

УДК 614.842.61

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ВОГНЕВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ПОЖЕЖІ У ПРИМІЩЕННІ ГЕНЕРАТОРНОЇ СТАНЦІЇ

<https://doi.org/10.33269/nvcz.2025.2.62-72>

Михайлова А. В. *, ORCID iD 0009-0009-1391-3267
 Балло Я. В., ORCID iD 0000-0002-9044-1293
 Крикун О. М. В. В., ORCID iD 0000-0001-8132-9788
 Пономаренко Р. В., ORCID iD 0000-0002-6300-3108
 *E-mail: mikhailovaav86@gmail.com

Інститут наукових досліджень з цивільного захисту НУЦЗ України,

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ	АНОТАЦІЯ
<i>Надійшла до редакції:</i> 15.09.2025 <i>Пройшла рецензування:</i> 30.09.2025 <i>Опубліковано:</i> 11.12.2025 КЛЮЧОВІ СЛОВА: натурні вогневі дослідження, генераторна станція, безперебійне електропостачання, Методика проведення досліджень, оцінка температурного режиму.	У статті висвітлено проблему забезпечення нормативно обґрунтованого рівня пожежної безпеки при застосуванні автономних джерел електроживлення у період систематичних руйнувань енергетичної інфраструктури України. Наголошено, що масштабне впровадження дизельних та бензинових електрогенераторів у житловому, громадському та промисловому фонді супроводжується істотним збільшенням кількості пожеж, що зумовлено неконтрольованими умовами експлуатації, невідповідністю місць їх розташування вимогам безпеки, а також відсутністю сучасної нормативної бази щодо їх проектування та застосування в складі інженерних систем будівель. Надано опис методики проведення натурних вогневих досліджень із зазначенням конструктивних характеристик вогневої камери, специфікацією джерела займання, вимог до засобів вимірювання, процедурою постановки експерименту та алгоритмом обробки експериментальних даних. Запропоновані підходи дозволяють отримати репрезентативні параметри теплових потоків, температурних полів та динаміки розвитку пожежі, релевантні для подальшого чисельно-аналітичного моделювання. Новизна представленої роботи обумовлена приведенням нових підходів щодо оцінювання процесів аварійних ситуацій у генераторних станціях, що супроводжуються пожежею. Отримані результати становлять наукову базу для розроблення національного нормативного документа, який має встановити диференційовані вимоги пожежної безпеки до зовнішнього, вбудованого та прибудованого розміщення електрогенераторів у будівлях і спорудах, що у перспективі забезпечить знижений рівень пожежної небезпеки, мінімізацію збитків та підвищення гарантованої безпеки населення і критичної інфраструктури як у період воєнного стану, так і в умовах післявоєнного відновлення.

Постановка проблеми. Збройна агресія російської федерації проти України викликає систематичні руйнування енергетичної інфраструктури держави внаслідок постійних ракетних та дронівих обстрілів. Це стало причиною необхідності масового переходу споживачів на автономні джерела живлення. Особливої актуальності питання безперебійного енергопостачання стосується об'єктів критичної інфраструктури, медичних закладів, систем водо- та теплопостачання,

закладів освіти і безпеки тощо. Одним із найпоширеніших рішень при цьому стало використання електрогенераторів різних потужностей.

Водночас нормативна база, що регулює проектування та експлуатацію дизельних електростанцій, зокрема [1] не в повній мірі відповідає сучасним технічним, екологічним та безпековим вимогам; не враховує особливостей використання генераторів на різних видах палива, у житлових і громадських

будівлях, а також у межах щільної міської забудови, що безпосередньо впливає на рівень протипожежної безпеки.

Аналіз статистичних даних свідчить, що з початком масового використання генераторів і резервних джерел електроенергії кількість пожеж в Україні істотно зросла. Серед причин: порушення правил експлуатації, встановлення у закритих приміщеннях без вентиляції, перевантаження електромереж, некоректне підключення до внутрішніх мереж будівлі тощо [2-6].

Така ситуація обумовлює необхідність нормативного регулювання та визначення комплексу заходів пожежної безпеки під час встановлення електрогенеруючих установок на основі проведення наукового обґрунтування таких вимог. З цією метою в Інституті наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України поставлено до виконання науково-дослідну роботу, метою якої є обґрунтування вимог пожежної безпеки щодо облаштування місць розміщення електрогенераторів для аварійного та резервного живлення будинків та споруд [7]. В рамках виконання зазначеної науково-дослідної роботи передбачено розроблення нового національного нормативного документа, який буде визначати вичерпні вимоги пожежної безпеки до місць розміщення електрогенераторів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання, присвячені проведенню вогневих досліджень з вогнищем класу В, свого часу досліджували такі вітчизняні науковці, як Абрамов Ю.О., Антонов А.В., Боровиков В.О., Білкун Д.Г., Коломієць В.С., Копильний М.І., Маладика І.Г., Скоробагатько Т.М., Собина В.О. тощо [8-10]. Однак в цих роботах недостатньо розкриті вимоги пожежної безпеки щодо облаштування місць розміщення електрогенераторів, в тому числі шляхом проведення натурних вогневих досліджень.

Мета дослідження. Метою роботи є розробка методики проведення натурних вогневих досліджень та оцінювання температурного режим пожежі в закритому приміщенні дизельної генераторної станції для обґрунтування вимог пожежної безпеки під час облаштування місць розміщення електрогенераторів для аварійного і резервного живлення будинків та споруд.

Методи дослідження. Під час підготовки публікації використано аналітичний метод, метод експертних оцінок, метод натурного вогневого дослідження, метод комп'ютерного моделювання та обчислювальний метод із використанням польових моделей для оцінювання поширення пожежі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розроблена фахівцями Інституту наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України методика натурних вогневих досліджень оцінки температурного режиму пожежі в закритому приміщенні генераторної станції (далі – Методика) поширюється на проведення досліджень, спрямованих на оцінювання динаміки зміни температурного режиму у приміщенні генераторної під час розвитку пожежі дизельних генераторних електростанцій (далі - ДЕС) під час горіння дизельного електрогенератора з об'ємом паливного баку до 200 л, а також на визначення потенційного температурного впливу на зовнішні огорожувальні конструкції приміщення ДЕС з метою встановлення обґрунтованих вимог щодо їх мінімально необхідного класу вогнестійкості.

Методика передбачає комплексне оцінювання характеру пожежі дизельного електрогенератора в умовах закритого простору, визначення вимог до конструктивних рішень для її локалізації, а також дослідження ефективності первинних засобів пожежогасіння у процесі ліквідації горіння.

У межах сфери застосування Методики встановлюється порядок

проведення експериментальних досліджень температурного режиму, вимоги до параметрів модельного вогнища пожежі, зокрема температурного режиму та тривалості вільного горіння, вимоги до конструктивних характеристик огорожувальних елементів, що підлягають випробуванням, а також вимоги до оформлення, аналізу та оцінювання результатів досліджень. Крім того, Методика визначає перелік основних нормативно-правових актів, нормативно-технічних, методичних та інших керівних документів, якими слід керуватися під час проведення досліджень.

У Методиці описано сутність методу досліджень, який полягає у експериментальному визначенні температурного режиму у приміщенні генераторної під час умовного розвитку пожежі дизельного електрогенератора шляхом імітації горіння за допомогою модельного вогнища з відповідними тепловиділенням і тривалістю горіння.

У межах випробування у приміщенні, що моделює типову конструкцію ДГЕС, встановлюється натурний макет дизельного електрогенератора, а також розміщується модельне вогнище, яке імітує розлив пального з паливного баку генератора, та забезпечує відтворення характеру теплового впливу, наближеного до реального горіння електрогенератора зазначеної потужності й об'єму паливного баку (рис. 1). Така конфігурація дозволяє максимально наблизити умови експерименту до реальної пожежі.



Рисунок 1 – Натурний макет дизельного електрогенератора

Під час проведення досліджень фіксується температурна динаміка у контрольних точках, розташованих у різних зонах приміщення, зокрема поблизу

огорожувальних конструкцій. Отримані дані дають змогу оцінити інтенсивність температурного впливу на конструктивні елементи, тривалість критичних температурних впливів і навантажень, а також зробити висновки щодо мінімально необхідного класу вогнестійкості цих конструкцій.

Метод передбачає дотримання встановлених умов, а саме: розмірів приміщення, характеристик модельного осередку, параметрів натурного макета генератора, режиму спостереження, параметрів фіксації даних та методів обробки результатів. Саме у такий спосіб забезпечується відтворюваність експерименту та достовірність результатів щодо температурного впливу при пожежі дизельного електрогенератора в закритому приміщенні.

У Методиці визначено обладнання, необхідне для проведення натурних вогневих досліджень, яке включає: макет приміщення ДЕС розмірами 6,0×6,0×6,0 м (вогнева камера), деко модельного вогнища пожежі класу В (377В), натурний макет дизельного електрогенератора, засоби вимірювальної техніки тощо.

Конструкція вогневої камери, яка є інженерною спорудою, призначеною для моделювання умов пожежі в типовому приміщенні генераторної, має форму куба з внутрішніми розмірами 6,0×6,0×6,0 м і загальним об'ємом 216 м³. Камера виконується у вигляді монолітного або збірного залізобетонного блоку, виготовленого з високоміцного бетону з класом вогнестійкості не нижче REI 180. Конструкція включає стіни, підлогу та стелю з армованого бетону товщиною не менше 200 мм, що забезпечує необхідний рівень термостійкості, герметичності та механічної міцності. Вхід здійснюється через металеві ворота, а технологічні отвори та патрубки дозволяють підключати інженерні системи та засоби контролю за температурою. В об'ємі вогневої камери розміщується модель електрогенератора із деком для збирання пального. Вогнева камера використовується для проведення

досліджень, спрямованих на оцінювання динаміки зміни температурного режиму у приміщенні генераторної під час розвитку пожежі дизельного електрогенератора, а також на визначення потенційного температурного впливу на зовнішні огорожувальні конструкції з метою встановлення обґрунтованих вимог щодо їх мінімально необхідного класу вогнестійкості. Така конструкція дозволяє створити контрольоване середовище для проведення випробувань, вивчення поведінки конструкцій і обладнання в умовах впливу високих температур.

Макет дизельного електрогенератора з об'ємом баку до 200 л (як правило, потужність складає до 150 кВт) застосовується в об'ємі вогневої камери з метою відтворення умов розвитку пожежі, характерних при роботі дизельного енергетичного обладнання. Конструкція макета являє собою зварений металевий корпус з відтвореною пожежною навантагою, що забезпечує необхідну просторову жорсткість, структурну цілісність та стійкість під час дії високотемпературних факторів. Геометричні параметри макета відтворені згідно з типовими зовнішніми розмірами дизельних електрогенераторів відповідної потужності: довжина становить 3,0 м, ширина – 1,1 м, висота – 1,5 м. Така відповідність дозволяє коректно моделювати просторове розміщення джерел теплового випромінювання та характер поширення пожежі в межах приміщення генераторної станції. Конструкція макета включає імітаційні компоненти основних функціональних вузлів: двигун внутрішнього згоряння, генераторну частину та паливний бак, що змонтовані згідно з реальним компонуванням типових зразків обладнання. Це забезпечує більш якісне відтворення характерних теплових і газодинамічних умов, необхідних для проведення експериментальних досліджень з оцінювання термічного впливу на будівельні конструкції та перевірки працездатності систем протипожежного захисту.

Під час проведення експериментального дослідження в якості модельного вогнища, яке встановлено в об'ємі вогневої камери, було використане модельне вогнище пожежі класу В (377В), що представляє собою металеве деко діаметром $3880,0 \pm 40,0$ мм, висотою борта $200 \pm 5,0$ мм та товщиною стінки борта $3,0 \pm 0,5$ мм, в яке було залито 200 л дизельного палива, що становить середній об'єм паливного баку дизельного генератора на 150 кВт. Методикою визначено допущення застосовування іншого альтернативного рідкого виду палива у кількості, яка забезпечує горіння в даному типі дека у продовж 30 хвилин із робочим діапазоном температури в межах $700-1200^{\circ}\text{C}$.



Рисунок 2 – Процес проведення натурного вогневого випробування

На рисунку 3 наведено приклад графіку температурного режиму в об'ємі вогневої камери під час проведення натурних вогневих досліджень

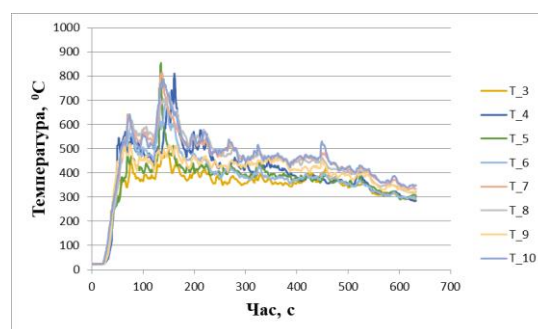


Рисунок 3 – Графік динаміки температури у приміщенні генераторної під час відтворення умов пожежі дизельного електрогенератора

Коливання температури в середині об'єму приміщення свідчать про періодичне затухання/підвищення інтенсивності пожежі, тобто нестійкий

кисневий режим або неоднорідне горіння. За енергетичним потенціалом цей експеримент відповідає зменшеній інтенсивності вуглеводневої пожежі, наприклад, частковому горінню пального з обмеженою кількістю кисню. Короткий пік температури до 800 °C може викликати тимчасове розм'якшення або пластичну деформацію для сталевих конструкцій, але оскільки температура швидко спала, повного втрачання несучої здатності може не відбутися (При 600 °C міцність сталі падає приблизно на 50 %, а при 800 °C — до 10–20 %).

За даних умов експерименту температура переважно тримається в межах 400–600 °C, тобто можна очікувати часткове пошкодження поверхневих шарів бетонних конструкцій, але несуча здатність загалом збережеться. Тому можливо зробити попередній висновок, що будівельні конструкції, які мають стандартну вогнестійкість (наприклад, R 30 або R 60), ймовірно збережуть несучу здатність за таких умов пожежі.

2. Результати цих натурних експериментальних досліджень у подальшому будуть використані при розробленні проєкту національного стандарту, а саме для обґрунтування вимог вогнестійкості до огорожувальних конструкцій в середині будівель та споруд.

Методикою визначено перелік засобів вимірювальної техніки, які повинні бути використані під час експериментальних досліджень, із зазначенням їхніх метрологічних характеристик, а саме: рулетка, термopара, секундомір, вимірювально-обчислювальна система, термогігрометр, барометр-анероїд, мірна ємність, анемометр, фото-відеокамера для фіксації процесу дослідження, тепловізор.

Методикою визначено допустимість використання інших ЗВТ з негіршими метрологічними характеристиками ніж ті, які наведено в документі.

У Методиці описано методологію проведення натурного експерименту, що базується на створенні контрольованого вогневого середовища, яке максимально

наближене до реальних умов виникнення та розвитку пожежі у приміщенні генераторної з розміщенням дизельного електрогенератора. В основі експериментального підходу — моделювання теплового впливу джерела пожежі на конструктивні елементи будівлі та визначення температурного режиму в середині об'єму приміщення за умов контрольованого сценарію горіння.

Параметри модельного вогнища забезпечують встановлений температурний режим із піковими значеннями до 1200 °C і сталим температурним плато на рівні 800 ± 50 °C упродовж не менше ніж 1200 секунд із загальних 1800 секунд експерименту. Запалювання палива виконувалося контрольовано відповідно до інструкції з пожежної безпеки та [11, 12]. Температурний контроль здійснювався системою термопар типу К, розміщених у важливих контрольних точках в межах об'єму вогневої камери та поблизу зовнішніх огорожувальних конструкцій.

Вимірювання температурного поля виконувалося за допомогою вимірювально-обчислювальної системи, яка включало модуль аналогового вводу для зчитування сигналів з термопар з кроком 1 секунда. Система забезпечує автоматичну реєстрацію, попередню обробку, візуалізацію та архівацію експериментальних даних у реальному часі. Перед початком дослідження виконано калібрування каналів збору даних і перевірку ліній зв'язку з термопарами. Запис температурного режиму розпочато синхронно з ініціюванням процесу горіння.

Загальна послідовність виконання експерименту включає наступні етапи: підготовка вогневої камери та засобів вимірювальної техніки, монтаж і підключення імітаційного генератора та термопар, підготовка модельного вогнища пожежі, проведення калібрування вимірювальної системи, фіксація початкових параметрів середовища, ініціювання пожежі, проведення температурного моніторингу протягом

усього експерименту, завершення горіння, охолодження об'єкта, розшифрування даних та заповнення протоколу досліджень. Фото- та відеофіксація здійснювалася з використанням захищених камер, встановлених за межами вогневої камери на безпечній відстані.

На рисунку 4 наведено схематичне зображення розміщення імітаційного макету дизельного електрогенератора, модельного вогнища пожежі класу В (377В), модулів пожежогасіння (за необхідності), а також розташування термопар типу К у межах вогневої камери.

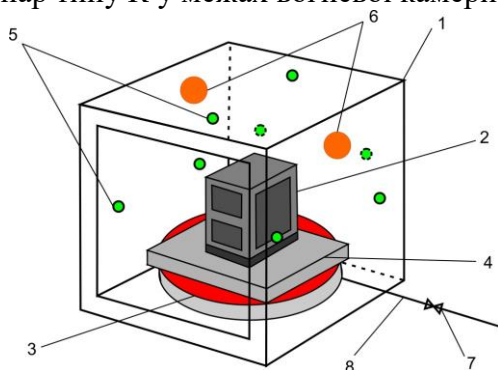


Рисунок 4 – Схематичне зображення вогневої камери з установленим імітаційним зразком, модельним вогнищем класу В (377В) та засобами вимірювальної техніки: 1 – вогнева камера; 2 – натурний макет дизельного електрогенератора потужністю 150 кВт; модельне вогнище пожежі класу В (377В); 4 – монтажна залізобетонна плита; 5 – термопари типу К розташовані в об'ємі вогневої камери; 6 – модулі пожежогасіння (за необхідності); 7 – запірний вентиль; 8 – паливний патрубок

В разі необхідності обґрунтування та дослідження необхідної маси заряду для систем автономного автоматичного пожежогасіння, якими обладнуються приміщення генераторної, у вогневій камері влаштовуються відповідні системи пожежогасіння, які повинні забезпечити повне гасіння установки після спрацювання системи. Для підтвердження факту гасіння, після завершення даного процесу модельне вогнище пожежі повторно підпалюється оператором досліджень для демонстрації того, що

паливо не вигоріло самостійно під час проведення досліджень.

У Методиці описано процедуру підготовки до проведення експериментального дослідження. Так, монтаж та розміщення імітаційного макету дизельного електрогенератора у вогневій камері здійснюються у відповідності до нормативно правових актів, технічних умов заводів-виробників, технічних описів та технічних інструкцій з монтажу.

Дослідження у вогневій камері проводяться не менше трьох разів для кожного типу імітаційного макету дизельного електрогенератора та модельного вогнища, яке використовується.

До початку проведення дослідження перевіряється цілісність та геометричні параметри випробувального зразку імітаційного макету дизельного електрогенератора.

Під час монтажу імітаційного зразка натурального макета дизельного електрогенератора він устатковується на монтажну плиту, що виконує функцію фундаменту для дизельного електрогенератора, перевіряється відсутність бруду у дренажних приймальних трапах в боксі для зливу палива та вогнегасних речовин.

У разі встановлення модульних установок пожежогасіння монтаж виконується відповідно до технічної документації на обладнання та вимог чинних нормативних документів [13], після цього встановлюються засоби вимірювальної техніки, а саме термопари, згідно із схемою, наведеною на рисунку 4.

Перед початком експерименту здійснюється перевірка працездатності термопар до вимірювально-обчислювальної техніки та визначається коректність зчитування показників.

Наступним етапом є здійснення підготовки фото- та відеообладнання для документування ходу експерименту, включаючи налаштування кутів огляду, фокусування та перевірку працездатності засобів реєстрації.

Методикою визначено, що модельне вогнище пожежі класу В (377В) встановлюється у центрі вогневої камери відповідно до схеми проведення експерименту. Заповнення дека рідким паливом (дизельне паливо або інший дозволений вид пального) здійснюється не раніше, ніж за 3 хвилини до початку випробувань.

Далі забезпечується підготовка первинних засобів пожежогасіння, відповідно до вимог пожежної безпеки, а також перевірка справності та цілісності засобів індивідуального захисту особи, відповідальної за проведення вогневих робіт.

Методикою визначено послідовність проведення експериментального дослідження, що полягає у виконанні наступних етапів:

1. Перевірка випробувального зразка: здійснюється візуальний огляд імітаційного макету дизельного електрогенератора з метою перевірки його геометричних параметрів, цілісності конструктивних елементів та відповідності технічному завданню.

2. Монтаж імітаційного зразка, що полягає у встановленні випробувального зразка у вогневій камері відповідно до експериментальної схеми (рисунок 4) та технічної документації.

3. Монтаж засобів вимірювальної техніки, а саме: розміщення термопар типу К, згідно зі схемою, наведеною на рисунку 4, в контрольних точках всередині вогневої камери та поблизу випробувального зразка.

4. Підключення системи збору даних, що полягає в під'єднанні термопар до вимірювально-обчислювальної системи для забезпечення автоматизованого зчитування та реєстрації температурних параметрів. Крім цього, здійснюється перевірка працездатності термопар та достовірності відображення показників на екрані системи та теплові зорі.

5. Підготовка засобів фіксації – встановлення та налаштування фото- і відеореєструвальної апаратури (виставлення кутів огляду, фокусування,

перевірка працездатності реєстраторів та носіїв інформації).

6. Установка модельного вогнища – в ході виконання цього етапу підготовки до проведення експериментального дослідження здійснюється розміщення модельного вогнища пожежі класу В (377В) у центрі вогневої камери згідно з рисунку 4. Заповнення металевого дека рідким паливом (до 200 л дизельного пального та 40 л бензину) виконується не раніше, ніж за 3 хвилини до початку експерименту.

7. Підготовка протипожежного захисту – під час цього етапу здійснюється перевірка наявності і справності первинних засобів пожежогасіння (вогнегасники, покривала тощо). Здійснюється контроль стану індивідуального захисного одягу та екіпірування особи, відповідальної за проведення вогневих робіт, включаючи термозахисний костюм, каску, щиток та рукавиці.

8. Початок експерименту – за командою керівника проведення досліджень, пальне в деці підпалюють факелом та одночасно вмикають секундомір. Наявність даного об'єму палива забезпечує час його горіння не менше 1800 секунд, що контролюється секундоміром. Дослідження тривають до повного вигорання пального у модельному вогнищі пожежі.

9. Моніторинг температурного режиму – в ході цього етапу здійснюється реєстрація температури проводиться з інтервалом не більше, ніж 10 сек. За результатами досліджень для кожного моменту часу t_j вимірювання визначають температуру t поверхні всередині вогневої камери.

10. Завершення експерименту – по закінченню вільного горіння модельного вогнища за командою керівника проведення досліджень захисним щитом або кошмою накривається модельне вогнище пожежі; зберігаються отримані дані на засобах вимірювальної техніки та відеоапаратурі.

По завершенню проведення експерименту експериментальні дані заносяться до протоколу первинних даних.

На рисунку 5 зображено процес ліквідації пожежі та закінчення проведення натурного експерименту у вогневій камері.



Рисунок 5 – Візуалізація завершення натурного експерименту у вогневій камері та ліквідація пожежі

В Методиці наведено оцінку результатів досліджень, що полягає у наступному. Для визначення ступеня розсіювання значень випадкової величини (x_i) відносно її математичного сподівання ($\bar{x}_i$) та мінливості вибірки обчислено середнє квадратичне відхилення результатів досліджень за формулою 1 [14]:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}_i|^2}{n}}, \quad (1)$$

Для визначення середніх відхилень значення i -го дослідження від середнього значення всіх досліджень визначено середнє абсолютне відхилення за формулою 2 [14]:

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}_i|}{n}, \quad (2)$$

Для вираження лінійних відхилень у відсотках та з метою підвищення рівня інформативності аналізу визначимо середнє відносне відхилення за формулою 3 [14]:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}_i|}{n \cdot \bar{x}_i} \cdot 100\%, \quad (3)$$

Для перевірки значимості відхилення найменшого значення в упорядкованому ряду, y_{jmin} , розраховуємо критерій Граббса, G_{jmin} за формулою 4 [14]:

$$G_{jmin} = \frac{\bar{y}_j - y_{jmin}}{s_j}. \quad (4)$$

За результатом розрахункових операцій значення G_{jmax} та G_{jmin} порівнюємо з 5 % ($G_{кр.5\%}$) та 1 % ($G_{кр.1\%}$) критичними значеннями, заданими в таблицях [14], які для трьох досліджень відповідно становлять 1,715 та 1,764.

Згідно з вимогами безпеки праці під час проведення натурного експерименту, що описаний у Методиці, слід керуватись вимогами [11, 12], відповідними інструкціями ІНДЦЗ НУЦЗ України, які регламентують заходи безпеки безпосередньо на робочому місці, а також іншими чинними нормативно-правовими актами з охорони праці.

Серед персоналу, що здійснює дослідження, обов'язково має бути призначена відповідальна особа за дотримання вимог охорони праці. До участі в дослідженнях допускаються лише ті особи, які пройшли загальний інструктаж з охорони праці, ознайомлені з методикою проведення випробувань, а також отримали цільовий інструктаж із визначенням функціональних обов'язків кожного учасника експерименту.

До початку експерименту необхідно організувати попереджувальне позначення небезпечної зони – на відстані не менше 10 м від дверного прорізу вогневої камери має бути встановлено відповідний знак, що забороняє вхід стороннім особам.

Під час виконання вогневих робіт оператор повинен бути екіпірований у захисний одяг пожежника, включаючи пожежну каску, пояс, захисні рукавиці та взуття.

При цьому, категорично забороняється заходити у вогневу камеру під час експерименту, використовувати воду для гасіння модельного осередку пожежі класу В (377В), оскільки це створює ризик неконтрольованого розповсюдження вогню. Місце проведення випробувань забезпечується медичною аптечкою загального призначення. Також слід передбачити наявність первинних

засобів пожежогасіння, зокрема не менше трьох переносних вуглекислотних вогнегасників типу ВВК-5, для можливого гасіння модельного осередку пожежі класу В (377В).

Висновки та напрями подальших досліджень. Актуальність поставленого завдання щодо обґрунтування вимог пожежної безпеки стосовно облаштування місць розміщення електрогенераторів для аварійного і резервного живлення будинків та споруд спонукає до проведення відповідних наукових досліджень, що сприятимуть створенню системного підходу до безпечного використання автономних джерел енергії, забезпечить належний рівень протипожежного захисту будівель та споруд, а також підвищить стійкість національної енергетичної інфраструктури в умовах воєнного стану та післявоєнного відновлення. На основі натурних експериментів встановлено, що температурний режим

вуглеводневої пожежі має характер короткочасного інтенсивного горіння з подальшим згасанням. Максимальна температура $\approx 800^\circ\text{C}$ у перші 70–100 с може спричинити часткову втрату міцності сталевих конструкцій, однак через швидке охолодження повного руйнування не відбувається. У фазі основного горіння ($400\text{--}600^\circ\text{C}$) спостерігається нестійкий кисневий режим, що зумовлює лише поверхневе пошкодження бетону без втрати несучої здатності. Отримані результати в майбутньому можуть бути основою для вдосконалення національних вимог. Імплементация результатів досліджень забезпечить знизити ризики виникнення побутових пожеж, пожеж у громадських будинках, на промислових об'єктах, а також знизить ймовірність травмування та загибелі людей, що своєю чергою дозволить зменшити прямі та побічні втрати від пожеж та зменшити витрати, пов'язані з ліквідацією пожеж у будівлях та спорудах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. National Fire Protection Association. (2024). *NFPA 110: Standard for Emergency and Standby Power Systems* (2025 ed.).
2. LVIV.MEDIA. (2022). У Львові через генератор у квартирі сталася пожежа. <https://lviv.media/lviv/60618-u-lvovi-cherez-generator-u-kvartiri-stalasya-pozhezha/>.
3. Regionews.ua. (2024). У Черкасах вибухнув генератор, спалахнула пожежа. <https://regionews.ua/ukr/news/cherkasskaya/1718732083-u-cherkasah-vibuhnuv-generator-spalahnula-pozhezha>.
4. Катерина, М. (2024). Під Києвом в будинку вибухнув генератор: здійнялася пожежа, – ФОТО. 44.ua. <https://www.44.ua/news/3798878/pid-kievom-v-budinku-vibuhnuv-generator-zdiynalasa-pozeza-foto>.
5. Медіацентр Україна. (2024). З початку року в житловому секторі сталося понад 8,5 тисяч пожеж через неналежне використання електрогенераторів та резервних джерел живлення. <https://mediacenter.org.ua/uk/z-pochatku-roku-v-zhitlovomu-sektori-stalosya-ponad-8-5-tisyach-pozhezh-cherez-nenalezhne-vikoristannya-elektrogeneratoriv-ta-rezervnih-dzherel-zhivlennya/>.
6. Ballo, Y. V., et al. «Assessment of the Possible Impact of Wind Generator Fire on the Environment» *16th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*. Vol. 2022. No. 1. European Association of Geoscientists & Engineers, 2022.
7. Технічне завдання на науково-дослідну роботу «Обґрунтування вимог пожежної безпеки щодо облаштування місць розміщення електрогенераторів для аварійного та резервного живлення електроспоживачів» («ПБ – електрогенератори»). (2025). Київ.
8. Визначення показників гасіння пожеж класу в розпиленою водою. (2025). *Комунальне господарство міст. Серія: Інформаційні технології та інженерія*, 4(192), 375–380. <https://doi.org/10.33042/3083-6727-2025-4-192-375-380>.
9. Скоробагатко, Т. М., Копильний, М. І., & Маладика, І. Г. (2015). Ефективність гасіння вогнегасним порошком біодизельного палива та його суміші з дизельним паливом. *Науковий вісник УкрНДІПБ*, (2), 77–81. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvundipb_2015_2_13.
10. Скоробагатко, Т. М. (2020). *Удосконалення систем забезпечення пожежної безпеки об'єктів виробництва та застосування біодизельного палива* (Дисертація кандидата технічних наук). Український науково-дослідний інститут цивільного захисту.
11. Верховна Рада України. (1992). *Про охорону праці: Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII*. Відомості Верховної Ради України, (49), ст. 668.
12. МНС України. (2007). *Наказ № 312: Правила безпеки праці в органах і підрозділах МНС України*.
13. ДБН В.2.5-56:2014. (2014). *Системи протипожежного захисту*. (Зі зміною № 1). Київ.
14. УкрНІЦЗ. (2007). *Інструкція з проведення міжлабораторних порівняльних випробувань у сфері пожежної безпеки*. Київ.

REFERENCES

1. National Fire Protection Association. (2024). *NFPA 110: Standard for Emergency and Standby Power Systems* (2025 ed.).
2. U Lvovi cherez generator u kvartiry stalasia pozhezha – LVIV.MEDIA. (2025). LVIV.MEDIA. Retrieved from: <https://lviv.media/lviv/60618-u-lvovi-cherez-generator-u-kvartiri-stalasya-pozhezha/> (data zvernennia: 17.10.2025) [*A fire broke out in a flat in Lviv due to a generator*] [in Ukrainian].
3. Regionews.ua. (2025). U Cherkasakh vybukhnul generator, spalakhnula pozhezha. Retrieved from: <https://regionews.ua/ukr/news/cherkasskaya/1718732083-u-cherkasah-vibuhnuv-generator-spalahnula-pozheha> (data zvernennia: 17.10.2025) [*A generator exploded in Cherkasy and caused a fire*] [in Ukrainian].
4. Katerina, M. (2025). Pid Kyievom v budynku vybukhnul generator: zdijnalasia pozhezha – FOTO. 44.ua. Retrieved from: <https://www.44.ua/news/3798878/pid-kyievom-v-budynku-vibuhnuv-generator-zdijnalasa-pozeza-foto> (data zvernennia: 17.10.2025) [*A generator exploded inside a house near Kyiv: a fire broke out*] [in Ukrainian].
5. Mediatsentr Ukraina. (2025). Z pochatku roku v zhytlovomu sektori stalasia ponad 8,5 tysiach pozhezha cherez nenalezhne vykorystannia elektrogeneratoriv ta rezervnykh dzherel zhyvlennia. Retrieved from: <https://mediacenter.org.ua/uk/z-pochatku-roku-v-zhitlovomu-sektori-stalasya-ponad-8-5-tysyach-pozhezha-cherez-nenalezhne-vikorystannia-elektrogeneratoriv-ta-rezervnih-dzherel-zhyvlennia/> (data zvernennia: 17.10.2025) [*Since the beginning of the year, more than 8.5 thousand fires occurred in the residential sector due to improper use of generators and backup power sources*] [in Ukrainian].
6. Ballo, Y. V., et al. (2023) «Assessment of the Possible Impact of Wind Generator Fire on the Environment» *16th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*. Vol. No. 1. European Association of Geoscientists & Engineers, 2022. [in Ukrainian].
7. Tekhnichne zavdannia na NDR «Obgruntuvannia vymoh pozhezhoi bezpeky shchodo oblashtuvannia mistu rozmishchennia elektrogeneratoriv dlia avariinoho ta rezervnoho zhyvlennia elektrospozhyvachiv» («PB – elektrogenerator»). (2025). [*Technical assignment for R&D «Substantiation of fire safety requirements for arranging locations for placing electric generators for emergency and backup power supply of electrical consumers» («FS – electric generators»)] [in Ukrainian].*
8. Vyznachennia pokaznykiv hasinnia pozhezha klasu V rozpylenoiu vodoiu. (2025). Komunalne hospodarstvo mist, Seriia: «Informatsiini tekhnolohii ta inzheneriia», 4(192), 375–380. <https://doi.org/10.33042/3083-6727-2025-4-192-375-380> [*Determination of extinguishing parameters of Class B fires using water spray*] [in Ukrainian].
9. Skorobahatko, T. M., Kopylnyi, M. I., & Maladyka, I. H. (2015). Efektyvnist hasinnia vohnehasnym poroshkom biodyzelnoho palyva ta yoho sumishi z dyzelnym palyvom. *Naukovyi visnyk UkrNDIPB*, (2), 77–81. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvundipb_2015_2_13 (data zvernennia: 17.10.2025) [*Efficiency of extinguishing biodiesel fuel and its mixture with diesel fuel by powder extinguishing agent. Scientific Bulletin of the Ukrainian Research Institute of Fire Safety*] [in Ukrainian].
10. Skorobahatko, T. M. (2020). Udoskonalennia system zabezpechennia pozhezhoi bezpeky ob'ektiv vyrobnytstva ta zastosuvannia biodyzelnoho palyva. (Dysertatsiia, Ukrainnyi naukovo-doslidnyi instytut tsyvilnoho zakhystu) [*Improvement of fire safety systems for facilities using biodiesel fuel* (PhD dissertation)] [in Ukrainian].
11. Pro okhoronu pratsi: Zakon Ukrainy vid 14.10.1992 № 2694–XII. (1992). Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy, 49, st.668. [On labor protection: Law of Ukraine] [in Ukrainian].
12. Nakaz MNS Ukrainy vid 07.05.2007 №312 «Pravyla bezpeky pratsi v orhanakh i pidrozdilakh MNS Ukrainy». (2007). Ministry of Emergencies of Ukraine. (2007). [*Order No. 312 «Rules of labor safety in bodies and units of the Ministry of Emergencies of Ukraine»*] [in Ukrainian].
13. DBN V.2.5-56:2014 Systemy protypozhezhnogo zakhystu. zi Zminoiu №1. (2014). [Fire protection systems. With Amendment №1] [in Ukrainian].
14. UkrNITSZ. (2007). Instruktsiia z provedennia mizhlaboratornykh porivnialnykh vyprobuvan u sferi pozhezhoi bezpeky. Kyiv. [*Instruction on conducting interlaboratory comparative tests in the field of fire safety*] [in Ukrainian].

METHODOLOGY FOR CONDUCTING FIRE RESEARCH OF THE TEMPERATURE REGIME OF FIRE IN GENERATING STATION

A. Mykhailova, Ya. Ballo, O. Krykun, R. Ponomarenko

Institute of Scientific Research on Civil Protection of the National University of Civil Protection of Ukraine, Ukraine

KEYWORDS:

full-scale fire studies, generator station, uninterrupted power supply, Research methodology, assessment of temperature regime.

ANNOTATION

The article highlights the problem of ensuring a normatively justified level of fire safety when using autonomous power sources during the period of systematic destruction of the energy infrastructure of Ukraine. It is emphasized that the large-scale introduction of diesel and gasoline electric generators in residential, public and industrial facilities is accompanied by a significant increase in the number of fires, which is due to uncontrolled operating conditions, non-compliance of their locations with safety requirements, as well as the lack of a modern regulatory framework for their design and use as part of building engineering systems. A description of the methodology for conducting full-scale fire research is provided, indicating the design characteristics of the fire chamber, the specification of the ignition source, requirements for measuring instruments, the procedure for setting up the experiment and the algorithm for processing experimental data. The proposed approaches allow obtaining representative parameters of heat flows, temperature fields and fire development dynamics, relevant for further numerical and analytical modeling. The novelty of the presented work is due to the introduction of new approaches to the assessment of emergency processes in generating stations accompanied by fire. The results obtained constitute a scientific basis for the development of a national regulatory document, which should establish differentiated fire safety requirements for external, built-in and attached placement of electric generators in buildings and structures, which in the future will ensure a reduced level of fire hazard, minimize losses and increase the guaranteed safety of the population and critical infrastructure both during martial law and in post-war recovery conditions.