою оптимізаційної задачі визначення екстремуму (мінімізації) вільного часу розвитку пожежі за рахунок скорочення часу проходження на основі аналізу.

Окремі роботи зосереджуються на часі прибуття рятувальних підрозділів від місця дислокації до місця події, наголошуючи на впливі глобальних факторів у процесі моніторингу, не розглядаючи сукупність параметрів, що впливають на процес слідування.

У свою чергу на швидкість роботи аварійно-рятувальної техніки впливає ряд організаційних і технічних заходів, які ми розглянемо нижче (рис. 1).

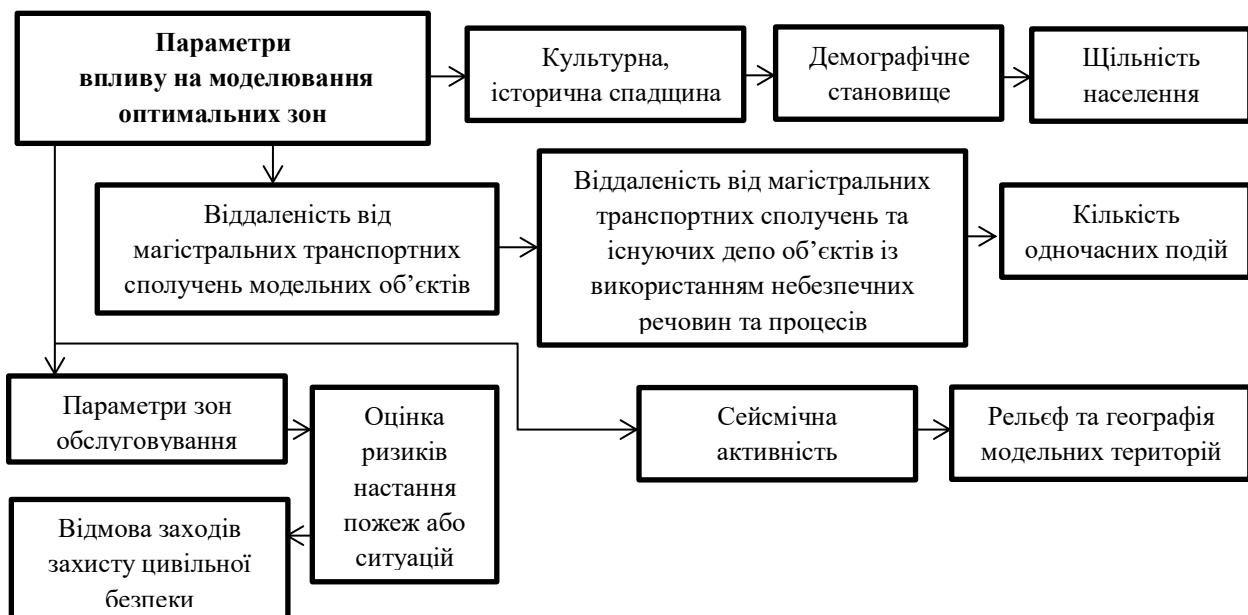


Рис. 1. Параметри моделювання зон обслуговування

Залежно від визначених чинників, одним із вирішальних параметрів, що потребує додаткового обстеження і розгляду скорочення вільного часу розвитку пожежі – є час відстеження прибуття транспортних засобів до місця виклику та доставки оперативного складу і необхідного обладнання, що виконується засобами маршрутизації та моніторингу в реальному часі.

Враховуючи основну задачу дослідження, відстеження прибуття транспортних засобів до місця виклику в реальному часі, та визначені параметри оптимізації, сформульовано задачу скалярної оптимізації, яка полягає в мінімізації вільного часу розвитку пожежі шляхом врахування їх розробниками містобудівної та проектної документації під час визначення місця розташування проектуемого підрозділу.

В подальшому зазначені напрямки досліджень враховано при проведенні фактичних дослідів.

За допомогою аналітичного огляду досліджень зазначеного напрямку встановлено:

- основні досягнення щодо застосування методів визначення зони обслуговування рятувальних підрозділів за допомогою геопросторових інформаційних систем;
- недоліки розробки містобудівної і проектної документації, під час розробки якої не враховуються чинники та параметри, що ймовірно впливатимуть на ефективність діяльності підрозділів;

що дає змогу визначити основні критерії та параметри оптимізації часу розвитку вільного вогню, а також розробити ряд завдань для проведення досліджень.

На основі дослідження та аналізу параметрів оптимізації вільного часу розвитку пожежі описано цільову функцію та її межі, що є основою для математичної моделі для визначення екстремальної точки критерію оптимізації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Придатко О., Смотр О., Мартин Є., Придатко В. Оптимізація методів теорії масового обслуговування для вирішення прикладних завдань розвитку регіональних систем безпеки життєдіяльності. *Системи обробки інформації*. 2019. Вип. 2 С. 146-152.
2. Придатко В.В., Чалий Д.О., Придатко О.В., Кобко В.А. Аналітичний огляд методів та параметрів оптимізації зон обслуговування рятувальних підрозділів. *ЛДУБЖД. Пожежна безпека*. 2023. Вип. 43. С. 123-136.
3. Планування та забудова територій: ДБН Б.2.2-12:2019. [Чинний з 01.10.2019]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2019. 178 с.

V. V. Prydatko, Lviv State University of Life Safety

INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL PARAMETERS ON THE LOCATION OF THE RESCUE UNIT

Analyzing the field of cause-effect relationships of the occurrence of fires, as well as the results of research, it can be clearly determined that the process of successful elimination of fires and mitigation of their consequences depends on many factors. These factors can be of different nature: human, accidental, organizational, technical, etc. Human factors are the time it takes to detect a fire and the speed of reporting a fire. Factors related to the timing of the concentration of personnel, arrival at the scene and provision of firefighting units with fire extinguishing means are mainly organizational and technical.

With the help of an analytical review of research in the specified direction, it was established: the main achievements regarding the application of methods for determining the service area of rescue units using geospatial information systems; shortcomings in the development of urban planning and project documentation, during the development of which factors and parameters that are likely to affect the efficiency of the units' activities are not taken into account; which makes it possible to determine the main criteria and parameters for the optimization of the development time of free fire, as well as to develop a number of tasks for conducting research.

ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ПЕРЕНОСНИХ ЗАСОБІВ ДИМО- ТА ТЕПЛОВИДАЛЕННЯ

Результати аналізу статистичних даних про пожежі за останні п'ять років свідчить, що кожного року близько 40 % пожеж виникають у будівлях та спорудах супроводжувались сильним задимленням і високою температурою. Ефективним тактичним прийомом зменшення задимленості на пожежі та відповідно зниження впливу небезпечних чинників пожежі на особовий склад пожежно-рятувальних підрозділів є керування газодимовими потоками пожежі за допомогою переносних засобів димо- та тепловидалення [1].

Як свідчить практичний досвід провідних країн світу, для забезпечення сприятливих умов проведення пожежно-рятувальних робіт під час ліквідації пожеж у будинках та спорудах доцільно використовувати переносні засоби димо- та тепловидалення [2] з продуктивністю не менше 11 000 м³/год.

Головними особливостями сучасних переносних засобів димо- та тепловидалення, наприклад, виробництва США та Європейського Союзу [3] є висока інтенсивність нагнітання повітряного потоку під позитивним тиском до приміщення, що горить, можливість подавання повітряно-механічної піни високої кратності за допомогою адаптеру-піногенератору та напірного рукава, компактність, надійність експлуатації та принципово нове конструктивне рішення. Як приклад на рисунку 1 наведено зовнішній вигляд сучасного переносного засобу димо- та тепловидалення серії «Turphoon» фірми «Hale» (Австрія).



Рисунок 1 – Зовнішній вигляд переносного засобу димо- та тепловидалення серії «Turphoon» фірми «Hale» (Австрія)

На сьогоднішній день в Україні експлуатується 471 переносний засіб димо- та тепловидалення із яких 350 одиниць це застарілі моделі серії ДП з різними приводами. Статистичні дані в Україні свідчать про відносно низький рівень застосування переносних засобів димо- та тепловидалення під час ліквідації пожеж. Проведений аналіз тактико-технічних характеристик та конструктивних параметрів переносних засобів димо- та тепловидалення [4], які на сьогоднішній день експлуатуються пожежно-рятувальними службами ДСНС України свідчить про те, що вони мають великі масогабарити та відносно невелику продуктивність у результаті чого не здатні завчасно забезпечити ефективне зниження температури та осадження продуктів горіння в приміщенні де виникла пожежа, що ускладнює проведення оперативно-рятувальних дій ланок газидимозахисної служби чим наражає на небезпеку особового складу та призводить до збільшення часу гасіння пожеж і відповідну загибель людей та значних матеріальних збитків.

Для визначення ефективності роботи переносних засобів димо- та тепловидалення в Інституті державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту проведено

низку експериментальних досліджень [5] направлених на дослідження щодо зменшення задимленості та зниження температури у приміщенні із застосуванням різних видів таких засобів.

На рисунку 2 наведено результати динаміки зміни задимленості в приміщенні за результатами досліджень трьох засобів, два з яких з різною продуктивністю нагнітання повітря, а третій з одночасним нагнітанням повітря та води. На рисунку 3 наведено результати динаміки зменшення температури в приміщенні за результатами досліджень вищезазначених засобів.

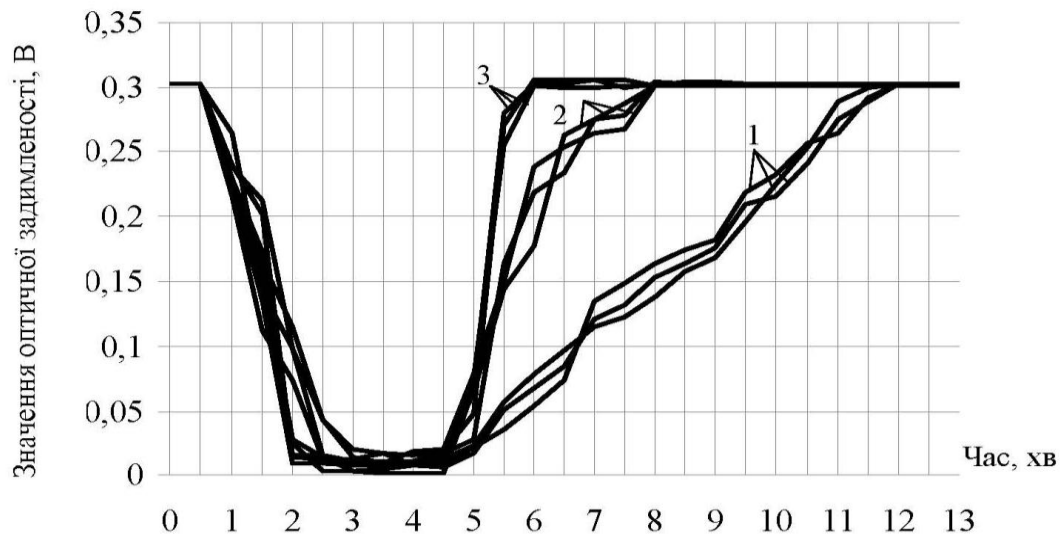


Рисунок 2 - Динаміка задимленості у випробувальному боксі за часом 1 – засіб з продуктивністю 7000 м³/год; 2 – засіб з продуктивністю 11500 м³/год; 3 – засіб з продуктивністю 115 00 м³/год та одночасним подаванням води

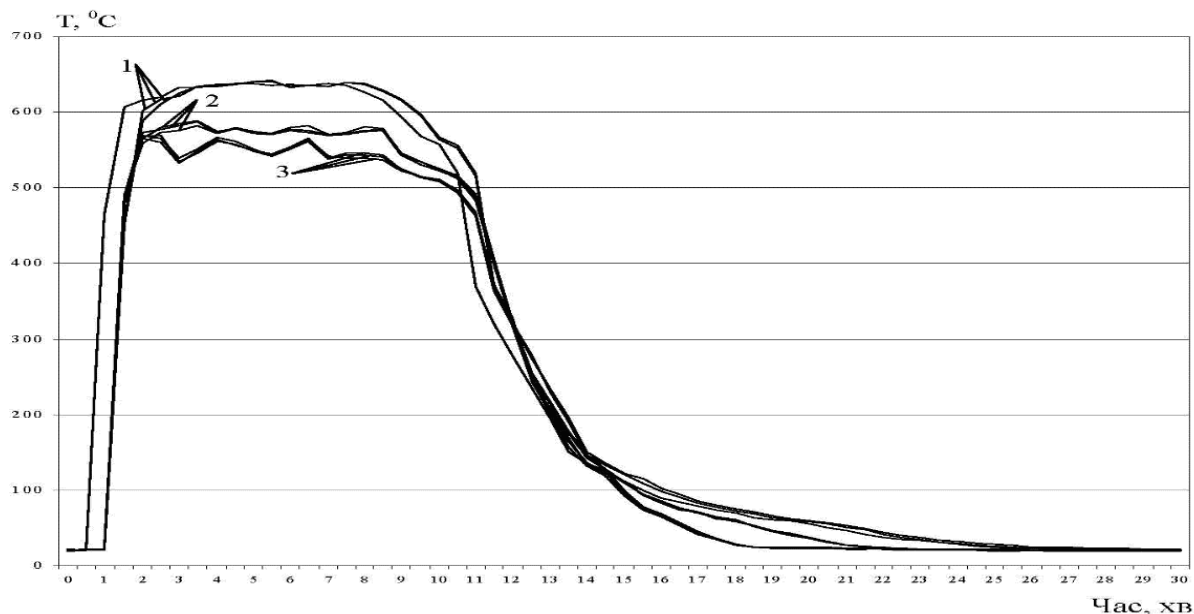


Рисунок 3 - Динаміка температури у випробувальному боксі за часом 1 – засіб з продуктивністю 7000 м³/год; 2 – засіб з продуктивністю 11 500 м³/год; 3 – засіб з продуктивністю 115 00 м³/год та одночасним подаванням води

За результатами досліджень встановлено, що за однакових умов проведення експериментальних досліджень щодо зниження концентрації диму/та величини

температури за певний проміжок часу, у приміщенні з використанням переносного засобу димо- та тепловидалення з продуктивністю 11 500 м³/год та одночасним подаванням води в 2,2-2,85 рази ефективніше за аналогічний засіб з подаванням тільки повітря.

Таким чином підтверджено ефективність гасіння пожеж за допомогою переносних засобів димо- та тепловидалення з функцією одночасного подавання повітря та води. Тому у подальшому набуває актуальності та пропонується запроваджувати до практичних підрозділів ДСНС України такі засоби і відповідні способи їх використання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Paul Grimwood Tactical ventilation. Venting actions by on-scene firefighters, used to gain tactical advantage during interior structural firefighting operations. Режим доступу: <http://www.cfbt-be.com/images/teksten/TacticalVentilation.pdf>.

2. Compartment Fires and Tactical Ventilation (Fire Service Manual) by Great Britain (1997). Режим доступу: <https://www.ukfrs.com/sites/default/files/2017-09/Fire%20Service%20.pdf>.

3. Димовсмоктувачі [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.leader-group.eu/products/fire-fighting-equipment/ventilators-blower-fans-207.html>.

4. Присяжнюк В.В., Ніжник В.В., Бенедюк В.С. Параметри засобів димо- та тепловидалення, що характеризують ефективність функціонування *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. ІДУ НД ЦЗ*. К.: № 1 (15), 2023. С. 75-82.

5. Prisyazhniuk V., Nizhnyk V., Borysov A. [etc.] Study of the dependence of productivity of smoke and heat extraction equipment on their technical characteristic. *AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research*. 2023. Vol. 13, Issue 2, Special Issue XXXV. Pp. 222-226.

V.V. Prisyazhnuk, Institute of Public Administration and Research in Civil Protection

FIRE EXTINGUISHING USING PORTABLE SMOKE AND HEAT EXTRACTION EQUIPMENT

The work indicates the relevance of the statistics of fires in houses and buildings in Ukraine over the past 5 years. The effectiveness of the use of portable means with the simultaneous function of supplying air and fire-extinguishing substances by the leading countries of the world has been noted. The results of experimental studies on the reduction of smoke concentration and temperature over a certain period of time of portable smoke and heat removal devices with different performance and simultaneous water supply are given. Based on the results of research, it was determined that means that simultaneously inject air and water into the burning zone are much more effective when extinguishing fires. It is proposed to further introduce the following tools and appropriate methods of their use to the practical divisions of the State Emergency Service of Ukraine.

*Т.М. Скоробагатько, к.т.н., Пруський А.В., д.т.н., проф., Якіменко М.Л., Серета Д.В.
Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту
Стрілець В.М., д.т.н., проф.*

*Національний університет цивільного захисту України
І.В. Маловик*

Департамент запобігання надзвичайним ситуаціям ДСНС України

ДО ПИТАННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДІЯЛЬНОСТІ ГАЗОДИМОЗАХИСНИКІВ В УМОВАХ МОЖЛИВОГО БОЙОВОГО УРАЖЕННЯ

Оперативно-рятувальні підрозділи ДСНС кожен день здійснюють близько 200 виїздів на ліквідацію наслідків обстрілів ворогом населених пунктів та об'єктів інфраструктури [1].

Такий стан справ, а також непоодинокі факти загибелі рятувальників під час виконання ними безпосередніх завдань за призначенням, свідчить про те, що дослідження показників, які характеризують діяльність газодимозахисників при проведенні аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження є актуальною науково-практичною задачею.

Питаннями підвищення ефективності проведення аварійно-рятувальних робіт присвячена достатня кількість наукових робіт, зокрема таких, що пов'язані із їх підвищеною складністю виконання, разом з цим важливою та нерозв'язаною частиною проблеми проведення аварійно-рятувальних робіт особовим складом в умовах можливого бойового ураження є відсутність кількісних показників, що характеризують відповідні закономірності діяльності газодимозахисників.

Відповідно метою досліджень, проведених в рамках роботи [2], є аналіз того, як одночасне використання газодимозахисниками засобів індивідуального захисту органів дихання (апаратів на стисненому повітрі) та засобів індивідуального захисту від уражень вогнепальної та холодної зброї, чи осколкових часток вибухових пристроїв (бронежилетів), що вдягаються на торс поверх захисного одягу пожежного, впливає на показники, які характеризують результати їх діяльності.

Об'єкт дослідження – проведення аварійно-рятувальних робіт особовим складом в умовах можливого бойового ураження. Предмет дослідження – закономірності діяльності газодимозахисників при одночасному використанні засобів індивідуального захисту органів дихання та бронежилетів.

Робоча гіпотеза полягала в тому, що отримання кількісних показників, які характеризують розглянутий варіант діяльності газодимозахисників (одночасне використання засобів індивідуального захисту органів дихання та бронежилетів) у вигляді функцій розподілу, дозволяє здійснити у відповідності до критерію Стюдента їх порівняльний кількісний аналіз шляхом співставлення з відповідними результатами у разі стандартного оснащення газодимозахисників (використання тільки засобів індивідуального захисту органів дихання).

Метод дослідження – експериментальні дослідження результатів діяльності газодимозахисників, як тільки в засобах індивідуального захисту органів дихання, так і в комбінації з бронежилетами, в мобільному тренажері контейнерного типу виробництва компанії MAW GmbH (далі - мобільний тренажер), з подальшим порівнянням статистичних характеристик, які отримуються на ЕОМ в середовищі Excel.

До складу мобільного тренажера входять: мобільного тренувального комплексу з пультом управління, що розміщується в 20-ти футовому (6 м) металевому контейнері, який поділено на три зони: компресорна, пульт керування, приміщення з тренажерами, та мобільної теплодимокамери-лабіринта, яка являє собою 40-ка футовий (12 м) металевий контейнер, в якому розміщено двоярусний лабіринт, оснащений різноманітними перешкодами, димогенеруючої машиною та електричними тенами.

У відповідності до [3] під час практичних занять із газодимозахисниками, а саме вони і виступали у якості досліджуваних, кожен з них виконував у випадковій послідовності наступні визначені вправи з урахуванням мінімально необхідного навантаження: підйом по нескінченним сходам (15 кДж); тяговий тренажер (5 кДж); бігова доріжка (10 кДж); велотренажер (30 кДж); подолання теплодимокамери-лабіринту в задимленому середовищі в умовах підвищеної температури ($50 \pm 2^\circ\text{C}$) та обмеженого простору (20 кДж).

Під час експериментальних досліджень одні й ті ж самі респонденти виконували один раз означений набір вправ у загальноприйнятому спорядженні (каска пожежна, захисний одяг пожежника, пояс пожежний рятувальний, взуття пожежника захисне, рукавички пожежника, апарат на стисненому повітрі (далі - АСП)) та другий раз з перервою у одну добу у тому ж самому спорядженні й додатково (рис.1) у бронежилеті 3 класу захисту відповідно до [4]. Загальна маса спорядження, в якому газодимозахисник виконував вправи, в першому випадку складала близько 25 кг, а у другому – близько 35 кг (+ 40% по відношенню до першого варіанта). До виконання контрольного завдання допускались газодимозахисники, у яких частота серцевих скорочень (ЧСС) перед початком виконання вправи не перевищувала 80 уд./хв.



Рисунок 1 – Газодимозахисник у загальноприйнятому оснащенні та бронежилеті

Обладнання мобільного тренажера дозволяє в автоматичному режимі фіксувати діапазон серцебиття Δf від мінімального $f_{\min}$ до максимального $f_{\max}$ значення частоти серцевих скорочень [уд./хв], середнє значення показника серцебиття $\bar{f}$ [уд./хв], об'єм Q використаного повітря [л] та тривалість t [с; хв.] безперервного виконання визначених вправ та проходження лабіринту в умовах підвищеної ($50 \pm 2^\circ\text{C}$) температури. Наявність об'єму Q та тривалості t дозволяло одночасно оцінити і показник легеневої вентиляції.

Статистичний аналіз експериментальних результатів, отриманих під час виконання у випадковій послідовності визначених контрольних вправ, дозволив отримати новий науковий результат. Вперше визначено, що закономірності діяльності газодимозахисників в умовах можливого бойового ураження, коли вони додатково до основного захисного спорядження, одягнуті у бронежилети відповідного класу захисту, характеризуються тим, що їх розподіл описується нормальним законом. Це дозволило за допомогою критерію Стьюдента для залежних вибірок з рівнем значимості $\alpha=0,05$ отримати як показники діяльності особового складу, відмінності між яким у разі здійснення оперативної діяльності в бронежилетах є значимими, так і показники, відмінності між якими можна вважати незначимими.

Відмічено, що в ході проведення експериментальних досліджень час виконання поставленого завдання після застосування бронежилету 3 класу захисту практично не змінився. Проте, в розглянутих в експерименті умовах навіть тільки за рахунок збільшення ваги оснащення та ускладнення роботи суттєво погіршилися всі психофізіологічні показники, які характеризують стан рятувальника.

У якості практичних рекомендацій, які отримано за результатами порівняльної

статистичної оцінки експериментальних результатів діяльності газодимозахисників можна виділити як те, що час виконання короткочасних завдань в бронежилетах суттєво не підвищиться, так і те, що для інших завдань треба враховувати, що показник легеневої вентиляції може збільшитися від 90 до 115 л/хв., а це вимагатиме додатковий контроль зміни ланок. Крім цього, у разі використання АСП з об'ємом балона $V_6=6$ л можна використовувати спрощену оцінку того, як змінюється тиск P в АСП під час роботи в непридатному для дихання середовищі, $\frac{\Delta P}{\Delta t} \approx 1,5 \text{ МПа} / \text{хв.} \approx 15 \text{ бар} / \text{хв.}$

ЛІТЕРАТУРА

1. Надзвичайні події : оперативна інформація ДСНС щодо наслідків ведення бойових дій російською федерацією. URL : <https://dsns.gov.ua/uk/news/nadzvicaini-podiyi/operativna-informaciia-dsns-shhodo-naslidkiv-vedennia-boiovix-dii-rosiiskoju-federacijeu-355> (дата звернення 29.11.2023).

2. Скоробагатько Т., Єременко С., Пруський А., Савельєв І. Стрілець В., & Сидоренко В. Порівняльний аналіз діяльності газодимозахисників різних вікових груп. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. 2023. № 1(15). С 41–55. [https://doi.org/10.33269/nvcz.2023.1\(15\).41-55](https://doi.org/10.33269/nvcz.2023.1(15).41-55).

3. Інструкція з експлуатації мобільного тренажеру контейнерного типу / MAW GmbH, 2021. 35 с.

4. ДСТУ 8782:2018 Засоби індивідуального захисту. Бронежилети. Класифікація. Загальні технічні умови (зі зміною №1). [Чинний від 2019-07-01]. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2018. 20 с.

T.M. Skorobahatko, Ph.D. in Technology, A.V. Pruskyi, DSc, Professor,

M.L. Yakimenko, D.V. Sereda

Institute of Public Administration and Civil Protection Research

V.M. Strelets, DSc, Professor

National University of Civil Defence of Ukraine

I.V. Malovyk

Emergency Situations Prevention Department of the State Emergency Service of Ukraine

REGARDING THE SPECIAL QUESTION OF THE ACTIVITY OF GAS SMOKE PROTECTORS IN THE CONDITIONS OF POSSIBLE COMBAT INJURY

It is noted that the rare facts of the death of rescuers during the performance of assigned tasks, in particular in the conditions of possible combat damage, indicate that the study of the indicators that characterize the activity of gas and smoke protectors during emergency rescue operations in such conditions is an urgent scientific and practical task. The conducted analysis showed that an important and unsolved part of the problem of conducting emergency rescue operations by personnel in conditions of possible combat damage during the war is the absence of quantitative indicators characterizing the relevant patterns of gas and smoke protection activities. Statistical analysis of the obtained experimental results, which were obtained during the execution of certain control exercises in a random sequence (climbing an endless staircase, a traction simulator, a treadmill, an exercise bike, overcoming a thermal smoke chamber-labyrinth in a smoky environment under conditions of elevated temperature (up to 50°C) and limited space) in a mobile simulator produced by MAW GmbH, which to date most fully reproduces the working conditions of fire-rescuers in a non-breathable environment, allowed a new scientific result to be obtained. For the first time, it was determined that the regularities of gas smoke protection devices in conditions of possible combat damage, when they are additionally equipped with body armor, are characterized by the fact that their distribution is described by a normal law. This made it possible to use the Student's test for dependent samples with a significance level of $\alpha=0.05$ to obtain both the performance indicators of the personnel, the differences between which in the case of operational activities in body armor are significant, and the indicators, the differences between which can be considered insignificant. It was noted that in the course of experimental research, the time for completing the assigned task after using a bulletproof vest of the 3rd class of protection practically did not change. However, in the conditions considered in the experiment, even only due to the increase in the weight of the equipment and the complexity of the work, all psychophysiological indicators that characterize the condition of the rescuer significantly worsened. Indicators for a simplified assessment of the working time of gas and smoke detectors are proposed.

*В.М. Стрілець, д.т.н., проф., ст. викладач кафедри АСБ та ІТ
С.О. Степанчук, ст. викладач кафедри піротехнічних та спеціальних робіт
Національний університет цивільного захисту України*

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СКОРОЧЕННЯ ЧАСУ ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ В РАДІАЦІЙНО-ЗАБРУДНЕНІЙ МІСЦЕВОСТІ

В доповіді показано, що урахування п'ятих аналітичних залежностей дозволить отримати математичну модель скорочення часу гуманітарного розмінування в радіаційно-забрудненій місцевості (ГР РЗМ)

$$\left\{ \begin{array}{l} X_{\text{НС}} \Rightarrow W \in \langle w_{\text{ззш}} \cap w_{\text{ззод}} \cap w_{\text{брж}} \cap w_{\text{брш}} \rangle; \\ t_w = \bar{t}_w + (\bar{t}_{w1} - \bar{t}_w) \cdot e^{-\lambda \cdot (n-1)}; \\ n_w^* = n_w, \text{ якщо } H_0 : \bar{t}_w(n_w) = \bar{t}_w(n_w + 1); \\ t_w^*(n_w^*) = \bar{t}_w(n_w^*) + \sigma_w(n_w^*) \cdot \Phi_w^{-1}(P_w^*); \\ E_{\text{після}} > E_{\text{до}}, \text{ якщо } H_1 : \bar{t}_w(n_w^* + 1) < \bar{t}_w(n_w^*). \end{array} \right.$$

Перша описує залежність множини ресурсів W , яку повинен задіяти сапер ДСНС для забезпечення гуманітарного розмінування в радіаційно-забрудненій місцевості без зниження рівня особистої безпеки та яка включає поєднання окремих варіантів одночасного використання засобів індивідуального захисту шкіри $w_{\text{ззш}}$, органів дихання $w_{\text{ззод}}$ від можливого радіаційного впливу, а також конкретних модифікацій бронежилету $w_{\text{брж}}$ та бронешолому $w_{\text{брш}}$ у якості захисту від вибухонебезпечних предметів, від умов надзвичайної ситуації в місці проведення розмінування.

Друге рівняння описує експоненційний характер скорочення часу виконання обраної для аналізу операції ГР РЗМ в залежності від досвіду саперу ДСНС, у якості якого розглядається кількість n спроб виконання ним цієї операції, з параметром λ і зсувом $n=1$, який свідчить про те, що практична підготовка саперу починається з першої реально виконаної спроби.

Третє рівняння показує можливість припинення тренувань саперами ДСНС виконанню обраної операції ГР РЗМ за тієї спроби n_w^* , після якої середній час здійснення обраного варіанту оперативної діяльності перестає скорочуватись, свідченням чого є виконання нуль-гіпотези рівності оцінок середнього часу виконання в поточній $n_w + 1$ та попередній n_w спробі.

Четверта залежність дозволяє визначити нормативи $t_w^*(n_w^*)$ для оцінювання рівня підготовленості саперів ДСНС до ГР РЗМ, за яких буде забезпечене скорочення часу ГР РЗМ, використовуючи значення зворотної функції Φ^{-1} стандартного нормального розподілу з параметрами середнього часу виконання обраної операції $\bar{t}_w(n_w^*)$ та його середньоквадратичного відхилення $\sigma_w(n_w^*)$, а також тієї долі кожного нормативу P_w^* , яка відповідає імовірності улучення випадкової величини в заданий інтервал.

П'ята залежність дозволяє зробити висновок, що підготовка з урахуванням розроблених нормативів є ефективною, якщо середній час виконання вправи після цього

$\bar{t}_w(n_w^* + 1)$ суттєво зменшиться. Відмічається, що така математична модель буде основою відповідної методики скорочення часу гуманітарного розмінування в радіаційно-забрудненій місцевості (рис. 1).

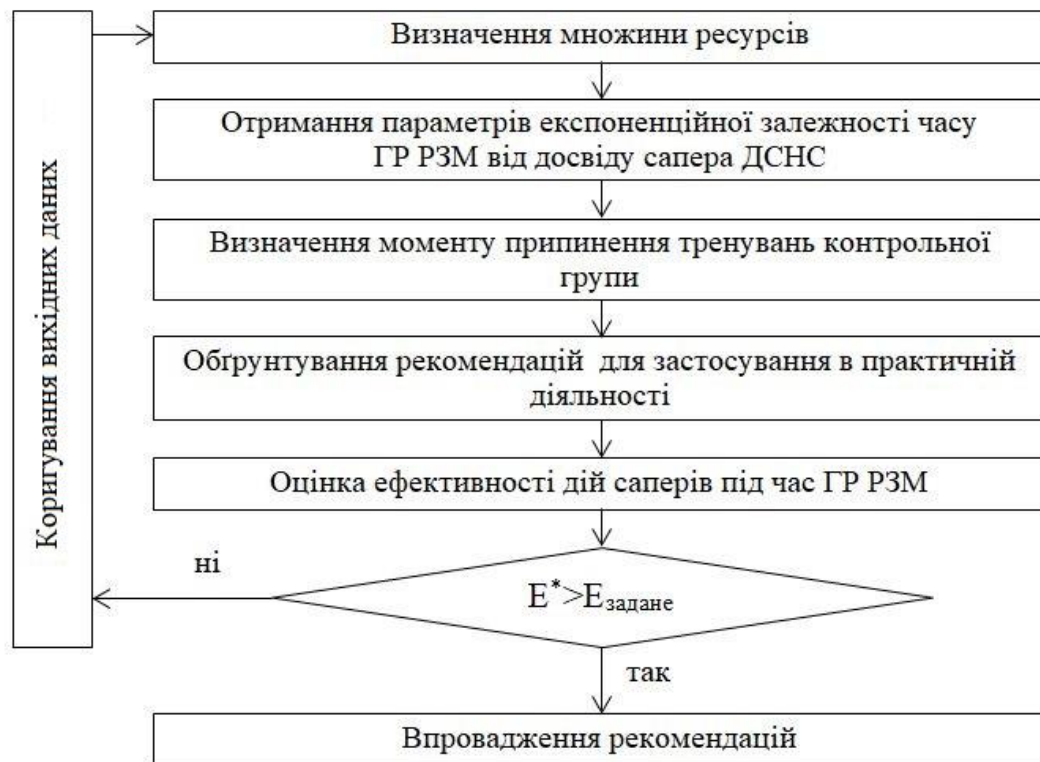


Рисунок 1. Методика скорочення часу гуманітарного розмінування в радіаційно-забрудненій місцевості

Особливістю такої методики буде не тільки розробка практичних рекомендацій на основі аналізу параметрів математичної моделі, але й використання пропозицій, які будуть виникати під час проведення експериментальних полігонних випробувань як різноманітних засобів протирадіаційного та противибухового захисту, так і застосування новітніх технічних рішень, у тому разі тих, які надають провідні закордонні фірми.

Victor Strelets, Dr. of Sciences, Professor, Senior lecturer of the Department of Automatic Security Systems and Information Technologies

Stepanchuk Serhii, Senior lecturer of the Department of Pyrotechnics and Special Training National University of Civil Defence of Ukraine

FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL FOR REDUCING THE TIME OF HUMANITARIAN DEMINING IN A RADIATION-CONTAMINATED AREA

Annotation. Taking into account five analytical dependencies allows you to obtain a mathematical model of reducing the time of humanitarian demining in a radiation-contaminated area. The first describes the dependence of the available resources on the conditions of an emergency situation at the place of demining, the second describes the exponential nature of the reduction in the time of humanitarian demining depending on the experience of the sapper of the SES, the third - the moment of cessation of training, the fourth - the procedure for obtaining standards, the fifth - the evaluation of the effectiveness of training with application of standards.

Вадим Тютюник, д.т.н., професор, Національний університет цивільного захисту України
Олександр Левтеров, д.т.н., с.н.с., Національний університет цивільного захисту України
Дмитро Усачов, ад'юнкт, Національний університет цивільного захисту України

ВИЯВЛЕННЯ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА МАСШТАБНИХ ПОЖЕЖ ЗА АКУСТИЧНИМИ СПЕКТРАМИ ПРОЦЕСУ ГОРІННЯ РІДКИХ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

Сучасні міста є складними та розгалуженими системами з розподілом у просторі та часі параметрів життєдіяльності, які за чисельністю населення поділяються на невеликі, малі, середні, великі тощо, а також за характером спеціальних функцій на промислові, транспортні, наукові, історичні, багатогалузеві. Зворотнім боком процесу життєдіяльності міста є те, що міста у процесі свого функціонування та розвитку створюють передумови для виникнення небезпек, що негативно впливають на стан природно-екологічного, економіко-технічного та соціально-політичного балансу як на території міста так і в регіоні, а також можуть завдати шкоди життєвоважливим національним інтересам. На сьогодні до небезпек з великим рівнем соціальних та матеріальних збитків для життєдіяльності міста можна віднести масштабні пожежі з легкозаймистими речовинами до яких відносяться рідкі органічні речовини (ROP).

Забезпечення відповідного рівня безпеки життєдіяльності міста досягається шляхом створення в системі Smart City підсистеми Safe City, яка спрямована на виявлення, запобігання, послаблення, усунення і відвернення загроз, здатних призвести до соціальних та екологічних збитків, знищити матеріальні та духовні цінності, перешкодити їх прогресивному розвитку. Модель Safe City містить етапи реєстрації загроз для життєдіяльності міста, аналізу та систематизації інформації про загрози, формування бази даних про загрози, моделювання та прогнозування розвитку небезпек для життєдіяльності міста, оцінки рівня цих небезпек та прийняття антикризового управлінського рішення, а також виконання прийнятого антикризового рішення.

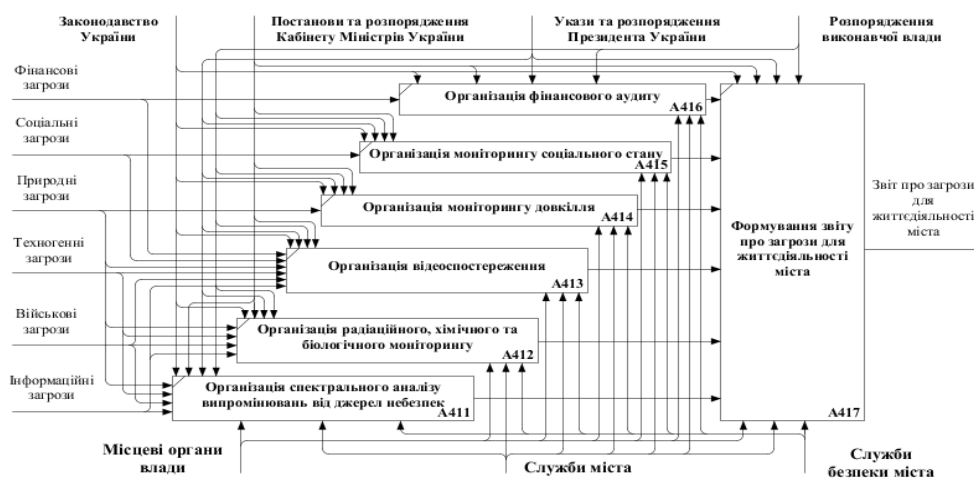


Рисунок 1 – Діаграма декомпозиції системи реєстрації загроз для життєдіяльності міста

Процес реєстрації загроз для життєдіяльності міста згідно даних рис. 1 включає організацію фінансового аудиту, моніторингу соціального стану та довкілля, відеоспостереження, радіаційного, хімічного та біологічного моніторингу, а також спектрального аналізу випромінювань від джерел небезпек. При цьому, встановлено, що організація спектрального аналізу випромінювань від джерел небезпек включає комплексний аналіз характеристик випромінювань в різних частотних діапазонах (в акустичному, радіо, інфрачервоному, оптичному, ультрафіолетовому та рентгєнівському діапазонах, а також аналіз гамма та космічних променів), де кожен з методів аналізу має свої як недоліки так і переваги. Автори у своїх дослідженнях зупинилися на спектральному аналізі акустичного простому, з метою виявлення та ідентифікації джерел НС місцевого рівня, серед яких масштабні пожежі ROP.

Запропоновано системний підхід та принципи використання спектрального аналізу акустичного простору міста, який базується на результатах досліджень ефекту акустичної емісії при високотемпературному окисленні (горінні) РОР. Для дослідження рівня інформативних можливостей цього ефекту, розроблені вимірювальна схема акустичного ефекту (рис. 2), алгоритм та програмне забезпечення для обробки амплітудно-часових характеристик прийнятого акустичного сигналу первинного (спалаху) та основного процесів горіння деяких РОР, шляхом використання спектрального аналізу та фрактального R/S -аналізу. На рис. 2 введені наступні позначення: 1 – металева чаша з аналізованою органічною речовиною; 2 – електричний підпал; 3 – акустичний мікрофон; 4 – вимикач для синхронного включення підпалу (2) та акустичного мікрофона (3); 5 – джерело живлення; 6 – підсилювач; 7 – аналізатор спектру.

Як приклад результатів лабораторних досліджень, на рис. 3 представлено отриманий у процесі експерименту графік зміни в часі спектра прийнятого акустичного сигналу процесу високотемпературного окислення (горіння) метанолу. Зміни в часі спектра прийнятого акустичного сигналу процесу горіння РОР фіксувалися до припинення горіння (відсутність коливального режиму горіння) в діапазоні частот $5 \text{ Гц} - 25 \text{ кГц}$.

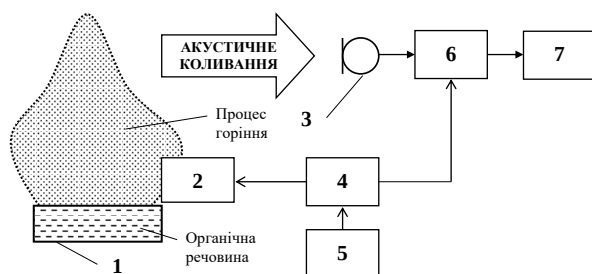


Рисунок 2 – Блок-схема установки дослідження акустичних коливань процесу горіння РОР

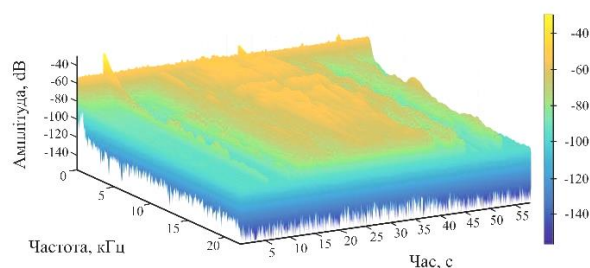


Рисунок 3 – Графік зміни у часі спектра прийнятого акустичного сигналу процесу горіння метанолу

Метод, який запропонований у роботі для діагностики процесів горіння рідких органічних спиртів ($n(C)=1 \div 8$) та вуглеводнів ($n(C)=8,12,16$), ґрунтується на дослідженні динамічних параметрів процесу, що описуються видом амплітудної модуляції акустичного сигналу ($n(A_m(t))$) та його амплітудно-частотними характеристиками ($n(A_m(f))$), які жорстко пов'язані із особливостями структури нормальних спиртів та їх ізомерів та нормальних вуглеводнів, а також кількістю атомів вуглеводнів – $n(C)$ у каркасі молекул досліджених органічних речовин або величиною молярної маси (M) цих речовин.

Встановлено, що динаміка процесу горіння, тобто залежності кількості максимумів ($n(A_m(t))$ та $n(A_m(f))$) амплітудно-часових та амплітудно-частотних характеристик прийнятого акустичного сигналу при ефекті акустичної емісії, визначається фізичними ($T_{спал.}$, $T_{займ.}$, $T_{с.займ.}$, ΔT , P) та фізико-хімічними термодинамічними параметрами (ΔH_0° , ΔH_r°) процесу і описується лінійними залежностями від $n(C)$ і M органічних речовин.

Методом акустичної емісії вивчено ефект «спалаху», тобто час первинного процесу горіння парів РОР, та встановлено однозначну залежність тривалості даного процесу ($\Delta \tau$) від парціального тиску парів над чистим розчинником та температурою спалаху ($T_{спал.}$) або займання ($T_{займ.}$). Встановлено, що чим більше P і менше $T_{спал.}$ ($T_{займ.}$), тим менше час «спалаху» $\Delta \tau$, тобто тривалість горіння парів РОР.

З урахуванням особливостей акустичних спектрів для РОР, які були піддані високотемпературному окисленню, виконано розрахунок фрактальної розмірності (D_f), яка віддзеркалює ступінь подібності амплітудно-часових характеристик РОР, що аналізувалися, а також характеризує динаміку процесів горіння та затухання горіння РОР (для зразків постійного об'єму). Фрактальна розмірність D_f (як ступінь зламаності ряду) визначалася як $D_f = 2 - H$, де H – показник Херста. Показник H визначався із умови

$R/S = (\alpha A)^H$, де A – кількість періодів спостереження, α – константа, яка задається. При цьому, Херст емпірично розрахував константу α для порівняно короткострокових тимчасових рядів природних явищ як 0,5. На рис. 4 і 5 представлені результати розрахунків показників Херста (H) та фрактальної розмірності D_f .

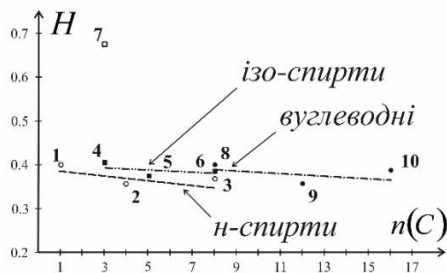


Рисунок 4 – Характер зміни показника Херста (H) амплітудної модуляції акустичного сигналу при ефекті акустичної емісії реакції горіння деяких РОР від їх $n(C)$

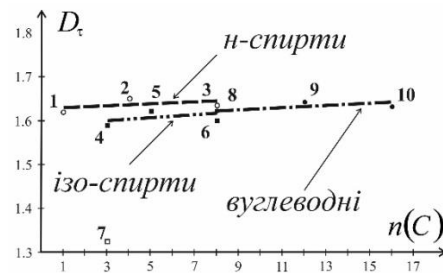


Рисунок 5 – Характер зміни показника фрактальної розмірності (D_f) амплітудної модуляції акустичного сигналу при ефекті акустичної емісії реакції горіння деяких РОР від їх $n(C)$

На рис. 4 і 5 використані наступні позначення РОР: 1 – CH_3OH ; 2 – $n\text{-C}_4\text{H}_9\text{OH}$; 3 – $n\text{-C}_8\text{H}_{17}\text{OH}$; 4 – $\text{ізо-C}_3\text{H}_7\text{OH}$; 5 – $\text{ізо-C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$; 6 – $\text{ізо-C}_8\text{H}_{17}\text{OH}$; 7 – $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ (ацетон); 8 – C_8H_{18} ; 9 – $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$; 10 – $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$.

Практична сталість значень показників H і D_f для вивченого діапазону РОР свідчить про достатній рівень достовірності та надійності отриманих результатів залежності амплітудно-часових та амплітудно-частотних характеристик горіння РОР від фізико-хімічних констант паливної речовини і тому отримані у роботі експериментальні результати можуть бути рекомендовані у якості інформаційного матеріалу для бази даних геоінформаційної системи автоматизованого контролю акустичного простору міста, як складової підсистеми Safe City в системі Smart City, для достовірного виявлення та ідентифікації на території міста джерел масштабних пожеж з РОР.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тютюнник В.В., Тютюнник О.О., Усачов Д.В. Особливості створення системи акустичного моніторингу джерел надзвичайних ситуацій у контексті розвитку концепції «Smart city». *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. Київ: Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту. 2023. № 2(16). С. 58–76. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/19263>
2. Tiutiunyk V.V., Kalugin V.D., Levterov A.A., Sydorenko O.V., Starodubtsev S.A., Usachov D.V. Establishing the nature of kinetic effects of the high-temperature oxidation (combustion) process of some liquid organic matters by acoustic radiation. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*. 2023. 6. pp. 203–212. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/19622>

DETECTION OF LARGE-SCALE FIRES IN THE TERRITORY OF THE CITY BY THE ACOUSTIC SPECTRA OF THE COMBUSTION PROCESS OF LIQUID ORGANIC SUBSTANCES

The report is dedicated to the development of scientific and technical foundations for creating a geographic information system for monitoring large-scale fires. This system is an integral component of the "Safe City" subsystem within the framework of Smart City. The authors have proposed a method for registering spectra of acoustic emissions from fire hotspots in the city area, involving certain rare organic substances, and analyzing the impact of the physicochemical characteristics of these substances on the kinetics of their high-temperature oxidation (combustion).

*Д.Ю. Фомичова, В.А. Крадожон, Р.І. Шевченко д.т.н., проф.
Національний університет цивільного захисту України*

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЙ ОСОБОВОГО СКЛАДУ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ДО ГАСІННЯ ПОЖЕЖІ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ НА ОБ'ЄКТАХ ЗІ ЗБЕРІГАННЯ НАФТОПРОДУКТІВ

Резервуари і нафтобази, технологічні насосні станції, залізничні та автомобільні естакади, автозаправні станції, нафтопродуктопроводи та інші технічні засоби для транспортування і зберігання нафти і нафтопродуктів є частиною системи, що забезпечує нафтопродуктами споживачів (нафтобази), нафтові та нафтопереробні підприємства, об'єкти енергетики та електрифікації, залізниці, авіації, водного та автомобільного транспорту, а також є частиною системи постачання промислових і сільськогосподарських підприємств, які використовують нафтопродукти. Кожна галузь має специфічні технологічні процеси, які суттєво впливають на пожежну небезпеку та пожежну статистику.

У відповідності до ВБН В.2.2-58.1-94 «Проектування складів нафти та нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа» склади нафти та нафтопродуктів по призначенню та відношенню до споживачів поділяються на дві групи. До першої групи належать склади для зберігання нафти і нафтопродуктів та постачання споживачам (нафтобази), резервуарні парки при насосних станціях на магістральних нафтопроводах і перевалочні нафтобази для перекачування нафти і нафтопродуктів з одного виду транспорту на інший. До другої групи належать склади витратних матеріалів, що входять до складу промислових, транспортних, енергетичних та інших підприємств. Відповідно до народногосподарських завдань, особливу увагу слід приділяти першій групі складів, які в основному використовують середні та великі резервуари.

Резервуари на нафтопроводах і нафтопереробних заводах зберігають і перекачують переважно товарну нафту і нафтопродукти без істотної зміни їх властивостей, за винятком необхідності підігріву в'язких рідин. Крім зберігання і перекачування, резервуари проміжної обробки в нафтовій промисловості і нафтопереробних заводах також використовуються для нагрівання, охолодження, сепарації, фазових перетворень та інших процесів обробки нафти і нафтопродуктів.

Найпоширенішими резервуарами для зберігання нафти і нафтопродуктів, як і раніше, так і сьогодні, є наземні сталеві вертикальні резервуари типу РВС з фіксованим дахом без понтонів.

Повної галузевої статистики щодо пожеж на цих об'єктах немає. З огляду на практику гасіння пожеж на світових та національних нафтобазах, такі пожежі залишаються складними і становлять небезпеку для людей та навколишнього середовища, а також величезні матеріальні витрати як на гасіння пожеж, так і на ліквідацію збитків. Значні та серйозні пожежі на технічних об'єктах для транспортування та зберігання нафтопродуктів найчастіше виникають у нафтовій та нафтопереробній промисловості.

Масові пожежі на нафтобазах, розташованих у містах, становлять значний ризик. Розміщення нафтобаз у межах населених пунктів є наслідком поступової житлової забудови. Водночас, максимальна відстань від об'єктів зберігання нафти і нафтопродуктів до житлових і громадських будівель становить 200 м, як зазначено в нормативних документах. Очевидно, що ці відстані є дуже незначними і в разі пожежі під загрозою опиняються найближчі будівлі, в тому числі і в житловому секторі.

Для України, де лише на 343 українських продуктових складах експлуатується 10510 резервуарів загальною місткістю 5 млн. м³, це питання має велике значення.

У разі пожежі необхідність захисту об'єктів, розташованих у безпосередній близькості від нафтобаз, робить пожежогасіння дуже складним. Потрібні такі заходи, як

будівництво захисних огорож, додаткове допоміжне обладнання та загалом велика кількість додаткового персоналу і засобів.

Як свідчать статистичні данні, найбільша кількість пожеж і вибухів відбувається на резервуарних парках, які є найпоширенішими технічними об'єктами, а також на технічних насосних станціях, які є майже у всіх компаніях, що займаються нафтою та нафтопродуктами. Тому можна стверджувати, що проблема пожеж на таких об'єктах є дуже актуальною і потребує детального дослідження для того, щоб запропонувати протипожежні заходи для підвищення рівня пожежної безпеки та підготувати пожежний персонал для гасіння пожеж і ліквідації надзвичайних ситуацій на об'єктах зберігання нафти і нафтопродуктів.

У великому списку екологічних небезпек, що загрожують людям, існує можливість забруднення навколишнього середовища хімічними сполуками внаслідок техногенних пожеж – продуктами згорання, горючими речовинами та вогнегасними речовинами. Пожежі призводять не лише до соціальних й матеріальних витрат, але і до забруднення навколишнього середовища: повітря, ґрунту, водоймищ й загибелі тварин та рослин. На теперішній час для пожежної охорони актуальним є питання не лише ліквідації пожеж, а також попередження або зменшення забруднення чи загибелі природного середовища. Ефективність дій пожежних підрозділів при цьому повинна характеризуватись часом гасіння та видом вогнегасної речовини, що застосовується.

Резервуарні парки відносяться до категорії промислових об'єктів, що є джерелами можливого небезпечного впливу на екологію: кількостей тепла, що виділяється при великих пожежах, найчастіше порівняно з компонентами теплового балансу атмосфери, а викиди мікроскопічних конденсованих часток (сажі, попелу, здрібненого палива, конденсованих продуктів згорання) змінюють оптичні властивості атмосфери, і, зокрема, відношення між поглиненою і відбитою сонячною енергією, збільшують «парниковий ефект», зв'язаний з підвищенням в атмосфері концентрації вуглекислого газу, що зберігається протягом тривалого тимчасового проміжку. Збурювання від пожежі у верхніх шарах стратифікованої атмосфери можуть породжувати так називані «внутрішні хвилі», що, володіючи здатністю не загасаючи поширюватися на великі відстані, обгинають земну кулю. Впливи великих пожеж, як і вивержень вулканів, настільки великі, що обумовлюють зміну погоди в цілих регіонах Землі, в тому числі віддалених від місця пожежі, а забруднення навколишнього середовища їх викидами призводить до значного економічного збитку, викликуваному шкідливим впливом токсичних компонентів, що утримуються в них, на людину, сільська, лісове, житлово-комунальне господарство, промисловість та ін. Ще більш небезпечно шкідливий вплив цих забруднень на генезис людини і тварин, на майбутні покоління і природне середовище.

Але крім безпосереднього негативного екологічного впливу від пожеж на об'єктах зберігання та перекачування нафти та нафтопродуктів на навколишнє середовище та людину, слід розглянути екологічний фактор впливу під час гасіння пожеж на подібних об'єктах.

Таким чином, існує проблема визначення готовності особового складу аварійно-рятувальних підрозділів до гасіння пожежі та ліквідації надзвичайної ситуації на об'єктах зі зберігання нафтопродуктів.

*D.Yu. Fomicheva, V.A. Kradozhon, R.I. Shevchenko, Doctor of Technical Sciences., prof.
National University of Civil Protection of Ukraine Kharkiv, Ukraine*

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF THE ACTIONS OF PERSONNEL OF EMERGENCY AND RESCUE UNITS FOR FIRE EXTINGUISHING AND LIQUIDATION OF EMERGENCY SITUATIONS AT PETROLEUM STORAGE FACILITIES

The article deals with the actual problem of determining the readiness of personnel of emergency and rescue units to extinguish fires and eliminate emergency situations at oil product storage facilities.

Олександр Левтеров, д. т. н., Національний університет цивільного захисту України;
Свгеній Стативка, здобувач вищої освіти, Національний університет цивільного захисту
України.

МОНІТОРИНГ ФАКТОРІВ НС МІКРОДРОНАМИ У ВНУТРІШНІХ ПРОСТОРАХ

У роботах [1] пропонується використання рятувальниками акустичного пристрою як додаткового засобу орієнтування у просторі з незадовільним візуальним контролем (НВК) під час виконання оперативних завдань з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій (НС). Проте, у цьому контексті виникає проблема, пов'язана з обмеженнями дієздатності рятувальників через недостатню інформацію про наявність та характер потенційних перешкод. В рамках цього твердження однією з найбільш перспективних областей досліджень є використання мікродронів [2] для моніторингу факторів НС навколишнього середовища в закритих приміщеннях. Ключові особливості мікродронів включають механічну простоту, можливість зльоту з невеликої площі та зависання у фіксованому положенні, а також здатність проникати в ускладнені локації.

Пропонується обладнання мікродронів ультразвуковими датчиками (Рис. 1), що дозволяють орієнтуватися в просторі, фіксувати інформацію про характер пошкоджень [2] та наявність перешкод в умовах незадовільного візуального контролю (НВК).

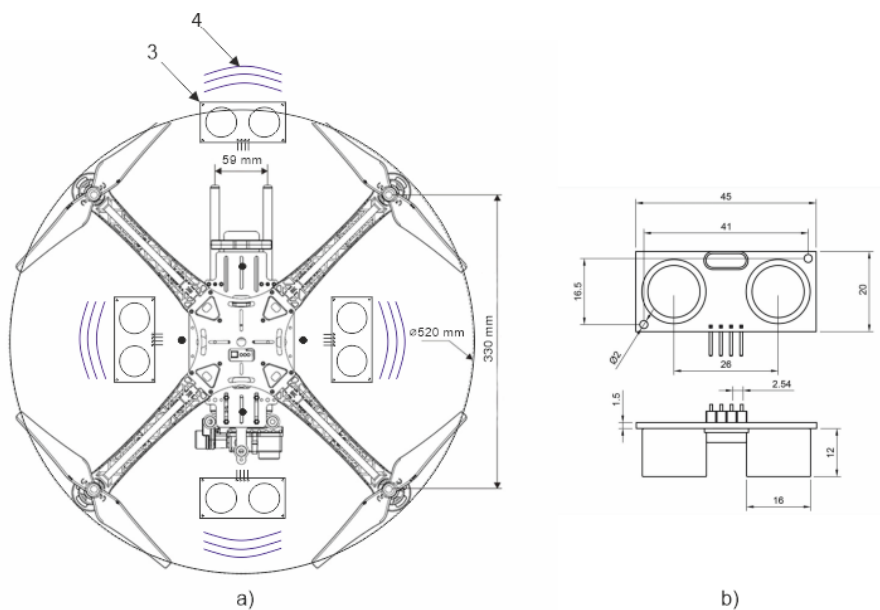


Рис. 1. а) - схема розміщення акустичних датчиків на корпусі мікродрону (вид згори, 1 – акустичний датчик, 2 – напрямок дії акустичних хвиль); б) – схема будови акустичного датчика

Так, у межах запропонованої концепції важливо провести аналіз маси, маневреності та енергоефективності мікродрону, оскільки можливе зниження характеристик внаслідок встановлення додаткових датчиків на модель, яке можна визначити за допомогою формул (1, 2 та 3) окремо, які розраховують вплив цих додаткових компонентів на загальну ефективність та функціональність пристрою.

Вплив на масу: Нехай $m_{\text{дрон}}$ - маса мікродрону без додаткових датчиків, $m_{\text{датчика}}$ - маса одного додаткового датчика, n - кількість додаткових датчиків. Тоді загальна маса $M_{\text{заг}}$ з урахуванням датчиків становить:

$$M_{\text{заг}} = m_{\text{дрон}} + m_{\text{датчик}} \cdot n. \quad (1)$$

Відношення в масах (%) дорівнює:

$$\frac{M_{\text{заг}} - m_{\text{дрон}}}{m_{\text{дрон}}} \times 100\% \quad (2)$$

За допомогою відношення визначаємо, який відсоток маси становить додаткове акустичне обладнання в порівнянні з масою самого мікродрону. Такий метод допоможе з'ясувати, наскільки суттєвим є збільшення маси внаслідок встановлення акустичних датчиків. Вплив на маневренність можна оцінити через врахування збільшеної маси. Наприклад, для оцінки впливу на обертові моменти, можна використовувати формулу:

$$I = \sum_{i=1}^n m_i \cdot r^2, \quad (2)$$

де: I – момент інерції тіла, m – маса, m_i – го масового елемента тіла, r – відстань від m_i – го масового елемента до осі обертання, n – кількість масових елементів у тілі.

Встановлення додаткових акустичних датчиків на модель мікродрону невідомої маси та маневренності може суттєво вплинути на його функціональні характеристики. Втрата маневренності проявляється у зменшенні обертових швидкостей та можливій затримці у виконанні команд.

Таким чином, компроміс між втратами у маневренності та збільшеною функціональністю відображається у встановленні акустичних датчиків, створюючи баланс між забезпеченням дрона необхідними засобами навігації та збереженням його ключових характеристик. Завдяки вирішенню проблеми можливо скоротити час пошуку постраждалого, знизити загальний час проведення рятувально-пошукових робіт та робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, також це забезпечить більш точну навігацію під час проведення ліквідації наслідків НС. Завдяки їхній високій маневренності та автономному функціонуванню, мікродрони не потребують тривалого періоду роботи, швидко та ефективно виконуючи поставлені завдання. Крім того, економічна вигода виявляється у невисоких витратах на виробництво, роблячи їх доступними для широкого застосування у рятувальних операціях.

ЛІТЕРАТУРА:

1) Левтеров О. А., Статівка Є. С. Визначення параметрів акустичного приладу екіпірування рятувальників. *Problems of Emergency Situations*. 2022. № 2. С. 280-295. doi.org/10.52363/2524-0226-2022-36-21

2) Davis, E., Spollard, J., Pounds, P. (2018). *Aerodynamic Force Interactions and Measurements for Micro Quadrotors*. The University of Queensland, 1, 7–30. doi.org/10.14264/uql.2018.636

*A. Levterov, DSc, Senior Researcher, Associate Professor of the Department
Y. Statyvka, adjunct, National University of Civil Defense of Ukraine.*

MONITORING OF EMERGENCY FACTORS WITH MICRODRONES IN INTERNAL SPACES

The study investigated the loss of maneuverability of microdrones due to the additional mass of sensors based on theoretical research and formulas. It was determined that a decrease in drone performance could occur as a result of installing additional sensors.

Олександр Савченко, к.т.н., ст. наук. співр., Національний університет цивільного захисту України

Сергій Гарбуз, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України

Олександр Григоренко, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України

Вячеслав Савченко, ГУ ДСНС України у Харківській області

ПРОБЛЕМА ДЕФІЦИТУ ВОДИ ПРИ ГАСІННІ ПОЖЕЖ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ

Підrozділами територіальних органів ДСНС упродовж 2023 року в Україні зареєстровано 67 934 пожежі. Порівняно з 2022 роком кількість пожеж зменшилася на 15,8 %. Однією з найбільш постраждалих територій від бойових дій у 2022-2023 роках є Харківська область. У 2023 році на території Харківської області виникло 5235 пожеж, в тому числі 1455 пожеж – з причин, які пов'язані з проведенням бойових (воєнних) дій. На пожежах загинуло 110 осіб. Київський та Салтівський райони м. Харкова є найбільш постраждалими у наслідок бойових дій у 2022-2023 роках у м. Харкові. Тому коректно розглядати роботу 3 ДПРЗ ГУ ДСНС України у Харківській області, що обслуговує дані райони як один з прикладів функціонування підрозділів ДСНС в умовах воєнного стану.

3 лютого 2022 року, з початком бойових дій на території Харкова та Харківської області, було відмічено збільшення кількості випадків дефіциту води на пожежогасіння. Було проведено аналіз статистичних показників оперативних дій 3 ДПРЗ ГУ ДСНС України у Харківській області у 2021-2023 роках (Табл. 1).

Таблиця 1. Пожежі ліквідовані за допомогою підвозу води підрозділами ДПРЗ 3 ГУ ДСНС України у 2021-2023 роках

№ з/п	Підрозділ	Пожежі ліквідовані за допомогою підвозу води		
		2021 рік	2022 рік	2023
1.	5 ДПРЧ	0	10	7
2.	9 ДПРЧ	1	14	80
3.	11 ДПРЧ	3	38	24
4.	18 ДПРЧ	0	18	5
5.	22 ДПРЧ	2	23	18
6.	27 ДПРЧ	1	91	9
7.	36 ДПРЧ	-	-	-

Виділено наступні причини, що призводили до дефіциту води на пожежогасіння:

1. Ушкодження водопровідної мережі;
2. Неможливість (великі труднощі) встановити автоцистерну на вододжерело у наслідок руйнування (ушкодження) пожежних гідрантів;
3. Неможливість (великі труднощі) організації подачі води способом перекачки (небезпека для особового складу);
4. Тривалий час руху автоцистерн при організації подачі води методом підвозу;
5. Необхідність укриття особового складу та техніки у разі початку (загрози) обстрілу;
6. Недостатня кількість автоцистерн у наслідок великої кількості одночасних пожеж у місті.

У переважній більшості випадків для гасіння пожеж використовується вода. Вода є найбільш поширеною вогнегасною речовиною, вона має унікальну охолоджуючу дію, зумовлену великою теплоємністю та високою теплою пароутворення. При гасінні пожежі водою відбувається розбавлення горючого середовища парами, що утворюються при випаровуванні, ізоляцією горючого матеріалу від кисню повітря або механічним впливом

на речовину, яка горить, тобто зривом полум'я. Практично всі чинники діють одночасно, але домінуючою є охолодження горючих речовин.

Відомо, що при гасінні пожежі компактними струменями більше 90% води втрачається, не приймаючи участі у гасінні [1]. Досить часто під час вогневого впливу будівельні конструкції втрачають свої експлуатаційні якості. Керівними документами вимагається при гасінні пожежі захищати будівельні конструкції від впливу високої температури, тому їх охолодження, як правило, неодноразове, виконується підрозділами ДСНС практично на кожній пожежі.

Для подолання наслідків дефіциту води та з метою збільшення ефективності пожежогасіння пропонується застосування модифікованих рідинних засобів пожежогасіння, зокрема гелеутворюючих систем (ГУС). Компоненти ГУС складаються з розчину сульфату лужного металу та розчин силікату. При одночасній подачі вони змішуються на поверхнях, що захищаються або горять, і утворюють шар стійкого гелю. На відміну від рідинних засобів пожежогасіння, гель практично на 100% залишається на поверхні, що захищається. До того ж, товщину гелевої плівки за потреби можна регулювати, збільшуючи її в особливо небезпечних місцях. При цьому гель на 85-95% складається з води. У порівнянні з водою ГОС мають перевагу, що полягає в суттєвому зменшенні втрат за рахунок стікання з похилих і вертикальних поверхонь. Іншою перевагою ГУС є їхня висока вогнезахисна дія. Це обумовлено дією води, що міститься в гелі, а після випаровування всієї води утворюється пористий шар (ксероргель), який ускладнює передачу тепла за рахунок своєї низької теплопровідності. Технічна реалізація застосування ГУС розглянуто в роботах [2,3].

ЛІТЕРАТУРА

1. Розробка тактичного забезпечення до імпульсних вогнегасників. Лінчевський Є.А., Сировой В.В. // Пожежна безпека: Науковий збірник. Ч.3, Черкаси. 1999.– С. 21-23.
2. Савченко А.В. Аналіз мобільних установок для подачі гелеутворюючих систем / О.В. Савченко, М.В. Копачов // Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування та ліквідація їх наслідків. Матеріали круглого столу (вебінару). – Харків: Національний університет цивільного захисту України, 23 лютого 2023 – С.153. Режим доступу к журн.: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/17212>.
3. Савченко А.В. Перспективні технології влаштування протипожежного бар'єру при локалізації лісових пожеж / А.В. Савченко, Д.О. Медвєєва, Несторенко О. // Problems of Emergency Situations: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. – Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2021. – С.93-94. Режим доступу к журн.: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/12976>.

Oleksandr Savchenko, PhD, Senior Research Fellow, National University of Civil Defense of Ukraine;

Serhij Garbuz, PhD, Associate professor, National University of Civil Defense of Ukraine;

Oleksandr Hryhorenko Ass, PhD, Associate professor, National University of Civil Defense of Ukraine;

Vyacheslav Savchenko, Head Department the state emergency service of Ukraine in the Kharkiv region

THE PROBLEM OF WATER SHORTAGE WHEN EXTINGUISHING FIRE IN RESIDENTIAL BUILDINGS DURING MARITAL STATE

The issue of water shortage when extinguishing fires under martial law is considered. The statistics of fire situation indicators in the city of Kharkov in 2021-2023 are considered. An increase in the number of cases of fire extinguishing using the water supply method has been recorded. The causes of water shortage when extinguishing fires under martial law have been identified. It is proposed to use gel-forming compounds to extinguish fires.

Олександр Савченко, к.т.н., ст. наук. співр., Національний університет цивільного захисту України

Сергій Гарбуз, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України

Олександр Григоренко, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України

Аліна Іванова, 3 ДПРЗ ГУ ДСНС України у Харківській області

ПРАКТИЧНІ ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ УКРИТТІВ У НАВЧАЛЬНО-ВИХОВНИХ ЗАКЛАДАХ УКРАЇНИ, ВИМОГАМ «БЕЗПЕЧНОГО ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»

Однією зі складових безпечного освітнього середовища є створення фонду захисних споруд цивільного захисту в навчальних закладах. Елементом «безпечного освітнього середовища» є забезпечення пожежної безпеки укриттів. Вимоги щодо, утримання, експлуатації та ведення обліку фонду захисних споруд цивільного захисту встановлено у [1].

Стаття 3 ЗУ «Про освіту» визначає право на доступність освіти та містить важливі положення щодо доступності та рівних можливостей в галузі освіти в Україні. Важливою складовою права на доступність освіти є безпечне освітнє середовище. Освітній процес має організовуватися в безпечному освітньому середовищі та здійснюється за принципом безперервності з урахуванням вікових особливостей, фізичного, психологічного та інтелектуального розвитку дітей, їх особливих освітніх потреб. Пунктом 2-1 ч. 1 ЗУ «Про освіту» визначено поняття – безпечне освітнє середовище [2]. Таким чином, виявлення забезпечення пожежної безпеки укриттів у навчально-виховних закладах України, вимогам «безпечного освітнього середовища» є актуальною задачею [3].

Було проведено аналіз забезпечення пожежної безпеки укриттів забезпечення критеріям «безпечного освітнього середовища» на прикладі 9 навчальних закладів різної специфіки в 3-х областях України: Полтавській, Кіровоградській та Дніпропетровській, які не проводили евакуацію контингенту і продовжують діяльність в умовах воєнного стану. З метою безпеки інформація надається у загальному виді.

Усі досліджені заклади мають у своїй структурі пансіон, що передбачає створення цілодобових умов для безпечного перебування здобувачів освіти та підопічних. Всього у 8 закладах виховуються 1042 осіб, із них – 767 дітей до 18 років. Із цього числа 653 осіб перебувають на пансіоні, з них 378 – діти віком до 18 років. 2 соціально-медичні установи здійснюють догляд та надають послуги тільки особам чоловічої статі – 332 підопічним.

Захисні споруди в усіх закладах представлені найпростішими укриттями. Із 9 укриттів 5 включені до фонду захисних споруд, 3 – нанесені на інтерактивну карту, 5 – мають паспорт захисної споруди, 7 – акти оцінки об'єкта щодо можливості його використання для укриття населення як найпростішого укриття.

7 закладів мають систему оповіщення, з яких:

- 6 мають сигнали місцевих централізованих систем оповіщення в зоні досяжності (сирени, гучномовці) та використовують звукові сигнали (дзвінок);

- 1 заклад користується власною автоматизованою системою оповіщення.

- У 2 закладах системи оповіщення відсутні взагалі.

Технічний стан укриттів:

- Із 9 закладів в жодному не проведено реконструкції або капітального ремонту;

- Частковий поточний ремонт господарським способом проведено в 5 закладах, в 3 закладах наразі виконуються ремонтні роботи підрядними організаціями, 1 укриття взагалі не ремонтувалося;

- 6 укриттів мають евакуаційні виходи, з них у 2 укриттях виходи зроблені господарським способом. 2 укриття будуть облаштовані аварійним виходом під час

проведення поточного ремонту. В 1 укритті відсутня можливість конструктивного вирішення проблеми з аварійним виходом.

Природна вентиляція присутня у всіх укриттях, у 4 укриттях додатково встановлена примусова вентиляція.

Укриття 3-ох закладів облаштовані сучасними автоматизованими системами пожежогасіння, всі 9 потребують доукомплектації засобами пожежогасіння та шанцевими інструментами (в наявності мінімальний набір). У 3 укриттях виявлено порушення норм пожежної безпеки в частині використання горючих матеріалів та легкозаймистих предметів.

Доступ до питної води: всі укриття на 100% забезпеченні запасами питної води в середньому розрахунку 2 літри на добу на 1 особу.

Забезпечення вимог щодо надання учням можливості відпочинку призводить до збільшення пожежної навантаги в укриттях. Зважаючи на специфіку контингенту для якого облаштовані укриття це питання вимагає окремого врегулювання.

Для подолання визначених проблем пропонується:

- Законодавчо врегулювати питання повноважень та зону відповідальності засновників, керівників та інших посадових осіб у частині нарощування фонду захисних споруд закладів освіти, а саме: розробка та затвердження алгоритму дій при прийнятті рішення про необхідність та технічні можливості будівництва нових захисних споруд.

- Закріпити на нормативному рівні типовий алгоритм дій, на випадок кризових та надзвичайних ситуацій, на підставі якого мають розроблятися відповідні алгоритми на рівні областей та окремих закладів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Наказ МВС від 09.07.2018 № 579 «Про затвердження вимог з питань використання та обліку фонду захисних споруд цивільного захисту», зареєстрований у Міністерстві юстиції України 30 липня 2018 р. за № 879/32331.

2. Про освіту: Закон України. Відомості Верховної Ради (ВВР). 2017. № 38-39. ст. 380 (із змінами).

3. [Савченко О.В.](#) Нормативне забезпечення укриттів у навчально-виховних закладах України критерієм «безпечного освітнього середовища»/ [О.В. Савченко](#), Ю.С. Безугла, А.А. Іванова // Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування та ліквідація їх наслідків. Матеріали круглого столу (вебінару). – Харків: Національний університет цивільного захисту України, 29 лютого 2024 – С.167-168.

Oleksandr Savchenko, PhD, Senior Research Fellow, National University of Civil Defense of Ukraine;

Serhij Garbuz, PhD, Associate professor, National University of Civil Defense of Ukraine;

Oleksandr Hryhorenko PhD, Associate professor, National University of Civil Defense of Ukraine;

Alina Ivanova, Head Department the state emergency service of Ukraine in the Kharkiv region

PRACTICAL PROBLEMS OF ENSURING FIRE SAFETY OF SHELTERS IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF UKRAINE, IN ACCORDANCE WITH THE REQUIREMENTS OF A "SAFE EDUCATIONAL ENVIRONMENT"

An element of a "safe educational environment" is the provision of fire safety in shelters. An analysis of the provision of fire safety of shelters to meet the criteria of a "safe educational environment" was carried out on the example of 9 educational institutions of different specificities in 3 regions of Ukraine. Proposed solutions to ensure fire safety of shelters to meet the criteria of a "safe educational environment".

СЕКЦІЯ 4. ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ

Кравченко Р. І., канд. техн. наук, старший дослідник,

Хроменков Д. Г., Гулик Ю. Б., Ільченко Н. М.,

Корольова О. Г., канд. екон. наук, доцент

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

АНАЛІЗ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ ТА ІНШИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ СТОСОВНО ТЕРМІНІВ НА ЗАСОБИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Актуальність удосконалення термінологічної нормативної бази України стосовно засобів цивільного захисту пов'язана з вирішенням проблеми впорядкування системи термінів щодо засобів цивільного захисту задля усунення ризиків, пов'язаних з технічним регулюванням, нормуванням та стандартизацією засобів цивільного захисту в умовах адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу в сфері технічного регулювання та стандартизації.

На сьогодні термін «засоби цивільного захисту» визначено в Кодексі цивільного захисту України [1], ДСТУ 3891 [2] та ДСТУ 7098 [3].

Згідно з [1], [2] засоби цивільного захисту – це протипожежна, аварійно-рятувальна та інша спеціальна техніка, обладнання, механізми, прилади, інструменти, вироби медичного призначення, лікарські засоби, засоби колективного та індивідуального захисту, які призначені та використовуються під час виконання завдань цивільного захисту.

У [3] під засобами цивільного захисту маються на увазі спеціальна пожежна, аварійно-рятувальна та інша техніка, обладнання, прилади, інструмент, засоби колективного та індивідуального захисту, які використовують під час виконання заходів цивільного захисту.

Згідно із змінами до Кодексу цивільного захисту України [4], які набули чинності у 2024 році, під засобами цивільного захисту вже розуміють пожежну, аварійно-рятувальну та іншу спеціальну техніку, обладнання, механізми, прилади, інструменти, засоби колективного та індивідуального захисту, що призначені та використовуються під час виконання завдань цивільного захисту, у тому числі засоби протипожежного захисту.

У останніх двох визначеннях з визначення терміну «засоби цивільного захисту» виключено вироби медичного призначення та лікарські засоби. Тобто, визначення цього терміну охоплює групи продукції, представлені на рисунку 1.

У міжнародних і європейських нормативно-правових актах та нормативних документах застосування терміну «засоби цивільного захисту» не виявлено.

У країнах – членах Євразійського економічного Союзу застосовують іншу назву продукції, подібну до засобів цивільного захисту, – продукція, призначена для цивільної оборони та захисту від надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру [5], яку можна коротко назвати «продукція цивільної оборони та захисту».

Першою групою засобів цивільного захисту (див. рисунок 1) є пожежна техніка, обладнання, механізми, прилади, інструменти.

У Кодексі цивільного захисту України [1] не надано визначення зазначеної групи продукції. Водночас в ньому є визначення терміну «засоби протипожежного захисту», під якими розуміють технічні засоби, призначені для запобігання, виявлення, локалізації та ліквідації пожеж, захисту людей, матеріальних цінностей та довкілля від впливу небезпечних факторів пожежі. Ці засоби віднесено до протипожежної техніки.

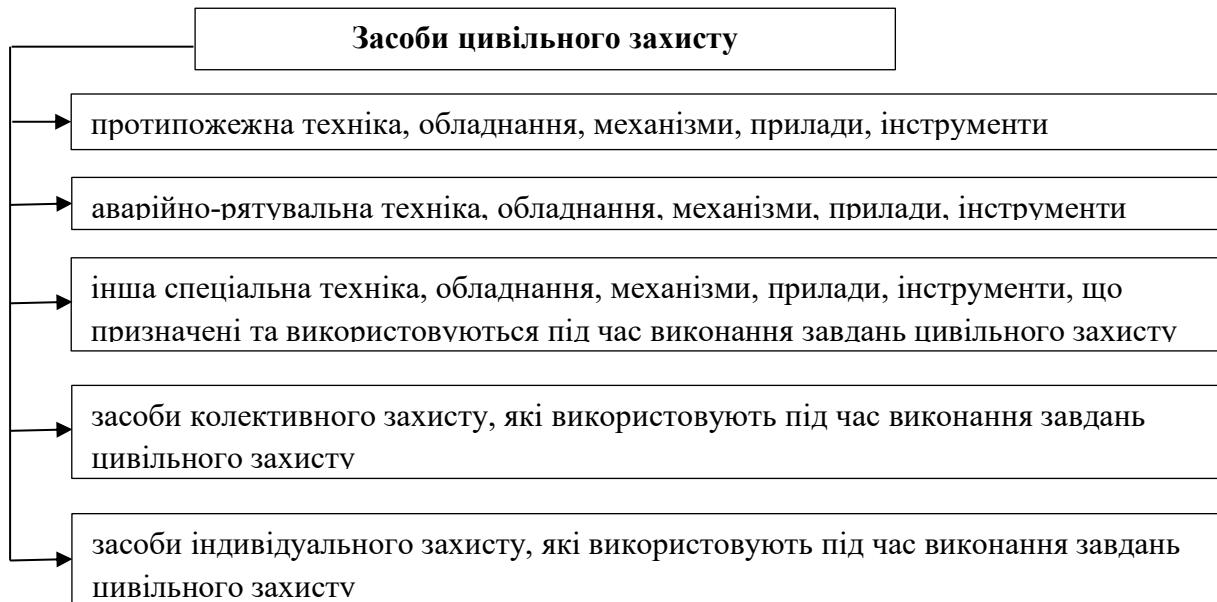


Рис. 1. Групи засобів цивільного захисту [4]

У термінологічних стандартах ДСТУ 2272 [6] та ДСТУ 2273 [7] визначено термін «протипожежна техніка», а термін «пожежна техніка» подано nereкомендованим. Під протипожежною технікою розуміють технічні засоби, призначені для запобігання, локалізування та ліквідування пожеж, захисту людей, матеріальних цінностей та довкілля від діяння небезпечних чинників пожежі, провадження пожежно-рятувальних робіт.

З розгляду положень ДСТУ 2273 [7] маємо, що під технікою розуміють машини (механізми), устаткування (обладнання), прилади, інструменти, а також пристрої, апарати, транспортні засоби та системи. Тому в подальшому назви першої, другої та третьої груп (див. рисунок 1) будемо подавати скорочено «протипожежна техніка», «аварійно-рятувальна техніка» та «спеціальна техніка».

Розрізняють активний і пасивний протипожежний захист [8]. Активний протипожежний захист забезпечують використанням систем пожежної сигналізації (виявлення та оповіщення про пожежу), стаціонарними системами пожежогасіння, системами протидимового захисту та автоматичними пристроями (системами) закривання протипожежних та протидимових перешкод [9]. Інші системи, елементи будівельних конструкцій, продукція, матеріали і речовини, які забезпечують протипожежний захист, належать до систем пасивного протипожежного захисту. Останні системи, системи протидимового захисту та автоматичні пристрої закривання протипожежних і протидимових перешкод не віднесено до протипожежної техніки в ДСТУ 2273 [7]. Положення ДСТУ 2273 [7] не охоплюють деякі види засобів протипожежного захисту та інших засобів, що належать до протипожежної техніки, про які мова йде в ДСТУ 2272 [6] і правилах [10]

Не включення деяких видів протипожежної техніки до ДСТУ 2273 [7] пов'язано з недосконалим визначенням поняття терміну «протипожежна техніка». Також з моменту перегляду цього стандарту минуло більше сімнадцяти років. За цей час опубліковано нові редакції стандартів, які визначають терміни стосовно протипожежної техніки. У зв'язку з цим ДСТУ 2273 [7], а також ДСТУ 2272 [6], потребують перегляду в рамках виконання окремої науково-дослідної роботи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України від 2 жовтня 2012 року № 5403-VI (Офіційний вісник України від 30.11.2012 — 2012 р., № 89, стор. 9, стаття 3589, код акту 64336/2012)
2. ДСТУ 3891:2013 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Терміни та визначення основних понять — Чинний від 2014-01-01. — К.: Держспоживстандарт України, 2014. — 22 с.
3. ДСТУ 7098:2009 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Ліквідування надзвичайних ситуацій та їх наслідків. Загальні положення — Чинний від 2011-07-01. — К.: ВНДІ ЦЗ, 2011. — 18 с.
4. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо вдосконалення державного нагляду (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки» від 2 травня 2023 року № 3036-IX (Офіційний вісник України від 19.06.2023 — 2023 р., № 55, том 1, стор. 11, стаття 3058, код акта 118597/2023)
5. Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности продукции, предназначенной для гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (ТР ЕАЭС 050/2021) / Режим доступа: [Електронний ресурс] <https://docs.cntd.ru/document/726730592>
6. ДСТУ 2272:2006 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. — Чинний від 2006-10-01. — К.: Держспоживстандарт України, 2007. — 32 с.
7. ДСТУ 2273:2006 Протипожежна техніка. Терміни та визначення основних понять. — Чинний від 2007-04-01. — К.: Держспоживстандарт України, 2007. — 44 с.
8. ISO 13943:2023 Fire safety — Vocabulary. - Document published on: 2017-07. — Geneva: International Organization for Standardization, Ed. 4, 2023. — 66 p.
9. ISO 20710-1:2022 Fire safety engineering — Active fire protection systems — Part 1: General principles. — Geneva: International Organization for Standardization, Ed. 1, 2022. — 14 p.
10. НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні», затверджені наказом МВС України від 30.12.2014 року №1417 та зареєстровані в Міністерстві юстиції України від 05 березня 2015 за №252/26697 (Офіційний вісник України від 10.04.2015 — 2015 р., № 26, стор. 91, стаття 767, код акту 76237/2015).

*Kravchenko R., candidate technical Sciences, senior researcher,
Khromenkov D., Gulyk Y., Ilchenko N.,
Koroleva O. candidate economy Sciences, associate professor
Institute of Public Administration and Scientific Research on Civil Protection*

ANALYSIS OF REGULATORY DOCUMENTS AND OTHER SOURCES OF INFORMATION REGARDING TERMS FOR CIVIL PROTECTION MEANS

The relevance of improving the terminological regulatory framework of Ukraine regarding means of civil protection is related to the solution of the problem of streamlining the system of terms regarding means of civil protection in order to eliminate risks associated with technical regulation, standardization and standardization of means of civil protection in the conditions of adaptation of the legislation of Ukraine to the legislation of the European Union in the field of technical regulation and standardization.

ДО ПИТАННЯ СТАНУ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

За оцінками Міжнародної організації праці, щорічно близько 2,3 млн осіб у світі гинуть внаслідок нещасних випадків на робочому місці або через захворювання, пов'язаними з роботою, що складає в середньому 6000 осіб щодня. Також щорічно у всьому світі стається близько 340 млн нещасних випадків на виробництві, жертвами яких стають 160 млн осіб. Щорічні економічні збитки, пов'язані з виплатою компенсацій, втратою робочого часу, перервами у виробничій сфері, видатками на медичне обслуговування та іншими витратами, становлять 1,25 трлн доларів США (4 % світового валового внутрішнього продукту) [1].

Забезпечення безпеки і здоров'я працівників на робочих місцях у мирний час потребує багато зусиль, впровадження передових методів управління та технологій, ресурсів. З настанням та в умовах війни функціонування суб'єктів господарювання суттєво ускладнюється навіть на умовно безпечних територіях, що позначається і на управлінні БЗР як невіддільному складнику загальної системи управління підприємством. Зумовлено це тим, що суспільство раптово стикається з досі невідомими йому та непередбачуваними загрозами. Навколишнє середовище, зокрема робоче, раптово стає максимально ворожим та підступним. Раптом виникає необхідність дуже швидко ухвалювати відповідальні рішення. А персонал до цього часто не готовий [2].

Тому нижче розглянемо основні небезпеки та загрози, пов'язані з воєнним станом:

1. Фізична небезпека: Воєнний стан може призводити до насильства, бойових дій та конфліктів між ворожими збройними силами. Це створює ризик для життя та здоров'я людей, включаючи цивільних мешканців. Зведення будівель, пожежі, обстріли та інші форми фізичної небезпеки є загальними під час воєнних дій.

2. Економічна загроза: Воєнний стан призводить до відсутності стабільності в економіці. Зниження виробництва, згублені робочі місця, зруйнована інфраструктура та зменшення доступу до основних ресурсів становлять значну загрозу для добробуту громадян.

3. Гуманітарна криза: Воєнний стан зазвичай супроводжується гуманітарною кризою, зокрема переміщенням населення, біженцями, голодомором та небезпекою епідемій. Він також може спричинити обмежений доступ до медичної допомоги та інших соціальних послуг.

4. Соціальні проблеми: Воєнний стан може призводити до політичної та соціальної нестабільності, зокрема до порушення прав людини, включаючи насильство, знущання, зникнення безвісти та етнічні конфлікти. Це може мати довготривалі наслідки для громадянського суспільства.

5. Психологічний вплив: Воєнний стан може мати серйозний психологічний вплив на людей. Стрес, тривога, посттравматичний синдром та депресія часто виникають внаслідок воєнних дій. Це може призвести до психічних проблем і погіршення якості життя. Загально кажучи, воєнний стан створює складні ситуації та великі загрози для людей на багатьох рівнях.

Спричиняють додатковий травматизм в умовах війни такі події (небезпеки), як:

- ракетний обстріл/удар;
- артилерійський обстріл;
- підлив на мінах, боєприпасах, що не вибухнули, та залишених боєприпасах;
- обстріл зі стрілецької зброї, зокрема автоматичної;

- авіаудар/авіабомбардування;
- вибух (його ударна хвиля);
- обвал будівлі (руйнування будівельних конструкцій) унаслідок бомбардування/ ракетного удару;
- обстріл із танку/БТР;
- наїзд танка на автотранспортний засіб;;
- вибух резервуарів із сировиною, компонентами та готовою продукцією внаслідок ракетного удару.

Така надзвичайно велика кількість ризиків не може не вплинути на кількість травмованих та загиблих на робочих місцях, що і підтверджують наступні дані.

У цілому за статистичними даними робочих органів виконавчої дирекції Фонду соціального страхування України впродовж з 24.02.2022 по 01.01.2023 зареєстровано 392 повідомлення про нещасні випадки на виробництві, які сталися у зв'язку з бойовими діями. Так, при виконанні трудових обов'язків через активні бойові дії постраждало 772 працівники, з них із смертельним наслідком 221 працівник. При цьому після закінчення розслідування складено акти за формою Н-1 по 590 потерпілих (у т.ч. 158 смертельно) , з яких 586 актів за формою Н—1/П, пов'язаних з виробництвом (у т.ч. 157 – з смертельним наслідком) та чотири акти за формою Н-1/НП, не пов'язані з виробництвом (у т.ч. один — з смертельним наслідком). По інших нещасних випадках, що сталися під час виконання трудових обов'язків і пов'язані з веденням бойових дій, на які не складено акти за формою Н—1 розслідування ще тривають. Найбільшу кількість потерпілих від нещасних випадків, що сталися під час виконання трудових обов'язків і пов'язані з веденням бойових дій у 2022 році, зареєстровано у: м. Києві 161 особа (у т.ч. 42 Дніпропетровській області Харківській області 78 — - 99 осіб (у т.ч. 32 осіб (у т.ч. 16 – з смертельним наслідком) , з смертельним наслідком), з смертельним наслідком), Миколаївській області — 76 осіб (у т.ч. 28 – з смертельним наслідком) , Донецькій області – 70 осіб (у т.ч. 12 - — з смертельним наслідком) та Запорізькій області — 61 особа (у т.ч. 13 — з смертельним наслідком) [3] .

Логічним є те, що прифронтові області України та області і міста які піддаються більш активним обстрілам, будуть мати більшу статистику травматизму від небезпек воєнного часу серед працівників підприємств, установ, організацій.

Якщо проаналізувати стан виробничого травматизму за галузями, то згідно статистичних даних Держпраці станом на 20.10.2023 року ситуація має наступний вигляд:

- соціально-культурної сфери (громадське харчування, медико-санітарна допомога, дошкільна та шкільна освіта, державне управління та оборона) – 343 особи;
- транспортної сфери – 150 осіб;
- енергетичної сфери – 111 осіб;
- агропромислового комплексу – 64 особи;
- машинобудування – 56 осіб;
- торговельної сфери – 48 осіб;
- металургійної промисловості – 35 осіб.

Нижче подано діаграму нещасних випадків зі смертельним наслідком пов'язаних з виробництвом, за видами діяльності. З початку року, станом на 26.01.2024 року [4].

Кількість потерпілих внаслідок нещасних випадків зі смертельним наслідком, пов'язаних з виробництвом, за видами діяльності. З початку року, станом на 26.01.2024

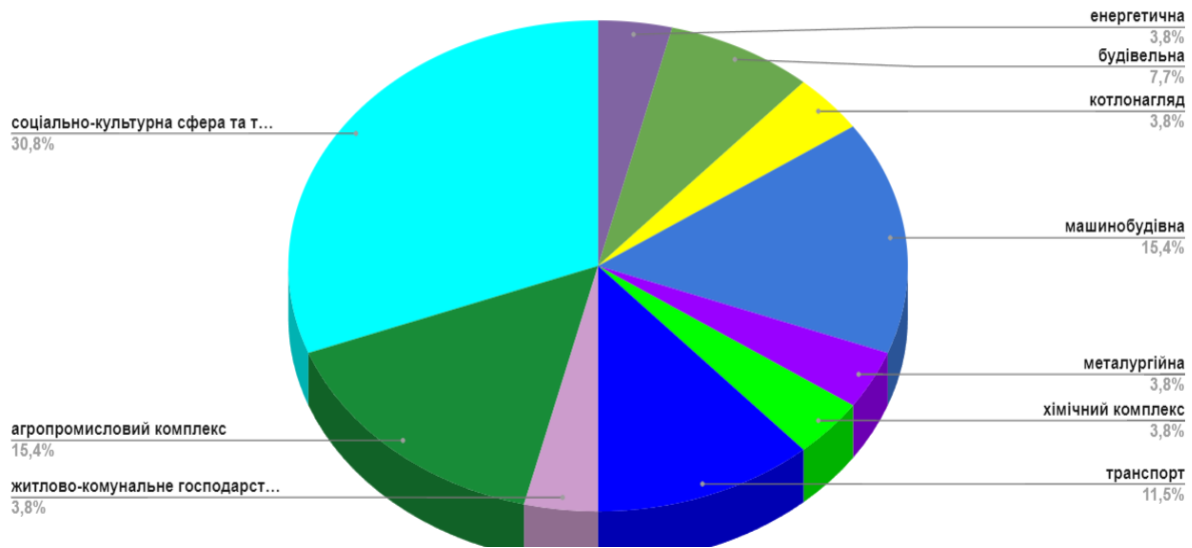


Рис. 1.1 – Кількість потерпілих внаслідок нещасних випадків зі смертельним наслідком

Отже, воєнні дії мають негативний вплив на стан травматизму та кількість загиблих на робочих місцях. Найбільш ризиковою ситуація є у соціально-культурній сфері, транспортній та енергетичній.

ЛІТЕРАТУРА

1. Цибульська О. «На роботі гине більше людей, ніж на війні». Охорона праці. 2022. № 9(339) . С.8–11
2. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---europe/---ro-geneva/---sro-budapest/documents/genericdocument/wcms_856143.pdf
3. Федоренко М. Аналіз стану виробничого травматизму в Україні у 2022 році. Додаток до журналу «Охорона праці». 2023. № 3. С. 18–35 .
4. <https://dsp.gov.ua/>

Yu.V. Panimash, candidate of pedagogic sciences, associate professor of the department Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Defence of Ukraine

ON THE QUESTION OF THE STATE OF WORK-PLACE INJURIES IN UKRAINE UNDER THE CONDITIONS OF MARITAL STATE

Society is suddenly faced with hitherto unknown and unpredictable threats. The environment, in particular the work environment, suddenly becomes extremely hostile and insidious. Suddenly there is a need to make responsible decisions very quickly. And the staff is often not ready for this. Therefore, the main dangers and threats associated with martial law were considered in the work.

Вадим Тютюник, д.т.н., професор, Національний університет цивільного захисту України
Ольга Тютюник, к.т.н., доцент, Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця

Олександр Яценко, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України
Микола Удянський, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України

УДОСКОНАЛЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕРЕЖІ СИТУАЦІЙНИХ ЦЕНТРІВ У МИРНИЙ ЧАС ТА В ОСОБЛИВИЙ ПЕРІОД

Основою системи національної безпеки України є комплексна система безпеки, складові підсистеми якої перебувають у тісних взаємозв'язках і взаємозалежностях, з метою забезпечення відповідного стану захищеності життєвоважливих інтересів людини і громадянина, суспільства і держави, за яких забезпечуються сталий розвиток суспільства, своєчасне виявлення, запобігання і нейтралізація реальних та потенційних загроз національним інтересам. Національна безпека України як інтегральне явище охоплює політичну, економічну, державну, соціальну, інформаційну, економічну, гуманітарну, військову, цивільну, пожежну, екологічну та інші види безпеки.

Нормативно-правова основа функціонування системи національної безпеки України та її підсистем побудована на підставі Конституції України, законів України «Про основи національної безпеки України», «Про оборону України», «Про правовий режим воєнного стану», «Про правовий режим над звичайного стану», «Про демократичний і цивільний контроль над Воєнною організацією і правоохоронними органами держави», затверджена Указом Президента України відповідно до положень Закону України «Про основи національної безпеки України» Стратегія національної безпеки 2015 року, інших законів і нормативно-правових актів, а також на підставі визнаних Україною договорів та угод.

У разі виникнення в Україні чи на окремих її місцевостях надзвичайних ситуацій (НС) техногенного або природного характеру не нижче загальнодержавного рівня, що призвели чи можуть призвести до людських і матеріальних втрат, а також створюють загрозу життю і здоров'ю громадян, або при спробі захоплення державної влади чи зміни конституційного ладу України шляхом насильства Указом Президента України (який підлягає затвердженню Верховною Радою України) може тимчасово вводиться правовий режим надзвичайного стану. Надзвичайний стан в Україні або в окремих її місцевостях передбачає надання відповідним органам державної влади, військовому командуванню та органам місцевого самоврядування відповідно до цього Закону повноважень, необхідних для відвернення загрози та забезпечення безпеки і здоров'я громадян, нормального функціонування національної економіки, органів державної влади та органів місцевого самоврядування, захисту конституційного ладу, а також допускає тимчасове, обумовлене загрозою, обмеження у здійсненні конституційних прав і свобод людини і громадянина та прав і законних інтересів юридичних осіб із зазначенням строку дії цих обмежень.

У разі збройної агресії чи загрози нападу, небезпеки державній незалежності України та її територіальній цілісності Указом Президента України (який підлягає затвердженню Верховною Радою України) може тимчасово вводиться правовий режим воєнного стану. Воєнний стан в Україні або в окремих її місцевостях передбачає надання відповідним органам державної влади, військовому командуванню, військовим адміністраціям та органам місцевого самоврядування повноважень, необхідних для відвернення загрози, відсічі збройної агресії та забезпечення національної безпеки, усунення загрози небезпеки державній незалежності України, її територіальній цілісності, а також тимчасове, зумовлене загрозою, обмеження конституційних прав і свобод людини і громадянина та прав і законних інтересів юридичних осіб із зазначенням строку дії цих обмежень.

Заходи з ліквідації наслідків НС, пожеж та небезпечних подій на території України здійснюються силами цивільного захисту, у тому числі підрозділами Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту, із залученням органів Національної поліції України та підрозділів Національної гвардії України відповідно до покладених на них завдань. Безпосередня організація та координація робіт з ліквідації наслідків НС, пожеж та небезпечних подій здійснюються шляхом: обмін інформацією про загрозу або виникнення НС, пожеж та небезпечних подій у різних регіонах

країни; проведення спільних оперативних нарад Голови ДСНС або його заступників з Головою (заступниками) Національної поліції України та Командувачем (заступниками) Національної гвардії України, керівників територіальних органів ДСНС з керівниками територіальних (у тому числі міжрегіональних) органів Національної поліції України та оперативно-територіальних об'єднань Національної гвардії України; здійснення спільних заходів за планами взаємодії органів управління та сил цивільного захисту в разі виникнення НС, що розробляються на регіональних і місцевих рівнях; проведення спільних навчань та тренувань; здійснення інших заходів.

З метою підвищення ефективності інформаційно-аналітичного забезпечення прийняття управлінських рішень, взаємодії, координації і контролю за діяльністю органів виконавчої влади, правоохоронних органів та військових формувань у сферах національної безпеки і оборони у мирний час, а також в особливий період, у тому числі в умовах воєнного стану, в умовах надзвичайного стану та під час виникнення кризових ситуацій, що загрожують національній безпеці України, Рада національної безпеки і оборони України вирішила розширити та у подальшому розвинути єдину мережу ситуаційних центрів, до складу якої мають входити Головний ситуаційний центр України, Урядовий ситуаційний центр, ситуаційні центри органів сектору безпеки і оборони, ситуаційні центри центральних органів виконавчої влади, Ради міністрів Автономної Республіки Крим, обласних, Київської та Севастопольської міських державних адміністрацій, а також резервні та рухомі ситуаційні центри [1].

Авторами з метою розвитку науково-технічних основ створення системи підтримки прийняття антикризових рішень в системі ситуаційних центрів єдиної державної системи цивільного захисту (ЄДСЦЗ) в роботі [2] представлена методика обґрунтування оптимальних антикризових рішень щодо забезпечення відповідного рівня безпеки життєдіяльності держави при НС різного характеру в умовах невизначеності вхідної інформації для експертів системи ситуаційних центрів. Ситуаційний центр при функціонуванні в ЄДСЦЗ повинен, у відповідності до даних рис. 1, забезпечити: 1) аналіз отриманої від підсистеми моніторингу інформації; 2) моделювання розвитку НС на території міста, регіону, держави; 3) розробку та ухвалення управлінських рішень щодо попередження та ліквідації НС, а також мінімізації їх наслідків.

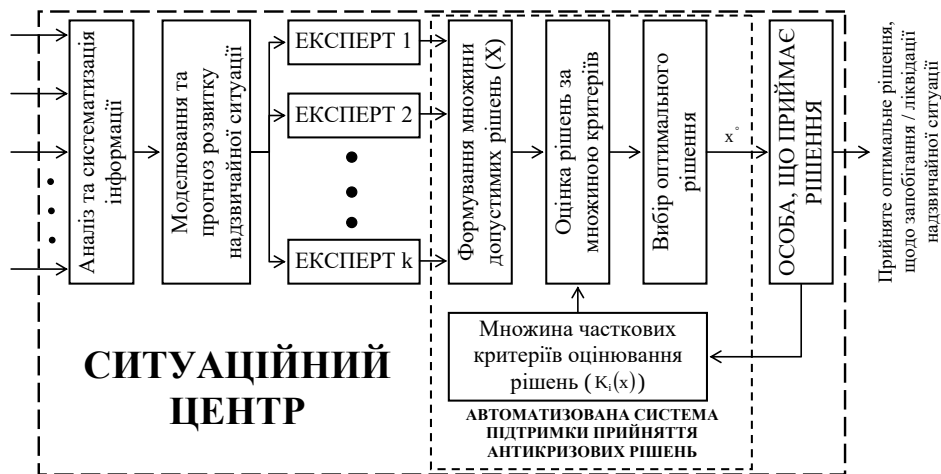


Рисунок 1. Функціональна схема обґрунтування оптимальних антикризових рішень щодо забезпечення відповідного рівня безпеки життєдіяльності держави при надзвичайних ситуацій різного характеру, в умовах невизначеності вхідної інформації для експертів системи ситуаційних центрів Єдиної державної системи цивільного захисту

Функціонування, представленої на рис. 1, схеми в умовах повноти вхідної інформації та наявності одного часткового критерію оцінювання множини допустимих рішень не представляє труднощів при обґрунтування оптимальних антикризових рішень. З іншого боку, сучасні проблемні ситуації характеризуються неповнотою знань (невизначеністю) вихідних даних та множиною часткових критеріїв оцінювання. Таким чином, традиційний підхід, заснований на декомпозиції проблеми на дві умовно незалежні задачі – багатокритеріальної оптимізації в

детермінованих, тобто без урахування невизначеності, постановці і прийняття рішення в умовах невизначеності для скалярної цільової функції в сучасних умовах, не задовольняє вимогам практики за точністю й ефективністю.

Це обумовлено тим, що задача багатокритеріальної оптимізації в принципі є некоректною, тому що дозволяє визначити рішення тільки з точністю до області компромісних рішень, а її регуляризація для визначення єдиного рішення, заснована на розрахунку узагальненої багатофакторної скалярної оцінки, базується на погано структурованих, суб'єктивних експертних оцінках, детермінація яких призводить до великих похибок. З іншого боку, методи прийняття рішень в умовах невизначеності за скалярною оцінкою і очікуваного ефекту, без урахування його багатокритеріальної, так само не адекватні. Тому викає необхідність розвитку методології комплексного вирішення задачі прийняття рішень з урахуванням багатокритеріальної і неповної невизначеності вихідних даних.

Таким чином, створення в Україні ситуаційних центрів, як елементів ЄДСЦЗ, відбувається в умовах імовірнісного територіально-часового розподілу джерел виникнення небезпек. Це обумовлюється невизначеністю параметрів, які впливають на умови нормального функціонування території України. У зв'язку з цим виникає проблема прийняття оптимальних антикризових рішень в умовах невизначеності щодо забезпечення відповідного рівня безпеки життєдіяльності держави.

Показано, що процедура прийняття експертами ситуаційного центру управлінських антикризових рішень ускладняється тим, що необхідними умовами ефективності рішень є їх своєчасність, повнота й оптимальність. Тому, підвищення ефективності прийнятих рішень пов'язане з необхідністю рішення задачі багатокритеріальної оптимізації в умовах невизначеності. Це потребує розробки формальних, нормативних методів і моделей для комплексного рішення проблеми прийняття рішень в умовах багатокритеріальності й невизначеності при управлінні процесами запобігання та локалізації НС для забезпечення ефективного функціонування ЄДСЦЗ за трьома групами критеріїв, а саме: показники забезпечення відповідного рівня безпеки життєдіяльності; показники функціональної спроможності ЄДСЦЗ; показники фінансових затрат на функціонування цієї системи безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рішення Ради національної безпеки і оборони України від 4 червня 2021 року «Щодо удосконалення мережі ситуаційних центрів та цифрової трансформації сфери національної безпеки і оборони», Введено в дію Указом Президента України від 18 червня 2021 року № 260/2021.

2. Тютюник В.В., Яценко О.А., Рубан І.В., Тютюник О.О. Особливості функціонування системи ситуаційних центрів на різних стадіях розвитку надзвичайних ситуацій. Науковий журнал «Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони». Київ: Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського. 2022. 1(43). С. 41–52. URL: <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/15894>

IMPROVING THE FUNCTIONING OF THE NETWORK OF SITUATION CENTERS IN PEACETIME AND IN SPECIAL PERIODS

In order to further develop the scientific and technical foundations for creating an information and analytical subsystem for managing the processes of preventing and eliminating emergencies in the Unified State Civil Protection System, the paper considers the features of the functioning of situational centers at various stages of the development of emergencies, as well as the features of substantiation by experts of anti-crisis decisions regarding the functioning public authorities, local governments, governments and civil protection forces to ensure an appropriate level of safety for the life of the population and the territory of the state.

Олександр Яценко, к.е.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України;
Вадим Тютюник, д.т.н., професор, Національний університет цивільного захисту України

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАХОДІВ ОПОВІЩЕННЯ ТА ІНФОРМУВАННЯ В ОБ'ЄДНАНИХ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАДАХ (ОТГ)

Оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій полягає у своєчасному доведенні такої інформації до органів управління цивільного захисту, сил цивільного захисту, суб'єктів господарювання та населення.

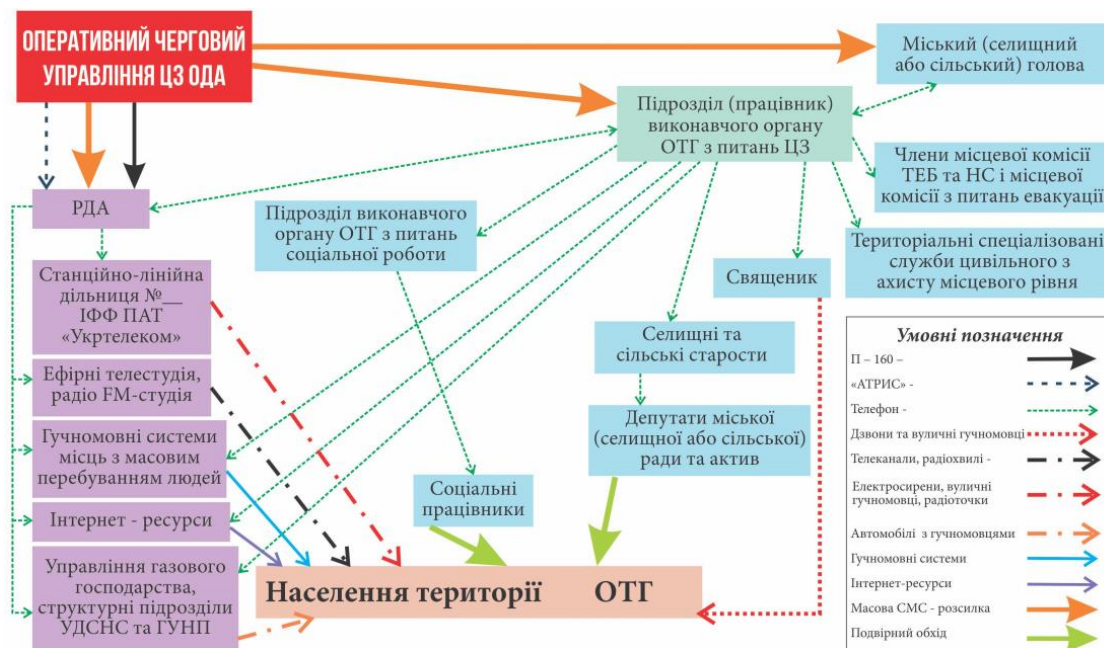


Рисунок 1 –Схема оповіщення об'єднаної територіальної громади

Рішення про оповіщення керівного складу ланки територіальної підсистеми єдиної державної системи цивільного захисту рекомендується здійснюватися радіотрансляційною мережею, телефоном, посилюючим або іншим способом за схемою, затвердженою міським (сільським, селищним) головою, на підставі:

- повідомлення про загрозу або виникнення надзвичайної ситуації, отриманого від суб'єкта, який є джерелом інформації, та фактичної обстановки, що склалася у зоні можливого ураження;

- пропозицій органів виконавчої влади та керівників суб'єктів господарювання, на території яких виникла (може виникнути) надзвичайна ситуація або небезпечна подія, а також з урахуванням відповідних Планів реагування на надзвичайні ситуації зазначених суб'єктів.

Для привернення уваги населення перед оповіщенням про загрозу або виникнення надзвичайної ситуації передається попереджувальний сигнал "УВАГА ВСІМ". Це головний сигнал цивільного захисту. Він подається включенням сирен, а також інших сигнальних засобів, трансляцією спеціального повідомлення мережами мовлення для привернення уваги населення в екстремальних випадках.

На кожний випадок надзвичайних ситуацій структурним підрозділом з питань цивільного захисту готуються варіанти повідомлень, що включають:

- місце і час виникнення надзвичайної ситуації;
- розміри та її масштаби;
- час початку та тривалість дії факторів ураження;
- територія, що потрапляє в осередки (зони) ураження;
- порядок дій при надзвичайних ситуаціях.

Ця інформація передається протягом 5-ти хвилин після подачі звукових сигналів (сирени, гудки і т.д.). Зміст кожного повідомлення буде залежати від умов, розмірів, тривалості та масштабів можливих наслідків надзвичайних ситуацій, ступеня небезпеки факторів ураження для населення.

Сучасні автоматизовані системи оповіщення в об'єднаних територіальних громадах можуть забезпечувати:

- скорочення часу на проведення оповіщення та інформування;
- залучення до оповіщення та інформування операторів рухомого (мобільного) зв'язку, телерадіоорганізації;
- створення місцевого радіо (малопотужного ГМ-мовлення) для доведення інформації, що стосується безпечної життєдіяльності населення (місцеві новини та реклама), та можливості інформування про загрозу або виникнення небезпеки на певній адміністративній території, інформування про дії під час ліквідації її наслідків;
- зв'язок взаємодії автоматизованої системи оповіщення об'єднаної територіальної громади з територіальною автоматизованою системою централізованого оповіщення.

Автоматизована система оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій, побудована відповідно до показників Європейського стандарту (ETSI 102182), передбачає забезпечення оповіщення: 50% населення - у термін не більше 3 хвилин; 97% населення - у термін не більше 5 хвилин.

Інформування у сфері цивільного захисту передбачає доведення до населення оперативної інформації про загрозу або виникнення надзвичайної ситуації з визначенням меж її поширення і наслідків, а також про способи та методи захисту від них.

Органи управління цивільного захисту з питань інформування населення зобов'язані:

- надавати населенню через засоби масової інформації оперативні та достовірні відомості про надзвичайні ситуації, що прогножуються або виникли, їх класифікацію, межі поширення можливі наслідки та способи захисту від них;
- здійснювати контроль щодо систематичного та оперативного оприлюднення інформації про потенційно небезпечні об'єкти та об'єкти підвищеної небезпеки:
 - дані про природу можливого ризику під час аварій, включаючи вплив на людей та навколишнє природне середовище; спосіб інформування населення у разі загрози або виникнення аварії; поведінку, якої слід дотримуватися;
- забезпечувати оприлюднення інформації про наслідки надзвичайної ситуації.

Пропозиції щодо організації заходів оповіщення та інформування в об'єднаних територіальних громадах (ОТГ)

1. Аналіз стану технічних засобів оповіщення діючих автоматизованих систем оповіщення (територіальна, місцева, спеціальні, локальні, об'єктові), що функціонують на адміністративній території.

Вивчення наявності: електросирен, вуличних гучномовців інших технічних засобів оповіщення існуючої автоматизованої системи цивільного захисту; місць та об'єктів з масовим перебуванням людей та об'єктів підвищеної небезпеки.

Вивчення технічних характеристик обладнання та технічних засобів оповіщення (сигнально-гучномовних пристроїв, електронних інформаційних табло, електронних сирени та інших технічних площ населених пунктів об'єднаної територіальної громади.

2. Планування заходів зі створення нових автоматизованих систем оповіщення та інформування на території об'єднаної територіальної громади.

Прийняття рішення об'єднаної територіальної громади щодо фінансування заходів зі створення автоматизованої системи оповіщення, визначення етапів її побудови.

Визначення відповідальних посадових осіб за створення автоматизованої системи оповіщення та організацію чергової служби для забезпечення оповіщення.

Складання плану заходів щодо впровадження автоматизованої системи оповіщення з урахуванням етапів її впровадження. Прийняття розпорядчих документів щодо проведення заходів з побудови нових систем оповіщення та інформування. Передбачення фінансування заходів зі створення таких систем на території об'єднаної територіальної громади. Розроблення технічних вимог до

автоматизованої системи оповіщення та визначення підрядної організації для розроблення проектної документації щодо побудови систем оповіщення та інформування. Розроблення проектної документації на створення автоматизованої системи оповіщення та її погодження з ДСНС проектною організацією.

3. Побудова нової автоматизованої системи та інформування.

Реалізація заходів щодо впровадження нової автоматизованої системи оповіщення (придбання сучасних технічних та програмно-технічних засобів оповіщення, виконання пусконаладжувальних робіт підрядною організацією).

Проведення дослідної експлуатації та введення в експлуатацію автоматизованої системи оповіщення.

4. Проведення заходів щодо організації технічної експлуатації та підтримання автоматизованої системи оповіщення у робочому стані.

Підготовка персоналу, на якого покладаються функції з організації оповіщення населення та технічної експлуатації автоматизованої системи оповіщення.

Планування заходів та укладання відповідних договорів для експлуатаційно-технічного обслуговування автоматизованої системи оповіщення.

Етапи побудови нових автоматизованих систем оповіщення та інформування

I етап Організація чергової служби, на яку покладаються завдання з оповіщення та інформування. Встановлення обладнання для оповіщення (у будівлі виконавчого комітету міської (сільської, селищної) ради; у центрі громадської безпеки об'єднаної територіальної громади або в місцевому пожежно-рятувальному підрозділі).

Встановлення електронних сирен в школах, лікарнях а також в інших об'єктах з масовим перебування людей центрального населеного пункту об'єднаної територіальної громади.

II етап Поступове обладнання населених пунктів об'єднаної територіальної громади електронними сиренами, гучномовцями та іншими технічними засобами оповіщення.

Впровадження в центральному населеному пункті об'єднаної територіальної громади місцевого радіо (студії малопотужного РМ- мовлення) для інформування населення, у тому числі під час загрози або виникненні надзвичайної ситуації.

III етап Встановлення електронних сирен та гучномовців у всіх населених пунктах об'єднаної територіальної громади.

Обладнання навчальних та інтернатних закладів, закладів охорони здоров'я, підприємств, установ і організацій, інших об'єктів з масовим перебуванням людей всіх населених пунктів об'єднаної територіальної громади гучномовцями та радіоприймачами для інформування населення.

Забезпечення оповіщення та інформування сто відсотків населення об'єднаної територіальної громади у тому числі через місцеве радіо.

Покрокові дії для створення автоматизованої системи оповіщення та інформування наведені у додатку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403- VI.
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 26.06.2013 № 444 "Про затвердження Порядку здійснення навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях" .
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 26.06.2013 р. № 443 "Порядок підготовки до дій за призначенням органів управління та сил цивільного захисту".
4. Постанова Кабінету Міністрів України від 09.10.2013 № 787 "Про затвердження Порядку утворення, завдання та функції формувань цивільного захисту".

PROPOSALS REGARDING THE ORGANIZATION OF ANNOUNCEMENT AND INFORMATION ACTIVITIES IN UNITED TERRITORIAL COMMUNITIES

Notification of a threat or the occurrence of emergency situations consists in timely delivery of such information to civil defense management bodies, civil defense forces, business entities and the population.

*Карпеко Н.М., к.н. з держ. упр., доцент
Національний університет цивільного захисту України*

ЗАСТОСУВАННЯ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ ПРИ ФОРМУВАННІ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИХ МЕХАНІЗМІВ ПРОТИДІЇ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ

Нині в економіці нашої країни склалася ситуація, коли основні виробничі фонди, застарілі технології, технічні і технологічні системи є джерелами аварій і катастроф. При значному зниженні запасу вартості і залишкового ресурсу технологічного устаткування внаслідок корозії, втоми, старіння і зносу, а також в період оновлення технологій перевізних процесів, матеріалів і зміни поколінь фахівців з втратою рівня професійності зростає вірогідність виникнення надзвичайних ситуацій (НС) і вірогідний збиток при аваріях на промислових і транспортних об'єктах.

В зв'язку з цим первинне значення має розробка організаційно-економічних механізмів ліквідації наслідків аварій і стихійних лих, державного регулювання ринкової економіки в області створення економічного механізму відшкодування економічного збитку від аварій і катастроф господарюючим суб'єктам і населенню для забезпечення стійкості функціонування економіки. Проте, незважаючи на велику кількість виконаних досліджень в області попередження і ліквідації НС, питання визначення превентивних заходів, ліквідації наслідків, відшкодування збитку, визначення особливостей аварій і катастроф, показників ефективності і методів їх розрахунку не знаходять належної уваги.

В той же час визнається, що ефективним способом розробки організаційно-економічних механізмів ліквідації наслідків аварій і стихійних лих в промисловості і на транспортних комунікаціях являється застосування методології ризик-менеджмента і концепції прийнятного ризику. При цьому повинні враховуватися відмітні особливості і економічні чинники промислових і транспортних аварій (катастроф).

Аналіз вітчизняного і зарубіжного досвіду в області розробки і застосування організаційних і економічних способів управління ризиком (безпекою) показує, що існує досить велике число механізмів, спрямованих на зниження рівня ризику (виникнення НС), несприятливої дії на економіку, природне середовище і т. д. Їх суть визначається змістом економічних методів підвищення безпеки і протидії НС. Усі ці механізми можна розділити на декілька груп. Структура системи організаційно-економічних механізмів управління ризиками може включати наступні механізми: економічній відповідальності; стимулювання зниження рівня ризику; перерозподіли ризику; резервування; формування і використання централізованих фондів; управління програмами зниження рівня ризику; оцінювання комплексного рівня ризику. У свою чергу, до кожної групи можуть входити механізми, що мають загальні принципові особливості і відрізняються один від одного лише деякими модифікаціями [3, с.18].

Група механізмів економічної відповідальності повинна включати систему стандартів (норм, нормативів, квот), відхилення від яких веде до певних економічних санкцій (від штрафів до зупинки процесів, заборони будівництва та ін.). Відповідні стандарти торкаються в першу чергу вживаних технологій перевізних процесів небезпечних вантажів. До цієї ж групи механізмів доцільно віднести механізми експертизи (проектів будівництва, реконструкції і капітального ремонту споруд і інших об'єктів системи), в яких оцінка рівня безпеки (ризика) робиться експертною комісією і економічна відповідальність визначається залежно від результатів експертизи.

Важливий клас складають механізми відшкодування збитку, в яких економічна відповідальність прямо пов'язана з величиною збитку від виникнення надзвичайної ситуації на транспорті. У групу механізмів стимулювання зниження рівня ризику слід включити механізми пільгового оподаткування, а також пільгового кредитування і компенсації витрат

на проведення заходів по підвищенню рівня безпеки (зниження ризику) на об'єктах інфраструктури.

До механізмів перерозподілу ризику пропонується віднести механізми страхування (державне, незалежне і взаємне страхування). Головним завданням страхового захисту в цьому випадку має бути забезпечення економічної підтримки заходів з попередження НС на транспорті, здійснюваних державними органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування і транспортними організаціями (незалежно від організаційно-правових форм і виду власності), і страхового покриття збитку у разі їх виникнення [1].

На відміну від попередніх класів механізмів, спрямованих в основному на підвищення рівня безпеки або зниження ризику, механізми резервування спрямовані на створення умов для швидкої ліквідації НС на об'єктах і зменшення втрат від неї. Механізми формування і використання централізованих фондів більшою мірою мають бути націлені не стільки на формування, скільки на їх ефективний розподіл. І, нарешті, при розробці механізмів управління регіональними програмами зниження ризиків і пом'якшення наслідків НС природного і техногенного характеру можуть використовуватися усі механізми, і в першу чергу механізми стимулювання зниження рівня ризику і механізми узгодження інтересів органів управління.

Визначення організаційно-економічних механізмів зниження рівня ризику НС на транспорті дозволяє перейти до обґрунтування системи показників ефективності заходів з попередження і ліквідації наслідків аварій і стихійних лих на транспортних комунікаціях. Формування таких показників можливе на основі застосування методології ризик-менеджменту, що пояснюється випадковою природою виникнення НС. У фінансуванні заходів з попередження і ліквідації НС є присутніми засоби державного бюджету, засоби органу місцевого самоврядування, засоби організацій транспорту, засоби інших джерел. При цьому основними напрямками фінансування є: попередження НС; пом'якшення наслідків від НС; відшкодування збитку, викликаного НС.

Міжнародний досвід показує важливість раціонального розподілу ресурсів між цими складовими. З цією метою потрібно систему показників, що включає дві групи: показники ефективності превентивних заходів і показники ефективності зниження (пом'якшення) збитку. Спочатку розглянемо показники ефективності превентивних заходів.

Превентивні заходи призводять до зменшення НС і скорочення можливого збитку. Особливість превентивних заходів - необхідність здійснення реальних витрат сьогодні в обмін на скорочення віртуального збитку в майбутньому. Реалізація превентивних заходів має бути економічно обґрунтованою. Міра досягнення мети (ефективність) превентивних заходів може бути оцінена відношенням відверненого ризику до ризику до вжиття превентивних заходів. Витрати на превентивні заходи мають бути менше вартості відверненого ризику. Економічна ефективність витрат на превентивні заходи може бути отримана з відношення відверненого ризику (у вартісному вираженні) до цих витрат і для економічно обґрунтованих заходів має бути більше одиниці. При меншому значенні цього відношення подальше вкладення засобів в превентивні заходи захисту стає економічно необґрунтованим. Відшкодування збитку після того, як НС сталася, є одним з важливих елементів захисту населення, а також інтересів господарюючих суб'єктів [2, с.10].

Як вже говорилося, цільовою функцією захисту від НС являється підвищення міри запобігання, пом'якшення і відшкодування збитку. Ефективність захисту населення і економіки прийнятими заходами оцінюється відношенням величини зниження ризику в результаті реалізації превентивних заходів і заходів реагування до величини ризику без вжиття яких-небудь заходів по захисту від НС. Тоді результуюча економічна ефективність витрат на захист від НС може бути оцінена відношенням величини зниження ризику в результаті заходів запобігання, пом'якшення і відшкодування збитку до витрат на ці заходи.

Таким чином, практична значущість пропонованого підходу до оцінки ефективності заходів захисту від НС на основі методології ризик-менеджменту полягає в можливості обґрунтування організаційно-економічних рішень по вибору превентивних заходів захисту

транспортних об'єктів, а також пом'якшення наслідків НС на цих об'єктах і відшкодування збитку. Пропонована система розглянутих показників ефективності захисту об'єктів від НС дозволяє вирішувати завдання оптимізації витрат на захист, зокрема, раціонального розподілу витрат на попередження НС і реагування на них.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вербіцька І.І. Ризик-менеджмент як сучасна система управління ризиками підприємницьких структур [Електронний ресурс]. / І.І. Вербіцька // Сталій розвиток економіки. – 2013. – № 5. – С. 282–291 – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/sre_2013_5_37
2. Мантур-Чубата О.С. Організаційно-економічний механізм управління ризиками зовнішньоекономічної діяльності підприємства: автореф. дис. ... канд. екон. наук / О.С. Мантур-Чубата. – Хмельницький, 2016. – 20 с
3. Тулуб О.М. Ідентифікація ризику як інструмент забезпечення економічної безпеки за ризик-орієнтованого підходу до управління на підприємстві. Вісник Черкаського університету. Серія «Економічні науки». 2018. № 4. С. 2-33.

*Karpeko N.M., Ph.D. in Public administration, associate professor
National University of Civil Defence of Ukraine*

APPLICATION OF RISK MANAGEMENT IN THE OF ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC MECHANISMS FORMATION FOR EMERGENCY SITUATIONS PREVENTION

Currently, the economy of our country has a situation where the main production assets, outdated technologies, technical and process systems are the sources of accidents and disasters. With a significant decrease in the reserve value and residual resource of process equipment due to corrosion, fatigue, aging and wear, as well as in the period of updating technologies of transportation processes, materials and changing generations of specialists with a loss of professionalism, the probability of emergency situations (ES) and probable damage in accidents increases at industrial and transport facilities.

In this regard, the primary importance is the development of organizational and economic mechanisms for liquidation of the consequences of accidents and natural disasters, state regulation of the market economy in the area of creation of an economic mechanism for compensation of economic losses from accidents and disasters to business entities and the population to ensure the stability of the functioning of the economy. However, despite the large number of studies carried out in the field of emergency prevention and elimination, the issues of determining preventive measures, liquidation of consequences, compensation for damage, determining the characteristics of accidents and disasters, performance indicators and methods of their calculation do not receive due attention.

*П.О.Корчагін, А.О. Хмирова, Р.І. Шевченко д.т.н., проф.
Національний університет цивільного захисту України*

ДО ПИТАННЯ ФОРМУВАННЯ ЕКСПЕРТНО-СТАТИСТИЧЕСКОЇ МОДЕЛІ ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ РЕГІОНАЛЬНОГО РІВНЯ В УМОВАХ ВОЄННОГО ВПЛИВУ НА СИСТЕМУ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Під час воєнних дій система підготовки фахівців системи ДСНС стикнулася з низкою викликів які суттєво вплинули на якість знань та навичок, що отримують випускники закладів вищої освіти. Якщо проблематику питання розглянути лише в частині підготовки фахівців з експлуатації аварійно-рятувальної техніки, то слід зазначити наступне. Стала структурно-логічна схема процесу узгодження та підвищення ефективності системи підготовки фахівців з експлуатації аварійно-рятувальної техніки передбачає наявність обов'язкової процедури узгодженості оперативно-технічних параметрів аварійно-рятувальної техніки та методики підготовки фахівців з її експлуатації.

Остання має низку прямих та зворотних зв'язків, які мають за мету підвищення якості можливостей системи запобігання та протидії надзвичайним ситуаціям, насамперед регіонального рівня, та передбачає планову основу застосування, як процедур насичення системи запобігання новими та модернізованими зразками техніки, так і планову процедуру підготовки фахівців, яка постійно переглядається з урахуванням часових та тематичних обмежень. За умов сьогодення наведена процедура узгодження виключена з процесу розподілу аварійно-рятувальної техніки яка надходить у вигляді гуманітарної допомоги від країн партнерів. Також поза її сферою залишається техніка гуманітарного розмінування та спеціальна техніка подвійного призначення.

Порушення зворотних зв'язків процедури узгодженості призводить до виникнення низки протиріч, які стосуються як можливостей всебічної експлуатації техніки так і підготовки відповідних фахівців з її експлуатації, що у свою чергу породжує проблему створення дієвої методології з підвищення ефективності процесу запобігання надзвичайних ситуацій в умовах невизначеності параметрів підготовки фахівців та експлуатації аварійно-рятувальної техніки, які пов'язані з організаційно-управлінськими обмеженнями воєнного часу.

Аналізуючи сучасний стан питання яке досліджується слід, по-перше, розглянути світовий досвід з питань формування методологій оцінки ефективності застосування різного пожежно-технічного обладнання. Так в роботах [1,2] розглянуті основні критерії нечіткої оцінки пожежної безпеки в умовах регіонів з переважним міським населенням. У роботі [3] розглядаються окремі положення теорії надійності систем на прикладі стійкості логістичних зв'язків із забезпечення пожежною технікою. В роботі [4] основна увага приділена шляхам підвищення надійності, ремонтпридатності та технічної безпеки аварійно-рятувальної техніки. Робота [5] присвячена вирішенню питання комплексного проектування протипожежної безпеки, включаючи елементи методології GO та основи проектування надійності. Втім комплексно питання узгодженості систем забезпечення технічними засобами та відповідної підготовки фахівців з їх експлуатації на сьогодні не вирішено. Воно набуває додаткової актуальності за умов порушення зворотних зв'язків процедури узгодженості, що пов'язані з організаційно-управлінськими обмеженнями воєнного часу.

У роботі розглядається проблема формування експертно-статистичної математичної моделі ліквідації надзвичайних ситуацій регіонального рівня в умовах воєнного впливу на систему підготовки фахівців з експлуатації аварійно-рятувальної техніки. У ході дослідження було сформовано набір функціональних обмежень, що дозволяє чітко визначити фізичне поле існування математичної моделі ліквідації надзвичайних ситуацій регіонального рівня в умовах воєнного впливу на систему підготовки фахівців з експлуатації аварійно-рятувальної техніки.

Експертно-статична математична модель складається із чотирьох аналітичних залежностей. Перша описує досягнення необхідного рівня безпеки території та населення відповідно до існуючого співвідношення потенційної небезпеки від наслідків НС та оперативних можливостей територіального підрозділу щодо її протидії. Друга встановлює залежність потенційної небезпеки наслідків НС різного характеру від часу та вирішення окремого експертно-аналітичного завдання щодо прогнозування потенційного рівня небезпеки в рамках функціонування територіальної одиниці. Третя дозволяє визначити нормований індекс експлуатаційних можливостей ліквідації надзвичайних ситуацій регіонального рівня в умовах воєнного впливу та її вплив на систему підготовки фахівців з експлуатації аварійно-рятувальної техніки в умовах четвертої параметричної залежності, що визначає час. Особливістю даного підходу є можливість використовувати в якості математичного апарату для розрахунку прогнозованих показників ризику вже відомі та перевірені підходи, що загалом забезпечить високий рівень достовірності кінцевих результатів використання експертно-математичної моделі.

Створена експертно-статистична модель дозволяє надалі розвивати методологію розрахунку оперативного потенціалу територіальної одиниці на основі існуючих та прогнозованих рівнів потенційної небезпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. HU Bao qing, LIU Min, LO Siu ming (2004). Fuzzy Evaluation Of Fire Safety In High-Rise Buildings. *Journal of Wuhan University of Hydraulic and Electric Engineering*. 37, 67.
2. H Cheng, GV Had jisophocleous (2009). The modeling of fire spread in buildings by Bayesian network. *Fire Safety Journal*, 44(6), 901-908. <http://dx.doi.org/10.1016/j.firesaf.2009.05.005>
3. Marvin Rausand, Anne Barros, Arnljot Hoyland (2010). System Reliability Theory: Models, Statistical Methods, and Applications. *National Defence Industry Press, Beijing, China*, 864. Retrieved from: https://books.google.com.ua/books/about/System_Reliability_Theory.html?id=DSJgvgAACAAJ&redir_esc=y
4. Du Yulong, Hao Ailing, (2011). Integral Reliability Analysis and Evaluation of the Fire Equipment in Building. *The Proceedings of 2011 9th International Conference on Reliability, Maintainability and Safety*, 12179432. <https://doi.org/10.1109/ICRMS.2011.5979243>
5. Shen Zupei, Gao Jia, Huang Xiangrui (2000). A New Quantification Algorithm For The GO Methodology. *Reliability Engineering and System Safety*. 67,3, 241-247. [https://doi.org/10.1016/S0951-8320\(99\)00071-X](https://doi.org/10.1016/S0951-8320(99)00071-X)

P.O. Korchagin, A.O. Khmyrova, R.I. Shevchenko, Doctor of Technical Sciences., prof
National University of Civil Defense of Ukraine

ON THE QUESTION OF THE FORMATION OF AN EXPERT-STATISTICAL MODEL OF THE ELIMINATION OF EMERGENCY SITUATIONS AT THE REGIONAL LEVEL UNDER THE CONDITIONS OF MILITARY INFLUENCE ON THE SYSTEM OF TRAINING SPECIALISTS IN THE OPERATION OF EMERGENCY AND RESCUE EQUIPMENT

The work examines the field of problems of training specialists in the operation of emergency and rescue equipment in the conditions of uncertainty of the process of receiving and modernizing the latter. Approaches to the formation of an expert-statistical model of the process of coordination and improvement of the efficiency of the system of training specialists in the operation of emergency and rescue equipment in everyday and wartime conditions have been developed. The methodology of the process of increasing the efficiency of the management of the base of emergency and rescue equipment in the regions has been developed.

А.О. Мирошниченко¹, М.М.Дівізінюк², д.ф-м.н., проф., Р.І. Шевченко¹ д.т.н., проф.

¹Національний університет цивільного захисту України;

²Центр інформаційно-аналітичного та технічного забезпечення моніторингу об'єктів атомної енергетики НАН України, Україна

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОГО АПАРАТУ ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕРОРИСТИЧНОГО ХАРАКТЕРУ В ТУНЕЛЯХ

Одним з найважливішим елементом критичної інфраструктури будь-якої держави є об'єкти транспортної інфраструктури [1]. Україна не є винятком. Більш того високий відсоток технічної занедбаності та відсутність відповідних обсягів фінансування у процесі оновлення інфраструктури призводить до прискорення небезпечних явищ на зазначених об'єктах [2]. Особливу роль відіграють фактори антропогенного впливу на безпеку об'єктів критичної інфраструктури залізничного транспорту. До останніх слід віднести можливі терористичні акти [3].

Аналіз наслідків надзвичайних ситуацій терористичного характеру на об'єктах залізничного транспорту, як у провідних країнах світу, так і в країнах, що розвиваються та Україні доводять, що протікання процесу надзвичайної ситуації у разі виявлення вибухового пристрою на об'єкті визначається наступною хронологією взаємозалежних подій, а саме: пошук та ідентифікація вибухового пристрою, локалізація та знешкодження вибухового пристрою, дії після закінчення робіт, які у разі виникнення позаштатної ситуації супроводжуються додатковими заходами з її усунення.

З іншого боку аналіз існуючого технічного обладнання спеціальних служб Україні зі знешкодження терористичних пристроїв на об'єктах залізничного транспорту свідчить про відсутність на сьогодні як ефективних інженерно-технічних засобів так і, відповідно, методологічного забезпечення, а саме комплексу методик з попередження надзвичайним ситуаціям терористичного характеру з використанням вибухових пристроїв на об'єктах залізничного транспорту [4].

Ефективність отриманих результатів пояснюється всебічним врахуванням особливостей схеми управління надзвичайною ситуацією терористичного характеру, яка викликана виявленням вибухового пристрою у залізничному тунелі, а саме: моніторинг ситуації, виявлення ризику, оповіщення та евакуація людей, пошук та ідентифікація вибухового пристрою, прийняття рішення на використання спеціального обладнання, підготовчі заходи, знешкодження вибухового пристрою, знищення вибухового пристрою, локалізація наслідків знешкодження, прийняття рішення на відновлення і режиму роботи об'єкта, вплив на ситуацію, аналіз ефективності превентивних заходів та заходів з попередження надзвичайної ситуації. Також враховано і той факт, що зазначені операції пов'язані між собою прямими та зворотними зв'язками, які забезпечують збір інформації про стан об'єкта через елементи системи моніторингу та вплив на об'єкт через систему виконавців, забезпечуючи безперервний процес управління в інтересах мінімізації наслідків надзвичайної ситуації терористичного характеру.

Особливість запропонованого у роботі підходу полягає у поєднанні сучасних досягнень у сфері моделювання процесів виникнення та попередження надзвичайних ситуацій, що у сукупності дозволяє розробити, по-перше, ефективні інженерно-технічні засоби колективного захисту; по-друге, відповідне методологічне забезпечення процесу попередження надзвичайних ситуацій терористичного характеру на об'єктах критичної інфраструктури.

Дана робота має певні обмеження, які слід враховувати при подальших дослідженнях. А саме у ході подальших досліджень з формування методики попередження надзвичайних ситуацій терористичного характеру у тунелях залізничного транспорту необхідно запропонувати варіанти нормативів для оцінювання оперативних дій

піротехніків у літній та зимовий час та за наявності додаткових ускладнюючих факторів небезпеки, на штатт можливості хімічного, радіаційного або бактеріологічного ураження.

Слід також дослідити доцільність внесення змін щодо складу та процедури підготовки оперативних підрозділів, які безпосередньо будуть застосовувати відповідний методичний апарат та засоби додаткового захисту з попередження надзвичайних ситуацій терористичного характеру у тунелях залізничного транспорту.

Розвиток даного дослідження дозволить у подальшому розробити низку практичних рекомендацій по вдосконаленню діючих стандартних оперативних процедур у разі використання пристрою додаткового захисту та методики його застосування з метою забезпечення скорочення часу робіт по локалізації надзвичайних ситуацій терористичного характеру в тунелях залізничного транспорту, недопущенню переростання їх до більш високого рівня небезпеки, та забезпечення достатнього високого рівня індивідуального та колективного захисту особового складу ДСНС та цивільних осіб. Однак певні труднощі очікуються на етапі сертифікації розробленого обладнання та його широкого впровадження в безпосередню діяльність піротехнічних підрозділів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Wray C. Keeping America Secure in the New Age of Terror. *Statement Before the House Homeland Security Committee*. Washington, D.C. November 30, 2017. URL: <https://www.fbi.gov/news/testimony/keeping-america-secure-in-the-new-age-of-terror>.
2. Gus M. Understanding Homeland Security. Los Angeles : SAGE, 2017. 456 p.
3. Lundberg R. Archetypal Terrorist Events in the United States. *Studies in Conflict & Terrorism*, 2019. 42:9. P. 819–835. DOI: 10.1080/1057610X.2018.1430618.
4. Mauroni A. The rise and fall of counter proliferation policy. *The Nonproliferation Review*, 2019. 26:1-2. P. 127–141. DOI: 10.1080/10736700.2019.1593691.

A.O. Myroshnychenko¹, M.M. Divizynyuk², Doctor of Technical Sciences, prof.,
R.I. Shevchenko¹ Doctor of Technical Sciences, Prof.

¹ National University of Civil Defense of Ukraine;

² Center for Information, Analytical and Technical Monitoring of Atomic Energy Facilities of the National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL APPARATUS FOR WARNING OF EMERGENCY SITUATIONS OF A TERRORIST CHARACTER IN TUNNELS

The paper considers the solution of the problem of increasing the efficiency of the process of prevention of terrorist emergencies in the tunnels of railway transport. Within the framework of the set scientific task the current state of the issue of formation of the mathematical apparatus of methods of counteraction to emergency situations of terrorist character in railway tunnels is analyzed. The physical field and conditions of formation of the mathematical model of prevention of emergencies of terrorist character in railway tunnels and the corresponding technique on its basis are defined. At the final stage of solving the scientific problem, the basic equations of the mathematical model of prevention.

**V. N. Yelisieiev, Ph.D., Associate Professor, E. V. Bykova, Ph.D., Associate Professor,
Institute of Public Administration and research on civil protection of Kyiv, Ukraine*

MEASURES TO PREVENT EMERGENCY SITUATIONS AT HIGH DANGER FACILITIES

With the aim of harmonizing the legislation of Ukraine with the legislation of the European Union (EU) in the field of safety of high danger facilities (HDF) and protection of life and health of people and the environment from the harmful effects of emergency situations (ES) on HDF by preventing their occurrence, limiting (localization) of development and liquidation of the consequences, the Law of Ukraine "On objects of increased danger" [1] was improved and the resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated September 13, 2022 No. 1030 "Some issues regarding objects of increased danger" [4] was adopted.

According to the law [1], the functions of the competent authority in the field of activities related to the labor market were transferred from the State Service of Ukraine on Labor Affairs to the State Emergency Service, which is entrusted with the following powers:

- interaction between the executive authorities in the field of activities related to the HDF;
- cooperation with EU bodies and other organizations on the exchange of data on HDF;
- alerting and informing states in the event of cross-border impact in the event of an accident at the HDF;

constant access of the public and business entities (BE) located in the zone of occurrence of the "domino effect" to information about the state of security of the HDF.

The "domino" effect is the probability of the occurrence or consecutive occurrence of accidents at gas stations located near the emergency shelter where the accident occurred when hazardous substances were used.

If one or more hazardous substances (HS) are temporarily or permanently used, processed, manufactured, transported, stored at the gas station, it must carry out an identification procedure to determine the hazard class according to the regulatory document [4].

The legislation defines the main measures of safety regulation of HDF as the development of BE, which according to the results of identification are HDF of the first or second class, the Accident Prevention Policy and the Report on safety measures on HDF. All HDF must have plans for localization and liquidation of accidents and their consequences, carry out mandatory civil liability insurance and enter information in the State electronic register of HDF.

Identification of HDF is carried out by BE. In the process of identification, the total mass of HS is calculated for each HDF. If the value of the total mass of the HS on the object is equal to or exceeds the established standard of the threshold mass - the HDF is considered the HDF of the corresponding class.

The business entity prepares a report on the results of the identification of the HDF and sends it to the regional body of the State Emergency Service.

In document [4], the norms of the threshold masses of NS used for the identification of HDF are brought into line with the EU legislation, the procedure of identification of HDF and their accounting is regulated, requirements for the State electronic register of HDF are established, and the Procedure for investigation of accidents on HDF is determined.

Identification of HDF is carried out in three stages.

At the first stage, a list of hazardous materials by individual names, classes of hazardous materials and hazard categories, listed in Tables 1 and 2 of Appendix 1 [4], which are located or may be located in production units at the facility in accordance with design and technical documentation, is compiled.

At the second stage, a list of production units containing HS, defined in accordance with paragraph 5 of this Procedure [4], is drawn up.

At the third stage, the mass of HS in each individual production unit is determined and the total mass of HS is calculated separately for each individual name of HS, determined according to

Table 1 of Appendix 1 [4]. In the absence of the name of the available HS in the indicated table, the total mass of HS of the corresponding HS class (danger category), determined in accordance with Table 2 of Appendix 1 [4], is calculated. According to the results of the identification of the HDF, the BE prepares a report and sends it to the regional body of the State Emergency Service. The message displays general information about HDF, class of HDF, list of sources of danger, list, class and mass of HS, list of industries where HS is used. In addition, information about neighboring objects, territories and construction objects that may increase the risk of occurrence or consequences of an accident at the object, including the "domino" effect, and information about a legal or natural person - an entrepreneur, is entered in the notification. that carried out the identification of the HDF and which operates (plans to operate) the object, in relation to which the identification of the HDF is carried out.

Business entities, in order to determine the list of requirements, recommendations, restrictions and measures aimed at ensuring compliance with the requirements of the legislation in the field of activities related to safety equipment, prevention of accidents, determine and approve the policy of prevention of accidents at safety equipment of class 1 or 2 [5] .

The accident prevention policy at the emergency shelter, approved by the BE, is provided to the State Emergency Service or its territorial body together with the results of the identification of the emergency shelter it operates, as well as before the commissioning of the completed facilities no later than 30 calendar days before the date of submission to the relevant body of the State Inspection of Architecture and Urban Planning application for acceptance into operation of the completed facility and issuance of a certificate.

Simultaneously with the development of the Accident Prevention Policy at the HDF, the BE develops a plan for the localization and elimination of accidents and coordinates it with the regional division of the State Emergency Service. The plan includes an analysis of hazards, possible accidents and their consequences, the order of interaction and actions of personnel, emergency and rescue services, and the population in an emergency. Planning is carried out for three emergency scenarios: accident "A" within the structural division of the enterprise; accident "B" within the enterprise; accident "C" goes beyond the boundaries of the enterprise (local, regional or state level) [7].

For the purpose of insurance protection of the property interests of the BE and citizens against damage that may be caused as a result of an emergency, dangerous events or carrying out work to prevent or eliminate the consequences of an emergency, as well as insurance compensation of BE, in the use of which there is an HDF, damage that may be caused to third parties or their property as a result of an emergency that may occur at such an object, Article 49 of the Civil Protection Code of Ukraine requires mandatory insurance in the field of civil protection [2].

For 1st and 2nd classes of OPNs, the State Emergency Service prepares and submits a Report on safety measures at OPNs. The report includes an analysis of the decisions made and measures taken aimed at ensuring the safe operation of the OPN, preventing accidents and reducing the consequences in the event of their occurrence [6]. After the occurrence of an accident at the OPN, the SG is obliged to review the Report within 30 calendar days. In the event of failure to eliminate identified deficiencies, the State Emergency Service, together with the State Labor Service, the State Economic Inspection, the State Production and Consumer Service, DIAM takes measures to stop the operation of the OPN or the source of danger.

The state electronic register of the HDF is an information and communication system created in accordance with the requirements of the Law of Ukraine "On Public Electronic Registers" [3]. The holder of the register is the State Emergency Service of Ukraine, which ensures the collection, accumulation, protection, accounting, display, processing of register data and provision of register information, as well as electronic interaction between natural and legal persons, state bodies, local self-government bodies for the purpose of obtaining information defined by law in the field of activity, associated with HDF.

Local state administrations, local self-government bodies post on their official websites within 30 days after receiving information from the State Emergency Service or its territorial body

about the inclusion of the HDF in the Register the following information about the HDF: legal address of the BE; full and abbreviated name of the HDF; the actual address of the HDF; HDF class.

In order to implement the specified normative legal acts, amendments were developed to the Instructions on the organization of inspections of the activities of ministries and other central executive bodies, local state administrations and local self-government bodies regarding the fulfillment of the requirements of laws and other normative legal acts on man-made and fire safety, civil protection, approved by the order of the Ministry of Internal Affairs of February 6, 2017 No. 92 [8].

State supervision and control over the functioning of the HDF in matters of labor protection, ensuring ecological safety and protection of the natural environment, state supervision (control) in the fields of fire and man-made safety, sanitary and epidemic safety, and urban planning are carried out respectively by the State Service of Ukraine for Labor Affairs, the State Environmental inspection, emergency prevention department of the State Emergency Situations Service, State Production and Consumer Service, State Inspection of Architecture and Urban Planning.

REFERENCES

1. On objects of increased danger (2001). Law of Ukraine dated January 18, 2001 No. 2245-III. Update date 07/15/2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2245-14#Text> (date of application 01.03.2024).
2. On insurance (2021): Law of Ukraine dated November 18, 2021 No. 1909-I. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1909-20#Text> (date of application 01.03.2024).
3. About public electronic registers (2021): Law of Ukraine dated November 18, 2021 No. 1907-XX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1907-20#Text> (date of application 01.03.2024).
4. On the approval of the Procedure for the identification of objects of increased danger and their accounting (2022): Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 13.09. 2022. No. 1030. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1030-2022-%D0%BF#Text> (access date 01.03.2024).
5. On the approval of the Procedure for the development of the accident prevention policy of objects of increased danger (2023): Order of the Ministry of Internal Affairs No. 115 dated 21.02.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0416-23#Text>. (access date 01.03.2024).
6. On the approval of the Procedure for the development of a report on security measures at the Ministry of Internal Affairs (2023): Order of the Ministry of Internal Affairs No. 114 dated 21.02.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0417-23#Text>. (access date 01.03.2024).
7. On the approval of Methodological recommendations for the development of the development of plans for the localization and elimination of accidents and their consequences (2022): Order of the State Emergency Service of Ukraine dated 05.17.2022 No. 255. URL: <https://zt.dsns.gov.ua/upload/6/7/9/2/4/6/cyGTvjQHgwmI14stiWeckAQiaFvjE3ealMqd5AQ0.PDF>. (access date 01.03.2024).
8. Instructions on the organization of inspections of the activities of ministries and other central executive bodies, local state administrations and local self-government bodies regarding the fulfillment of the requirements of laws and other normative legal acts on man-made and fire safety, civil protection (2017). Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine dated February 6, 2017 No. 92. URL: https://zakononline.com.ua/documents/show/385667_385732. (access date 01.03.2024).

О.М. Роянов, к.т.н., доцент

А.М. Катунін, к.т.н., с.н.с.

Національний університет цивільного захисту України

ВПЛИВ ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ НА ЧАС ПРИМУСОВОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ РЕЗЕРВУАРІВ ВІД ЗАЛИШКІВ ПАРІВ ЛЕГКОЗАЙМИСТИХ РІДИН

Процес зберігання світлич нафтопродуктів у резервуарних парках є процесом, який потребує жорсткого дотримання правил вибухопожежонебезпеки. Вибухопожежонебезпека цього процесу обумовлена тим, що обладнання резервуарних парків, а саме резервуари та трубопроводи необхідно утримувати в справному стані. Для цього необхідно проводити регламентні та відновлювальні роботи. Основна небезпека проведення цих робіт пов'язана з постійною наявністю легкозаймистих та горючих рідин (ЛЗР та ГР), а також їх парів.

Основним заходом щодо зниження вибухопожежонебезпеки резервуарів під час їх підготовки до проведення регламентних та відновлювальних робіт є фізичне вилучення рідких залишків легкозаймистих та горючих рідин з їх парами. Одним з процесів, який входить до складу підготовчих заходів щодо забезпечення внутрішнього середовища резервуарів є примусова вентиляція. Примусову вентиляцію для резервуарів проводять у за нестаціонарних умов навколишнього середовища, можуть змінюватись температура повітря та вологість. Розглянемо вплив зміни вологості повітря на інтенсивність випаровування залишків рідких залишків ЛЗР та ГР. Інтенсивність випаровування парів залишків світлич нафтопродуктів описується рівнянням [1, 2]:

$$M_{\max} = 0,065 \frac{\rho_B \upsilon F_u F}{(V)} \tilde{Re}^{0,8} Pr_D \pi_D \mu^{0,5} \theta^2, \quad (1)$$

де F_u и F – відповідні площі випаровувань та внутрішніх конструкцій ємності, ρ_B та υ – відповідно щільність та кінематична в'язкість повітря в резервуарі, Pr_D – дифузійне число

Прандтля ($Pr_D = \frac{\upsilon}{D_t}$, де D_t – коефіцієнт дифузії парів рідини), $\pi_D = \frac{p_s}{p_0}$ – параметричне

число тиску; μ – відношення молекулярних мас нафтопродукту та повітря, $\theta = \frac{T_\Gamma}{T_P}$ –

температурний фактор, T_Γ – температура газового середовища; T_P – температура рідини;

$\tilde{Re}$ – аналог числа Рейнольдса, дорівнює $\tilde{Re} = \frac{A}{\upsilon}$, $A = 0,25q(2Vf_B^2)^{-0,33}(V/F)^{1,33}$ –

коефіцієнт турбулентного обміну, q – витрати припливного повітря, V – об'єм резервуару,

f_B – площа припливного отвору (люку лазу), F – площа обмежувальних конструкцій в резервуарі.

Оскільки щільність повітря має властивості щодо зміни свого значення за умов зміни вологості повітря (рис.1), то таким чином стає очевидним вплив вологості повітря, яке потрапляє в резервуар під час примусової вентиляції, на інтенсивність випаровування ЛЗР та ГР (1).

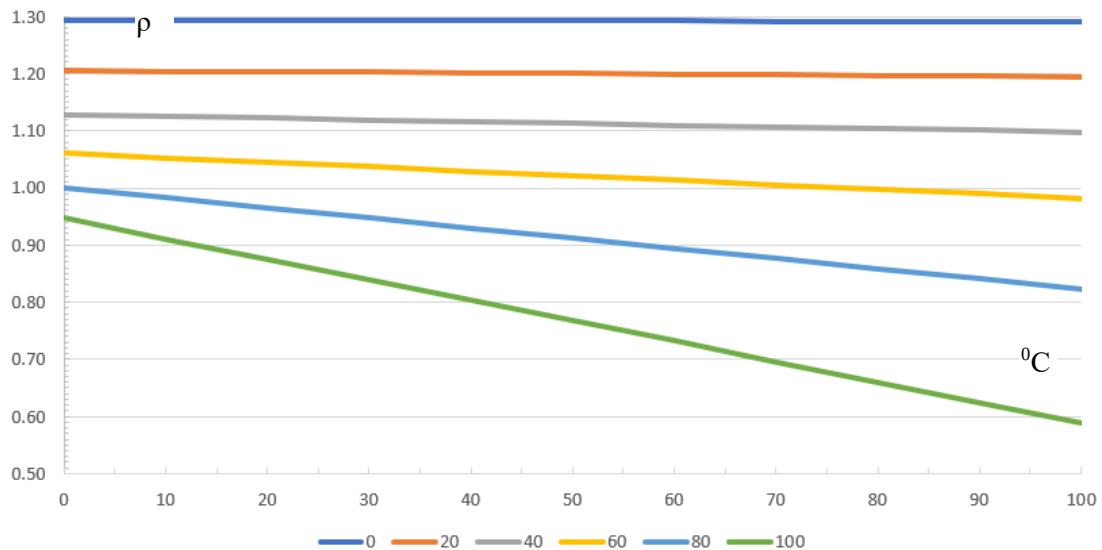


Рис. 1. Вплив зміни вологості повітря (від 0 % до 100 % та температури від 0 °С до 100 °С) на його щільність (кг/м³)

Процес примусової вентиляції резервуару описується диференціальним рівнянням матеріального балансу (2)

$$Vd\varphi + q\varphi d\tau - q\varphi_B d\tau = M d\tau, \quad (2)$$

де V – об'єм резервуару; q – витрати припливного повітря; φ та φ_B – концентрації парів рідини в газовому просторі апарату та в припливному повітрі; M – інтенсивність випаровування; τ – час.

Враховуючи це стає можливим зробити висновок, що підвищення вологості повітря зменшує інтенсивність випаровування рідких залишків ЛЗР та ГР. Залежність впливу вологості повітря φ на час примусової вентиляції резервуару в порівнянні з варіантом без такого урахування графічно показано на рисунку 2.

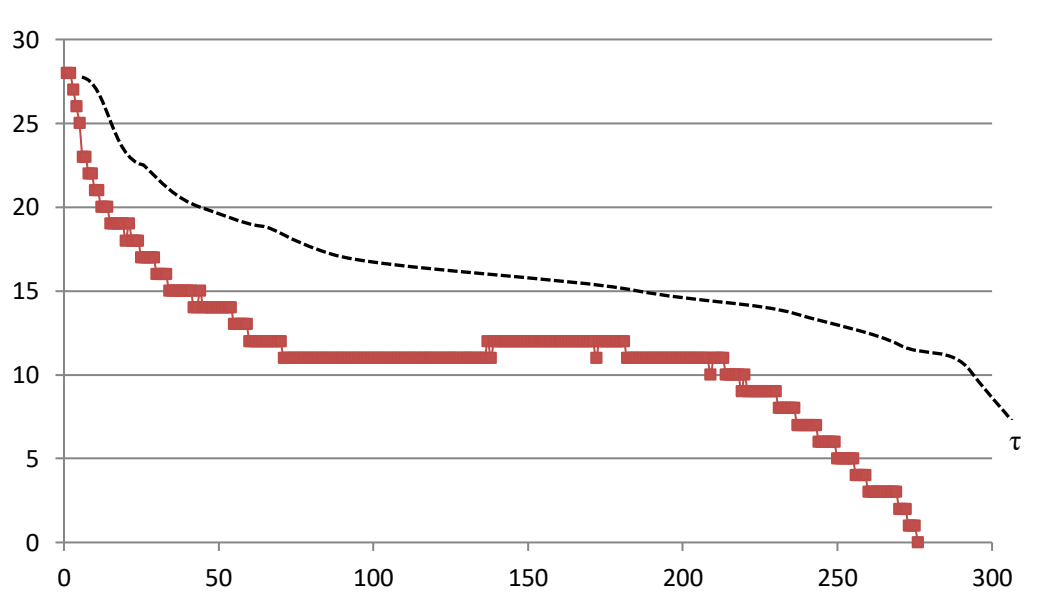


Рис. 2. Порівняльна оцінка впливу вологості припливного повітря на час примусової вентиляції

Таким чином показано вплив вологості припливного повітря в процесі примусової вентиляції резервуарів з легкозаймистими та горючими рідинами на час приведення їх у вибухопожебезпечний стан з метою проведення ремонтних та відновлювальних робіт.

ЛІТЕРАТУРА

1. Роянов О. М., Гарбуз С. В., Богатов О. І. Спосіб оцінки та контролю пожежовибухонебезпеки процесу примусової вентиляції резервуарів зберігання світлич нафтопродуктів. Проблеми пожежної безпеки. НУГЗ України. 2019. Випуск 46. – С. 155-161.
2. Роянов О. М., Гарбуз С. В. Оцінка впливу параметрів навколишнього середовища на вибухопожежонебезпеку під час проведення примусової вентиляції резервуарів зберігання світлич нафтопродуктів. Проблеми пожежної безпеки. НУГЗУ. 2020. Вип. 48. С. 147-151.

*O. M. Roianov, PhD, Associate Professor, Senior Lecturer of the Department
A. M. Katunin, PhD, Senior Research Scientist, Associate Professor of the Department
National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

THE INFLUENCE OF AIR HUMIDITY ON THE TIME OF FORCED VENTILATION OF TANKS FROM RESIDUAL VAPORS OF FLAMMABLE LIQUIDS

The process of storing light petroleum products in tank farms is a process that requires strict compliance with the rules of explosion and fire safety. The explosion and fire hazard of this process is due to the fact that the equipment of tank farms, namely tanks and pipelines, must be kept in good condition. For this, it is necessary to carry out regular and restoration work. The main danger of carrying out these works is related to the constant presence of flammable and combustible liquids, as well as their vapors.

The main measure to reduce the explosion and fire hazard of tanks during their preparation for maintenance and restoration work is the physical removal of liquid residues of flammable and combustible liquids with their vapors. One of the processes that is part of the preparatory measures to ensure the internal environment of tanks is forced ventilation. Forced ventilation for tanks is carried out under non-stationary environmental conditions, air temperature and humidity may change.

The influence of changes in air humidity on the intensity of evaporation of liquid residues of flammable and combustible liquids is considered.

The influence of the humidity of the supply air in the process of forced ventilation of tanks with flammable and combustible liquids at the time of bringing them into an explosion- and fire-safe state for the purpose of repair and restoration work is shown.

Щолоков Е.Е.¹,

Ромін А.В.¹, д.н.держ.упр., проф.

Отрош Ю.А.¹, д.т.н., проф.

ANSZCZAK Marcin², EngD,

¹Національний університет цивільного захисту України

²Main School of Fire Service in Warsaw (Poland)

АНАЛІЗ ІМІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ЕВАКУАЦІЇ ПРИ ПОЖЕЖІ

«Моделювання евакуації» – це широкий термін, що охоплює безліч типів моделей, розроблених з метою поліпшення або представлення процесу евакуації. Сюди входять такі моделі, як моделювання дорожнього руху [1], розроблені для масової евакуації в масштабі міста (наприклад, спричиненої стихійними лихами), а також моделі планування маршрутів, метою яких є розробка найбільш ефективних маршрутів евакуації для великої кількості людей [2]. Однак актуальність цього терміну пов'язана з описом побудови імітаційних моделей евакуації, метою яких є імітація поведінки людини під час евакуації [3] для отримання реалістичніших розрахунків в рамках аналізу, що ґрунтується на продуктивності [4]. Ці моделі можна розглядати як підклас моделей динаміки людей, що включають функції, характерні для екстреної евакуації.

Суттєвою перевагою імітаційних моделей евакуації порівняно з методами ручного розрахунку, такими як потокова модель, є те, що вони легко дають змогу розраховувати показники продуктивності. Ці показники можна використовувати для оцінки продуктивності самої імітаційної моделі або надання додаткової інформації про процес евакуації, що моделюється. Показники, засновані на фізичних вимірах, включають швидкість потоку ($\text{чол.} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$) по шляхам евакуації, щільність натовпу ($\text{чол.} \cdot \text{м}^{-2}$), швидкість ходьби ($\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$) і довжину шляху (м). Показники, засновані на спостереженнях та являють собою візуалізацію модельованих агентів і навколишнього середовища, включно із зображеннями та відео. Ці показники часто використовують, коли результати моделювання представляють не спеціалістам, оскільки вони легші для розуміння.

Проте імітаційні моделі також мають ряд недоліків, які можуть впливати на процес евакуації. Недостатня точність моделей, а саме імітаційні моделі можуть мати обмежену точність відображення реальних сценаріїв евакуації. Наприклад, вони можуть недостатньо точно передавати поведінку людей у стресових ситуаціях, таких як паніка.

Недостатнє врахування певних факторів, а саме моделі можуть недостатньо враховувати різні аспекти евакуації, такі як фізичні обмеження (наприклад, наявність сходів або виходів), розташування непередбачених перешкод, або індивідуальні властивості людей, такі як мобільність або психологічний стан.

А також, обмеження у моделюванні складних сценаріїв. Деякі сценарії евакуації можуть бути складні для відтворення в імітаційних моделях через їхню складність або непередбачуваність. Наприклад, великі масові заходи або реакція на терористичні атаки можуть бути складними для точного моделювання.

Імітаційне моделювання евакуації є відносно новою галуззю науки, і можливості моделей швидко розвиваються. Таким чином, існують проблеми, пов'язані з практичним використанням, які необхідно розв'язати, перш ніж їх використовувати як важливий інструмент у сфері пожежної безпеки. Донедавна найважливішою з цих проблем була верифікація та валідація моделей. Методи перевірки містять в собі використання передових методів програмування, перевірку безпосередніх результатів моделювання, зіставлення кінцевих результатів моделювання з аналітичними результатами й анімацію моделювання для візуальної перевірки вихідних даних моделі. Валідація моделі може бути досягнута шляхом перевірки на основі емпіричних даних або перевірки за допомогою контрольованих експериментів, при цьому важливо кількісно оцінити рівень узгодженості між прогнозованими та вимірними показниками.

Прикладами подібних імітаційних моделей є програмні комплекси Legion, EXODUS і PedGo, MassMotion, Pedestrian Dynamics і Pathfinder. Авторами [5-7] зазначається актуальність використання програмних комплексів в рамках забезпечення пожежної безпеки. Ці продукти розробили інженерні фірми та консалтингові компанії спеціально для промислового використання. Більшість моделей також можна використовувати для моделювання динаміки пішоходів у нормальних, неаварійних умовах. Усі досліджені моделі, за винятком FDS+Evac, демонструють спроможність імітувати понад 18 000 агентів, місткість спортивного стадіону малого та середнього розміру та максимальну годинну пропускну спроможність великого терміналу аеропорту. В моделях представлено змішану поведінку агентів, причому всі моделі складаються з агентів, які можуть мати індивідуальну перспективу (тобто агенти не мають інформації про глобальне середовище, а тільки про своє локальне середовище).

Моделювання евакуації важливе для аналізу та покращення евакуаційних процедур, але потребує подальших досліджень та удосконалення для досягнення високої точності та надійності.

Як висновок, моделювання евакуації включає широкий спектр методів, від моделювання дорожнього руху до імітаційних моделей, які імітують поведінку людей під час евакуації. Імітаційні моделі евакуації забезпечують можливість реалістичного відтворення процесу евакуації і легко дозволяють розраховувати показники продуктивності, такі як швидкість потоку та щільність натовпу. Однак існують проблеми пов'язані з їх валідацією та верифікацією.

ЛІТЕРАТУРА

8. Moriarty, K. D., Ni, D., & Collura, J. (2007, January). Modeling traffic flow under emergency evacuation situations: Current practice and future directions. In 86th Transportation Research Board Annual Meeting (Vol. 1430).
9. Fang, Z., Li, Q., Li, Q., Han, L. D., & Wang, D. (2011). A proposed pedestrian waiting-time model for improving space-time use efficiency in stadium evacuation scenarios. *Building and Environment*, 46(9), 1774-1784.
10. Ronchi, E., & Nilsson, D. (2016). Basic concepts and modelling methods. In *Evacuation modeling trends* (pp. 1-23). Cham: Springer International Publishing.
11. Kuligowski, E. D., Peacock, R. D., & Hoskins, B. L. (2005). A review of building evacuation models. Gaithersburg, MD: US Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology.
12. Щолоков, Е. (2023). АНАЛІЗ БЕЗПЕКИ ЕВАКУАЦІЇ З ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ (Doctoral dissertation, Національний університет цивільного захисту України).
13. Рубан, А. В., Рашкевич, Н. В., & Отрош, В. Ю. (2022). МОДЕЛЮВАННЯ ЕВАКУАЦІЇ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖЕЖІ В ПРОГРАМНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ PATHFINDER.
14. Щолоков, Е. Е., & Отрош, Ю. А. (2023). Використання програмного середовища Pathfinder для розрахунку евакуації в будинку ліцею "Рятувальник".

Shcholokov Eduard, Romin Andrii, Otrosh Yurii, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

Anszczak Marcin, Main School of Fire Service in Warsaw (Poland)

ANALYSIS OF FIRE EVACUATION SIMULATION MODELS

Evacuation modeling is important for evacuation analysis and improvement, but needs further research and improvement. Evacuation modeling includes a wide range of methods, from traffic simulation to simulation models. Simulation models of evacuation provide the possibility of realistic reproduction of the evacuation process. However, there are problems associated with their validation and verification.

СЕКЦІЯ 5. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

*В.Ю. Отрош, Н.В. Рашкевич, PhD, Національний університет цивільного захисту України
Turutanov O., Candidate of Sciences, Comenius University, Bratislava, Slovakia*

РИЗИК ПРИРОДНИХ ПОЖЕЖ ПІД ЧАС ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ

Використання військової техніки та систем озброєння може мати значний вплив на природне середовище та створювати локальні воєнно-техногенні зони підвищеної небезпеки. Небезпека для населення пов'язана з забрудненням ґрунту, води небезпечними речовинами [1]. Також, військові дії посилюють ризик виникнення природних пожеж та їх наслідків на забруднених територіях.

Розвиток природних пожеж на територіях військових конфліктів зумовлює небезпеку детонації боєприпасів, що не розірвалися, які знаходяться під шаром наземних горючих матеріалів [2, 3]. Наявний досвід та навички з запобігання та гасіння пожеж в екосистемах недостатній для застосування їх на забруднених територіях [4].

Найбільшу небезпеку наразі становлять ліси в регіонах, де відбувалися чи досі тривають бойові дії, а також окуповані та звільнені області. Виявити й позначити всі подібні об'єкти доволі складно, крім того, ця інформація не буде оприлюднюватися у вільному доступі до завершення війни. Але вже сьогодні засоби масової інформації говорять про близько 2-3 мільйони гектарів лісів, які зазнали чи зазнають впливу російської агресії. Серед найбільше постраждалих регіонів України: Чернігівщина – приблизно 400 тисяч гектарів, Сумщина – 290 тисяч, Луганщина – 200 тисяч, Київщина, Житомирщина та Харківщина – 120-160 тисяч гектарів. Але, ці цифри орієнтовні й не відображають реальну ситуацію [5].

Ризик виникнення пожеж в природній екосистемі залежить від ряду факторів [6]. Дані фактори можна розподілити наступним чином:

- кліматичних умов. Висока температура, низька вологість повітря та сильний вітер можуть збільшити ймовірність виникнення та поширення пожеж;
- рослинного покриву. Суха рослинність може стати легкозаймистим матеріалом, що сприяє швидкому поширенню пожежі;
- топографії. Гориста місцевість може сприяти швидкому поширенню пожеж через вітри та круті схили;
- близькості населених пунктів. Присутність населених пунктів або інфраструктури в природних екосистемах підвищує ризик пожеж та створює загрозу для життя та майна людей;
- антропогенних факторів. Порушення правил пожежної безпеки (використання відкритого вогню, недбале поводження зі сміттям);
- забруднення вибухонебезпечними предметами, їх детонування.

Враховуючи ці фактори та вживаючи необхідні заходи безпеки та контролю, можна зменшити ризик виникнення та розповсюдження пожеж у природних екосистемах.

Оцінка факторів і наслідків небезпеки пожеж на забруднених територіях складається з робочих етапів:

- ідентифікація територій, забруднених хімічними елементами, вибухонебезпечними предметами внаслідок бойових дій. Визначення зон, де є підвищений ризик виникнення пожеж через присутність забруднюючих речовин. Аналіз попередніх випадків пожеж на даній території;
- оцінка рівня (ступеня) забруднення територій. Визначення видів та кількостей хімічних речовин, які можуть впливати на ризик пожеж та виникнення токсичних викидів під час горіння. Вивчення властивостей цих речовин та їх взаємодій з вогнем;

- ідентифікація факторів впливу, які спричиняють негативні наслідки. Визначення можливих наслідків пожежі в контексті забруднення повітря, ґрунту та води. Вивчення погодних умов, які можуть впливати на розповсюдження пожеж та їх інтенсивність. Оцінка топографії, що може впливати на швидкість поширення вогню;
- інформування щодо потенційно небезпечних територій;
- регламентація діяльності на потенційно небезпечних територіях;
- моніторинг та інформування щодо динаміки площ потенційно небезпечних забруднених територій.

Важливо враховувати всі аспекти, які можуть впливати на ризик та наслідки пожеж, а також розробляти імовірні сценарії для вжиття заходів у випадку виникнення небезпеки. Серед основних аспектів можна виділити розробку планів попередження небезпеки (стратегій виявлення та контролю пожеж на ранніх стадіях, визначення превентивних заходів для зменшення ризиків пожежі); розробка планів евакуації (підготовка планів дій в разі виникнення пожеж та евакуації людей із зон небезпеки, визначення місць для тимчасового притулку та медичної допомоги); підготовка спеціалістів та відповідного матеріально-технічного забезпечення для ефективного реагування на пожежі та їх наслідки.

ЛІТЕРАТУРА

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. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-232-251>
2. Холодна О.С., Рашкевич Н.В. Реагування на надзвичайні ситуації та ліквідація їх наслідків. Гуманітарне розмінування територій. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». Харків: НУЦЗ України, 2023 р. С. 163–164.
3. Зошук Д.Д., Сабада І.С., Рашкевич Н.В. Загрози для пожежних під час ліквідації природних пожеж на забруднених територіях. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». Харків: НУЦЗ України, 2023 р. С. 188–189.
4. Рашкевич Н.В., Лобойченко В.М., Шевченко Р.І. Мінімізація наслідків екологічної небезпеки території, внаслідок їх вогневого ураження боєприпасами. Матеріали I Міжнародна науково-практична конференція «Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій - 2022», 26 – 27 травня 2022 р., м. Полтава. С. 113–116.
5. Як бойові дії впливають на екосистеми, та чи зможе природа відновитися самостійно - спецпроект WWF-Україна та ШоТам. URL: <https://www.wwf.mg/?7828466/war-and-nature-wwf-shotam>
6. Касьонкіна Н., Рашкевич Н.В. Постановка задач дослідження впливу лісових пожеж на об'єкти енергетики. Матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2023. С. 39–40.

V. Yu. Otrosh, N. V. Rashkevich, PhD, National University of Civil Defence of Ukraine

Turutanov O., Candidate of Sciences, Comenius University, Bratislava, Slovakia

RISK OF NATURAL FIRES DURING MILITARY AGGRESSION

Abstract. Focused attention on the risk of natural fires during military aggression. Considered factors affecting the probability of occurrence of natural fires. Proposed stages of assessment of the factors and consequences of the danger of fires in contaminated territories due to military actions. Emphasized attention to the risk of natural fires during military aggression. Considered factors affecting the probability of occurrence of natural fires. Proposed stages of assessment of the factors and consequences of the danger of fires in the contaminated territories as a result of military operations.

М.Я. Карвацька, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
О.І. Лавренюк, д.т.н., доцент, Львівський державний університет безпеки
життєдіяльності
Б.М. Михалічко, д.х.н., професор, Львівський державний університет безпеки
життєдіяльності

ЕКОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ ВОГНЕГАСНИХ РЕЧОВИН ТА ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ

Актуальним завданням у справі пожежогасіння є пошук і дослідження нових вогнегасних засобів та удосконалення тих, які вже існують, оскільки ефективність боротьби з пожежами значною мірою залежить від якості вогнегасних речовин та технологій з їх застосування. У світовій практиці для запобігання виникненню пожеж класу В та для їх гасіння широко застосовують аерозольне подавання водних вогнегасних речовин (ВВР) у полум'я.

На сьогоднішній день вода залишається найпоширенішим вогнегасним засобом, завдяки своїй дешевизні, доступності, екологічності тощо. Вогнегасна дія води на осередок пожежі проявляється через охолодження, ізолювання чи розбавлення. Проте вода не проявляє інгібувальної дії на полум'я, бо залишається хімічно інертною до більшості горючих речовин. Щоб підвищити вогнегасну ефективність води, до неї додають різні хімічно активні речовини (переважно неорганічні солі), щоб покращити її унікальні фізико-хімічні властивості.

Як інгібітори горіння, найчастіше використовують солі лужних, лужноземельних металів та амонію. Більшість цих речовин є добре розчинними у воді і тому в процесі гасіння пожеж їх можна використовувати як концентровані водні розчини.

Привертають увагу публікації, які стосуються розроблення нових вогнегасних речовин на основі солей перехідних металів. Зокрема, як ВВР часто використовують солі *d*-металів. Виявилось, що деякі з цих солей є більш ефективними інгібіторами горіння, аніж хладони – CF_3Br . Відомо, що хладони спричиняють руйнування озонового шару земної атмосфери і тому їх не рекомендують використовувати в справі пожежогасіння. Ефективність придушення полум'я аерозолями водних розчинів солей перехідних металів забезпечується особливими хімічними властивостями цих металів як акцепторів електронів чи акцепторів хімічних радикалів, що утворюються в полум'ї. Саме ця особливість надає цим водним вогнегасним композиціям здатність ефективно призупиняти поширення полум'я [1].

Доволі перспективними речовинами, які можна використовувати для створення ВВР, є неорганічні солі купруму(II). Серед цього класу ВВР особливої уваги заслуговує концентрований водний розчин купрум(II) хлориду, а саме – 40% водний розчин CuCl_2 , який під час гасіння осередків займає класу В (дизельне пальне) показав неабияку ефективність [2]. Так, зважаючи на вогнегасні випробування концентрованого водного розчину CuCl_2 , гасіння горіння дизельного пального цією ВВР виявилось у 26 разів більш ефективним, ніж водою. Вогнегасна ефективність 40% водного розчину CuCl_2 є наслідком особливої поведінки хлориду купруму(II) в полум'ї [3], адже після потрапляння аерозолю водного розчину CuCl_2 в зону горіння розпочинаються складні фізико-хімічні перетворення, які призводять до переривання ланцюгових реакцій в полум'ї. Ще однією відомою ВВР є комплексна сіль калію і купруму – $\text{K}_2[\text{CuCl}_4]$. Експериментальні дослідження довели, що у разі гасіння горіння моноетаноламіну вогнегасна здатність 40% водного розчину калій тетрахлорокупрату(II) у 4,2 раза вища, ніж у води, а якщо зіставляти результати випробувань з гасіння горіння н-гексану, то вогнегасна здатність буде у 3,2 раза вищою, ніж у води [4].

В літературі також є відомості щодо ефективного придушення полум'я концентрованими водними розчинами калій гексаціаноферату(II) – $K_4[Fe(CN)_6]$ та калій гексаціаноферату(III) – $K_3[Fe(CN)_6]$. Зокрема, концентрований водний розчин калій гексаціаноферату(III) спроможний доволі дієво гасити лісові пожежі. Однак, використання ВВР на основі 30% водного розчину $K_3[Fe(CN)_6]$ як інгібітора горіння має істотний недолік. При внесення цієї ВВР в полум'я утворюються дуже токсичні продукти термічного розкладання цієї комплексної солі. Зокрема, вже при температурі 350–400 °С калій гексаціаноферат(III) розкладається з виділенням вкрай токсичної сполуки KCN і газоподібного диціану $(CN)_2$.

Як показали нещодавно проведені випробування [5], ВВР на основі неорганічної солі феруму(III), а саме – 40% водний розчин ферум(III) сульфату здатний ефективно придушувати поширення полум'я. Слід зазначити, що водний розчин цієї солі не містить токсичних продуктів розкладання. Автори встановили, що тривалість гасіння полум'я, зумовленого горінням неполярних вуглеводнів, аерозолем концентрованого водного розчину цієї солі становить 5 с, що у 4,9 рази ефективніше за водогінну воду. Водночас мінімальний об'єм витраченого 40% водного розчину $Fe_2(SO_4)_3$ на повне припинення горіння становив 0,2 л/м². Як бачимо, атоми перехідних металів і в цьому разі є акцепторами електронів, що й забезпечує цим вогнегасним композиціям високу здатність призупиняти поширення полум'я.

ЛІТЕРАТУРА

1. Linteris G. T., Katta V. R., Takahashi F. Experimental and numerical evaluation of metallic compounds for suppressing cupburner flames. *Combustion and Flame*. 2004. Vol. 138 (1–2). P. 78–96.
2. Mykhalitchko B., Lavrenyuk H., Mykhalitchko O. New water-based fire extinguishant: elaboration, bench-scale tests, and flame extinguishment efficiency determination by cupric chloride aqueous solutions. *Fire Safety Journal*. 2019. Vol. 105. P. 188–195.
3. Карвацька М. Я., Лавренюк О. І., Пархоменко В.-П. О., Михалічко Б. М. Квантово-хімічне моделювання інгібувального впливу водних розчинів неорганічних солей купруму(II) на горіння вуглеводнів. *Вісник ЛДУБЖД*. 2021. № 23. С. 33–38.
4. Korobeinichev O. P., Shmakov A. G., Chernov A. A., Bol'shova T. A., Shvartsberg V. M., Kutsenogii K. P., Makarov V. I. Fire suppression by aqueous solutions salts aerosols. *Combustion Explosion and Shock Waves*. 2010. Vol. 46. № 1. P. 16–20.
5. Карвацька М. Я., Пастухов П. В., Петровський В. Л., Лавренюк О. І., Михалічко Б. М. Вогнегасні випробування концентрованого водного розчину ферум(III) сульфату. *Пожежна безпека*. 2022. № 40. С. 55–60.

M.Ya. Karvats'ka, L'viv State University of Life Safety

O.I. Lavrenyuk, DocSci (Engineering), docent, L'viv State University of Life Safety

B.M. Mykhalichko, DocSci (Chemistry), professor, L'viv State University of Life Safety

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF USING AQUEOUS FIRE-EXTINGUISHING AGENTS AND IMPROVING THEIR EFFICIENCY

According to the analysis of the current situation, aerosol fire extinguishing agents based on various s- and d-metal salts are traditionally used to extinguish fires and improve the reliability of fire protection at various industrial facilities. Aqueous fire extinguishing agents contain chlorides, carbonates and phosphates of alkali, alkaline earth and transition metals as their main components. These components are able to stop the combustion process exclusively in the flame due to the mechanism of combustion inhibition, which is not yet fully understood. The use of some fire extinguishing agents can lead to high levels of pollution. In particular, such d-metal salts as potassium hexacyanoferrate(II) and potassium hexacyanoferrate(III) can form highly toxic decomposition products when exposed to flames.

*Дарина Карпова, викладач, Національний університет цивільного захисту України;
Сергій Гарбуз, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України*

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ПОЖЕЖ В ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ

Пожежі є основним порушенням лісових екосистем світу, і, за прогнозами, їхній вплив посилиться в багатьох регіонах через глобальну зміну клімату.

Пожежа є ключовим екологічним порушенням, що впливає на значну частину наземних екосистем світу, що охоплює широкий спектр регіонів і біомів. Пожежа може поглинути велику кількість біомаси, змінити властивості ґрунту та суттєво вплинути на ключові процеси в екосистемі, впливаючи на гідрологічні та біохімічні цикли. З біогеографічної точки зору, вогонь також відіграв ключову роль в еволюції рослин, наприклад, сприяючи певним функціональним ознакам, таким як повторне проростання.

Отже, пов'язаність пожежі з глобальними моделями розподілу біорізноманіття та рослинності також широко визнана. Специфічні наслідки певної пожежі залежать як від властивостей екосистеми (наприклад, екосистеми, адаптовані до пожежі проти чутливих до пожежі), так і від характеристик пожежі (наприклад, інтенсивність, розмір або повторюваність). Навіть під час однієї пожежі вплив може відрізнятися як в цілому, так і в різних компонентах екосистеми (ґрунт, рослинність тощо).

Враховуючи його часто значний вплив на навколишнє середовище, вогонь широко визнано ключовою силою, що впливає на чисельність екосистем. Дійсно, лісові пожежі часто називають одним із основних порушень, які негативно впливають на екологічний стан у ряді наземних екосистем, включаючи ліси та рідколісся. Ці впливи можуть впливати на ерозію ґрунту, стік, якість води і родючість ґрунту. Проте вогонь також може посилити деякі екосистеми (як прямо, так і опосередковано), включаючи забезпечення їжею або біологічний контроль, через ключову роль, яку відіграють природні порушення в екологічних процесах. Забезпечення ефективних і бажаних результатів пожежогасіння та управління земельними ресурсами вимагає глибшого розуміння впливу пожежі на екосистеми, включаючи наслідки як лісових пожеж, так і передбачених опалів (тобто контрольованих пожеж для цілей управління).

Переваги лісової пожежі:

1. Вогонь запобігає пожежі. Це може здатися дивним, але маленькі пожежі насправді можуть запобігти виникненню більших. Це пояснюється тим, що маленькі пожежі можуть допомогти видалити будь-яке потенційне паливо, наприклад сухе листя, колоди та зарослі кущі. Ці невеликі пожежі недостатньо сильні, щоб пошкодити дерева, але їх достатньо, щоб позбавити лісову підстилку надлишку палива, яке може жити сильніші пожежі.

2. Забезпечує середовище існування. У багатьох екосистемах пожежі є природною частиною життя, і багато рослин і тварин пристосовані до регулярних пожеж. Невеликі пожежі, які очищають зарослі ділянки густих чагарників, створюють простір для росту різноманітних нових рослин. Асортимент нових рослин забезпечує цінну їжу та середовище існування для багатьох видів дикої природи, сприяючи більшому біорізноманіттю.

У лісах невеликі пожежі можуть допомогти розрідити полог, дозволяючи сонячному світлу досягати лісової підстилки. Для ґрунту поєднання нового світла, відкритого простору та багатої поживними речовинами золи створює ідеальні умови для нових саджанців. Деякі види еволюціонували так, що розмноження залежить від вогню. Наприклад, такі види, як Джек Пайн і велична гігантська секвойя, покладаються на вогонь, щоб вивільнити своє насіння, тобто лісові пожежі мають вирішальне значення для нового зростання.

3. Вбиває хвороби. Ще одна перевага лісових пожеж полягає в тому, що вони можуть допомогти знищити хвороби та шкідливих комах. Вогонь допомагає придушити поширення шкідників, а попіл, що залишився від спаленої рослинності, є цінним джерелом

поживних речовин для дерев і рослин, що залишилися.

Екологічна шкода від лісових пожеж:

1. Якість повітря. Вплив лісових пожеж на якість повітря може бути як миттєвим, так і тривалим. Кількість диму, що викидається в атмосферу, часто може становити загрозу для здоров'я людини. Дрібні частинки можуть затримуватися в легенях і створювати додаткове навантаження на серцево-судинну систему. Ці мікроскопічні частинки можуть спричинити низку проблем зі здоров'ям, від болю в очах і нежиті до хронічних захворювань серця та легенів. Лісові пожежі також викидають підвищений рівень чадного газу, який може бути смертельним для людей. Додатковий вплив на якість повітря може виникнути, якщо вогонь контактує з будівлями, оскільки багато сучасних будівельних матеріалів є дуже токсичними при горінні.

2. Питна вода. Лісові пожежі також можуть вплинути на якість води, іноді з довготривалими наслідками. Лісові пожежі змінюють поверхню ґрунту, зменшують інфільтрацію під час дощів і прискорюють переміщення води, осаду та сміття з ландшафту в прилеглі потоки. Це має вплив на якість води нижче за течією.

3. Вплив на ґрунт. У багатьох випадках попіл, що залишився після пожежі, може бути важливим джерелом поживних речовин, що містить магній, кальцій, калій і фосфор. Однак, залежно від інтенсивності та тривалості горіння, лісові пожежі також можуть завдати шкоди якості ґрунту. Пожежі високої інтенсивності – ті, що досягають 1200 градусів за Цельсієм або більше – не завжди призводять до серйозних наслідків у ґрунті, якщо вони короточасні. Але низька інтенсивність пожежі лише 300 градусів за Цельсієм, яка довго тліє в коренях або органічних речовинах і може спричинити значні зміни в ґрунті.

Лісові пожежі можуть мати згубний вплив на ґрунт як фізично, так і хімічно. Фізично пожежі можуть спричинити руйнування структури ґрунту, а також зменшити утримання вологи та сприяти водовідштовхуванню, що може збільшити сприйнятливість до ерозії. Хімічний вплив пожеж на ґрунти включає втрату органічної речовини, зміну швидкості кругообігу поживних речовин і втрату елементів в атмосферу. Пожежі також можуть змінити біологічні властивості ґрунту через втрату мікробних видів, безхребетних і коренів рослин. Отже, пожежі відіграють ключову роль у світових лісах і лісових екосистемах, впливаючи на фундаментальні аспекти їх екологічного функціонування.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Зібцев С. В., Борсук О. А. Охорона лісів від пожеж у світі та в Україні – виклики XXI сторіччя та перспективи розвитку. *Лісове і садово-паркове господарство*. 2012. № 1. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/licgoc_2012_1_7 (дата звернення: 04.03.2024).

2. Іванець Г. В. Алгоритм прогнозування надзвичайних ситуацій природного характеру в цілому, за видами та рівнями, можливих завданих збитків внаслідок них. *Системи обробки інформації*. 2016. Вип. 8. С. 175-179. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2016_8_39 (дата звернення: 04.03.2024).

*Serhii Harbuz, Ph.D., associate professor, National University of Civil Defense of Ukraine;
Daryna Karpova National University of Civil Defense of Ukraine,*

ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF FIRES IN NATURAL ECOSYSTEMS

Wildfires are a typical ecologically destructive factor in forests, and forests play a critical role in maintaining the functioning and structure of the ecosystem, as well as providing services such as carbon sequestration, carbon dioxide production, commercially valuable products and medicines. Forest fires have a wide range of social, ecological and economic consequences. The total number of burned hectares, costs for extinguishing fires, damage to residential buildings and structures, disruption of forest ecosystems.

Олександр Ковальов, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України;

Сергій Рагімов, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України

СУЧАСНА ОРГАНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

У Україні проводиться регулярний планово-стаціонарний (повсякденний) контроль стану атмосфери. Згідно з постановою кабінету міністрів України (КМУ) № 827 від 14 серпня 2019 «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря», міністерства і відомства здійснюють організацію спостережень за рівнями наступних забруднюючих речовин: діоксид сірки, діоксид азоту і оксиди азоту, Бензол, оксид вуглецю, Свинець, Тверді частки (ТЧ₁₀)⁻¹, Тверді частки (ТЧ_{2,5})⁻², Арсен, кадмій, ртуть, нікель, Бенз(α)пірен, Озон. Кожен пост контролю якості атмосферного повітря проводить забір проб і аналіз проб кожні 12 годин і перекриває площу в середньому 3703 км², що не відповідає сучасному рівню автоматизації засобів контролю.

Таким чином, актуальним завданням є розробка та обґрунтування нових ефективних методів моніторингу за забрудненням атмосферного повітря що відповідають чинному законодавству і мають потенційну можливість до впровадження на території України.

Одним з варіантів рішення цієї задачі є створення мережі повністю автоматичних постів моніторингу за забрудненням атмосферного повітря на базі мереж базових станцій 3G/4G операторів мобільного зв'язку України.

Позитивними сторонами у використанні існуючої мережі базових станцій 3G/4G мобільних операторів являються:

1. Стабільне енергопостачання (у тому числі аварійне / автономне);
2. Швидкісні канали передачі даних з автоматичних постів моніторингу;
3. Відповідність цього рішення нормативним документам України і ЄС [1,2];
4. Наявні облаштовані місця для розміщення і обслуговування устаткування: необхідна висота для відбору проб залежить від рельєфу місцевості і конкретного територіального планування і складає від 10 до 30 м. від рівня землі [1];
5. Незначні матеріальні витрати: необхідну приладову базу автоматичного поста моніторингу складають стаціонарний газоаналізатор, лічильник твердих часток - датчик опадів, анеометр, термометр.

Реалізація запропонованого методу організації **моніторингу атмосфери автоматизованими станціями** (МААС) розміщеними у «стільниках» мобільного зв'язку дозволить отримувати дані про концентрації забруднюючих речовин що підлягають контролю згідно постанові КМУ № 827, в режимі реального часу в конкретній точці простору з відомими координатами.

Ефективна робота запропонованого методу організації моніторингу атмосферного повітря вимагає наявності відповідної математичної моделі для розрахунку та візуалізації поширення домішок забруднюючих речовин в атмосфері, яка враховує інженерно-технічні особливості методу.

Дослідження по моделюванню поширення забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, в основному, сконцентровані на окремих аспектах у рамках конкретного стаціонарного джерела забруднення атмосфери, що дозволяє вирішувати завдання екологічного моніторингу для окремого джерела або конкретної території.

На даний час не існує достовірних моделей (чи їх адаптації), які враховують сумарні викиди від усіх джерел, розташованих на певній території: підприємств, автотранспортних засобів, викидів в результаті пожеж, аварій чи надзвичайних ситуацій, при цьому враховуючи розділення факела викидів (пролітними спорудами, будівлями складної форми і т.д.), а також орієнтовані на масштабну сітку міст.

Наприклад, відомий сервіс WINDY, надає доступ до інтерактивної WEB карти з можливістю відображення поширення таких атмосферних забруднювачів, як оксиди азоту

(рисунок 1) та тверді частки ($\text{TC}_{2,5}$)⁻², окремо для кожного компоненту. Заявлений режим оновлення даних складає 1 годину, хоча український Гідромет проводить визначення вмісту оксидів азоту в атмосфері кожні 12 годин. Таким чином наведені сервісом WINDY дані в режимі реального часу є розрахунковими.

Сервіс WINDY проводить розрахунок та візуалізації даних за допомогою моделей GFS та NEMS (в якості основних моделей прогнозування). Дані моделі не відносяться до спеціалізованих моделей поширення забруднюючих речовин в атмосфері, що викликає сумніви в достовірності наведених даних.

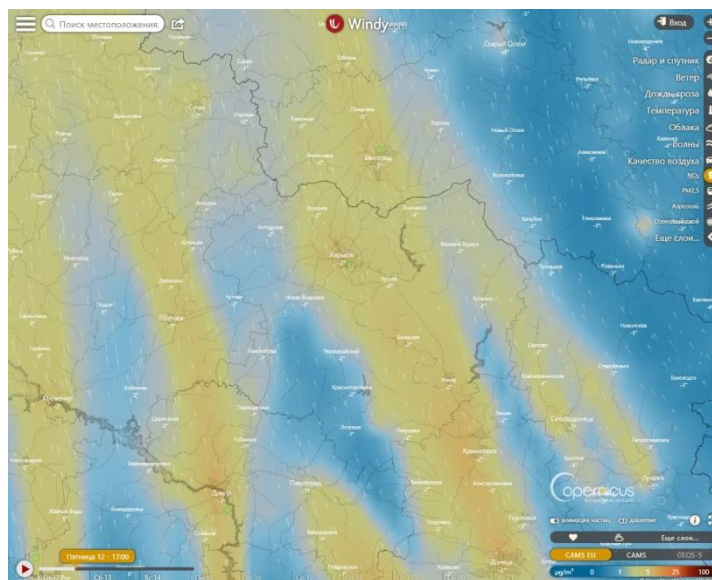


Рисунок 1. Поширення у атмосферному повітрі оксидів азоту за даними сервісу WINDY (<https://www.windy.com>)

З метою визначення найбільш ефективної форми реалізації методу МААС, були проаналізовані наступні моделі поширення забруднюючих речовин в атмосфері: ОНД-86, ADMS 5 [3], AERMOD [4], BUO – FMI [5], CALPUFF, DISPERSION21, LED, MERCURE, NAME, PUFF – PLUME, SAFE AIR [6]. На основі проведеного аналізу моделей поширення забруднюючих речовин в атмосферному повітрі для розробки методу МААС з визначення зон можливого небезпечного забруднення приземного шару атмосферного повітря було прийнято рішення відмовитися від використання транспортних моделей з причини використання значної кількості вихідних даних і параметрів, (вертикальний розподіл по шарах атмосфери), що обумовлює здороження системи.

Визначено, що найбільш придатними для адаптації до методу МААС є моделі, що базуються на розподілі «Гауса» та модель ОНД-86, основана на вирішенні напівемпіричного рівняння турбулентної дифузії із завданням спрощених вертикальних профілів середньої швидкості вітру і коефіцієнтів турбулентності у вигляді статичних залежностей з натурним (експериментальним) визначенням даних параметрів.

Основними вхідними даними для методу МААС є прямі виміри концентрацій забруднюючих речовин на території міста, зроблені за допомогою автоматизованих станцій. (рисунок 2).

Використання запропонованого методу моніторингу стану атмосферного повітря дозволить створювати автоматизовані системи інформування та забезпечення якості атмосферного повітря населених пунктів, з використанням:

- Корегування режимів роботи підприємств (зміна режиму викидів) з урахуванням конкретних метеорологічних умов;
- Інформування населення, що знаходиться в конкретній точці простору, про погіршення якості повітря, з вказуванням рівнів забруднюючих речовин, що контролюються. Наприклад, шляхом СМС-інформування.

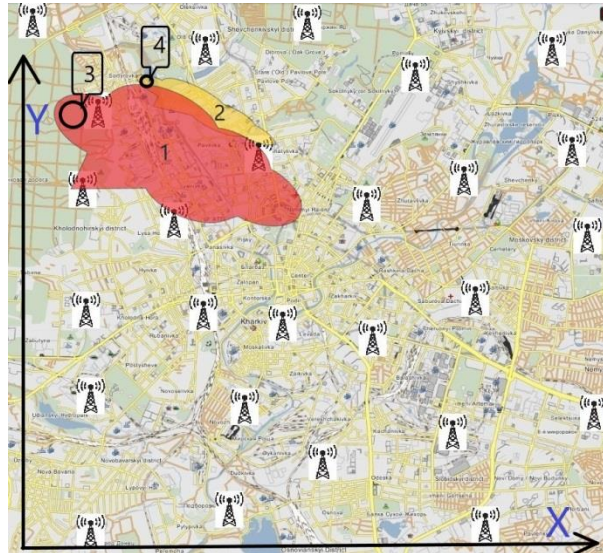


Рисунок 2. Розрахункова сітка 1,2 – зони поширення забруднення атмосферного повітря;
3, 4 – джерела викидів,  - автоматичний пост моніторингу на базовій станції 3G/4G з визначеними координатами у просторі.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Ковальов О.О. Обґрунтування методу оперативного контролю за станом атмосфери в умовах надзвичайних ситуацій / О.О. Ковальов // Проблеми надзвичайних ситуацій: зб. наук. пр. НУЦЗУ. - Вип. 31. – Харків: НУЦЗУ, 2020. – С. 48-67
2. Директива 2008/50/ЄС Європейського парламенту та ради від 21 травня 2008 року «Про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи»
3. Atmospheric Dispersion Modelling System. Режим доступу: <http://www.cerc.co.uk/environmental-software/ADMS-model/options.html>
4. AERMOD: Description of Model Formulation. - 91 p. Режим доступу: http://www.epa.gov/scram001/7thconf/aermod/aermod_mfd.pdf
5. Official CALPUFF Modeling System. Режим доступу: <http://www.src.com/calpuff/calpuff1.htm>
6. Lagrangian Eulerian Diffusion. Режим доступу: <http://pandora.meng.auth.gr/mds/showlong.php?id=56>.

*Oleksandr Kovalev, Ph.D., associate professor, National University of Civil Defense of Ukraine,
Sergey Rahimov, Ph.D., associate professor, National University of Civil Defense of Ukraine*

MODERN ORGANIZATION OF ATMOSPHERIC AIR MONITORING

It is proposed to create a network of fully automatic monitoring stations for atmospheric air pollution based on the networks of 3G/4G base stations of mobile operators of Ukraine, which will allow receiving data on the concentration of pollutants that are subject to mandatory monitoring in real time at a specific point in space with known coordinates. The justification of the choice and the adaptation of the mathematical model for calculating the spread of polluting substances in the atmosphere (a necessary component of the proposed method) were carried out, taking into account the engineering and technical means of conducting automated measurements.

ЕКОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ЛІСІВ ТА ЗАХОДИ ЇХ ЗАХИСТУ ВІД ПОЖЕЖ

Величезне значення лісів та лісового господарства для суспільства сьогодні є загально визнаним і не викликає жодних сумнівів. Роль та функції лісів для людства можна розділити на кілька напрямків:

- екологічний (ліси відіграють вагомий роль у формуванні вуглецевого балансу атмосфери, очищують повітря від шкідливих викидів, захищають ґрунти від ерозії, зміцнюють береги рік та озер, є середовищем існування та засобом збереження унікального гео- та біорізноманіття);

- економічний (деревина у будь-якій формі та вироби з неї є предметом жвавої торгівлі між суб'єктами економіки, крім того, ліси приносять стабільний дохід працівникам профільних підприємств, що дозволяє їм бути економічно активними, особливо в лісистих районах, де лісові підприємства часто є центром економічної активності);

- політичний (ліси виступають об'єктом переговорів щодо захисту природи та стабільного розвитку людства на світовій політичній арені, а їх збереження та примноження є важливим питанням порядку денного всесвітніх, міжнародних, всеукраїнських природоохоронних організацій, товариств, союзів);

- соціальний (лісові підприємства забезпечують роботою багатьох людей, що позитивно впливає на трудову міграцію населення та добробут і соціально-моральний стан сімей);

- побутовий (дари лісів урізноманітнюють харчування людей, лісоматеріали використовують в якості палива, будівельних та декоративних матеріалів) тощо.

Для України питання збереження лісів є надзвичайно актуальним: загальна площа лісових ділянок, що належать до лісового фонду України, становить 10,4 млн га, в тому числі вкриті лісовою рослинністю 9,6 млн га. Лісистість України становить 15,9%, вона займає 9-те місце у Європі за площею лісів та 7-те місце за запасами деревини [2]. Ускладнило і так непросту ситуацію і повномасштабне вторгнення російських агресорів в нашу державу. На територіях, які були в окупації, проводили незаконні вирубки, проводилося активне мінування території лісів з огляду на складність виявлення і знешкодження вибухонебезпечних предметів в лісах, дерева і біорізноманіття лісів страждає від постійних бойових дій, зокрема обстрілів, які змушують тварин і птахів змінювати ареал проживання, що негативно впливає на тривалість їх життя та можливість відтворення. На превеликий жаль, поки точаться бойові дії, важко знайти рішення цих проблем та очікувати на якісь позитивні зрушення до їх закінчення.

Очевидно, що небезпеки для лісів існували і до війни – вкрай загрозливим чинником для них є пожежі. Підтвердженням цьому є офіційні дані. За 2022 рік в лісах галузі ліквідовано 1009 пожеж на площі 15,5 тис. га, що у 1,5 рази більше від кількості та у 53 рази від площі загорянь за попередній рік. Середня площа однієї пожежі зросла у 35 разів та становила 15,4 га, а збитки склали 438,9 млн гривень. У 27% випадків до гасіння пожеж залучалися сили та засоби ДСНС. Загальна площа всіх великих пожеж з початку року склала 14,4 тис. га, у т. ч. верхових – 1,2 тис. гектарів [2]. До того ж облік здійснювався без урахування значної частини лісів, які знаходяться на територіях, де велися або ведуться активні бойові дії чи вони були або є під окупацією.

Згідно з сучасними науковими розвідками, в результаті лісових пожеж пошкоджується або знищується живий ґрунтовий покрив, рослинність, підлісок і деревний шар, змінюється структура, склад і властивості лісової підстилки та верхніх шарів ґрунту, а також мікроклімат місцевості. Наслідком пірогенної дії є після пожежні сукцесії деревної і трав'яної рослинності з наступною зміною у віковій і формаційній структурі мохового,

трав'яного та кущового покриву. Після низової пожежі у лісовій підстилці залишається біля 20% первинної рослинної маси, при верховій – 70%, а при перехідній – 35%. При локальній лісовій пожежі стовп диму може сягати висоти від 0,5 до 3,5 км, а довжина шлейфу димової хмари до 30 км. У процесі розвитку лісової пожежі відбувається мінералізація лісової підстилки та органічної речовини у верхній частині ґрунтового покриву на глибину до 5 см, що становить небезпеку виникнення вітрової ерозії, активізації змиву та інфільтрації радіоактивної золи у природних ландшафтах [1].

Особливо складними є лісові пожежі на радіаційно забруднених територіях [3]. До заходів захисту лісів від пожеж відносяться:

1. Створення та підтримка в належному стані протипожежних розривів та смуг.
2. Організація заходів для підвищення готовності до виконання дій за призначенням підрозділів пожежної охорони, які розташовуються поруч з лісами і в разі необхідності будуть залучатися до гасіння пожеж.
3. Підготовка працівників лісового господарства до боротьби з пожежами до приїзду пожежно-рятувальних підрозділів, їх відповідне матеріально-технічне забезпечення, співпраця з жителями навколишніх населених пунктів щодо допомоги в ліквідації можливих пожеж; виступи та публікації у ЗМІ (телебачення, радіо, журнали, газети, інтернет-статті);
4. Наочна агітація (плакати, стенди на протипожежну тематику в популярних місцях відпочинку людей в лісах або понад трасами та шосе) та організація заходів з пожежної безпеки, проведення бесід на протипожежну тематику, опитування щодо відповідних знань на підприємствах та організаціях, як пов'язаних, так і не пов'язаних із лісовим господарством.
5. Посилення контролю за станом сухої рослинності та за поведінкою людей в лісах у спекотний період, накладання заборони на відвідування лісів в разі необхідності. Покарання порушників пожежної безпеки в лісах відповідно до чинного законодавства, кошти від штрафів доцільно направляти на заходи захисту лісів від пожеж (якщо це не заборонено законодавством) тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Азаров С. І., Шевченко Р. І., Щербак С. С. Основні етапи формування математичної моделі оцінки екологічного впливу негативних чинників лісової пожежі в складних радіаційних умовах пожежного навантаження / Topical issues of the development of modern science. Abstracts of the 6th International scientific and practical conference. Publishing House "ACCENT". Sofia, Bulgaria. 2020. Pp. 181 – 185 URL: <http://sci-conf.com.ua>
2. Публічний звіт голови Державного агентства лісових ресурсів України за 2022 рік [Електронний ресурс] / Державне агентство лісових ресурсів України. – Режим доступу: <https://forest.gov.ua/storage/app/sites/8/public/zvit/publichnii-zvit-za-2022.pdf>
3. Лагно Д. В., Пелипенко М. М., Ножко І. О. До питання гасіння лісових пожеж в умовах радіаційного забруднення // Надзвичайні ситуації: безпека та захист: Матеріали XI Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю 28-29.10.2021. – Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2021. – 200 с. – С. 113-114.

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

ANALYSIS OF EXISTING DEVICES FOR CREATING WATER CURTAINS

The material lists the functions of forests in the following directions: ecological, economic, political, social, and domestic. General statistics of Ukrainian forestry and fires in it are presented. The negative factors of the occurrence of forest fires are listed, as well as measures to protect against them.

*Л.В. Калинин, О.М. Слуцька, кандидат технічних наук, старший дослідник,
П.М. Гордєєв, ІДУ НД ЦЗ, Київ, Україна*

УПОРЯДКУВАННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ТА ЗАГАЛЬНИХ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО ФІЛЬТРУВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ НАСЕЛЕННЯ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У разі виникнення надзвичайної ситуації (далі – НС) із загрозою чи викидом небезпечних хімічних, радіоактивних речовин, біологічних патогенних агентів або застосуванням агресором зброї масового ураження одним із найбільш ефективних способів захисту населення та особового складу формувань цивільного захисту є використання фільтрувальних засобів індивідуального захисту органів дихання.

На сьогодні є багато національних стандартів, гармонізованих з європейськими, що стосуються фільтрувальних засобів індивідуального захисту органів дихання (далі – ЗІЗОД) для використання в умовах промислового виробництва. Національного стандарту, згідно з яким встановлювались би вимоги до ЗІЗОД щодо захисту рятувальників та населення в умовах виникнення і ліквідування НС з викидом небезпечних хімічних, радіоактивних речовин і біологічних патогенних агентів, в Україні немає.

Успішність проектування, виготовлення ЗІЗОД, ефективність організації забезпечення рятувальників та особового складу спеціалізованих служб цивільного захисту цими засобами у разі радіоактивного, хімічного забруднення чи біологічного зараження деякою мірою залежать від наявності нормативного документа, згідно з яким встановлюватимуться вимоги до ЗІЗОД [1–2].

Саме цим зумовлена необхідність упорядкування класифікації та загальних технічних вимог до фільтрувальних засобів індивідуального захисту органів дихання, що можуть використовуватися рятувальниками та населенням в умовах НС хімічного, радіаційного чи біологічного характеру або застосування агресором зброї масового ураження, а також актуальність проведення досліджень.

З цією метою у 2022–2023 роках в Інституті державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту виконували науково-дослідну роботу [3], в якій проаналізовано основні положення нормативно-правових актів, нормативних документів, вітчизняних та міжнародних стандартів, наукових публікацій стосовно індивідуального захисту населення та особового складу спеціалізованих служб цивільного захисту від небезпечних хімічних, радіоактивних речовин і біологічних патогенних агентів. Це дало можливість розробити проєкт національного стандарту «Безпека у надзвичайних ситуаціях. Фільтрувальні засоби індивідуального захисту органів дихання населення у надзвичайних ситуаціях. Класифікація й загальні технічні вимоги». В Україні такий національний стандарт розроблений та впроваджується вперше.

Справу стандарту вказаного проєкту нормативного документа у травні 2023 року надано до національного органу стандартизації, в якому на сьогодні відбувається технічна перевірка, експертиза та підготовка до набуття чинності.

У розробленому стандарті встановлено класифікацію й загальні технічні вимоги до фільтрувальних засобів індивідуального захисту органів дихання особового складу формувань цивільного захисту, зокрема працівників суб'єктів господарювання, які призначаються до складу формувань та спеціалізованих служб цивільного захисту від впливу радіоактивних, небезпечних хімічних, бойових отруйних речовин та біологічних патологічних агентів у разі застосування ядерної та інших видів зброї масового знищення проти України, а також у разі виникнення надзвичайної ситуації на радіаційно та хімічно небезпечних об'єктах господарювання в умовах воєнного та мирного стану. Крім того, вимоги цього стандарту поширюються на ЗІЗОД для населення та захисні камери для дітей віком до 1,5 року.

Стандарт призначений для застосування організаціями та підприємствами, що

здійснюють проєктування та виготовлення ЗІЗОД, а також органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування іншими державними органами, організаціями та підприємствами, які забезпечують засобами захисту населення, у тому числі працівників суб'єктів господарювання, що призначаються до складу формувань та спеціалізованих служб цивільного захисту.

Розроблений авторами національний стандарт складається з 11 розділів: сфера застосування, нормативні посилання, терміни та визначення понять, позначки та скорочення, класифікація, загальні технічні вимоги (призначеність, надійність, конструктивні вимоги, міцність та стійкість до зовнішніх впливів, ергономіка, вимоги до сировини та матеріалів тощо), вимоги безпеки, маркування, пакування, вимоги щодо регенерування, чищення, дезактивування, дегазування та дезінфікування, оцінювання відповідності та довідкового додатка.

Завданнями стандарту є встановлення вимог (правил), обов'язкових до застосування всіма державними органами, організаціями і фізичними особами, які здійснюють проєктування та виготовлення засобів індивідуального захисту і забезпечують населення та особовий склад аварійно-рятувальних формувань цими засобами у разі загрози виникнення та в умовах НС.

Після набуття чинності вимоги вказаного нормативного документа поширюватимуться на ЗІЗОД для населення та працівників суб'єктів господарювання, які призначаються до складу формувань та спеціалізованих служб цивільного захисту.

Застосування розробленого фахівцями ІДУ НД ЦЗ національного стандарту сприятиме підвищенню ефективності заходів цивільного захисту, зниженню ризиків ураження або загибелі рятувальників та населення від впливу небезпечних хімічних, радіоактивних та біологічних речовин або застосування бойових невідомих небезпечних речовин та зменшенню матеріальних збитків від надзвичайної ситуації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Калиненко Л., Андрієнко М., Слущька О.. Вимоги до екіпірування рятувальників під час виконання аварійно-рятувальних робіт в осередку надзвичайної ситуації з виливом (викидом) радіоактивних та небезпечних хімічних речовин. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. 2023. № 2(16). С. 162-172.

2. Юрченко В., Соколовський О. Питання виробництва сучасних засобів індивідуального захисту населення та формувань цивільного захисту. *Науковий вісник : цивільний захист та пожежна безпека*. 2022. № 1(13). С. 47–54.

3. Проведення наукового дослідження з упорядкування класифікації та загальних технічних вимог до фільтрувальних засобів індивідуального захисту органів дихання населення у надзвичайних ситуаціях для розроблення національного стандарту («ДСТУ – засоби індивідуального захисту органів дихання») : звіт про НДР: ІДУ НД ЦЗ, 2023. 195 с.

*Ludmyla Kalynenko, Oksana Slutska, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher,
Pavlo Gordieiev, Institute of Public Administration and Research in Civil Protection*

REGARDING THE ARRANGEMENT OF CLASSIFICATION AND GENERAL TECHNICAL REQUIREMENTS FOR FILTER MEANS OF INDIVIDUAL RESPIRATORY PROTECTION OF THE POPULATION IN EMERGENCY SITUATIONS

Today, there are many national standards in Ukraine, harmonized with European ones, regarding filtering means of personal respiratory protection (hereinafter – PPE), which are used to improve the working conditions of personnel at various industries. However, there is no national standard that regulates the use of PPE for the protection of the population and workers who are involved in civil defense formations, in the conditions of the occurrence and liquidation of emergencies with the threat or release of dangerous chemical, radioactive, biological substances or the use of weapons of mass destruction.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ В ЗОНІ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Природна система є однією із складових систем земної кулі та відноситься до відкритих систем. Ця система активно взаємодіє з іншими системами планети, серед яких функціонує соціальне та техногенне середовище. Взаємодія між системами здійснюється за допомогою їх входів та виходів. Вхід системи забезпечує дію на неї іншої системи, а результат функціонування цієї системи для досягнення певної мети або її реакція на вплив зовнішнього середовища є виходом системи.



Рисунок 1 – Модельне подання процесів виникнення надзвичайних екологічних ситуацій в умовах впливу небезпечних чинників надзвичайних ситуацій природного, техногенного, соціального та воєнного характеру

Система характеризується станом, що визначається кількісними та якісними значеннями внутрішніх параметрів (змінних) системи в даний момент. Функціонування системи або зміну станів системи у часі є поведінкою або рухом. Отже, поведінка системи – це розгорнута у часі послідовність

реакцій системи на внутрішні зміни та зовнішній вплив. Рівновага – це здатність системи зберігати свій стан як можна довше (як за відсутності, так і за наявності зовнішніх збурюючих впливів). Здатність системи повертатися в стан рівноваги після виведення її з цього стану під впливом зовнішніх збурень характеризує стійкість системи.

Аналізуючи стійкість природної системи, необхідно враховувати наявність зовнішніх збурюючих впливів у вигляді надзвичайних ситуацій різного походження – обстановки на окремій території чи суб'єкті господарювання на ній або водному об'єкті, яка спричинена небезпечною подією та характеризується порушенням нормальних умов життєдіяльності населення. Графічно це представлено на рис. 1.

Згідно даних рис. 1, до небезпечних подій відносяться катастрофа, аварія, пожежа, стихійне лихо, епідемія, епізоотія, епіфітотія, застосування засобів ураження або інші небезпечні події, які за своїми наслідками становить загрозу життю або здоров'ю населення чи призводить до завдання матеріальних збитків [1].

Ефективність проведення заходів щодо ліквідації наслідків надзвичайних екологічних ситуацій залежить від своєчасного прогнозування, розвідки та уточнення зон місцевості, де сталися негативні зміни в навколишньому природному середовищі. Одним із перспективних напрямків розв'язання цієї проблеми є застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для доставки автоматизованих пристроїв контролю в зону місцевості, де сталося надзвичайна екологічна ситуація. Для проведення моніторингу цієї зони можуть використовуватися один або декілька БПЛА.

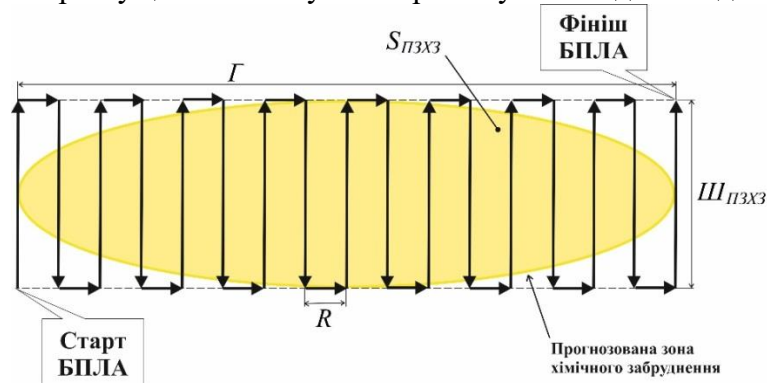


Рисунок 2 – Варіант формуванні траси польоту БПЛА при розвідці зони забруднення місцевості НХР

В роботі [2] запропонована методика формування траси польоту при проведенні розвідки та уточнення параметрів зони зараження місцевості небезпечними хімічними речовинами одним БПЛА та при використанні групового польоту БПЛА. При цьому, оцінка хімічної обстановки при аваріях на ХНО здійснюється у відповідності з "Методикою прогнозування наслідків вилу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті", де прогнозована зона хімічного забруднення (ПЗХЗ) зображується приблизно у вигляді еліпса. Основний недолік при використанні даної методики полягає в неточності визначення параметрів зони зараження та неврахування швидкоплинності змін метеорологічних умов.

Перспективним напрямком подолання цих недоліків є використання БПЛА для проведення розвідки та уточнення параметрів зон зараження місцевості НХР. Очевидно, що головним критерієм ефективності використання БПЛА є час проведення розвідки. Час проведення розвідки визначається як характеристиками БПЛА, так і формуванням траси польоту БПЛА. При формуванні траси польоту БПЛА щодо розвідки зон забруднення місцевості необхідно дотримуватися наступних вимог: оператор БПЛА повинен повністю виконати польотне завдання щодо розвідки зон забруднення місцевості; БПЛА повинен знаходитися на дальності радіозв'язку із системою його керування та передачі інформації з борту літального апарату; при виконанні польоту на над малих висотах необхідно враховувати природний рельєф місцевості, висоти будівель, наявність ліній електропередач. Можливий вигляд траси обльоту забрудненої території одним БПЛА показано на рис. 2, де R – радіус розвороту БПЛА.

При цьому слід враховувати як прогнозні дані щодо зон забруднення території НХР (одержані за допомогою Методики), так і можливості БПЛА, зокрема тривалість польоту та його швидкість. При формуванні траси польоту БПЛА зона забруднення апроксимується прямокутником зі сторонами Γ і $\text{Ш}_{\text{ПЗХЗ}}$. Радіус розвороту літального апарату R повинен дорівнювати радіусу дії приладів контролю. З врахуванням цього час одного циклу розвідки буде складати:

$$t_{\text{роз.}} = \frac{\Gamma R + \Gamma \text{Ш}_{\text{ПЗХЗ}} + \text{Ш}_{\text{ПЗХЗ}} R}{RV}, \quad (1)$$

де V – середня швидкість польоту БПЛА.

Необхідна умова використання такої траси польоту БПЛА:

$$t_{\text{роз.}} < t_{\text{польоту}}, \quad (2)$$

де $t_{\text{польоту}}$ – технічна тривалість польоту БПЛА у відповідності з ТТХ.

Таким чином, з метою розробки підходу щодо оперативного моніторингу окремої місцевості, де сталося надзвичайна екологічна ситуація, проаналізовано можливості теоретичного прогнозування зон зараження території НХР. В результаті встановлено, що основний недолік при використанні відповідних методик полягає в неточності визначення параметрів зони забруднення та неврахування швидкоплинності змін метеорологічних умов. Перспективним напрямком подолання цих недоліків є використання БПЛА для проведення розвідки та уточнення параметрів зон забруднення місцевості НХР. Головним критерієм ефективності використання БПЛА є час проведення розвідки, який визначається як характеристиками БПЛА, так і формуванням траси польоту БПЛА.

В роботі розроблено методику формування траси польоту поодиноких БПЛА та групи БПЛА при проведенні хімічної розвідки та уточнення параметрів зони зараження НХР. При формуванні траси польоту БПЛА враховується як прогнозні дані щодо зон забрудненої території НХР, так і можливості БПЛА, зокрема тривалість польоту та його швидкість. Головним критерієм ефективності вибору варіанту формування траси польоту БПЛА є час проведення розвідки місцевості. При цьому час розвідки забрудненої зони не повинен перевищувати заданий час розвідки та час тривалості польоту літального апарату у відповідного з його тактико-технічними характеристиками.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про зону надзвичайної екологічної ситуації» від 13 липня 2000 року № 1908-III.
2. Захарченко Ю.В., Іванець Г.В., Іванець М.Г., Калугін В.Д., Тютюнник В.В. Формування трас польоту безпілотних літальних апаратів під час оперативного моніторингу окремої місцевості, де сталася надзвичайна екологічна ситуація. Техногенно-екологічна безпека. Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2022. № 1(11). С. 23–33.

INCREASING THE EFFICIENCY OF ENVIRONMENTAL SITUATION ASSESSMENT IN THE EMERGENCY ZONE USING UNMANNED AIRCRAFT

In the article the method of forming a flight path for reconnaissance and clarifying the parameters of the contamination zone of the area with hazardous chemicals by one UAV was presented. Also, the formation of the flight path when using the group flight of the UAV was presented. As a result of the research, it was found that with the group version of monitoring the UAV terrain, the flight time is significantly reduced. This proves the effectiveness of organizing such an option for monitoring a certain area of an emergency environmental situation.

*А.Ю. Бондаренко¹, В.М. Лобойченко² д.т.н., проф.,
О.С. Шевченко¹, к.т.н., Р.І. Шевченко¹ д.т.н., проф.
¹Національний університет цивільного захисту України
²Луцький національний технічний університет, м. Луцьк*

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ МОНІТОРИНГУ НЕБЕЗПЕК, ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ ПОТРАПЛЯННЯМ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В ДОВКІЛЛЯ

Бойові дії на території України, що мають місце внаслідок військової агресії росії, спричинили значний вплив на всі сфери життя як населення нашої держави, так і світової спільноти. Прямі соціальні та політичні наслідки супроводжуються численними людськими жертвами та величезними економічними втратами. При цьому розвиток локальних надзвичайних ситуацій військового характеру переростає за каскадним типом в надзвичайні ситуації техногенного характеру, що мають додатковий небезпечний вплив на населення та територію нашої держави [1].

Вже сьогодні прямі збитки України від воєнних дій перевищили 400 млрд. доларів. При цьому не враховуються чинники, що погіршують теперішній стан техногенних та природних об'єктів, та є маркерами розвитку потенційних надзвичайних ситуацій [1]. Це наявність в довкіллі хімічних сполук з використаних боєприпасів, паливно-мастильні матеріали від техніки, витoki забруднюючих речовин від зруйнованих підприємств тощо. Сучасна парадигма «цивільного захисту» передбачає, як складову, проведення моніторингу стану досліджуваного об'єкта [2]. Саме тому важливим аспектом попередження надзвичайних ситуацій є своєчасна інформація про зміну стану об'єкта і надалі вжиття необхідних управлінських рішень.

Особливості запропонованої інформаційної технології QR - управління надзвичайною ситуацією техногенного характеру на об'єктах хімічної промисловості в умовах надлишкового техногенного навантаження є можливість її широкого використання у вигляді інформаційного забезпечення персональних комп'ютерів у допоміжних аварійних службах різного ієрархічного рівня підпорядкування.

Запропонованій методології формування автоматизованої системи управління надзвичайними ситуаціями на об'єктах хімічної промисловості притомні ряд обмежень, які у подальшому слід врахувати при розробці та пілотному впровадженні інформаційної технології в практичну діяльність підрозділів ДСНС. Так мають бути враховані наступні компоненти:

1) при налаштуванні доступу населення до системи надання екстреної допомоги слід врахувати існуючі можливості з використання інформаційно-телекомунікаційних технологій, в першу чергу QR кодування та QR відтворення даних, а також організації електронної взаємодії нарівні суб'єктів, що забезпечують реагування на надзвичайну подію;

2) розробити окремий додаток (інформаційний модуль), який забезпечує процес взаємодії та використання інформаційних (QR), інформаційно-телекомунікаційних систем МВС для інформаційно-аналітичної підтримки при прийнятті рішень під час реагування на екстрені та надзвичайні події;

3) доповнити можливості інформаційної технології системою комутації із засобами відеоспостереження та фіксації подій в реальному часі;

4) доповнити можливості інформаційної технології системою комутації з електронними пристроями та система уповноважених ЦОВВ та іншими органами виконавчої влади з метою попередження екстрених подій та оперативного реагування у разі їх виникнення.

Ці недоліки можуть бути усунуті у подальшому шляхом сумісності традиційних методів реагування на катастрофічні події і інформаційно-телекомунікаційних технологій

в рамках вдосконалення методики яка створюються, що дозволить в разі підвищити ефективність надання допомоги населенню та значно удосконалити діяльність аварійно-рятувальних служб та інших служб, які залучаються; віддалено бачити ситуацію на місці екстреної події; оперативно задіяти доступні ресурси, забезпечувати інформацією урядові та регіональні кризові центри в реальному масштабі часу [3].

Подальший розвиток даного дослідження полягає у розробці низки практичних рекомендацій, які стосуються в першу чергу гармонізації вітчизняних підходів та практик до вимог країн Європейської спільноти. Втім подібна гармонізація може зіткнутися з труднощами формування загальних принципів комплексного надання допомоги населенню у разі виникнення екстрених ситуацій, які загрожують здоров'ю, життю, майну або навколишньому природному середовищу, інших небезпечних та катастрофічних подій [4].

Таким чином, відзначається необхідність врахування не лише прямих, але й опосередкованих небезпек для населення та територій нашої держави. Вони можуть мати місце як результат розвитку надзвичайних ситуацій, пов'язаних з витоком забруднюючих речовин в довкілля, зокрема, у водні об'єкти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Myroshnychenko A., Loboichenko V., Divizynyuk M., Levterov A., Rashkevich N., Shevchenko O., Shevchenko R. Application of Up-to-Date Technologies for Monitoring the State of Surface Water in Populated Areas Affected by Hostilities. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, 2022, 16 (3), 50 – 59.
2. Дівізінюк М.М. Теоретичні засади парадигми “цивільний захист”/ М.М. Дівізінюк, С.А. Єременко, О.А. Лефтеров, А.В. Пруський, В.В. Стрілець, В.М. Стрілець, Р.І. Шевченко// Монографія. Київ.: ТОВ «АЗИМУТ-ПРИНТ». 2022. 335 с.
3. Лобойченко В.М. Формування окремих задач математичної моделі інженерно-технічного метода попередження надзвичайних ситуацій унаслідок аварій на технологічному обладнанні потенційно небезпечних об'єктів. Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура. 2019, том 6, № 152, с. 224 – 232. DOI 10.33042/2522-1809-2019-6-152-224-232.
4. Лобойченко, В., Бондаренко, А., Резніченко, Г., & Колошко, Ю. Забезпечення окремих процедур реалізації методики попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із поширенням забруднюючих речовин у водні об'єкти. Комунальне господарство міст, 2022, 4(171), 135–141. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2022-4-171-135-141>

*A. Yu. Bondarenko¹, V.M. Loboichenko², Doctor of Technical Sciences, prof.,
O.S. Shevchenko¹, Ph.D., R.I. Shevchenko¹ Doctor of Technical Sciences, prof.*

¹National University of Civil Defense of Ukraine

²Lutsk National Technical University, Lutsk

DEVELOPMENT OF INFORMATION-TECHNICAL TOOLS FOR MONITORING HAZARDS ASSOCIATED WITH THE RELEASE OF POLLUTANTS INTO THE ENVIRONMENT

The work identifies the dangers associated with the ingress of pollutants into the environment. Features of prevention of such emergency situations were noted. A technique for preventing an emergency situation related to the ingress of chemicals into water bodies is proposed.

ЗМІСТ

**SECTION 1. FIRE AND TECHNOGENIC SAFETY OF CRITICAL
INFRASTRUCTURE FACILITIES UNDER MARTIAL LAW
СЕКЦІЯ 1. ПОЖЕЖНА ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ
ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ**

<i>Басманов О.Є., Олійник В.В.</i> Моделювання теплового впливу пожежі на резервуар з нафтопродуктом	5
<i>Сергій Рудаков, Ivanov V</i> Визначення та дослідження температурних полів за умов горіння сусіднього резервуара	8
<i>Васильченко О.В., Рубан А.А.</i> Оцінювання вогнестійкості металевого каркаса будівлі після впливу вибуху	11
<i>Гарбуз Сергій, Карпова Дарина</i> Очищення внутрішніх поверхонь резервуарів для зберігання світлих нафтопродуктів допомогою криогенного струмування	14
<i>Михайлова А.В., Балло Я.В., Тесленко О.М.</i> Щодо оцінки стану захищеності об'єктів критичної інфраструктури	16
<i>Сидоренко В.Л., Єременко С.А., Пруський А.В., Демків А.М.</i> Аналіз ризику: поняття та місце у забезпеченні Безпеки об'єктів критичної інфраструктури в умовах воєнного стану	19
<i>Бойко О.А.</i> Формування та реалізація державної політики У сфері захисту критичної інфраструктури в умовах воєнного стану	22
<i>Гадир В.О., Нешпор О.В., Шевченко Р.І.</i> Аналіз небезпек та постановка завдання з дослідження ефективності інноваційних засобів гасіння пожежі на об'єктах критичної інфраструктури	25
<i>Головченко Є.В., Хмиров І.М., Шевченко Р.І.</i> Аналіз ефективності пожежної та техногенної безпеки об'єктів критичної інфраструктури зі зберігання нафтопродуктів	27
<i>Коваленко Д.С., Руцак І.І., Шевченко Р.І.</i> Закономірності впливу широкого класу добавок речовин на швидкість горіння піротехнічних сумішей	29
<i>Вавренюк Сергій</i> Забезпечення техногенної безпеки об'єктів критичної інфраструктури в умовах воєнного стану	30

Фомичов Д.С., Шевченко Р.І.

До питання обґрунтування комплексу інформаційно-технічних заходів з підвищення пожежної безпеки на об'єктах критичної інфраструктури 33

Щербак О.С., Дерев'янка О.А., Шевченко Р.І.

До питання виявлення осередкових ознак і шляхів розповсюдження надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури 34

Aulin Yaroslav, Ilchenko Oleksii

Raman spectroscopy for forensic investigations of cause of fire 36

Harkavyi Andrii, Volodymyr Lypovyi

Heat exchange in the free volume of reservoirs during jet cleaning of petroleum product residues 38

Omar Trabelsi, Tünde Anna Kovács

Fire and explosion risks related to electrical car batteries 40

Щолоков Е.Е., Ромін А.В., Отрош Ю.А., ANSZCZAK Marcin

Аналіз імітаційних моделей евакуації при пожежі 45

Кривешко Адриан, Пирогов Олександр, Konstantinos Sotiriadis

Особливості проведення пожежно-профілактичної роботи на промислових підприємствах 47

Zoltán Nyikes, Milton Friedman, László Tóth, Tünde Anna Kovács

Особливості проведення пожежно-профілактичної роботи на промислових підприємствах 49

SECTION 2. FIRE SAFETY OF CONSTRUCTION MATERIALS, BUILDINGS AND STRUCTURES

СЕКЦІЯ 2. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ, БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

Клокова А. В., Бондаренко С.М

Дослідження часових характеристик вузла управління спринклерної системи водяного пожежогасіння 54

Ликов А. М., Бондаренко С.М

Дослідження сучасного рівня забезпечення пожежної безпеки центрів обробки даних засобами пожежної автоматики 57

Francesca Sciarretta, Adamantia Athanasopoulou, Silvia Dimova, Georgios Tsionis

The status of implementation of fire safety engineering in europe 60

Francesca Sciarretta, Adamantia Athanasopoulou, Silvia Dimova, Georgios Tsionis

Training and education needs for wider implementation of fire safety engineering in europe 63

Петухова О.А.

Розрахунок внутрішнього протипожежного водопроводу як напрямку забезпечення пожежної безпеки будівлі 65

<i>Кердивар Владислав, Кальченко Ярослав</i> Визначення параметрів електричних кабельних виробів при короткому замиканні	68
<i>Катунін Альберт, Роянов Олексій, Кулаков Олег</i> Вплив домішок на температуру нагрівання кабельних виробів в процесі експлуатації	73
<i>Лисак Н.М., Скородумова О.Б., Чернуха А.А., Калашнікова В.С.</i> Дослідження впливу фосфорвмісних компонентів на властивості вогнезахисного покриття деревини	74
<i>Саєнко Н.В., Скрипинець А.В.</i> Комплексна оцінка пожежної безпеки вібропоглинаючої мастики в залізничній інфраструктурі	77
<i>Скрипинець А.В., Саєнко Н.В.</i> Дослідження адгезійно-міцностних властивостей вогне-та вібропоглинаючої композиції для застосування в залізничному транспорті	80
<i>Ференц Н.О.</i> Дослідження природних цеолітів для забезпечення технологічних апаратів і трубопроводів	82
<i>Антошкін О.А., Ковшарь А.Г.</i> Аналіз методів випробування пожежних сповіщувачів	84
<i>Миргород О.В., Десятерик М.А., Омелянчук М.Б.</i> Деякі полімерні матеріали, що використовуються у сучасному будівництві	86
<i>Ковальов А.І., Пурденко Р.Р., Качкар Є.В.</i> Методологія оцінювання вогнестійкості вогнезахисних будівельних конструкцій будівлі	89
<i>Трегубов Д.Г., Трегубова Ф.Д.</i> Прогнозування параметрів пожежної небезпеки на підставі моделювання етапу кластерної будови полум'я	92
<i>Фещук Ю.Л., Сізіков О.О., Голікова С.Ю.</i> Аналіз положень ДБН В.1.2-7:2021, пов'язаних з суттєвими експлуатаційними характеристиками будівельної продукції	95
<i>Підкопай О.Ю., Дурсєв В.О.</i> Моделювання роботи чутливого елемента з суперпарамагнітними частками при слабкому магнітному полі	97
<i>Скрипник А.В., Дурсєв В.О.</i> Моделювання роботи чутливого елемента з однодоменними феромагнітними матеріалами	99

Гужва Д.Р., Дурєєв В.О.

Моделювання роботи чутливого елемента з комплексним урахуванням намагніченості від зовнішнього магнітного поля і температури 101

Francesca Sciarretta, Adamantia Athanasopoulou, Silvia Dimova, Georgios Tsionis

The status of implementation of fire safety engineering in europe 103

Кулаков О.В.

Модель для оцінки пожежної безпеки роботи навантаженого електричного проводу з подвійною ізоляцією 106

Петухова О.А.

Розрахунок внутрішнього протипожежного водопроводу як напрямок забезпечення пожежної безпеки будівлі 108

Гаврилюк А.Ф., Яковчук Р.С.

Особливість проведення вогневих експериментальних досліджень елементів силових батарей електромобілів 111

Лазаренко О.В.

Визначення часу прогріву літій-іонного елемента живлення panasonic ncr 18650b від зовнішнього джерела 114

Новак С.В., Добростан О.В., Пустовий М.М., Новак М.С.

Вплив початкової температури сталевих конструкцій під час випробування на вогнестійкість на результати визначення проміжку часу збереженості несучої здатності 116

Перегін А.В., Нуянзін О.М.

Розробка спрощеної схеми удосконаленого експериментально-розрахункового методу оцінювання межі вогнестійкості несучих залізобетонних стін 119

Веселівський Р.Б., Яковчук Р.С., Смоляк Д.В.

Експериментальні дослідження вогнезахисної здатності реактивного вогнезахисного покриття на сталевій пластині розміром 500x500 мм товщиною 0,3 см 121

Майстренко С.С., Ребров О., Шевченко Р.І.,

До питання дослідження ефективності пасивних засобів локалізації пожежі на об'єктах з масовим перебуванням людей 124

Пустовий М.М., Маладика І.Г., Новак С.В., Новак М.С.

Залежність результатів випробування сталевих конструкцій на вогнестійкість від відхилу температурного режиму в печі від номінального 125

Миргород О.В., Радіонов Я.О., Попов О.В., Skatkov L

Заглиблення заздалегідь виготовлених паль на етапі будівництва 128

Федченко С.М., Федченко І.В.

Дослідження зниження міцності бетону залізобетонних конструкцій таврового перерізу в умовах вогневих випробувань 131

<i>Оношко І.А., Кушнір А.П., Вовк С.Я.</i> Шляхи підвищення протипожежного захисту авіаційних ангарів	135
--	-----

<i>Самченко Тарас, Ратушний Олексій</i> Аналіз моделей що можуть застосовуватись для прогнозування розвитку пожеж у кабельних тунелів	138
--	-----

<i>Григоренко Олександр, Золкіна Євгенія, Саєнко Наталія, Липовий Володимир</i> Удосконалення існуючих методів оцінки ефективності вогнезахисних покриттів	140
---	-----

SECTION 3. FORCES, MEANS AND TACTICS OF FIRES AND EMERGENCIES LIQUIDATION

СЕКЦІЯ 3. СИЛИ, ЗАСОБИ ТА ТАКТИКА ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НС

<i>Фещенко А.Б., Закора О.В., Борисова Л.В.</i> Імовірнісна модель типового фрагмента відомчої цифрової телекомунікаційної мережі ДСНС	143
---	-----

<i>Нуязін В.М., Коцар Є.О., Наливайко М.О.</i> Дослідження можливості впливу магнітного поля на полум'я нафтогазової свердловини	146
---	-----

<i>Аксьонов Віталій, Лісняк Андрій</i> Підвищення ефективності гасіння пожеж твердих горючих	149
---	-----

<i>Остапов К.М.</i> Розробка засобу пожежогасіння гелеутворюючими складами підвагоного простору метрополітену	151
--	-----

<i>Остапов К.М.</i> Створення універсальною гусеничною пожежною машини із підвищеними тактико-технічними характеристиками	153
--	-----

<i>Савченко Олександр, Гарбуз Сергій, Савченко Вячеслав</i> Проблема дефіциту води при гасінні пожеж у під час воєнного стану	156
--	-----

<i>Філюшина Ольга, Лісняк Андрій</i> Підвищення ефективності реагування на виклики за рахунок оптимізації елементів оперативного розгортання	158
---	-----

<i>Стрілець В.М., Степанчук С.О.</i> Особливості розробки математичної моделі скорочення часу гуманітарного розмінування в радіаційно-забрудненій місцевості	160
---	-----

<i>Закора Олександр, Фещенко Андрій</i> Забезпечення надійності системи оперативного управління рухомими об'єктами району надзвичайної ситуації на основі використання RoIP-каналів	162
--	-----

<i>Соботницька О.О., Майборода А.О.</i> Аналіз процесу створення водяного туману для цілей пожежогасіння	164
---	-----

<i>Шевчук Олексій, Коханенко Володимир</i> Евакуація та автомобілі для транспортування потерпілих при надзвичайних ситуаціях	167
<i>Іванов Максим, Дубінін Дмитро</i> Вимоги діючого законодавства України для підготовки пожежних-рятувальників за рахунок використання тренажерів	170
<i>Дубінін Дмитро</i> Дослідження пожежної небезпеки синтетичних матеріалів під час розвитку внутрішньої пожежі	173
<i>Agoston Restas</i> Drone applications beyond forest fire monitoring - forest fire suppression	176
<i>Kravtsiv R. V., Afanasenko K.A., Restas Agoston</i> The use of drones for firefighting and fire monitoring	180
<i>Лаврик Я. В., Черномаз І. К.</i> Теоретичні основи організації тактичної підготовки підрозділів служби цивільного захисту в умовах військових дій	183
<i>Придатко В.В., Ковальчук О.М.</i> Аналіз фактичного часу слідування рятувального підрозділу	185
<i>Придатко В.В.</i> Вплив параметрів середовища на розташування рятувального підрозділу	188
<i>Присяжнюк В.В.</i> Гасіння пожеж із використанням переносних засобів димо- та тепловидалення	190
<i>Скоробагатько Т.М., Пруський А.В., Якіменко М.Л., Серeda Д.В., Стрілець В.М., Маловик І.В.</i> До питання особливостей діяльності газодимозахисників в умовах можливого бойового ураження	193
<i>Стрілець В.М., Степанчук С.О.</i> Особливості розробки математичної моделі скорочення часу гуманітарного розмінування в радіаційно-забрудненій місцевості	196
<i>Тютюник Вадим, Левтєров Олександр, Усачов Дмитро</i> Виявлення на території міста масштабних пожеж за акустичними спектрами процесу горіння рідких органічних речовин	198
<i>Фомичова Д.Ю., Крадожон В.А., Шевченко Р.І.</i> Аналіз ефективності дій особового складу аварійно-рятувальних підрозділів до гасіння пожежі та ліквідації надзвичайної ситуації на об'єктах зі зберігання нафтопродуктів	201
<i>Левтєров Олександр, Стативка Євгеній</i> Моніторинг факторів нс мікродронами у внутрішніх просторах	203

Олександр Савченко, Сергій Гарбуз, Олександр Григоренко, Вячеслав Савченко
Проблема дефіциту води при гасінні пожеж під час воєнного стану 205

Олександр Савченко, Сергій Гарбуз, Олександр Григоренко, Вячеслав Савченко
Практичні проблеми забезпечення пожежної безпеки укриттів у
навчально-виховних закладах України, вимогам «безпечного
освітнього середовища» 207

SECTION 4. EMERGENCY SITUATIONS AND FIRE PREVENTION MANAGEMENT **СЕКЦІЯ 4. ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ**

Кравченко Р.І., Хроменков Д. Г., Гулик Ю. Б., Ільченко Н. М., Корольова О. Г
Аналіз нормативних документів та інших джерел інформації стосовно термінів
на засоби цивільного захисту 209

Паніماش Ю.В.
До питання стану виробничого травматизму в Україні в умовах воєнного стану 212

Тютюник Вадим, Тютюник Ольга, Яценко Олександр, Удянський Микола
Удосконалення функціонування мережі ситуаційних центрів
У мирний час та в особливий період 215

Яценко Олександр, Тютюник Вадим
Пропозиції щодо організації заходів оповіщення та інформування
в об'єднаних територіальних громадах (отг) 218

Карпеко Н.М.
Застосування ризик-менеджменту при формуванні організаційно-економічних
механізмів протидії надзвичайним ситуаціям 221

Корчагін П.О., Хмирова А.О., Шевченко Р.І.
До питання формування експертно-статистическої моделі ліквідації
надзвичайних ситуацій регіонального рівня в умовах воєнного впливу
на систему підготовки фахівців з експлуатації аварійно-рятувальної техніки 224

Мирошниченко А.О., Дівізінюк М.М., Шевченко Р.І.
Розробка математичного апарату попередження надзвичайних ситуацій
терористичного характеру в тунелях 226

Yelisieiev V. N., Vykova E.V.
Measures to prevent emergency situations at high danger facilities 228

Роянов О.М., Катунін А.М.
Вплив вологості повітря на час примусової вентиляції резервуарів від
залишків парів легкозаймистих рідин 231

Щолоков Е.Е., Ромін А.В., Отрош Ю.А., ANSZCZAK Marcin
Аналіз імітаційних моделей евакуації при пожежі 234

**SECTION 5. ENVIRONMENTAL ASPECTS OF FIRE SAFETY AND LABOR
PROTECTION**

**СЕКЦІЯ 5. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА
ПРАЦІ**

<i>Отрош В.Ю., Рашикевич Н.В., Turutanov O.</i> Ризик природніх пожеж під час військової агресії	236
<i>Карвацька М.Я., Лавренюк О.І., Михалічко Б.М.</i> Екологічний аспект використання водних вогнегасних речовин та проблеми підвищення їх ефективності	238
<i>Карпова Дарина, Гарбуз Сергій</i> Екологічні наслідки пожеж в природних екосистемах	240
<i>Ковальов Олександр, Рагімов Сергій</i> Сучасна організація моніторингу атмосферного повітря	242
<i>Пелипенко М.М.</i> Екологічний аспект пожежної безпеки лісів та заходи їх захисту від пожеж	245
<i>Калиненко Л.В., Слуцька О.М., Гордєєв П.М.</i> Упорядкування класифікації та загальних технічних вимог до фільтрувальних засобів індивідуального захисту органів дихання населення у надзвичайних ситуаціях	247
<i>Тютюник Вадим, Захарченко Юлія</i> Підвищення ефективності оцінки екологічної обстановки в зоні надзвичайної ситуації за допомогою безпілотних літальних апаратів	249
<i>Бондаренко А.Ю., Лобойченко В.М., Шевченко О.С., Шевченко Р.І.</i> Розробка інформаційно-технічних засобів моніторингу небезпек, пов'язаних із потраплянням забруднюючих речовин в довкілля	251