

О.С. Щербак<sup>1</sup>, О.А. Дерев'янка<sup>1</sup>, О.В. Нешпор<sup>2</sup>, Р.І. Шевченко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України, Україна

<sup>2</sup>Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту, Україна

## МЕТОДИКА ВИЯВЛЕННЯ ОСЕРЕДКОВИХ ОЗНАК НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ ВНАСЛІДОК ПОЖЕЖІ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Робота присвячена вирішенню актуального наукового завдання у сфері цивільного захисту, а саме розробці методики виявлення осередкових ознак надзвичайної ситуації внаслідок пожежі на об'єктах критичної інфраструктури, маючи за мету подальшу розробку методу запобігання надзвичайних ситуацій терористичного характеру на об'єктах критичної інфраструктури України.

**Ключові слова:** надзвичайна ситуація, об'єкт критичної інфраструктури, методика, осередкові ознаки, термічне ураження.

### Постановка проблеми

Ознаки спрямованості горіння у процесі виникнення та протікання надзвичайної ситуації можна визначити по окремих елементах приміщення. У цьому випадку про напрямок руху до зони осередку надзвичайної ситуації судять по асиметрії поразки елемента, тобто по різному ступеню поразки елемента в його горизонтальному перетині. Сторона із найбільшою поразкою звернена у бік осередку надзвичайної ситуації внаслідок пожежі.

Практично виявляти асиметрію можна візуально - поперечним розпилюванням окремих елементів будівельної конструкції тощо.

До ознак спрямованості осередку надзвичайної ситуації можна віднести також сліди короткого замикання, що залишаються на місці пожежі на проводах, хомутах і інших струмопровідних елементах електричної мережі приміщення при відсутності захисту чи його загубленні тощо.

Таким чином, доведено різноманіття умов виникнення і розвитку надзвичайної ситуації внаслідок пожежі у кожному окремому випадку вимагає формування чіткої методики виявлення осередкових ознак надзвичайної ситуації внаслідок пожежі на об'єктах критичної інфраструктури, яка спирається на сучасне уявлення щодо перебігу останньої в різних середовищах.

### Аналіз останніх досліджень

Аналіз сучасних публікацій за напрямком дослідження свідчить про наступне. Так в роботі [1] автори розглядають статистичні дані про великі надзвичайні ситуації внаслідок пожежі в містах, представляючи детальний перелік причин

виникнення пожеж, тип пошкодження конструкцій та критичної інфраструктури із залізобетону, а також представляють експериментальний підхід до вивчення вогнестійкості різних конструкційних компонентів разом із роллю чисельного моделювання для надання більш детальної інформації щодо кількісного визначення температури та полів теплового потоку.

В роботі [2] автори розглядають вплив екстремальних термічних умов на об'єкти критичної інфраструктури в залежності від типу їх конструкції, які виникають під час лісових пожеж.

У статті [3] автори розглядають питання впливу умов експлуатації на функціональну надійність систем пожежної сигналізації при прояві негативних умов на споруди критичної інфраструктури.

В результаті проведеного дослідження [4] автори надали алгоритм моделювання поведінки залізобетонних конструкцій об'єктів критичної інфраструктури при термічних навантаженнях, заснований на поєднанні термічного та структурного аналізів.

Авторами статті [5] представлено критичний огляд поточних заходів протипожежного захисту та їх застосовність для вирішення поточних проблем, пов'язаних із пожежною небезпекою на об'єктах критичної інфраструктури.

У статті [6] представлено огляд стійкості міської критичної інфраструктури до впливу небезпечних чинників надзвичайної ситуації внаслідок пожежі.

Результати перевірки пошкоджень бетонних конструкцій після надзвичайної ситуації внаслідок пожежі надаються у роботі [7], де в рамках дослідницької програми авторами проведено прикладні дослідження з питань існуючих процедур

і літератури щодо оцінки тунелів як об'єктів критичної інфраструктури.

У статті [8] сформована проблема пожежі на критично важливих транспортних інфраструктурах, таких як мости шляхопроводи та тунелі, наведені масштаби пожежної проблеми, а також нещодавнє збільшення пожежних проблем на мостах і тунелях.

У дослідженнях [9,10] було проведено оцінка осередків надзвичайних ситуацій внаслідок пожежі методами неруйнівного контролю.

Аналіз результатів отриманих у наведених роботах свідчить, що на сьогодні не вирішеним науковим завданням у сфері цивільного захисту залишається розробка методу запобігання надзвичайних ситуацій терористичного характеру на об'єктах критичної інфраструктури, якому повинна передувати розробка методики виявлення осередкових ознак надзвичайної ситуації внаслідок пожежі на об'єктах критичної інфраструктури України

### Формулювання мети статті

Формування методики виявлення осередкових ознак надзвичайної ситуації внаслідок пожежі на об'єктах критичної інфраструктури. Для вирішення поставленої мети необхідно:

1. Надати опис та здійснити планування процедури проведення натурального експерименту з визначення осередкових ознак надзвичайної ситуації внаслідок пожежі на об'єктах критичної інфраструктури;
2. Визначити вимоги до устаткування для проведення вимірювань осередкових ознак надзвичайної ситуації внаслідок пожежі на об'єктах критичної інфраструктури;
3. Визначити загальні умови з формування алгоритму методики виявлення осередкових ознак надзвичайної ситуації внаслідок пожежі на об'єктах критичної інфраструктури;
4. Надати рекомендації з можливого використання отриманої інформації під час реконструкції надзвичайної ситуації внаслідок пожежі на об'єкті критичної інфраструктури.

### Виклад основного матеріалу

**Опис та планування процедури проведення натурального експерименту.** Опис місця надзвичайної ситуації внаслідок пожежі здійснюється відповідно до загального плану. Доцільно виділити окремо опис закопчень на конструкціях. Слід зазначити порівняльну ступінь диму (що означає, суб'єктивне відчуття кольору), напрямок його посилення, особливу увагу, звертаючи увагу на місця, які мають аномально високі або, навпаки, низьку інтенсивність диму по відношенню до загальної площі. Потрібно вказувати точні координати таких зон. Додатково

до схеми місця протікання надзвичайної ситуації внаслідок пожежі слід оформити схему закопчень із зазначенням місць відбору проб кіптяви.

Найбільш доцільне використання фотографії. При фотографуванні великих площ, використовуючи панорамну зйомку. У цьому випадку вони повинні бути забезпечені «перекриття» кадрами 10-20%. Перспективним методом фіксування візуальної інформації є цифрова фото- та відеозйомка, яка дозволяє отримувати високу якість зображення та проводити його обробку на комп'ютері. Вибір зон дослідження здійснюється за результатами візуального огляду. На початковому етапі повинні бути окреслені зони, в яких шар кіптяви відсутній або порушений. Необхідно встановити причини утворення цих зон, що може бути пов'язане з локальним вигоранням кіптяви від впливу температури інтенсивного вогнища горіння або з впливом води при гасінні. Після цього виділяють зону безпосередньої теплової дії пожежі та розбивають її на ділянки горіння та задимлення з урахуванням інформації про розташування пожежної навантаги в осередку надзвичайної ситуації, розвиток надзвичайної ситуації та перебіг її ліквідації.

Далі проводиться дослідження властивостей кіптяви на різних ділянках осередку надзвичайної ситуації.

На схему місця виникнення та протікання надзвичайної ситуації внаслідок пожежі (рис. 1) наносяться зони відсутності кіптяви. При складанні протоколу огляду та схем місця пожежі повинні бути зафіксовані всі зазначені зони локальної відсутності кіптяви незалежно від їх передбачуваної природи, однак при словесному описі повинні бути відображені зазначені вище деталі, що дозволяють цю природу прояснити (геометрична форма, характер закопчення та ін.).

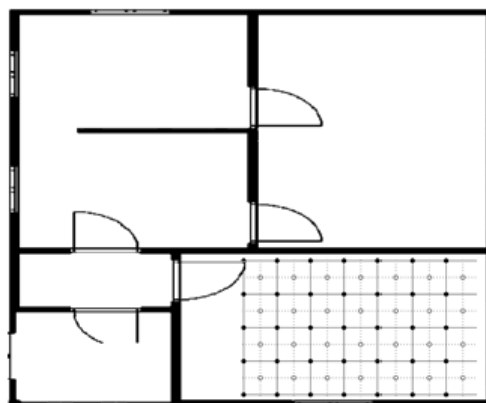


Рис. 1. Схема приміщення об'єкту критичної інфраструктури з нанесеною сіткою для вимірювання електричного опору кіптяви

Відповідно до існуючих методів, ідентифікація джерела виникненню надзвичайних ситуацій здійснюється на основі осередкових ознак і ознак напрямку поширення надзвичайної ситуації внаслідок пожежі.

Аналіз кіптяви на вогнетривких конструкціях може успішно поєднуватися з дослідженнями відомими інструментальними способами самих матеріалів, у тому числі конструкції виготовлені (матеріалів з урахуванням цементу, вапна, гіпсу, сталей та інших.), т.к. дозволяє перекрити "низькотемпературну" зону, в якій зазначені методи є малоефективними.

Дані, що отримуються за допомогою аналізу кіптяви, можуть бути використані для вирішення деяких приватних питань, що виникають при реконструкції надзвичайної ситуації внаслідок пожежі. Так, наприклад, відомості про спрямованість основних конвективних потоків дозволяють визначити, були відкриті чи зачинені двері, вікна, інші отвори. А якщо відкриті, то до початку надзвичайної ситуації або на якійсь стадії її протікання.

При встановленні причини надзвичайної ситуації внаслідок пожежі можуть бути використані дані про температурний режим та характер горіння (тління, полум'яне горіння різної інтенсивності) в осередковій зоні, що встановлюються шляхом дослідження кіптяви. Відомо, що з джерел запалювання різної потужності характер виникнення та розвитку горіння на початковій стадії може бути різний. Наприклад, в разі пожежі від тліючого тютюнового виробу і інших джерел малої потужності запалювання період згоряння полум'я зазвичай передре період розпаду, іноді досить довго. При підпалах із застосуванням інтенсифікаторів горіння температурний режим у зоні горіння вищий за звичайний. Аналіз кіптяви дозволяє охарактеризувати режим горіння у вогнищі та, таким чином, отримати інформацію, що сприяє встановленню причини надзвичайної ситуації внаслідок пожежі.

Перерахованими завданнями можливості використання інформації, одержуваної шляхом аналізу кіптяви, не обмежуються. У конкретних надзвичайних ситуаціях можуть виникати інші питання, які потребують вирішення.

**Вимоги до устаткування для проведення вимірювань осередкових ознак.** Вимірювання електричного опору шару сажі проводиться з метою виявлення зон локального нагріву конструкцій в осередку надзвичайної ситуації внаслідок пожежі. Такі зони виникають, насамперед, над вогнищем і вздовж шляхів поширення основних конвективних потоків від

джерела вогню. Визначається напрям цих конвективних потоків і, отже, напрямок поширення горіння. Вимірювання проводиться відповідно до намченого плану за результатами візуального огляду, який повинен передбачати максимальне покриття наявної сажі з кроком 0,2-0,3 м. У кожній позиції необхідно зробити не менше п'яти вимірювань, кожен раз зсуву контактного щупа на 2-3 мм. Отримані результати усереднюються та наносяться на діаграму місця надзвичайної ситуації. Близькі значення об'єднуються в зони. Найменші значення будуть відповідати зонам найбільшого нагріву конструкцій об'єкту критичної інфраструктури.

Вимірювання електроопору можуть бути проведені у разі утворення шару кіптяви на будь-яких поверхнях матеріалів, що мають діелектричні властивості. При цьому слід враховувати шорсткість та чистоту поверхні. Як показала практична апробація, найбільш інформативними є результати досліджень шару кіптяви на стелі приміщень, так як він має однорідну поверхню і найбільш схильний до теплового впливу полум'я та конвективних потоків, що дозволяє об'єктивно оцінювати розташування в плані приміщення вогнищ інтенсивного горіння.

У разі незначних термічних руйнувань пожежного навантаження може бути встановлений, при необхідності, режим горіння. Для цього виміри електричного опору кіптяви проводяться безпосередньо над зоною горіння.

Для проведення вимірювань розроблено прилад основні частини якого складаються з:

- контактний щуп;
- прилад вимірювання електроопору;
- кабель, що з'єднує контактний щуп та вимірювач електроопору.

Вимірювання електроопору, може бути проведено у разі утворення шару кіптяви на будь-яких поверхнях матеріалів, що мають діелектричні властивості. Як показала практична апробація, найбільш інформативними є результати досліджень шару кіптяви на стелі приміщень, так як він має однорідну поверхню і найбільш схильний до теплового впливу полум'я та конвективних потоків, що дозволяє об'єктивно оцінювати розташування в плані приміщення вогнищ інтенсивного горіння.

Для виявлення осередкових ознак процесу горіння, було розроблено та сконструювано випробувальний зразок пристрою, для вимірювання електричного опору кіптяви. Це досягається шляхом поєднання контактної блоку, обчислювального пристрою та застосування штанги подовжувача. Конструктивні особливості розробленого пристрою полягають в тому що: контактний блок детектування (рис. 2) має 3

контакти по радіусу і 1 центральний комбінуючи з'єднання яких, можна знімати більше значень, з однієї точки дотику до поверхні зразка кіптяви.

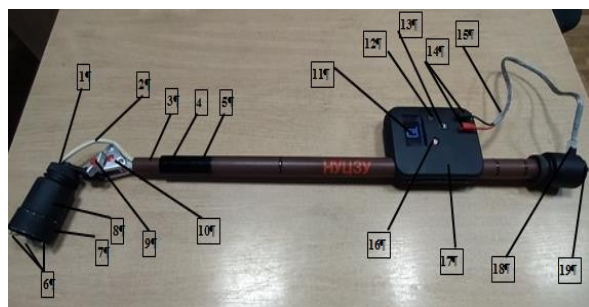


Рис. 2. Конструкція приладу для вимірювання опору шару кіптяви

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

Застосування розробленого приладу для вимірювання електричного опору шару кіптяви на горизонтальних поверхнях на основі підпружинених контактів, разом з мегомметром UNI-T UT512 або аналогічними пристроями для вимірювання великих значень опору, дає можливість швидкого та точного вимірювання параметрів електричного опору шару кіптяви в осередку надзвичайних ситуацій внаслідок пожежі, фіксація та аналіз даних в подальшому шляхом підключення пристрою UNI-T UT512 до комп'ютеру за допомогою програмного забезпечення, що поставляється в комплекті з приладом, перенесення та обробка отриманих даних та побудови карти ізорезистивних зон.

**Загальні умови формування алгоритму методики виявлення осередкових ознак.** Вимірювання електроопору шару кіптяви проводять на будь-яких поверхнях матеріалів, що мають діелектричні властивості (бетон, штукатурка, керамічна плитка і т.п.), бажано - на поверхнях одного типу. Якщо на поверхнях з осілою кіптявою до пожежі був якийсь бруд, то під

шаром кіптяви він виділяється у вигляді нерівності на поверхні. Вимірювання електроопору на таких поверхнях проводити не слід.

Визначати місця точок виміру можна за допомогою рулетки, металевої лінійки довжиною 0,5-1,0 м, мірної вішки або лазерного далекоміра (рис. 3). Розмітку точок для невеликих приміщень - до 20 м<sup>2</sup> при висоті стелі 2,2-2,7 м можна здійснювати за допомогою рулетки або металевої лінійки.



Рис. 3. Дослідження кіптяви в осередку надзвичайної ситуації датчиком для горизонтальних поверхонь з нанесеною на стіну лазерною розміткою

У приміщеннях великих розмірів з високими стелями для розмітки точок на стелі можна використовувати мірну вішку - спеціальний геодезичний інструмент для вимірювання висоти об'єктів. Для її використання, слід розмітити точки на підлозі, встановити вішку в точку на підлозі і розсунути так, щоб вона торкалася стелі. Крапка, в якій вішка торкнеться стелі, - це точка для вимірювання.

Найбільш доцільно використовувати для розмітки точок вимірювання електроопору лазерний далекомір - легкий і компактний прилад розміром не більше 190×70×50 мм, масою не більше 450 г, призначений для вимірювання відстаней, площ, кутів нахилу та інших геометричних розмірів.

Максимальна помилка під час вимірювання відстаней становить ±5 мм. Щоб використовувати лазерний далекомір, необхідно розмітити точки вимірювань на плані місця пожежі, визначити відстані між ними, знайти базову точку, відміряти відстань від базової точки до точки вимірювання, відзначити точку вимірювання опору лазерним променем.

У кожній точці необхідно робити не менше п'яти вимірювань, зміщуючи контактний щуп на 2-3 мм. Якщо виміряні в двох сусідніх точках значення опору значно відрізняються один від



одного, слід намітити додаткову точку (або 2-3 точки), в якій необхідно провести вимірювання.

Отримані результати вимірювання електричного опору, а також середнє значення результатів вимірювань однієї точки  $R_{cp}$  і його логарифм  $lg(R_{cp})$  у подальшому застосовуються у шуканому алгоритмі.

**Рекомендації з використання отриманої інформації під час реконструкції надзвичайної ситуації.** Дані з електроопору шару кіптяви в різних зонах осередку надзвичайної ситуації внаслідок пожежі можуть бути об'єктивною основою для диференціації зон нагріву закопчених конструкцій та предметів. При інтерпретації (трактування) цих даних необхідно мати на увазі наступне.

Зони максимального прогріву конструкцій характеризуються найменшими значеннями опору шару кіптяви електричного струму. Такі зони виникають насамперед над осередком надзвичайної ситуації внаслідок пожежі, якщо кіптява не вигоріла, а також на шляхах поширення основних конвективних потоків від вогнища. В окремих випадках так само проявляють себе осередки горіння, зумовлені зосередженням пожежної навантаги.

При досить високій температурі (більше 600-650°C) на конструкціях і предметах, що огорожують осередок надзвичайної ситуації внаслідок пожежі, осередкова зона може проявлятися також у повному локальному вигоранні кіптяви. В цьому випадку шляхом дослідження відкладень кіптяви поза зоною вигорання виявляються напрямки конвективних потоків з цього вогнища.

Зони проходження основних конвективних потоків продуктів горіння характеризуються поступовим збільшенням електроопору кіптяви від вогнища горіння у напрямку витяжних отворів. Електричний опір шару кіптяви на периферійних ділянках поза цими зонами істотно вище і може відрізнитися на один-два порядку (іноді і більше). Наприклад, електроопір кіптяви може бути 103 ÷ 104 Ом над осередковою зоною та на основних трасах просування потоку диму з вогнища та 106 ÷ 108 Ом - на периферійних ділянках.

Величина електроопору кіптяви пов'язана з режимом горіння в тій чи іншій зоні. Якщо ця величина, заміряна безпосередньо над досліджуваною зоною, перевищує 1010 ÷ 1011 Ом, значить інтенсивного полум'яного горіння на даній ділянці не було, а горіння протікало у формі тління.

Тривале тління пожежної навантаги в умовах недостатнього повітрообміну може призводити до утворення на стелі та у верхній частині стін

товстого шару жирної кіптяви, іноді з явними краплями рідкої фази або краплеподібними плямами. Якщо горіння переходить з малих приміщень у більш просторі, з кращим повітрообміном, і виникає полум'яне горіння, то картина електроопору кіптяви, що формується, буде відображати в основному розвиток полум'яного горіння.

Осередок надзвичайної ситуації внаслідок пожежі у такому разі проявиться у вигляді вигорання кіптяви або екстремально низьких значеннях її електроопору, а навпаки, у досить товстому шарі кіптяви з великим вмістом екстрактивних речовин.

Враховуючи, що метод цей неруйнівний, - немає жодних обмежень щодо його застосування під час огляду місця виникнення надзвичайних ситуацій внаслідок пожежі. Остаточні висновки про осередок надзвичайної ситуації внаслідок пожежі можуть бути сформовані лише в рамках технічної експертизи на основі всього комплексу інформації, що є. Крім даних з електроопору кіптяви це можуть бути: результати візуального огляду місця виникнення надзвичайної ситуації внаслідок пожежі; результати застосування інших інструментальних методів (основних та допоміжних); непрямі ознаки; свідчення свідків, а також інші фактори та джерела інформації, розглянуті у спеціальній літературі.

## Висновки

Таким чином, трактування результатів вимірювання електроопору обов'язково має супроводжувати аналіз особливостей об'ємно-планувальних рішень будівлі (приміщення), умов повітрообміну, розподілу пожежної навантаги в осередку надзвичайної ситуації внаслідок пожежі.

Отримані результати дослідження кіптяви можуть бути використані в рамках технічної експертизи для реконструкції процесу виникнення та розвитку надзвичайної ситуації внаслідок пожежі на об'єктах критичної інфраструктури.

## Література

1. A. Ibrahimbegovic, A. Boulkertous, L. Davenne, M. Muhasilovic, J. Duhovnik & A. Pokrklic *Fire Induced Damage in Structures and Infrastructure: Analysis, Testing and Modeling January 2009 NATO. Security through Science Series C: Environmental Security. In book: Damage Assessment and Reconstruction after War or Natural Disaster (pp.309-329) DOI:10.1007/978-90-481-2386-5\_12*
2. *Assessing Structural Damage after a Severe Wildfire: A Case Study Department of Civil Engineering, University of Peloponnese; 26334 Patras, Greece Author to whom correspondence should be addressed. Buildings 2019, 9(7), 171; https://doi.org/10.3390/buildings9070171*
3. *Operational Analysis of Fire Alarm Systems with a Focused, Dispersed and Mixed Structure in Critical Infrastructure Buildings by Krzysztof Jakubowski, Jacek*

- Paś, Stanislaw Duer and Jaroslaw Bugaj *Energies* 2021, 14(23), 7893; <https://doi.org/10.3390/en14237893>
4. Investigation of Fire Effects on Reinforced Concrete Members via Finite Element Analysis Betül Aliş, Casim Yazici, and Fatih Mehmet Özkal\* *ACS Omega* 2022, 7, 30, 26881–26893. July 20, 2022 <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c03414>
5. Fire hazard in buildings: review, assessment and strategies for improving fire safety Venkatesh Kodur, Puneet Kumar, Muhammad Masood Rafi. *PSU Research Review*. ISSN: 2399-1747
6. *Procedia Engineering* 161 ( 2016 ) p1801 -1805. World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium 2016, WMCAUS 2016. Urban Infrastructure Resilience to Fire Disaster: An Overview. Thomas Gemaya\*, Serdar Selametb, Nicola Tondinic, Negar Elhami Khorasanid
7. Post-Fire Damage Inspection of Concrete Structures. Simos Gerasimidis, Scott Civjan University of Massachusetts Amherst [https://rosap.nrl.bts.gov/view/dot/59901/dot\\_59901\\_DS1.pdf](https://rosap.nrl.bts.gov/view/dot/59901/dot_59901_DS1.pdf)
8. Venkatesh KODUR, M. Z. NASER. Fire hazard in transportation infrastructure: Review, assessment, and mitigation strategies. *Front. Struct. Civ. Eng.*, 2021, 15(1): 46–60 <https://doi.org/10.1007/s11709-020-0676-6>
9. Estimation of Heating Temperature for Fire-Damaged Concrete Structures Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System Hyun Kang 1 , Hae-Chang Cho 2 , Seung-Ho Choi 2 , Inwook Heo 2 , Heung-Youl Kim 1 and Kang Su Kim doi: 10.3390/ma12233964
10. Cities, Settlements and Key Infrastructure. David Dodman (Jamaica/UK), Bronwyn Hayward (New Zealand), Mark Pelling (UK) doi:10.1017/9781009325844.008

## References

1. Ibrahimbegovic, A., Boulkertous, A., Davenne, L., Muhasilovic, M., Duhovnik, J. & Pokrklic, A., (2009). Fire Induced Damage in Structures and Infrastructure: Analysis, Testing and Modeling January 2009 NATO. Security through Science Series C: Environmental Security. *Damage Assessment and Reconstruction after War or Natural Disaster*, 309-329 DOI:10.1007/978-90-481-2386-5\_12
2. Papalou, A., Baros, K., (2019). Assessing Structural Damage after a Severe Wildfire: A Case Study Department of Civil Engineering, *University of Peloponnese*; 26334 Patras, Greece. *Buildings*, 9(7), 171 DOI:10.3390/buildings9070171
3. Jakubowski, K., Paś, J., Duer, S., & Bugaj, J., (2021). Operational Analysis of Fire Alarm Systems with a Focused, Dispersed and Mixed Structure in Critical Infrastructure Buildings, *Energies* 14(23), 7893; DOI:10.3390/en14237893
4. Aliş, B., Yazici, C., & Özkal, F.M., (2022). Investigation of Fire Effects on Reinforced Concrete Members via Finite Element Analysis *ACS Omega* 2022, 7(30), 26881–26893 DOI:10.1021/acsomega.2c03414
5. Kodur, V., Kumar, P., & Rafi, M.M., Fire hazard in buildings: review, assessment and strategies for improving fire safety. *PSU Research Review*. DOI:10.1108/PRR-12-2018-0033
6. Gemaya\*, T., Selametb. S., Tondinic N., Khorasanid, N., (2016). Urban Infrastructure Resilience to Fire Disaster: An Overview. *Procedia Engineering* 161. World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium, 1801 -1805 DOI:10.1016/j.proeng.2016.08.782
7. Gerasimidis, S., & Civjan, S., (2021). Post-Fire Damage Inspection of Concrete Structures. *University of Massachusetts Amherst*. 4-187 Retrieved from: [https://rosap.nrl.bts.gov/view/dot/59901/dot\\_59901\\_DS1.pdf](https://rosap.nrl.bts.gov/view/dot/59901/dot_59901_DS1.pdf)
8. Kodur, V., & Naser, M. Z., (2021). Fire hazard in transportation infrastructure: Review, assessment, and mitigation strategies. *Front. Struct. Civ. Eng.*, 15(1), 46–60 DOI:10.1007/s11709-020-0676-6
9. Kang, H., Cho H., Choi S., Heo I., Kim, H., & Kim K., (2019). Estimation of Heating Temperature for Fire-Damaged Concrete Structures Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System, DOI:10.3390/ma12233964
10. Dodman, D., Hayward. B., & Pelling M., (2022). Cities, Settlements and Key Infrastructure. DOI:10.1017/9781009325844.008

**Рецензент:** д.т.н., проф., заступник начальника, О.М. Мірошник, Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, Україна.

**Автор:** ЩЕРБАК Олександр Сергійович  
ад'юнкт кафедри автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій факультету пожежної безпеки  
Національний університет цивільного захисту України  
E-mail - [aleksejsrbk@gmail.com](mailto:aleksejsrbk@gmail.com)  
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8843-0352>

**Автор:** ДЕРЕВ'ЯНКО Олександр Анатолійович  
кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій факультету пожежної безпеки  
Національний університет цивільного захисту України  
E-mail - [asbit@nuczu.edu.ua](mailto:asbit@nuczu.edu.ua)  
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3602-2055>

**Автор:** НЕШПОР Олег Валерійович  
заступник начальника інституту  
Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту  
E-mail - [neshpor\\_mns@ukr.net](mailto:neshpor_mns@ukr.net)  
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0670-5445>

**Автор:** ШЕВЧЕНКО Роман Іванович  
доктор технічних наук, професор, начальник кафедри автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій факультету пожежної безпеки  
Національний університет цивільного захисту України  
E-mail - [shevchenko605@i.ua](mailto:shevchenko605@i.ua)  
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9634-6943>

**METHOD OF DETECTING CENTRAL SIGNS OF EMERGENCY SITUATION DUE TO FIRE AT  
CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES**

O. Shcherbak<sup>1</sup>, O. Derevyanko<sup>1</sup>, O. Neshpor<sup>2</sup>, R. Shevchenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National University of Civil Defense of Ukraine, Ukraine

<sup>2</sup>Institute of Public Administration and Scientific Research on Civil Protection, Ukraine

*The work is devoted to the solution of an actual scientific task in the field of civil protection, namely, the development of a method for detecting focal signs of an emergency situation due to a fire at critical infrastructure facilities, with the aim of further developing a method of preventing terrorist emergencies at critical infrastructure facilities of Ukraine.*

*In order to solve the set goal, it is necessary to: provide a description and carry out planning of the procedure for conducting a full-scale experiment to determine the focal signs of an emergency situation due to a fire at critical infrastructure facilities; determine requirements for equipment for measuring focal signs of an emergency situation due to fire at critical infrastructure facilities; determine the general conditions for the formation of an algorithm for the method of detecting focal signs of an emergency situation due to a fire at critical infrastructure facilities; provide recommendations on the possible use of the received information during the reconstruction of an emergency situation due to a fire at a critical infrastructure facility.*

*This work is a continuation of the cycle of previous works on the development of structural, logical and mathematical models for managing an emergency situation of a terrorist nature at an object of the critical infrastructure of Ukraine, which is protected, which are intended for the development and constant implementation of procedures of an organizational and technical nature that ensure the safety of the object.*

*Thus, the interpretation of the results of the measurement of electrical resistance must be accompanied by an analysis of the specifics of the volume-planning decisions of the building (premises), the conditions of air exchange, the distribution of the fire load in the center of an emergency situation due to a fire.*

*The obtained results of the soot research can be used as part of the technical examination to reconstruct the process of the emergence and development of an emergency situation due to a fire at critical infrastructure facilities.*

**Keywords:** *emergency situation, critical infrastructure object, technique, focal signs, thermal damage.*