

МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ ПРОФЕСІЙНИХ НЕБЕЗПЕК РОБОЧИХ ПРИ ОБСТЕЖЕННІ БУДІВЕЛЬ ІЗ КРИТИЧНИМИ ПОШКОДЖЕННЯМИ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто дотримання основних правил дотримання правил пожежної безпеки під час проектування будівель чи споруд . Аналіз ключових ризиків в разі виникнення пожежі , їх ліквідація та запобігання в майбутньому . Нормативи які застосовуються під час проектування . Рекомендація щодо застосування сучасних технологій пожежної безпеки.

Ключові слова: *загроза життю , загроза здоров'ю , нормативи , пожежна безпека , будівлі , споруди , план евакуації , системи пожежогасіння , матеріали , електроприлад.*

Abstract

The main rules of compliance with fire safety regulations during the design of buildings or structures are considered. Analysis of key risks in the event of a fire, their elimination and prevention in the future. Standards that are applied during design. Recommendation on the use of modern fire safety technologies.

Keywords: *threat to life, threat to health, standards, fire safety, buildings, structures, evacuation plan, fire extinguishing systems, materials, electrical appliances.*

ВСТУП

Російська військова агресія фундаментально порушила техногенну безпеку в Україні, створивши ландшафт руйнувань, спричинених війною, який перевершує традиційну інженерну логіку. Чинна нормативна база, ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016, стає дедалі більш неадекватною, оскільки вона була розроблена для деградації в мирний час, а не для фізики вибухів. Високопотужні боєприпаси створюють високочастотні ударні хвилі, які призводять до глибоких мікротріщин у бетонних матрицях. Ці невидимі дефекти різко знижують структурну стійкість, роблячи будівлі схильними до раптових вторинних обвалів, навіть якщо вони здаються цілими під час візуального огляду. Ця реальність значно підвищує професійний ризик для експертів, яким доручено проводити технічні огляди. Інженери стикаються з безпосередньою фізичною небезпекою руйнування конструкції під час роботи в «нестабільних зонах», а також з довгостроковою юридичною відповідальністю за сертифікацію будівель, де приховані внутрішні пошкодження неможливо виявити стандартними методами. Для управління цими ризиками вкрай важливо вийти за рамки візуальних протоколів ДСТУ та застосувати інструменти судово-інженерної експертизи, такі як ультразвуковий контроль та лідарний сканер, для точної оцінки структурної цілісності житлового та промислового фонду країни.

Основна частина

Порівняння з стандартною оцінкою фізичного зношення

Процес виявлення небезпеки під час обстеження об'єктів, що зазнали впливу пожежі або вибуху, принципово відрізняється від оцінки стандартного фізичного зносу. Основна складність полягає в наявності прихованих структурних пошкоджень, що виникли внаслідок динамічних навантажень вибухової хвилі. Перелік критичних дефектів, виявлення яких служить сигналом для негайного припинення робіт, включає: порушення опорних вузлів плит перекриття, які через вібрації можуть втратити свою мінімальну площу опори на балках; деформації несучих стін та стійок з наскрізними тріщинами шириною понад 40 мм; та термічне руйнування бетону та арматури після пожеж, що призводить до крихкого руйнування без попередніх попереджувальних деформацій. Окрему групу ризиків складають конструкції даху та горища, що залишаються у підвішеному або "висящому" стані. На відміну від класичних експлуатаційних дефектів, руйнування, спричинені військовими діями, часто мають каскадний характер, коли відмова одного елемента (наприклад, пошкодженої балконної плити) може спровокувати обвалення всієї самонесучої фасадної панелі. Тому ідентифікація повинна

базуватися на принципі «візуального сканування вразливих точок» до фізичного входу експерта в зону удару, з обов'язковим використанням фотообладнання високої роздільної здатності для аналізу геометрії стиків та з'єднань.

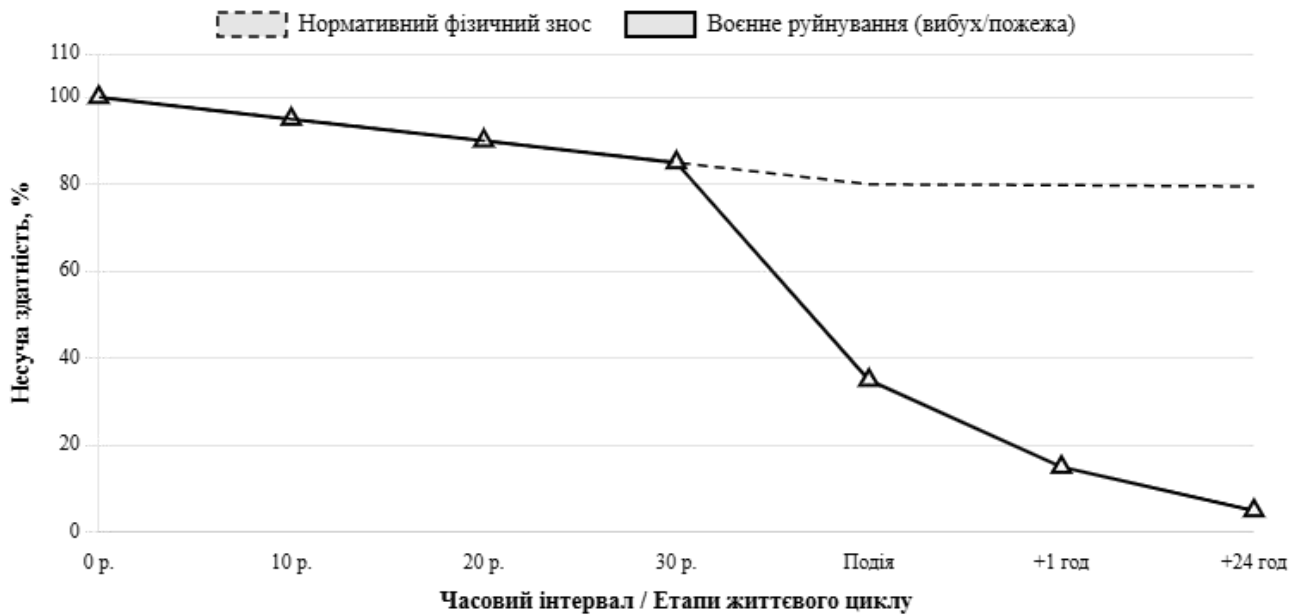


Рис. 1. Порівняльна діаграма динаміки втрати несучої здатності конструкцій при природному зношенні та вибуховому впливі

Класифікація факторів небезпеки при натурних обстеженнях. Методологія дистанційного та безпечного огляду

Для мінімізації професійних ризиків пропонується багатоетапна методологія огляду, яка надає пріоритет безконтактному збору даних над фізичною присутністю в небезпечній зоні. Перший етап, дистанційний моніторинг, використовує безпілотні літальні апарати (БПЛА), оснащені високороздільними тепловими та оптичними датчиками, для огляду дахів та фасадів верхніх поверхів, які недоступні через структурну нестабільність. Це дозволяє виявити «висіючі» уламки та значні структурні зрушення, не наражаючи експерта на потенційні обвали. Другий етап включає оцінку периметра, де лазерні далекоміри та тахеометри використовуються для вимірювання вертикальності стін та прогинів плит з безпечної відстані, встановлюючи «коридор безпечного доступу». Третій етап, локальний доступ та стабілізація, дозволяється лише після проведення аналізу структурної стійкості несучих вузлів. Відповідно до принципів армування, тимчасове кріплення (стійки та розпірки) має бути встановлено до того, як інженер увійде до будь-якої частково обваленої секції. Такий інтегрований підхід гарантує, що «людський фактор» та когнітивне навантаження інспектора контролюються шляхом надання об'єктивних цифрових даних до того, як відбудеться будь-який фізичний контакт із високим рівнем ризику, перетворюючи перевірку з реактивного на технологічно керований превентивний процес.

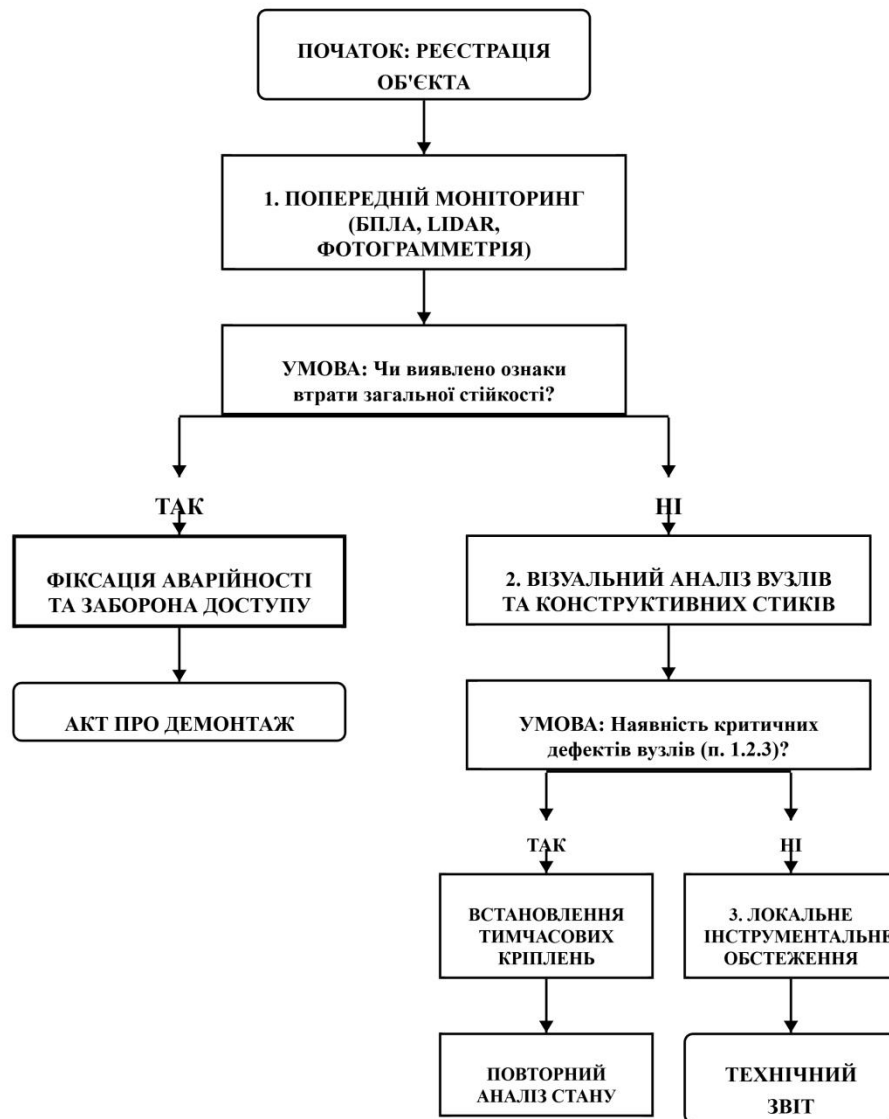


Рис. 2. Методологічний алгоритм оцінки технічного стану та забезпечення професійної безпеки при обстеженні пошкоджених будівель

Впровадження передових захисних систем та протоколів організаційної безпеки

Інтеграція сучасних засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) та цифрови інструментів моніторингу

формує останній рівень професійної безпеки під час інспекції пошкоджених вибухом конструкцій. Окрім стандартного спорядження для будівельної безпеки, експерти повинні використовувати спеціалізовані ЗІЗ, включаючи респіратори з високою фільтрацією (FFP3) для зменшення ризиків вдихання токсичного бетонного пилу та продуктів горіння, а також портативні газоаналізатори для виявлення витоків у пошкоджених комунальних мережах. Крім того, застосування «цифрових якорів безпеки», таких як дистанційно встановлені акселерометри та датчики нахилу, забезпечує сповіщення в режимі реального часу щодо структурних мікрорухів, що дозволяє негайно евакуювати людей, якщо порушено пороги стійкості. З організаційної точки зору, безпека регулюється суворими операційними протоколами: «правило двох осіб» забезпечує постійний взаємний моніторинг, тоді як обмежені в часі зміни (що не перевищують 45 хвилин) є обов'язковими для запобігання когнітивній втомі та підтримки високої ситуаційної обізнаності у зонах високого ризику, таких як горища та підвали (Розділ 2.4.2). Ефективне управління небезпеками також вимагає створення «Безпечного логістичного центру» поза радіусом обвалу, де дані цифрових датчиків синхронізуються з технічними висновками інспекційної групи. Така синергія між передовим обладнанням та дисциплінованою організаційною поведінкою гарантує мінімізацію людського фактора,

перетворюючи високоризикову ручну оцінку на контрольовану, технологічно керовану інженерну операцію.

Таблиця 1. Матриця оцінки професійних небезпек та вибору методології обстеження

Рівень пошкодження конструкцій	Технічні індикатори (критичні дефекти)	Категорія ризику	Рекомендована методологія доступу
I — Незначний	Пошкодження оздоблення, дрібні тріщини до 5 мм, скління ціле.	Низький	Натурне обстеження без обмежень після візуального огляду.
II — Середній	Тріщини в несучих стінах до 20 мм, часткове пошкодження перегородок.	Помірний	Обов'язкова фотофіксація вузлів обпирання. Використання ЗІЗ.
III — Важкий	Тріщини понад 40 мм, деформації фасадів, викривлення геометрії прорізів.	Високий	Дистанційний огляд (БПЛА/LIDAR). Вхід лише після тимчасового підсилення.
IV — Критичний	Руйнування несучих стін, плити перекриття мають зміщення з опор або «зависли».	Екстремальний	Категорична заборона фізичного доступу. Обстеження виключно засобами БПЛА.

Застосування інноваційних технологій моніторингу та адаптація досвіду влаштування захисних споруд

Окремим науковим напрямом у даному дослідженні є інтеграція інноваційних систем безпеки, що вже довела свою ефективність у суміжних галузях будівництва. Зокрема, значний потенціал мають підходи, викладені у праці А. В. Колесника та М. А. Томчука «Особливості влаштування захисних споруд в умовах військового часу». Автори зазначають, що «у сучасних умовах військового конфлікту набувають особливого значення інноваційні підходи та технології для влаштування захисних споруд... автоматизовані системи безпеки, високоточні датчики та моніторингові системи, що дозволяють швидше виявляти та реагувати на загрози» [5, с. 1]. Розвиваючи цю тезу в контексті технічного обстеження, ми пропонуємо трансформацію стаціонарних моніторингових систем, що використовуються у захисних спорудах, у мобільні діагностичні комплекси на базі БПЛА. Така адаптація дозволяє використовувати «високоточні датчики» (тепловізори та LIDAR-сканери) для дистанційної «розвідки» небезпек. Це перетворює процес обстеження на керовану цифрову процедуру, де первинне виявлення загроз відбувається без фізичної присутності людини в зоні ризику. Таким чином, технології, що забезпечують безпеку всередині захисних споруд, стають фундаментом для створення безпечного середовища під час діагностики зруйнованих об'єктів цивільної інфраструктури.

Приклад застосування

Практичне застосування запропонованої методології було продемонстровано під час експрес-оцінки пошкоджень житлових та інфраструктурних об'єктів у таких містах, як Київ, Харків та Ірпінь (2022–2024). Яскравим прикладом є використання спеціалізованих БПЛА, таких як Flyability Elios та DJI Matrice 300 RTK, для інспекції висотних житлових будівель, що постраждали від ракетних ударів. У цих сценаріях традиційна ручна інспекція вважалася неможливою через високий ризик поступового руйнування фасадних панелей та плит перекриття. Українські інженерні команди використовували дрони, оснащені LIDAR, для створення високоточних 3D-хмар точок пошкоджених ділянок. Це дозволило експертам виявляти мікроскопічні зміщення в осях конструкцій та тріщини розміром до 2 мм, не входячи в небезпечну зону. Крім того, інтеграція тепловізійного зображення допомогла виявити приховані структурні слабкості та осередки високої температури в місцях, де виникли вторинні пожежі, запобігаючи передчасному проникненню аварійних бригад. Ще одним

інноваційним рішенням стало дистанційне встановлення цифрових нахилометрів на нахилених стінах. Ці датчики забезпечували телеметричні дані в режимі реального часу до штаб-квартири інспекції, гарантуючи, що будь-який рух, що перевищує 0,5 градуса, негайно спрацюватиме сигнал тривоги про евакуацію. Така синергія дистанційного зондування та моніторингу в режимі реального часу не лише прискорила класифікацію будівель як «придатних для відновлення» або «готових до знесення», але й, що найважливіше, призвела до нульових жертв серед персоналу технічної інспекції, залученого до цих операцій з високим рівнем ризику.

Таблиця 2. Порівняльна характеристика традиційних та інноваційних методів обстеження об'єктів із критичними пошкодженнями

Параметр	Традиційне обстеження	Запропонована методологія (БПЛА + IoT)
Ризик для життя	Високий (прямий доступ до аварійних зон)	Мінімальний / Нульовий (дистанційно)
Точність вимірів	Суб'єктивна (залежить від доступу експерта)	Висока цифрова точність (детекція до 2 мм)
Доступність зон	Обмежена (вхід у завали заборонено)	Повна (інспекція всередині конструкцій)

Висновок

На завершення проведеного дослідження слід підкреслити, що оцінка професійних ризиків у будівельному секторі під час війни вимагає фундаментального переходу від традиційного ручного обстеження до технологічно орієнтованої багатоетапної методології. Результати практичного впровадження розробленого алгоритму «Безпечний крок» доводять, що мінімізація людського фактора на первинних етапах діагностики є критично важливою умовою збереження життя персоналу. Інтеграція високоточних БПЛА, лазерного сканування LIDAR та систем цифрового моніторингу в режимі реального часу дозволяє трансформувати процес обстеження з реактивного (реагування на очевидні руйнування) у превентивний. Це досягається шляхом виявлення латентних деформацій, які неможливо ідентифікувати візуально, але які несуть загрозу прогресуючого обвалу. Надаючи пріоритет дистанційному зондуванню, галузь отримує можливість проводити експертизу в умовах, які раніше вважалися занадто небезпечними для людини. Теоретична та практична значущість запропонованої синергії цифрових інструментів полягає у гарантуванні безпеки та досягненні нульового рівня травматизму серед інженерних бригад у зонах із високим ризиком обвалів, підвищенні точності через використання 3D-хмар точок, що дозволяють фіксувати дефекти розміром до 2 мм, а також в економічній ефективності завдяки скороченню часу на класифікацію об'єктів. Узагальнюючи, можна стверджувати, що оцифрована ідентифікація небезпек та використання автоматизованих систем оповіщення встановлюють новий глобальний стандарт професійної безпеки. Цей досвід, здобутий в умовах воєнних дій в Україні, має стати фундаментом для оновлення національних та міжнародних нормативних документів у сфері цивільного захисту та безпеки праці під час постконфліктної реконструкції та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Васильченко О. В., Квітковський Ю. В. Експлуатація та реконструкція будівель і споруд : навч. посіб. Київ : Каравела, 2021. 320 с.
2. ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. Київ : Мінрегіон України, 2019. 35 с.
3. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану : ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 48 с.
4. Про внесення змін до Порядку проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва : Постанова Кабінету Міністрів України від 12 квітня 2022 р. № 423. URL: [Про внесення змін до Порядку про... | від 05.04.2022 № 423](#)(дата звернення: 12.01.2026)
5. Колесник А. В., Томчук М. А., Томчук М. М. Особливості влаштування захисних споруд в умовах військового часу. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2024. № 1. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/viewFile/21538/18041>
6. Оцінка технічного стану будівельних конструкцій об'єктів, пошкоджених внаслідок бойових дій : матеріали ЛІІ Міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених і студентів (Вінниця, 15–17 травня 2023 р.). Вінниця : ВНТУ, 2023. URL: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/788>

7. Сучасні технології моніторингу безпеки праці в будівництві : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві» (Вінниця, 22–24 листоп. 2023 р.). Вінниця : ВНТУ, 2023. URL: <https://stmkvb.vntu.edu.ua/index.php/stmkvb/issue/archive>

8. Томчук М. А. Організаційно-технологічні аспекти безпечного обстеження зруйнованих споруд : зб. Тез доп. XVII Міжнар. наук.-практ. конф. (Вінниця, 20–21 берез. 2024 р.). Вінниця : ВНТУ, 2024. URL: <https://www.google.com/search?q=https://imp.vntu.edu.ua/index.php/zbirniki-konferentsii>

Павло Андрійович Горбань - студент, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Науковий керівник: Микола Антонович Томчук - канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: tomchuk@vntu.edu.ua

Pavlo Andriyovych Horban - student, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Scientific supervisor: Mykola Antonovych Tomchuk - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Life Safety and Safety Pedagogy, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: tomchuk@vntu.edu.ua