

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКІСТЬ ОБ'ЄКТІВ В УМОВАХ КОМБІНОВАНИХ ЗАГРОЗ

Рудешко Ірина Вікторівна,

старший викладач

Студенти

Капріор Ростислав Олександрович

Чикало Владислав Сергійович

Національний університет цивільного захисту України,

м. Черкаси, Україна

rudeshko_iryna@nuczu.edu.ua

kaprior.rostyslav_2023b@nuczu.edu.ua

chykalo.vladyslav_2023b@nuczu.edu.ua

Анотація. У роботі розглянуто сучасні підходи до організаційно-технічного забезпечення пожежної безпеки об'єктів в умовах комбінованих загроз. Обґрунтовано необхідність удосконалення традиційних підходів до забезпечення пожежної безпеки з урахуванням одночасної або послідовної дії пожежних, техногенних, природних, воєнних, енергетичних та інших небезпечних факторів. Проаналізовано основні вразливості систем протипожежного захисту, інженерної інфраструктури та організаційного управління. Запропоновано комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на підвищення надійності, живучості, резервування та відновлюваності систем пожежної безпеки. Обґрунтовано доцільність застосування ризик-орієнтованого та сценарного підходів до оцінювання пожежних ризиків. Визначено перспективні напрями підвищення стійкості об'єктів до каскадних і комбінованих небезпек.

Ключові слова: пожежна безпека, комбіновані загрози, організаційно-технічне забезпечення, системи протипожежного захисту, воєнні ризики, техногенні ризики, стійкість, живучість, резервування.

Сучасні умови функціонування об'єктів промисловості, енергетики, транспорту, житлової та громадської інфраструктури характеризуються значним розширенням спектра небезпечних факторів. Поряд із традиційними причинами виникнення пожеж необхідно враховувати наслідки техногенних аварій, стихійних явищ, тривалих перебоїв електропостачання, пошкодження інженерних мереж, кібервпливів, а в умовах воєнного стану — також ракетних та безпілотних атак, вибухів, ударної хвилі, уламкової дії та пожеж, що виникають унаслідок ураження об'єктів.

Особливу небезпеку становлять комбіновані загрози, за яких декілька небезпечних факторів виникають одночасно або послідовно та взаємно посилюють один одного.

Наприклад, ураження об'єкта може спричинити руйнування частини будівельних конструкцій, пошкодження електричних мереж, втрату основного джерела електроживлення, порушення роботи систем пожежної сигналізації та протидимного захисту, виникнення пожежі, задимлення приміщень і блокування евакуаційних шляхів. У результаті первинна подія трансформується у складну каскадну аварійну ситуацію.

Тому сучасна система пожежної безпеки повинна забезпечувати не лише попередження виникнення та поширення пожежі, а й здатність об'єкта протистояти комплексному впливу небезпечних факторів, зберігати критичні функції та відновлювати працездатність після пошкодження.

Чинний ДБН В.2.5-56:2014 визначає вимоги до проектування та монтування систем протипожежного захисту, зокрема автоматичних систем пожежогасіння, систем пожежної сигналізації, систем керування евакуаванням та систем протидимного захисту.

Водночас сучасні умови потребують розвитку цих положень через впровадження системного ризик-орієнтованого підходу, який враховує не

тільки штатні сценарії пожежі, але й можливість часткової або повної втрати окремих елементів системи протипожежного захисту.

Під комбінованою загрозою доцільно розуміти сукупність двох або більше небезпечних факторів, які виникають одночасно або послідовно та можуть спричинити взаємне посилення негативних наслідків.

На відміну від ізольованої небезпеки, комбінована загроза характеризується наявністю взаємозв'язків між окремими подіями.

Типовий ланцюг може мати вигляд: первинна загроза → пошкодження інфраструктури → відмова технічної системи → виникнення вторинної події → каскадне поширення наслідків → ускладнення реагування.

Для пожежної безпеки найбільш характерними є такі комбінації:

- воєнне ураження + пожежа;
- вибух + пошкодження систем протипожежного захисту;
- відключення електроенергії + пожежа;
- пошкодження водопостачання + пожежа;
- руйнування конструкцій + блокування евакуаційних шляхів;
- пожежа + задимлення + відмова систем протидимного захисту;
- пошкодження систем зв'язку + пожежа;
- кібервплив + порушення автоматизованого управління;
- природна небезпека + техногенна аварія.

Основна проблема полягає в тому, що нормативно спроектована система може відповідати вимогам у штатному режимі, але втрачати функціональність при одночасному пошкодженні декількох взаємозалежних елементів.

Отже, основним завданням стає не тільки запобігання пожежі, а й забезпечення стійкості системи пожежної безпеки до зовнішніх впливів.

Організаційні заходи є фундаментальною складовою пожежної безпеки. Навіть високотехнологічна система протипожежного захисту не може забезпечити необхідний рівень безпеки за відсутності належної організації її експлуатації.

До основних організаційних заходів належать:

- визначення відповідальних осіб за пожежну безпеку;
- розроблення та актуалізація інструкцій; організація навчання та тренувань персоналу;
- регулярний контроль технічного стану СПЗ;
- перевірка резервних джерел живлення;
- забезпечення доступу до пожежного обладнання;
- формування аварійних запасів обладнання та матеріалів;
- розроблення планів реагування на надзвичайні ситуації;
- проведення тренувань за сценаріями комбінованих загроз;
- організація взаємодії з аварійно-рятувальними формуваннями.

Особливого значення в умовах воєнних ризиків набуває сценарне планування.

Наприклад, тренування персоналу може проводитися за сценарієм:

пошкодження будівлі внаслідок вибуху → відключення основного електроживлення → виникнення пожежі → часткова втрата пожежної сигналізації → задимлення → блокування основного евакуаційного маршруту.

Під час такого тренування оцінюється не лише реакція персоналу на пожежу, а й здатність об'єкта функціонувати в умовах часткової втрати технічних засобів.

Важливим є також формування резервних алгоритмів дій. Якщо автоматична система не спрацювала, персонал повинен знати порядок ручного запуску відповідного обладнання, передачі інформації та організації евакуації.

Технічна складова передбачає створення та підтримання комплексу систем, призначених для виявлення, локалізації та ліквідації пожежі, а також забезпечення безпечної евакуації людей.

До таких систем належать: системи пожежної сигналізації; автоматичні системи пожежогасіння; системи оповіщення; системи керування евакуацією; системи протидимного захисту; системи централізованого пожежного спостерігання; внутрішній та зовнішній протипожежний водопровід; системи диспетчеризації та моніторингу.

Для підвищення стійкості технічних систем необхідно передбачати:

резервування → автономність → фізичний захист → незалежність критичних каналів → можливість ручного управління → швидке відновлення.

Одним із ключових напрямів організаційно-технічного забезпечення пожежної безпеки є резервування критичних систем.

Особливого значення набуває резервування: електроживлення; систем зв'язку; насосного обладнання; джерел протипожежного водопостачання; каналів передачі сигналів; пунктів управління; кабельних ліній; окремих функціональних компонентів СПЗ.

Наприклад, система пожежної сигналізації повинна мати можливість зберігати працездатність при короткочасному або тривалому зникненні основного електропостачання.

У цьому випадку доцільно використовувати комбінацію:

основне живлення → резервне живлення → акумуляторна система → джерело автономного електропостачання.

Однак резервування має бути не формальним, а функціональним. Наявність резервного джерела живлення не забезпечить стійкість, якщо воно розташоване в тій самій зоні, що й основне обладнання, та може бути одночасно пошкоджене.

Тому ефективне резервування повинно передбачати просторове та функціональне розділення критичних компонентів.

В умовах комбінованих загроз необхідно враховувати можливість механічного пошкодження СПЗ.

Найбільш критичними компонентами є: приймально-контрольні прилади; джерела резервного живлення; серверне обладнання; насосні станції; вузли управління; кабельні траси; комутаційне обладнання; диспетчерські пункти.

Для них доцільно передбачати: захищене розміщення; конструктивне відокремлення; резервування; захист кабельних трас; обмеження доступу сторонніх осіб; можливість швидкої заміни пошкоджених компонентів.

ДБН В.1.1-7:2016 встановлює загальні вимоги пожежної безпеки будинків і споруд, спрямовані, зокрема, на обмеження поширення пожежі, забезпечення безпечної евакуації, гасіння пожежі та застосування систем протипожежного захисту.

У контексті комбінованих загроз ці вимоги доцільно розглядати у взаємозв'язку з вимогами щодо живучості та відновлюваності критичних систем.

Практично всі сучасні СПЗ залежать від електроенергії та інформаційних каналів.

Тому втрата електроживлення може спричинити каскадну відмову: відключення електроенергії → відмова СПС → відсутність сигналу про пожежу → затримка реагування → збільшення площі пожежі → ускладнення евакуації.

Аналогічно втрата каналів зв'язку може призвести до того, що навіть працездатна система пожежної сигналізації не забезпечить своєчасної передачі інформації відповідальним особам або пожежно-рятувальним підрозділам.

Тому для критичних об'єктів доцільно передбачати декілька незалежних каналів передачі інформації.

У спрощеному вигляді:
основний канал → резервний канал → автономний локальний сигнал → альтернативний канал передачі інформації.

Одним із найважливіших завдань пожежної безпеки є забезпечення можливості безпечної евакуації людей.

В умовах комбінованих загроз традиційний аналіз евакуації може бути недостатнім. Необхідно розглядати сценарії: блокування одного виходу; пошкодження сходової клітки; задимлення основного маршруту; відключення освітлення; відмова системи оповіщення; одночасне виникнення пожежі та руйнування частини конструкцій.

Тому доцільно передбачати альтернативні маршрути евакуації та забезпечувати їх працездатність навіть за часткового пошкодження будівлі.

ДБН В.1.1-7:2016 прямо визначає забезпечення безпечної евакуації людей одним із основних напрямів пожежної безпеки будинків і споруд.

На основі проведеного аналізу організаційно-технічне забезпечення пожежної безпеки доцільно представити як взаємодію п'яти основних компонентів:

1. Нормативно-правовий компонент

Визначення вимог, критеріїв та процедур забезпечення пожежної безпеки.

2. Організаційний компонент

Відповідальність, планування, навчання, інструктажі, тренування та контроль.

3. Технічний компонент

СПС, АСПГ, СПДЗ, системи оповіщення, водопостачання та управління.

4. Резервний компонент

Аварійне електроживлення, дублювання каналів зв'язку, резервне обладнання та альтернативні маршрути евакуації.

5. Відновлювальний компонент

Швидке виявлення пошкоджень, локалізація наслідків, ремонт та відновлення працездатності.

Таким чином, загальна ефективність пожежної безпеки може бути представлена як результат взаємодії:

попередження → виявлення → реагування → локалізація → евакуація → відновлення.

Порушення будь-якої з цих ланок може знизити загальну ефективність системи.

Висновки. Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що в сучасних умовах пожежна безпека об'єктів повинна розглядатися як комплексна система, здатна функціонувати за одночасного впливу декількох небезпечних факторів.

1. Комбіновані загрози створюють принципово новий рівень ризику, оскільки окремі небезпечні події можуть взаємно посилювати одна одну та формувати каскадні аварійні процеси.

2. Ефективне забезпечення пожежної безпеки потребує поєднання організаційних, технічних, інженерних та резервних заходів.

3. Основними напрямками підвищення стійкості об'єктів є резервування електроживлення та каналів зв'язку, захист критичних компонентів СПЗ, резервування протипожежного водопостачання, забезпечення альтернативних шляхів евакуації та можливості ручного управління системами.

4. Для об'єктів, що функціонують в умовах підвищених воєнних і техногенних ризиків, доцільно застосовувати ризик-орієнтований та сценарний підходи, які дозволяють оцінювати не тільки імовірність виникнення пожежі, але й можливість одночасної втрати окремих функцій СПЗ.

5. Важливим напрям до оцінювання ї ом є перехід від оцінювання лише нормативної відповідності систем х стійкості, живучості, автономності та відновлюваності.

6. Перспективним напрямом подальших досліджень є розроблення методики кількісного оцінювання стійкості систем пожежної безпеки до комбінованих загроз із визначенням критичних функцій, допустимого рівня втрати функціональності та необхідного обсягу резервування.

Отже, організаційно-технічне забезпечення пожежної безпеки в умовах комбінованих загроз повинно ґрунтуватися на принципах системності, резервування, автономності, живучості, адаптивності та швидкого відновлення. Реалізація такого підходу дозволить підвищити здатність об'єктів зберігати необхідний рівень пожежної безпеки навіть за умов часткового пошкодження будівель, інженерних мереж та систем протипожежного захисту.

Список література

1. Кодекс цивільного захисту України : Кодекс України; Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17> (дата звернення: 09.09.2026).

2. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ : Мінрегіон України, 2017.

3. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. Київ : Мінрегіон України, 2014. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3765114643836568980 (дата звернення: 09.09.2026).

4. Зміна № 1 ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. Чинна від 01.11.2019. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3765114643836568980 (дата звернення: 09.09.2026).

5. Зміна № 2 ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту : затв. наказом Міністерства розвитку громад та територій України від 05.11.2025 № 1567. Чинна від 01.03.2026. URL: <https://mininfra.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennia-zminy-2-dbn-v25-562014-systemy-protypozhzhzhnoho-zakhystu> (дата звернення: 09.09.2026).

6. Правила пожежної безпеки в Україні : затв. наказом Міністерства внутрішніх справ України від 30.12.2014 № 1417, зареєстр. в Міністерстві юстиції України 05.03.2015 за № 252/26697. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0252-15> (дата звернення: 09.09.2026).

7. ДСТУ EN 12101-1:2012. Системи димо- та тепловидалення. Частина 1. Положення щодо вентиляторів димо- та тепловидалення. Київ : Мінекономрозвитку України, 2013.

8. ДСТУ ISO 7240-1:2007. Системи пожежної сигналізації та оповіщення. Частина 1. Загальні положення. Київ : Держспоживстандарт України, 2008.

9. Rudeshko I.V. Comprehensive protection of critical infrastructure facilities from combined attacks (physical and cybernetic) // Innovation and development in world science. Proceedings of the 7th International scientific and practical conference. MDPC Publishing. Zurich, Switzerland. 2026. Pp. 134-140. URL: <https://sci-conf.com.ua/vii-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-innovation-and-development-in-world-science-27-29-04-2026-tsyurih-shvejtsariya-arhiv/>