

О.М. Тесленко¹, О.С. Твердохліб¹, О.Г. Доценко¹, С.З. Цимбалістий¹,
О.М. Крикун¹, В.К. Костенко²

¹Інститут наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України

²Донецький національний технічний університет

АНАЛІЗ ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПАЛИВНИХ ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРІВ В УМОВАХ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ КРИЗИ В УКРАЇНІ

У статті досліджено причини виникнення й розвитку пожеж під час експлуатації паливних електрогенераторів в умовах енергетичної кризи в Україні, проаналізовано статистику та динаміку інцидентів. Авторами виявлено нормативні прогалини та досліджено міжнародний досвід у вказаній сфері, а також запропоновано напрями вдосконалення нормативно-технічного регулювання питань протипожежного захисту, спрямованих на підвищення безпеки використання електрогенеруючого обладнання.

Ключові слова: пожежна безпека, електрогенератори паливного типу, резервні джерела живлення, статистика, надзвичайна ситуація, цивільний захист, нормативно-технічне регулювання.

Постановка проблеми

Повномасштабна війна та пов'язані з нею збитки, що виражаються в руйнуванні або суттєвому пошкодженні об'єктів критичної енергетичної інфраструктури України, спричинили масове використання паливних електрогенераторів у житлових, громадських і виробничих приміщеннях. У періоди тривалих відключень електроенергії вони стали важливим засобом забезпечення життєдіяльності та побутових потреб користувачів. Водночас, експлуатація таких пристроїв нерідко відбувається з порушенням технічних норм пожежної безпеки, що призводить до зростання кількості пожеж і збільшення їх масштабів.

Окреслена проблема ускладнюється недостатньою поінформованістю користувачів щодо безпечної експлуатації паливних електрогенераторів, а також відсутністю адаптованих до сучасних умов технічних стандартів. У зв'язку з цим виникає потреба в комплексному дослідженні причин займання, аналізі ризиків виникнення і розвитку пожеж, пов'язаних з експлуатацією паливних електрогенераторів, та розробці рекомендацій щодо запобігання таким надзвичайним ситуаціям.

Так, за оцінками НЕК «Укренерго» [1], близько 50% об'єктів енергетичної інфраструктури отримали критичні пошкодження, що спричинило масштабні та тривалі перебої в електропостачанні, зокрема у великих містах. За таких умов забезпечення

електроенергією стало ключовим завданням для населення та бізнесу, що призвело до різкого зростання попиту на електрогенератори.

Внаслідок означених тенденцій на ринку з'явилася значна кількість як сертифікованих, так і технічно ненадійних моделей генераторів, які часто не відповідали вимогам пожежної та техногенної безпеки. Таке масове застосування паливних електрогенераторів спричинило нові виклики у сфері управління ризиками та дотримання нормативів експлуатації електрогенеруючого обладнання.

Задля унаочнення кількісних показників та ілюстрування масштабності поширення ймовірних джерел пожеж звернімося до офіційних даних. Зокрема, згідно з даними Державної митної служби України за 11 місяців 2022 року в Україну імпортовано майже 354.000 одиниць паливних електрогенераторів, що в шість разів більше, ніж за аналогічний період попереднього року. Найпопулярнішими в країні є бензинові генератори потужністю до 7,5 кВт, які становлять понад 80% всіх ввезених одиниць, та використовуються для живлення приватних будинків і малого бізнесу [2].

У зв'язку із викладеним особливе занепокоєння викликає недотримання вимог пожежної безпеки з боку користувачів, які часто не мають відповідних технічних знань або досвіду. Електрогенератори нерідко встановлюються з порушенням норм: у закритих або недостатньо вентильованих приміщеннях, поблизу легкозаймистих матеріалів або

без відповідного контролю за станом обладнання. У поєднанні з відсутністю централізованої системи технічного нагляду та дефіцитом інформації щодо безпечної експлуатації електрогенеруючого обладнання зростає вірогідність пожеж, особливо в періоди пікового навантаження на генератори – під час суттєвого зниження температури навколишнього середовища або тривалих відключень електроенергії.

Забезпечення енергетичної автономності призвело до збільшення кількості пожеж, спричинених порушенням правил експлуатації електрогенераторів, про що свідчить статистичний аналіз даних за останні роки, який демонструє стрімке зростання кількості пожеж [3]. Якщо у 2017 році було зафіксовано лише 6 випадків пожеж, спричинених використанням паливних електрогенераторів, то упродовж 2018–2021 років їх кількість коливалася від 9 до 12 випадків. Проте значне збільшення кількості випадків відбулося у 2022 році, коли зафіксовано 44 пожежі, що можна пов'язати з початком масового використання генераторів внаслідок загострення енергетичної кризи в Україні. У 2023 році було зареєстровано певний спад (33 випадки пожеж), а станом на кінець 2024 року ця цифра досягла рекордних 87 випадків (рис. 1).

Відтак, масштаби використання паливних електрогенераторів особливо у кризовий період, а також супутні організаційні та експлуатаційні фактори дозволяють зробити обґрунтоване припущення про зростання частоти пожеж, спричинених їх неправильною або недбалою експлуатацією.

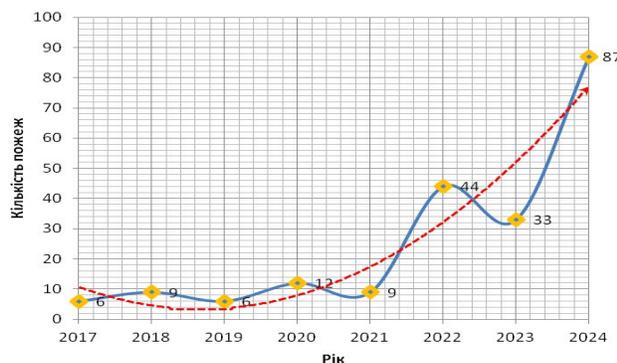


Рис. 1. Статистика кількості пожеж в Україні, пов'язаних з використанням електрогенераторів з різним типом палива (2017–2024 рр.).

За результатами моніторингу, проведеного Державною службою України з надзвичайних ситуацій (далі – ДСНС) [3], упродовж першого півріччя 2024 року зафіксовано щонайменше 151

пожежу, пов'язану із застосуванням автономних джерел живлення. Від загальної кількості інцидентів 77 спричинили повербанки, включно з 11 випадками вибухів акумуляторних блоків, ще 38 пожеж стали наслідком використання зарядних станцій, а 36 випадків – безпосередньо пов'язані з паливними електрогенераторами. Попри те, що паливні генератори часто розглядаються як найбільш ризикова категорія обладнання з точки зору пожежної небезпеки, найбільшу кількість інцидентів за вказаний період виявлено саме серед повербанків – пристроїв, які вважаються побутовими і нібито потенційно безпечними у використанні в побуті.

Враховуючи викладене вище, представлене науково-прикладне дослідження має важливе значення для подальшого вдосконалення нормативної бази України у сфері пожежної безпеки, підвищення обізнаності населення щодо ризиків, пов'язаних з експлуатацією паливних електрогенераторів, формування обґрунтованих засад доказової державної політики в умовах енергетичної кризи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Практичний аналіз типових випадків виникнення і розвитку пожеж, пов'язаних з експлуатацією паливних електрогенераторів, свідчить передусім про невідповідність умов їх експлуатації вимогам пожежної безпеки. Так, наприклад, у червні 2024 року в місті Івано-Франківську зафіксовано пожежу генератора, що працював на балконі багатоповерхівки (займанню передував вибух, який спричинив паніку та евакуацію п'ятьох мешканців, зокрема дітей) [4]. Подібний інцидент трапився 1 липня 2024 року в Білій Церкві (генератор вибухнув на підвір'ї приватного будинку після багатогодинної експлуатації, спричинивши пожежу та серйозні матеріальні збитки) [5].

Крім того, аналіз публікацій вказує на те, що причинами переважної частини пожеж є: короткі замикання в системах живлення генераторів, перегрів двигунів, відсутність вентиляції в місці встановлення, заправка пального в розігріті агрегати, а також недотримання безпечної відстані до горючих матеріалів (рис. 2). Наприклад, у селі Згорани Волинської області жінка отримала серйозні опіки при спробі самостійно ліквідувати займання генератора в гаражі, спричинене електричним замиканням [6].

Згадані інциденти підтверджують тенденцію: зростання статистичних показників супроводжується ускладненням характеру наслідків, зокрема знищенням приміщень, травматизацією людей та евакуаціями мешканців. Водночас залишається

неформалізованим облік пожеж, причиною яких є електрогенеруюче обладнання, адже в ДСНС відсутній чіткий реєстр, що виокремлював би ці джерела як окрему категорію ризику.

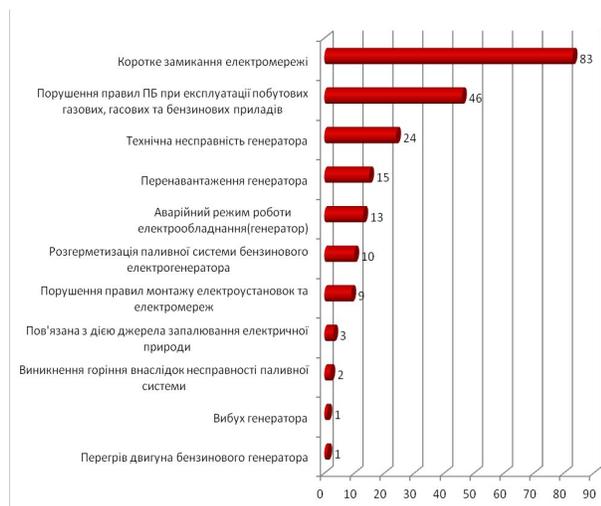


Рис. 2. Типові порушення під час експлуатації паливних електрогенераторів (зафіксовані випадки)

Наукове осмислення проблем, пов'язаних з експлуатацією паливних електрогенераторів, демонструє широкий контекст досліджень у різних сферах пізнання.

Так, колектив авторів [7] наводить результати науково-прикладних досліджень присвячених розробці математичних моделей, методик розрахунку та оптимізації електрогенеруючого обладнання для автономних енергосистем. У практичному сенсі ця робота спрямована на підвищення ефективності, надійності та стійкості роботи автономних джерел електроенергії в умовах відсутності централізованого енергопостачання. Застосовані авторські підходи актуальні в контексті розбудови безпечних автономних енергосистем, у тому числі в кризових ситуаціях, коли використання електрогенераторів стає критично необхідним.

Дж.Маркузі та Д.Дженкет [8] ствержують, що електрогенеруюче обладнання є найпоширенішою формою резервного живлення, що використовується як автономні прилади за умов, коли електромережа виходить з ладу. Автори вперше наводять аналітичні дані щодо надійності сучасних генераторів, які відповідають стандартним протоколам технічного обслуговування. Вони доходять висновку, що в сучасних умовах електрогенеруюче обладнання спроможне забезпечити електропостачання протягом двотижневого відключення від електромережі з

ймовірністю лише на рівні 80%.

У розвиток цієї тематики Р. Чоу і М. Вокер дослідили стратегії зменшення ризиків під час аварійного відновлення електропостачання на критично важливих об'єктах задля забезпечення надійної роботи систем аварійного живлення [9], зокрема шляхом комплексної модернізації систем аварійного енергопостачання.

Тому ми можемо констатувати, що на тепер в багатьох країнах світу використання електрогенераторів із двигунами внутрішнього згорання стало звичним елементом інфраструктури резервного енергозабезпечення. Особливо це характерно для регіонів із нестабільним електропостачанням, частими природними катастрофами або за умов екстремального навантаження на енергомережу під час кризових ситуацій. Розширення масштабів їх застосування в побуті прямо пропорційно зростанню кількості аварій, пов'язаних із неналежною їх експлуатацією, технічними порушеннями або несанкціонованими змінами конструкцій.

Формування мети статті

Встановлення причин пожеж, що виникають під час експлуатації паливних електрогенераторів в умовах енергетичної кризи в Україні, з урахуванням технічних та організаційних чинників, виявлення проблем протипожежного захисту будівель і споруд та обґрунтування шляхів їх усунення з урахуванням сучасних умов експлуатації електрогенеруючого обладнання.

Виклад основного матеріалу дослідження

Проведення цього дослідження обумовлено необхідністю напрацювання заходів і способів зменшення ризиків виникнення і розвитку пожеж під час використання електрогенераторів, зокрема в умовах надзвичайних ситуацій та забезпечення енергетичної незалежності.

Здійснивши попередній статистичний аналіз даних [3], нам вдалося встановити, що найпоширенішою причиною загорянь, пов'язаних із використанням паливних електрогенераторів, є коротке замикання в електромережі – зафіксовано 83 таких випадки, що становить переважну більшість від загальної кількості зафіксованих інцидентів. Така статистика свідчить про наявність системної технічної та організаційної проблеми. З одного боку, це може вказувати на незадовільний технічний стан внутрішніх електромереж, які в умовах додаткового навантаження від використання генераторів не

витримують допустимих режимів роботи. З іншого – значну роль відіграє неправильне підключення обладнання до мережі користувачами, що нерідко здійснюється без участі кваліфікованих фахівців, із порушенням норм електробезпеки, без використання захисної автоматики або в обхід штатних розподільчих систем. У деяких випадках фіксується підключення генераторів через саморобні подовжувачі, перевантаження контурів або ж зворотне живлення в електромережу будинку, що створює ризик не лише займання, а й ураження струмом. Таким чином, високий відсоток випадків короткого замикання як причини пожеж засвідчує потребу у жорсткішому регламентуванні порядку підключення паливних електрогенераторів, посиленні технічного контролю, а також проведенні інформаційно-роз'яснювальної роботи серед населення щодо безпечної експлуатації електрогенеруючого обладнання.

На другому місці серед зафіксованих причин загорянь під час експлуатації паливних електрогенераторів – порушення правил пожежної безпеки під час використання побутових приладів, зокрема генераторів (46 випадків). Цей показник чітко вказує на критичний дефіцит побутової культури пожежної безпеки серед користувачів, а також на брак системної та цілеспрямованої профілактичної роботи з боку відповідальних інституцій. Зокрема, значна частина користувачів експлуатує генератори в умовах, що суперечать елементарним вимогам безпеки: у закритих приміщеннях без належної вентиляції, поблизу легкозаймистих матеріалів, без відповідного контролю за станом обладнання або шляхом заправлення паливом на гарячий двигун. Часто ігноруються інструкції виробника, зокрема щодо додержання мінімальних вимог до дистанції до стін, вікон, дверей та інших об'єктів. Крім того слід зазначити, що багато агрегатів реалізуються через несертифіковані канали, без належного технічного супроводу, інструктажів або обов'язкових інформативних попереджень. У сукупності ці фактори створюють сприятливе середовище для подальшої небезпечної експлуатації кінцевим користувачем. Той факт, що кількість подібних порушень займає друге місце серед усіх причин пожеж, свідчить про необхідність запровадження на державному рівні посиленних інформаційних кампаній, регулярних роз'яснень, стандартів/регламентів розміщення електрогенеруючого обладнання та встановлення мінімальних вимог до умов їх експлуатації, у т.ч. з обов'язковим охопленням побутових користувачів.

Технічна несправність паливних

електрогенераторів стала причиною 24 зафіксованих випадків загорянь, що становить суттєву частку у загальній структурі причин пожеж. Така кількість інцидентів свідчить про наявність серйозних проблем як із якістю обладнання, яке надходить на український ринок, так і з практикою його технічного обслуговування на стадії експлуатації.

Означена причина, на наш погляд, може бути пояснена через низку суттєвих факторів. По-перше, різке зростання попиту на генератори в умовах енергетичної кризи призвело до масового імпорту обладнання, частина якого, ймовірно, не відповідає вимогам сучасних стандартів безпеки або взагалі не проходила сертифікацію. Паралельно з офіційним імпортом значна кількість агрегатів потрапила на ринок без належного технічного контролю. Це створює об'єктивну загрозу поширення продукції низької якості з високим ризиком внутрішніх дефектів, у т.ч. витоків пального, несправної електроніки, зношених елементів системи запалювання або відсутності вбудованих засобів захисту. По-друге, в більшості випадків обслуговування генераторів покладається безпосередньо на кінцевого користувача, який не має відповідної технічної підготовки. Несвоєчасна заміна масла, фільтрів, свічок запалювання, порушення режимів навантаження або спроби несанкціонованого втручання в конструкцію генератора можуть призводити до його перегріву, заклинювання конструктивних елементів або витоків горючих речовин, що, в свою чергу, створює передумови для подальшого займання.

З-поміж менш поширених, але критично важливих причин виникнення і розвитку пожеж можемо виокремити такі:

- перевантаження генератора (15 випадків);
- аварійний режим роботи електрообладнання (13 випадків);
- розгерметизація паливної системи (10 випадків);
- порушення правил монтажу електроустановок та електромереж (9 випадків) та ін.

Таким чином, зібрані у 2024 році випадки виникнення і розвитку пожеж поглиблюють і деталізують раніше визначену статистичну динаміку, водночас демонструючи якісне загострення проблематики і відображаючи її специфіку. Масове, нерегламентоване використання генераторів у житловому секторі, особливо в багатоповерхових будинках, продовжує створювати серйозні виклики для пожежної безпеки в умовах триваючого збройного конфлікту та непередбачуваної ймовірності

відсутності світла.

Аналіз світової практики виникнення й розвитку пожеж вже продемонструвала широкий спектр подібних інцидентів, багато з яких мали серйозні наслідки. У Гаїті, наприклад, пожежа в технічному підвалі навчального закладу в Порт-о-Пренсі, спричинена вибухом генератора, що працював без вентиляції, стала причиною загибелі трьох працівників [10]. Інцидент виник через накопичення парів бензину в обмеженому просторі, що призвело до подальшої детонації електрогенеруючого обладнання. Такий випадок ілюструє один із найтипівіших зафіксованих і підтверджених практикою ризиків – розміщення генератора у невентильованому приміщенні без технічної ізоляції.

У Нігерії на ринку в Лагосі пожежа знищила десятки торгових точок через витік пального із застарілого шланга дизельного генератора. Цей пристрій працював під навісом, поряд із палатками, де зберігалися легкозаймисті тканини [11]. Унаслідок пожежі завдано збитків на сотні тисяч доларів. Цей випадок демонструє, як недостатнє технічне обслуговування та недотримання вимог до зберігання пального можуть мати масштабні економічні наслідки.

Ще один приклад – пожежа в місті Ченнаї (Індія), де генератор на даху лікарні спалахнув через контакт вихлопної труби з пластиковими елементами покрівлі [12]. Система сповіщення тут спрацювала, пацієнтів довелося евакуйовувати, а надання медичних послуг було тимчасово призупинено. Це наочно показує, як неправильне проектування місця встановлення електрогенеруючого обладнання може поставити під загрозу не лише майно, а й життя пацієнтів у закладах охорони здоров'я.

Досить показовим є випадок, зафіксований у США, де під час урагану «Ірма» в 2017 році було зареєстровано низку загорянь і смертельних отруєнь чадним газом [13], що було наслідком використання портативних генераторів у гаражах та житлових приміщеннях. Так, один із випадків у штаті Флорида закінчився пожежею через займання побутової хімії, що зберігалась поряд із працюючим агрегатом. Незважаючи на регулярні кампанії інформування населення, проблема використання генераторів у закритих просторах залишається актуальною навіть у країнах з високим рівнем побутової культури пожежної безпеки.

У Канаді (провінція Квебек) в одному зі шкільних інтернатів сталася пожежа через те, що вихлопна труба генератора була виведена занадто близько до дерев'яної зовнішньої обшивки будівлі

[14]. В результаті загоряння отруїлося кілька осіб продуктами горіння. А в Австралії пожежа на фермі знищила цех через модифікований генератор, на якому були змінені заводські налаштування з метою підвищення потужності електрогенеруючого обладнання. Така самовільна реконструкція стала причиною перегріву та подальшого короткого замикання.

Відтак, попри різний технічний рівень і локальні особливості описаних інцидентів, всі згадані нами приклади виявляють спільні характеристики, а саме: відсутність адаптованих технічних норм, що враховують особливості середовища експлуатації електрогенеруючого обладнання; людський фактор, що проявляється в нехтуванні правил, передбачених інструкціями; вкрай низький рівень системного контролю за монтажем та обслуговуванням. Означені ризики особливо загострюються у випадках тривалої безперервної роботи генераторів, а також у складних умовах навколишнього природного середовища – в умовах підвищеної температури довкілля, пилового навантаження, інтенсифікації атмосферних опадів або посилення вітру.

На підставі викладеного вище ми схильні вважати, що описані інциденти чітко вказують на необхідність застосування цілісного підходу до забезпечення безпеки експлуатації електрогенераторів паливного типу в зоні розташування будівель різного функціонального призначення. Він, на наше переконання, повинен включати не лише нормативно-технічне регулювання у сфері пожежної безпеки, але й проведення відповідних пожежно-профілактичних заходів. Світовий тренд в зазначеній сфері спрямований на стандартизацію й нормування заходів безпеки використання енергогенеруючого обладнання не лише в межах великих промислових об'єктів, але й для побутових та комерційних користувачів. Україна, що нині проходить випробування масовим використанням таких альтернативних джерел живлення в умовах війни, має унікальний шанс врахувати ці аспекти заздалегідь і сформувати власну нормативну модель, адаптовану до реальних викликів сучасності.

Проблема виникнення й розвитку пожеж під час експлуатації електрогенераторів має усталену природу незалежно від континенту поширення, адже переважна більшість таких випадків обумовлена не конструктивними дефектами, а помилками в користуванні, що призводить до критичних ситуацій. Як в Україні, так і в країнах із тривалою історією використання автономних джерел живлення ризики виникнення надзвичайних ситуацій під час їх

експлуатації фокусуються навколо двох основних причин – короткого замикання та порушення правил пожежної безпеки (наприклад, експлуатація генераторів у невентильованих зонах, спроби інтегрувати їх до внутрішніх електромереж без належних автоматичних пристроїв розподілу навантаження, використання поблизу легкозаймистих матеріалів тощо).

Під час аналізу пожежонебезпечних факторів експлуатації паливних електрогенераторів виявлено, що відсутність уніфікованої класифікації установок є причиною виникнення труднощів у процесі їх подальшого нормативного регламентування, розроблення інструкцій з експлуатації та оцінювання ступеня ризику на конкретних об'єктах. У зв'язку з цим нами пропонується система класифікації електрогенеруючого обладнання за чотирма основними критеріями, що прямо впливають на умови їх експлуатації та демонструють рівень потенційної загрози.

По-перше, за типом використовуваного палива генератори поділяються на дизельні, бензинові, газові (метан, пропан-бутан, суміші газоподібних вуглеводнів, біопаливо), а також комбінованого типу. Від виду пального безпосередньо залежать такі характеристики, як температура займання, наявність вибухонебезпечних парів, вимоги до зберігання палива та необхідність вентиляції. Найвищий ризик загоряння фіксується під час використання бензинових генераторів, оскільки цей тип палива має низьку температуру спалаху і високий коефіцієнт випаровування, що сприяє швидкому насиченню повітря легкозаймистими парами навіть при незначному витокі, особливо у закритих або напівзакритих приміщеннях без примусової вентиляції. В таких умовах навіть невеликі об'єми парів можуть досягати концентрацій, небезпечних для займання від найменшого джерела іскри, зокрема від вимикачів, неперевіреного електрообладнання або елементів самої генераторної установки.

Другий класифікаційний критерій – тип охолодження двигуна та генераторної установки, що визначає стійкість обладнання до перегріву під час тривалої роботи. Саме від ефективності охолодження залежить здатність обладнання витримувати тривалі режими навантаження без перегріву, що особливо актуально в умовах кризового використання, коли генератори працюють безперервно протягом багатьох годин або навіть діб. Конструкція генератора може передбачати повітряне (природне або примусове) чи рідинне охолодження (використовується вода, антифриз або мінеральна оліва). Недостатня

ефективність системи охолодження або її зношеність часто спричиняє перегрів двигуна та займання на контактах або у вихлопній частині, що зафіксовано в низці інцидентів як в Україні, так і за кордоном.

Третій критерій – тип запуску генераторної установки. За цим параметром розрізняють механічний (ручний запуск), електростартерний (ключовий або кнопковий) та автоматичний запуск (від реле або з пульта керування). Тип запуску впливає на рівень доступу користувача до агрегату в момент запуску, а отже – і на ризик виникнення помилок, перегріву чи потрапляння палива на гарячі елементи. Особливо небезпечними є випадки, коли користувачі намагаються вручну запускати несправний або перегрітий генератор. І тому тип запуску генератора слід розглядати не лише як параметр комфорту використання електрогенеруючого обладнання, але і як чинник, що безпосередньо впливає на ймовірність виникнення аварійних ситуацій.

Окрім того, надзвичайно важливим є тип розміщення генератора відносно будівлі, який безпосередньо визначає умови тепловідведення, вентиляції та наявність протипожежних відсіків. Згідно з цим критерієм, установки класифікуються на:

зовнішні – розташовані на відкритому повітрі з дотриманням нормативних відстаней;

напіввідкриті – розміщені під навісами або у технічних приміщеннях із частковим доступом повітря;

вбудовані – розташовані всередині будівлі, у спеціально відокремлених вогнестійких приміщеннях;

прибудовані – вмонтовані в конструкцію будівлі, але ізольовані протипожежними відсіками.

Кожен тип розміщення електрогенеруючого обладнання має характерні ризики – від мінімального (при правильному зовнішньому встановленні) до критичного (вбудовані агрегати без достатньої вентиляції або ізолювання), ступінь пожежної небезпеки та різний потенціал до розповсюдження вогню у випадку займання.

На жаль, аналіз вітчизняних випадків виникнення й розвитку пожеж демонструє часте ігнорування вимог щодо безпечного розміщення: генератори встановлюють у підвалах, житлових кімнатах або на балконах, що суперечить як міжнародним стандартам [15], так і здоровому глузду.

З метою забезпечення ефективного протипожежного захисту під час експлуатації електрогенераторів важливим є впровадження автоматизованих систем виявлення і гасіння пожеж, які мають функціонувати незалежно від людського

втручання. Одним із ключових елементів таких систем є детектори, що здатні реагувати на зміну фізико-хімічних параметрів середовища, зокрема температури, концентрації диму та інфрачервоного випромінювання. Інтеграція цих компонентів у єдину логічну структуру дозволяє своєчасно ідентифікувати осередок загоряння й активувати засоби локалізації, що мінімізують подальше поширення вогню.

Суттєвим доповненням до активних систем протипожежного захисту є організація каналів раннього оповіщення й автоматичного відключення енергетичних установок у випадку загрози займання. Це забезпечує комплексне реагування системи в умовах обмеженого часу, знижуючи ймовірність вторинного ураження від теплового навантаження або короткого замикання. Крім того, впровадження візуальних і аналітичних засобів моніторингу дозволяє виявляти передумови аварійних ситуацій, що формує підґрунтя для впровадження превентивних заходів.

Окрім того, постає необхідність розроблення нормативних вимог щодо забезпечення пожежної безпеки електрогенеруючого обладнання під час проектування будівель та споруд різного функціонального призначення, що обумовлена зростанням масштабів його застосування в умовах нестабільного енергозабезпечення. Упродовж останніх років спостерігається активне впровадження автономних джерел живлення у просторове середовище будівель – як у складі інженерної інфраструктури новобудов, так і шляхом дообладнання існуючих об'єктів. Водночас на нормативному рівні це питання залишається недостатньо врегульованим, адже наразі відсутні унормовані параметри технічної сумісності генераторів з конструкціями будівель, не встановлено меж допустимих режимів експлуатації в приміщеннях різного типу, не деталізовано вимоги до протипожежного зонування, вентиляції, меж вогнестійкості й обмеження поширення полум'я в разі виникнення аварійних ситуацій.

Різні функціональні категорії об'єктів (житлові, торговельні, виробничі, медичні тощо) мають суттєві відмінності щодо внутрішнього планування, щільності матеріалів, наявності людей і режиму експлуатації. Відповідно, розміщення паливних генераторів у таких спорудах має базуватись на спеціалізованих проектних рішеннях, які враховують специфіку простору, характер потенційного навантаження на системи протипожежного захисту, а також умови тепловідведення й евакуації. На практиці ж генератори нерідко встановлюються у підвальних,

технічних або навіть житлових приміщеннях, що є несумісним із базовими вимогами безпеки.

У разі відсутності нормативно передбачених обмежень підрядники та користувачі керуються виключно власними міркуваннями або інструкціями виробника, що не враховують реальні умови експлуатації електрообладнання. Саме тому виникає потреба у формалізації ключових положень, які мають включати визначення категорій генераторного обладнання за типом використовуваного палива, типом розміщення, способом охолодження та запуску, а також окремі технічні регламенти для кожного типу об'єкта. Ці вимоги повинні бути адаптовані до чинних нормативів пожежної безпеки та будівельного проектування, зокрема щодо вимог до класу вогнестійкості огорожувальних конструкцій, рівня протипожежних відсіків, мінімальних відстаней до евакуаційних шляхів, а також засобів пожежогасіння та систем раннього виявлення осередку пожежі.

Крім того, нормуванню мають підлягати вимоги щодо сервісного обслуговування генераторів, умови їх технічної експлуатації в межах об'єкта, перевірки стану паливопроводів, герметичності з'єднань, роботи систем охолодження та фільтрації повітря. Лише за наявності таких факторів можливо забезпечити необхідний рівень безпеки при одночасному збереженні функціональної автономності об'єктів.

Тому ми переконані, що розроблення та впровадження нормативних вимог щодо розміщення та експлуатації електрогенеруючого обладнання під час проектування будівель є необхідним і обґрунтованим кроком для зменшення пожежних ризиків. Це дозволить забезпечити комплексну інтеграцію автономних джерел енергії в будівельні норми без створення додаткових загроз для людей, майна та самої будівлі в умовах тривалої або аварійної експлуатації генераторів.

Висновки

У ході проведеного дослідження було здійснено узагальнення та систематизацію ключових аспектів, які впливають на рівень пожежної небезпеки під час експлуатації електрогенеруючого обладнання. Особливу увагу приділено ідентифікації типових недоліків у застосуванні таких пристроїв, зокрема в частині причин виникнення займання, механізмів поширення пожежі в межах просторового середовища будівель, а також ефективності функціонування систем протипожежного захисту, які повинні забезпечувати локалізацію осередку займання на ранніх етапах розвитку надзвичайної ситуації.

Емпіричні дані засвідчили відсутність в Україні комплексного нормативного підходу до інтеграції електрогенераторів у просторову структуру будівель різного призначення. Встановлено, що чинна нормативно-правова база не враховує особливостей сучасного обладнання, умов його експлуатації, характеру навантажень та потенційних загроз, які виникають при недотриманні елементарних вимог пожежної безпеки. У зв'язку з цим визначено необхідність розроблення спеціалізованих нормативних вимог, що регламентуватимуть проектування та облаштування місць розміщення генераторного обладнання на об'єктах різного функціонального призначення. Такі нормативи мають базуватись на принципах ризик-орієнтованого підходу та адаптації чи інтеграції міжнародних стандартів до національної практики, із обов'язковим урахуванням змін зовнішніх та внутрішніх факторів, що формують сучасний контекст експлуатації автономних джерел живлення.

У результаті проведеної аналітичної роботи сформульовано потребу в розширенні напрямів наукових досліджень, орієнтованих на формування комплексу організаційно-технічних рішень, спрямованих на підвищення рівня безпеки під час використання електрогенеруючого обладнання, зниження ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій, а також збереження життя і здоров'я людей.

Наукова новизна дослідження полягає в комплексному підході до оцінювання пожежних ризиків, що виникають під час експлуатації паливних електрогенераторів в умовах енергетичної кризи, з урахуванням як технічних параметрів обладнання (тип пального, система охолодження, тип запуску, умови розміщення), так і нормативно-правових прогалів, що впливають на рівень пожежної безпеки. На відміну від попередніх наукових розвідок, які зосереджуються переважно на окремих технічних аспектах або аналізі статистики пожеж, у цій роботі здійснено інтегроване зіставлення національних і міжнародних стандартів, виявлено відмінності в підходах до безпечної експлуатації, а також сформульовано практичні рекомендації щодо адаптації передового світового досвіду до українських реалій.

З урахуванням наведеного нами сформульовано низку рекомендацій щодо нормативно-технічного регулювання протипожежного захисту під час використання електрогенераторів. Так, вважаємо за необхідне:

встановити чіткі нормативні вимоги до відстаней і умов розміщення генераторів різних типів (наприклад, мінімальна відстань від будівельних

конструкцій – не менше 3 м для бензинових і дизельних генераторів, заборона встановлення у житлових приміщеннях без спеціального вогнестійкого боксу, обов'язкове облаштування майданчика з негорючого матеріалу);

запровадити обов'язкові вимоги щодо систем вентиляції та тепловідведення для вбудованих і напіввідкритих установок (слід передбачити окремі повітроводи з протипожежними клапанами, встановлення температурних датчиків із сигналізацією перегріву);

нормативно закріпити використання автоматичних перемикачів навантаження або гальванічної розв'язки при інтеграції генераторів у внутрішні електромережі (зокрема, обов'язкове застосування АВР із затримкою пуску, використання реле контролю напруги та частоти, заборона прямого підключення генератора до мережі без комутаційного пристрою);

передбачити обов'язкову сертифікацію обладнання та пального на відповідність міжнародним вимогам (введення переліку обов'язкових стандартів, перевірка документів під час імпорту, випробування зразків у акредитованих лабораторіях);

регламентувати правила зберігання та заправки палива з урахуванням його пожежонебезпечності (встановлення обмежень на обсяги зберігання у житлових зонах, використання металевих каністр із сертифікованими клапанами, заборона заправки генератора під час роботи двигуна);

встановити мінімальні вимоги до оснащення місць розміщення генераторів засобами пожежогасіння та автоматичного виявлення пожеж (обов'язкова наявність вогнегасників порошкового або вуглекислотного типу з зарядом не менше 5 кг, встановлення автономних датчиків диму та чадного газу, рекомендація монтажу системи автоматичного пожежогасіння для вбудованих установок).

Імплементація вищезначених норм у національну нормативно-технічну базу сприятиме гармонізації з міжнародними стандартами та істотно зменшить кількість пожеж, пов'язаних із використанням паливних електрогенераторів у побутовому й виробничому середовищах. Запропоновані рекомендації, що ґрунтуються на аналізі міжнародних стандартів та національної практики, створюють передумови для системного зниження пожежної небезпеки під час експлуатації паливних електрогенераторів та підвищення рівня техногенної безпеки в Україні.

Вектор подальших напрацювань має бути спрямований на удосконалення алгоритмів виявлення ризиків, оптимізацію структур пожежогасіння та впровадження дієвих превентивних заходів у сфері експлуатації автономних джерел живлення.

Література

1. Підсумки відновлення енергосистеми України у 2023 році // НЕК «Укренерго». URL: <https://ua.energy>.
2. Публічні закупівлі // Державна митна служба України. URL: <https://customs.gov.ua/publichni-zakupivli>.
3. Звіт про пожежі у 2024 році // Державна служба України з надзвичайних ситуацій. URL: <https://dsns.gov.ua/upload/2/2/8/5/6/0/2/analychna-dovidka-pro-pojeji-062024.pdf>.
4. Евакуювали двох дорослих і трьох дітей. У Франківську на балконі багатопверхівки горів генератор. URL: <https://suspilne.media/ivano-frankivsk/775591-evakuovali-dvoh-doroslih-i-troh-ditej-u-frankivsku-na-balkoni-bagatopoverhivki-goriv-generator/>.
5. У Білій Церкві генератор спровокував пожежу в приватному домогосподарстві. URL: <https://suspilne.media/kyiv/781433-u-bilij-cerkvi-generator-sprovokuvav-pozezu-v-privatnomu-domogospodarstvi/>.
6. На Волині загорівся бензиновий генератор: 53-річна жінка отримала опіки обличчя. URL: <https://www.volynpost.com/news/214445-na-volyni-zagorivsia-benzynovyj-generator-53-richna-zhinka-otrymala-opiky-oblychchia>.
7. Електричні генератори і двигуни змінного струму. Електромеханотронні перетворювачі енергії / Л. І. Мазуренко, О. В. Джура, О. М. Попович, В. В. Гребеніков, О. В. Бібік, І. В. Головань, Ю. В. Шуруб, А. П. Вербовий, В. І. Романенко. Праці Ін-ту електродинаміки НАН України. 2013. Вип. 35. С. 58–66.
8. Marqusee J., Jenket D. Reliability of emergency and standby diesel generators: Impact on energy resiliency solutions. *Applied Energy*. 2020. Vol. 268. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114918>.
9. Chow P., Walker M. Risk Mitigation Strategies for Emergency Power Upgrades in Critical Facilities. 2019 IEEE/IAS 55th Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference (I&CPS). Calgary, 2019. P. 1–6.
10. Haiti orphanage fire kills 15, renews debate over unlicensed orphanages // Reuters. URL: <https://www.reuters.com/article/world/haiti-orphanage-fire-kills-15-renews-debate-over-unlicensed-orphanages-idUSKBN208278>.
11. Govt closes Lagos market indefinitely, LASEMA reveals cause of fire outbreak // Times. Premium. URL: <https://www.premiumtimesng.com/regional/ssouth-west/684951-govt-closes-lagos-market-indefinitely-lasema-reveals-cause-of-fire-outbreak.html>.
12. Fire leaves Guindy govt hosp without power for two hours // The Times of India. URL: <https://timesofindia.indiatimes.com/city/chennai/guindy-government-hospital-power-outage-emergency-fire-leaves-419-patients-in-the-dark/articleshow/115369779.cms>.
13. Tips on properly handling a generator after Hurricane Irma // WSVN-TV. URL: <https://wsvn.com/news/local/tips-on-properly-handling-a-generator-after-hurricane-irma>.
14. Police investigate second death in relation to Quebec ice storm // CTV News. URL: <https://www.ctvnews.ca/montreal/article/police-investigate-second-death-in-relation-to-quebec-ice-storm>.
15. NFPA 110. Standard for Emergency and Standby Power Systems. Quincy, MA : National Fire Protection Association, 2025. 50 p.

References

1. НЕК «Ukrenerho» (2023). Pidsumky vidnovlennia enerhosystemy Ukrainy u 2023 rotsi [Results of the restoration of Ukraine's power system in 2023]. Retrieved from <https://ua.energy> [in Ukrainian].
2. Derzhavna mytna sluzhba Ukrainy (2022). Publichni zakupivli [Public procurement]. Retrieved from <https://customs.gov.ua/publichni-zakupivli> [in Ukrainian].
3. Derzhavna sluzhba Ukrainy z nadzvychnykh sytuatsii (2024). Zvit pro pozhezhi u 2024 rotsi [Fire report 2024]. Retrieved from <https://dsns.gov.ua/upload/2/2/8/5/6/0/2/analychna-dovidka-pro-pojeji-062024.pdf> [in Ukrainian].
4. Suspilne.Media (2024). Evakuovali dvokh doroslykh i trokh ditei. U Frankivsku na balkoni bahatopoverkhivky horiv henerator [Two adults and three children were evacuated. A generator was burning on the balcony of a high-rise building in Frankivsk]. Retrieved from <https://suspilne.media/ivano-frankivsk/775591-evakuovali-dvoh-doroslih-i-troh-ditej-u-frankivsku-na-balkoni-bagatopoverhivki-goriv-generator/> [in Ukrainian].
5. Suspilne.Media (2024). U Bilii Tserkvi henerator sprovokuvav pozhezhu v pryvatnomu domohospodarstvi [In Bila Tserkva, a generator caused a fire in a private household]. Retrieved from <https://suspilne.media/kyiv/781433-u-bilij-cerkvi-generator-sprovokuvav-pozezu-v-privatnomu-domogospodarstvi/> [in Ukrainian].
6. Volynpost (2022). Na Volyni zahorivsia benzynovyj henerator: 53-richna zhinka otrymala opiky oblychchia [A

gasoline generator caught fire in Volyn: 53-year-old woman suffered burns to her face]. Retrieved from zagorivsia-benzynovyj-generator-53-richna-zhinkatroymala-opiky-oblychchia [in Ukrainian].

7. Mazurenko, L. I., Dzhura, O. V., Popovych, O. M., Hrebenikov, V. V., Bibik, O. V., Holovan I. V., Shurub, Yu. V., Verbovyi, A. P., & Romanenko, V. I. (2013). Elektrychni heneratory i dvyhuny zminnoho strumu. Elektromekhanotronni peretvoriuvachi enerhii [Electric generators and alternating current motors. Electromechanotronic energy converters]. *Pratsi Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy*, 35, 58–66 [in Ukrainian].

8. Marqusee, J., & Jenket, D. (2020). Reliability of emergency and standby diesel generators: Impact on energy resiliency solutions. *Applied Energy*. 268. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114918>.

9. Chow, P., & Walker, M. (2019). Risk Mitigation Strategies for Emergency Power Upgrades in Critical Facilities. *2019 IEEE/IAS 55th Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference (I&CPS)*, 1–6.

10. Reuters (2020). Haiti orphanage fire kills 15, renews debate over unlicensed orphanages. Retrieved from <https://www.reuters.com/article/world/haiti-orphanage-fire-kills-15-renews-debate-over-unlicensed-orphanages-idUSKBN208278>.

11. Times. Premium (2024). Govt closes Lagos market indefinitely, LASEMA reveals cause of fire outbreak. Retrieved from <https://www.premiumtimesng.com/regional/ssouth-west/684951-govt-closes-lagos-market-indefinitely-lasema-reveals-cause-of-fire-outbreak.html>.

12. The Times of India (2024). Fire leaves Guindy govt hosp without power for two hours. Retrieved from <https://timesofindia.indiatimes.com/city/chennai/guindy-government-hospital-power-outage-emergency-fire-leaves-419-patients-in-the-dark/articleshow/115369779.cms>.

13. WSVN-TV (2017). Tips on properly handling a generator after Hurricane Irma. Retrieved from <https://wsvn.com/news/local/tips-on-properly-handling-a-generator-after-hurricane-irma>.

14. CTV News (2023). Police investigate second death in relation to Quebec ice storm. Retrieved from <https://www.ctvnews.ca/montreal/article/police-investigate-second-death-in-relation-to-quebec-ice-storm>.

15. *Standard for Emergency and Standby Power Systems* (2025). NFPA 110. Quincy, MA : National Fire Protection Association.

Рецензент: д-р техн. наук, ст. дослідник Я.В. Балло, Інститут наукових досліджень з цивільного захисту

ANALYSIS OF FIRE HAZARDS of OPERATING FUEL - POWERED GENERATORS DURING

<https://www.volynpost.com/news/214445-na-volyni->

Національного університету цивільного захисту України, Україна

Автор: ТЕСЛЕНКО Олександр Миколайович
доктор філософії за спеціальністю «Публічне управління та адміністрування»

Інститут наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України

e-mail: teslenko_oleksandr@nuczu.edu.ua

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1003-8876>

Автор: ТВЕРДОХЛІБ Олександр Степанович
доктор наук з державного управління, професор
Інститут наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України

e-mail: tverdokhlib_oleksandr@nuczu.edu.ua

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1502-2937>

Автор: ДОЦЕНКО Олександр Григорович
доктор філософії за спеціальністю «Пожезна безпека»

Інститут наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України

e-mail: mio1488@yahoo.com

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7437-8733>

Автор: ЦИМБАЛІСТИЙ Сергій Зіновійович
Інститут наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України

e-mail: sergey.c1982@gmail.com

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9187-1674>

Автор: КРИКУН Олександр Миколайович
Інститут наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України

e-mail: krykun12314@gmail.com

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8132-9788>

Автор: КОСТЕНКО Віктор Климентович
доктор технічних наук, професор
Донецький національний технічний університет

e-mail: vk.kostenko@gmail.com

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8439-6564>

THE ENERGY CRISIS IN UKRAINE

O.M. Teslenko¹, O.S. Tverdokhlib¹, O.H. Dotsenko¹, S.Z. Tsymbalistyi¹, O.M. Krykun¹, V.K. Kostenko²

¹Institute of Scientific Research on Civil Protection of the National University of Civil Protection of Ukraine

²Donetsk National Technical University

The given article provides a comprehensive review of the issues related to the operation of fuel power generators in energy crisis conditions. The study is based on data from Ukraine, where, after beginning of the full-scale aggression of the Russian Federation in 2022, critical energy infrastructure facilities were destroyed or significantly damaged, leading to large-scale power outages across the country. In response to these challenges, the population began to use generators as autonomous power sources to meet their household needs. This has led to a simultaneous increase in the man-made risks associated with their use, including fire hazards, carbon monoxide poisoning, explosions of fuel systems, etc.

The research covers a statistical analysis of the dynamics of fires over the past eight years (in particular, the time interval before and after the full-scale invasion of the aggressor country). The emphasis is on the period of 2022-2024, when the number of fires related to the use of electric generators increased to dozens per year. It is based on the official data of the State Emergency Service of Ukraine, according to which the main causes of such fires are short circuits and non-compliance with fire safety during the operation of electrical equipment.

The paper analyzes the specifics of the use of electric generators in buildings and structures of various functional purposes, describes the main causes of fires during their use. It is found that the lack of differentiated standards for the placement and certification of equipment poses a potential threat to these facilities. Particular attention is paid to foreign incidents, in particular in the USA, Nigeria, Canada, India, and Australia, which demonstrate a similar typology of fire safety violations to Ukrainian realities, but in the context of effective regulatory control, they are more often localized in the early stages of fire development.

In addition, the article highlights the problem of the lack of mandatory regulatory requirements in Ukraine regarding the location of generators, verification of equipment certification, and a national regulatory document on the rules for the arrangement and operation of fuel electric generators. With this in mind, the authors analyze the existing international standards governing the requirements for the safe installation, operation and maintenance of stand-alone power generators in countries with high fire safety standards. This comparison allows to identify gaps in the current Ukrainian legislation and to form a vision of the possible adaptation or integration of international experience into national practice in this area.

Materials of the study can be used for further scientific understanding of the problem of operating fuel power generators, improving existing safety policies, developing regulatory documents for state supervision bodies, as well as in the work of designers and specialists in the field of fire safety.

Keywords: fire safety, fuel power generators, backup power sources, statistics, emergency, civil protection, normative and technical regulation.