

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І
АРХІТЕКТУРИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

МІЛЦЬКИЙ КОСТЯНТИН ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 69.059.22:69.059.3:69.003

ДИСЕРТАЦІЯ
ОРГАНІЗАЦІЙНО-МЕТОДИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ОБСТЕЖЕННЯ
ПОШКОДЖЕНИХ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ БУДІВЕЛЬ

Галузь знань: 19 - Архітектура та будівництво
Спеціальність: 192 - Будівництво та цивільна інженерія

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Костянтин МІЛЦЬКИЙ

Науковий керівник:

Демидова Олена Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент

Шатрова Інна Анатоліївна, кандидат технічних наук, доцент

Київ - 2026

АНОТАЦІЯ

Міліцький К. О. **«Організаційно-методичний інструментарій обстеження пошкоджених внаслідок бойових дій будівель»**. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Київський національний університет будівництва і архітектури. - Київ, 2026.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню гострої практичної проблеми створенню надійного та безпечного інструментарію для обстеження будівель, що зазнали військових руйнувань. Актуальність дослідження зумовлена безпрецедентними масштабами пошкоджень цивільної інфраструктури. Чинні будівельні норми орієнтовані на мирний час. Вони оцінюють повільне експлуатаційне зношення і не працюють в умовах раптових руйнувань від вибухів та пожеж. Застосування класичних методів на аварійних об'єктах становить пряму загрозу життю інженерів. Це вимагає негайного переходу до вдосконалення старих та розробці нових, безпечних підходів організації вишукувань.

Мета дослідження полягає у розробленні та вдосконаленні методичних і організаційних підходів до проведення обстежень будівель із врахуванням специфіки пошкоджень та руйнувань внаслідок бойових дій.

У першому розділі здійснено критичний аналіз вітчизняного та міжнародного досвіду технічного інспектування будівель. Доведено, що сучасна нормативна база має суттєві обмеження при застосуванні у воєнний період. Класичні лінійні алгоритми не враховують стохастичний та комбінований характер військових уражень. Будівля одночасно зазнає впливу ударної хвилі, уламків та високих температур. Це створює приховані дефекти та реальну загрозу прогресуючого обвалення. Встановлено необхідність переходу від ручних методів обстеження до дистанційних цифрових технологій. Доведено необхідність розділення на етапи робіт технічного обстеження.

У другому розділі сформовано організаційно-методологічні основи дослідження. Проаналізовано чинну систему нормування праці інженерів-експертів. Доведено, що старі нормативи не здатні адекватно оцінити витрати часу на аварійних об'єктах. Для вирішення цієї проблеми виділено сім нових специфічних критеріїв, що ускладнюють роботу у воєнний час. До них належать наявність будівельних завалів, мінна загроза, потреба у проєктуванні тимчасових підсилень, застосування БПЛА та вимушені простой через повітряні тривоги. Сформовано методологічний базис для подальшої математичної оцінки цих факторів експертним шляхом.

Третій розділ присвячено математичному моделюванню трудовитрат та розробці нових класифікацій. На основі експертного опитування та методу аналізу ієрархій Томаса Сааті створено адаптивну математичну модель. Вона науково доводить необхідність збільшення нормативного часу на обстеження будівель на 18,26% порівняно з нормами мирного часу. Для прогнозування термінів роботи застосовано метод PERT. Також у розділі розроблено нову чотирирівневу класифікацію пошкоджених будівель. Вона вводить категорію раціонального часткового демонтажу. Це дозволяє зберігати вцілілі масивні фундаменти та нижні яруси для здешевлення подальшої відбудови. Побудовано ієрархічну структуру конструктивних елементів, де найбільшу вагу при оцінці стійкості отримали фундаменти та несучі колони.

У четвертому розділі запропоновано прикладні регламенти та методичні вказівки для проведення обстежень. Сформовано модель оцінки ризиків робочої зони. Вона базується на принципі логічних безпекових бар'єрів. За наявності критичної загрози фізичний доступ експертів повністю блокується, а обстеження переводиться у дистанційний режим. Розроблено вдосконалений триетапний алгоритм вишукувань. Він поєднує попередній огляд, обов'язкову протиаварійну стабілізацію каркаса та детальне інструментальне обстеження. Окремо розроблено покрокові інструкції для представників місцевого самоврядування (ОМС). Вони включають правила безпекового зонування території, алгоритм

первинної фіксації дефектів та порядок завантаження даних до Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва (ЄДЕССБ).

Наукова новизна роботи та результати дисертаційного дослідження логічно зведено до таких положень:

Удосконалено:

- Алгоритми та регламенти технічного обстеження пошкоджених будівель. Введено спеціальну підтверджену триетапну блок-схему поетапного технічного обстеження. Вона вимагає обов'язкового дистанційного огляду конструкцій перед початком будь-яких контактних інструментальних вимірів. Це дозволяє керівникам гнучко змінювати хід робіт для захисту інженерів з обстеження від раптових обвалів.

- Класифікацію пошкоджених споруд за ступенем їхньої аварійності. Розширено межі оцінювання з фокусом на раціональний частковий демонтаж. Це дозволяє відокремити безнадійно зруйновані верхні поверхи від вцілілих масивних фундаментів та нижніх ярусів. Такий підхід дає змогу зберегти найдорожчу підземну частину будівлі для її подальшої швидкої відбудови.

Одержало подальшого розвитку:

- Ієрархічна структура конструктивних елементів. Створено чітку систему пріоритетів для експертів з обстеження. Доведено, що фундаментам та головним несучим колонам має надаватися найбільша вага при оцінюванні загальної стійкості об'єкта, оскільки їх руйнування завжди призводить до фатальних наслідків для всієї споруди.

- Адаптивну математичну модель оцінювання трудовитрат інженерів у зонах позапроектних руйнувань. Модель об'єднує специфічні фактори ускладнень, такі як будівельні завали, мінна загроза, складна логістика та вимушені простой під час повітряних тривог. Вона науково доводить об'єктивну потребу у збільшенні нормативного часу на виконання обстежень порівняно з існуючими нормами мирного часу.

Розроблено вперше:

- Організаційну модель аналізу ризиків робочої зони. Цей інструмент базується на жорсткому принципі логічних безпекових бар'єрів. Якщо хоча б один ключовий показник безпеки є критичним (наприклад, аварійні несучі стіни, що можуть впасти), фізичний доступ людей в будівлю повністю блокується. Навіть за умови розмінованої території, обстеження миттєво переводиться у режим безпечного дистанційного сканування.

Практична цінність. Результати дослідження мають високе прикладне значення для інженерних компаній, підрозділів ДСНС та органів місцевого самоврядування. Створено готовий до використання організаційно-методичний інструментарій, який забезпечує швидке та безпечне обстеження зруйнованої інфраструктури. Розроблений триетапний алгоритм обстежень дозволяє будівельним експертам уникати невиправданих ризиків. Запропоновані моделі оцінки трудовитрат дають змогу керівникам проєктних організацій об'єктивно формувати кошториси та графіки роботи своїх співробітників в умовах війни.

Створений регламент дій для органів місцевого самоврядування є покроковою інструкцією для первинного реагування на ураження будівель. Він допомагає правильно огородити небезпечні зони та зібрати первинні дані ще до приїзду експертів. Крім того, розроблені класифікації повністю сумісні з вимогами Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва (ЄДЕССБ). Це дозволяє автоматизувати реєстрацію пошкоджень та значно прискорити процес виділення державного фінансування на відбудову. Матеріали дисертації також впроваджено в освітній процес для підготовки сучасних інженерів-будівельників.

Дисертаційна робота співвідноситься зі стратегічними ідеями, які визначені:

- Указом Президента України «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» (прийнятий 30.09.2019);
- Постановою Кабінету Міністрів України «Про затвердження Державної стратегії регіонального розвитку на 2021-2027 роки» (зі змінами,

внесеними згідно з Постановою КМ № 940 від 13.08.2024); Постановою Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку управління відходами, що утворились у зв'язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків та внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України» (зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 964 від 23.08.2024).

Практична цінність окремих результатів підтверджуються їх упровадженням у діяльність інжинірингових компаній, зокрема: в діяльність ТОВ «Енерго Інжиніринг» прийнятий до впровадження методичний підхід до технічного обстеження, (довідка №0802\1 від 08.02.2026 р.), та Товариство з обмеженою відповідальністю «ЕЙ ЕМ ВІ ІНЖИНІРИНГ» (Вих. №0902\1 від «09» лютого 2026 р.).

Дисертаційне дослідження виконувалось у Київському національному університеті будівництва і архітектури. Тематика роботи органічно пов'язана з науковими планами кафедри будівельних технологій та кафедри залізобетонних і кам'яних конструкцій. Робота є невід'ємною частиною виконання комплексної державної науково-дослідної теми: «Розробка інноваційних технологій оцінювання технічного стану, відновлення та підсилення будівельних конструкцій об'єктів цивільної та критичної інфраструктури в умовах воєнних руйнувань» (державний реєстраційний номер 0124U102435). У межах виконання цієї теми автор особисто розробляв алгоритми безпечного обстеження та формував моделі оцінювання нормативних трудовитрат.

Також робота пов'язана з науковим дослідженням та формуванням науково-обґрунтованих організаційно-методичних підходів щодо створення й наповнення бази об'єктів-аналогів об'єктів будівництва. *(Етап: Організаційно-методичні підходи щодо створення й наповнення бази об'єктів-аналогів об'єктів будівництва)*. Товариство з обмеженою відповідальністю "Науково-дослідний центр ціноутворення та кошторисного нормування у будівництві "Цінобуд". № 0224U033590 (Вих. №2302/26 від 23 лютого 2026 року).

Ключові слова: технічне обстеження, обстеження, бойові дії, організаційно-методичний інструментарій, оцінка ризиків, трудовитрати інженерів, прогресуюче руйнування, позапроектний вплив, безпека вишукувань, організація, будівлі, моніторинг, життєвий цикл, демонтаж, відновлення, об'єкт, трудовитрати, протиаварійна стабілізація, неруйнівні методи, технічний стан, пошкодження.

ABSTRACT

Militskyi K. O. **"Organizational and methodological toolkit for the inspection of buildings damaged as a result of combat operations"**. – Qualifying scientific work on the rights of a manuscript. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the field of knowledge 19 "Architecture and Construction", specialty 192 "Construction and Civil Engineering". – Kyiv National University of Construction and Architecture. – Kyiv, 2026.

The dissertation is devoted to solving an acute practical problem: the creation of a reliable and safe toolkit for inspecting buildings that have suffered military destruction. The relevance of the study is driven by the unprecedented scale of damage to civil infrastructure. Current building codes are oriented towards peacetime. They assess slow operational wear and tear and are ineffective in conditions of sudden destruction caused by explosions and fires. Applying classical methods on emergency objects poses a direct threat to the lives of engineers. This requires an immediate transition to improving existing and developing new, safe approaches to organizing surveys.

The aim of the research is to develop and improve methodological and organizational approaches to conducting building inspections, taking into account the specifics of damage and destruction resulting from combat operations.

The first section provides a critical analysis of domestic and international experience in the technical inspection of buildings. It is proven that the current regulatory framework has significant limitations when applied during a wartime period. Classical linear algorithms do not take into account the stochastic and combined nature of military damage. A building is simultaneously exposed to a blast wave, shrapnel, and high temperatures. This creates hidden defects and a real threat of progressive collapse. The necessity of transitioning from manual inspection methods to remote digital technologies is established. The need to divide technical inspection works into stages is proven.

The second section forms the organizational and methodological foundations of the research. The current system of labor rationing for expert engineers is analyzed.

It is proven that the old standards cannot adequately estimate the time costs for emergency objects. To solve this problem, seven new specific criteria complicating wartime work have been identified. These include the presence of construction rubble, mine threats, the need to design temporary reinforcements, the use of UAVs, and forced downtime due to air raid alerts. A methodological basis has been formed for the further mathematical evaluation of these factors using an expert approach.

The third section is devoted to the mathematical modeling of labor costs and the development of new classifications. Based on an expert survey and Thomas Saaty's Analytic Hierarchy Process (AHP), an adaptive mathematical model was created. It scientifically proves the need to increase the standard time for building inspections by 18,26% compared to peacetime norms. The PERT method was applied to forecast work schedules. Also in this section, a new four-level classification of damaged buildings was developed. It introduces the category of rational partial dismantling. This allows preserving intact massive foundations and lower tiers to reduce the cost of further reconstruction. A hierarchical structure of structural elements was built, where foundations and load-bearing columns received the highest weight in assessing stability.

The fourth section proposes applied regulations and methodological guidelines for conducting inspections. A work zone risk assessment model was formed. It is based on the principle of logical safety barriers. In the presence of a critical threat, physical access for experts is completely blocked, and the inspection is switched to a remote mode. An improved three-stage survey algorithm was developed. It combines preliminary inspection, mandatory emergency stabilization of the structural frame, and detailed instrumental inspection. Step-by-step instructions for representatives of local self-government bodies (LSGB) were developed separately. They include rules for safety zoning of the territory, an algorithm for the initial recording of defects, and the procedure for uploading data to the Unified State Electronic System in the Field of Construction (USESFC).

The scientific novelty of the work and the results of the dissertation research are logically summarized in the following provisions:

Improved:

- Algorithms and regulations for the technical inspection of damaged buildings. A special validated three-stage flowchart for step-by-step technical inspection was introduced. It requires a mandatory remote inspection of structures before starting any contact instrumental measurements. This allows managers to flexibly change the workflow to protect inspection engineers from sudden collapses.
- Classification of damaged structures by the degree of their emergency state. The assessment boundaries have been expanded with a focus on rational partial dismantling. This allows separating hopelessly destroyed upper floors from intact massive foundations and lower tiers. Such an approach makes it possible to preserve the most expensive underground part of the building for its subsequent rapid reconstruction.

Received further development:

- The hierarchical structure of structural elements. A clear system of priorities for inspection experts was created. It is proven that foundations and main load-bearing columns must be given the greatest weight when assessing the overall stability of an object, since their destruction always leads to fatal consequences for the entire structure.
- An adaptive mathematical model for estimating engineers' labor costs in zones of off-design destruction. The model integrates specific complicating factors, such as construction rubble, mine threats, complex logistics, and forced downtime during air raid alerts. It scientifically proves the objective need to increase the standard time for performing inspections compared to existing peacetime norms.

Developed for the first time:

- An organizational model for work zone risk analysis. This tool is based on the strict principle of logical safety barriers. If at least one key safety indicator is critical (e.g., emergency load-bearing walls that may collapse), physical access of people to the building is completely blocked. Even if the territory is cleared of mines, the inspection is instantly switched to a safe remote scanning mode.

Practical value. The research results have high applied significance for engineering companies, units of the State Emergency Service of Ukraine (SESU), and local self-government bodies. A ready-to-use organizational and methodological toolkit has been created, ensuring fast and safe inspection of destroyed infrastructure. The developed three-stage inspection algorithm allows building experts to avoid unjustified risks. The proposed labor cost estimation models enable managers of design organizations to objectively formulate estimates and work schedules for their employees under wartime conditions.

The created action regulations for local self-government bodies serve as a step-by-step instruction for the initial response to building damage. It helps to properly cordon off dangerous zones and collect primary data even before experts arrive. In addition, the developed classifications are fully compatible with the requirements of the Unified State Electronic System in the Field of Construction (USESFC). This allows automating damage registration and significantly accelerating the process of allocating state funding for reconstruction. The dissertation materials have also been implemented into the educational process for training modern civil engineers.

The dissertation work correlates with the strategic ideas defined by:

Decree of the President of Ukraine "On the Sustainable Development Goals of Ukraine for the period up to 2030" (adopted on September 30, 2019);

Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine "On Approval of the State Strategy for Regional Development for 2021-2027" (as amended in accordance with CM Resolution No. 940 of August 13, 2024);

Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine "On Approval of the Procedure for Waste Management Generated in Connection with Damage (Destruction) of Buildings and Structures as a Result of Combat Actions, Terrorist Acts, Sabotage or Elimination of Their Consequences, and Amendments to Certain Resolutions of the Cabinet of Ministers of Ukraine" (as amended in accordance with CM Resolution No. 964 of August 23, 2024).

The practical value of individual results is confirmed by their implementation into the activities of engineering companies, in particular: the methodological approach

to technical inspection was accepted for implementation in the activities of "Energo Engineering" LLC (Certificate No. 0802\1 dated 08.02.2026), and "AMV ENGINEERING" LLC (Ref. No. 0902\1 dated February 09, 2026).

The dissertation research was carried out at the Kyiv National University of Construction and Architecture. The topic of the work is organically linked with the scientific plans of the Department of Construction Technologies and the Department of Reinforced Concrete and Masonry Structures. The work is an integral part of the comprehensive state research topic: "Development of innovative technologies for assessing the technical condition, restoration, and strengthening of building structures of civil and critical infrastructure objects under conditions of military destruction" (state registration number 0124U102435). Within the framework of this topic, the author personally developed safe inspection algorithms and formed models for assessing standard labor costs.

The work is also connected with scientific research and the formation of scientifically substantiated organizational and methodological approaches to creating and populating a database of analogue construction projects. (Stage: Organizational and methodological approaches to creating and populating a database of analogue construction projects). Limited Liability Company "Research Center for Pricing and Cost Estimating in Construction 'Tsinobud'". No. 0224U033590 (Ref. No. 2302/26 dated February 23, 2026).

Keywords: technical inspection, inspection, combat operations, organizational and methodological toolkit, risk assessment, engineers' labor costs, progressive collapse, off-design impact, survey safety, organization, buildings, monitoring, life cycle, dismantling, restoration, object, labor costs, emergency stabilization, non-destructive testing, technical condition, damage.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у періодичних наукових виданнях, що увійшли до переліку наукових фахових видань України категорії “Б”:

1. Дем’яненко О. О., Міліцький К. О. Особливості технічного обстеження багатоповерхових житлових будинків, пошкоджених внаслідок ракетних ударів. *Будівельне виробництво*. 2023. №76. С. 57-62. <https://doi.org/10.36750/2524-2555.76.57-62> (Особистий внесок: неруйнівний контроль міцності елементів каркасу, брав участь у систематизації виявлених дефектів і обґрунтуванні варіантів проведення аварійно-відновлювальних робіт на пошкоджені об’єкті, формування висновків).

2. Демидова О. О., Міліцький К. О. Існуючі підходи що регламентують обстеження технічного стану будівель та споруд. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції будівель та споруд*. 2024. №45. С. 323-329 DOI: <https://doi.org/10.31713/budres.v0i45.36> (Особистий внесок: збір нормативно-правової бази задля аналізу, формування висновків).

3. Дем’яненко О. О., Міліцький К. О. Організаційно-методологічний інструментарій обстеження технічного стану промислових підлог. *Будівельне виробництво*. 2025. №79. С. 60-65. DOI: <https://doi.org/10.36750/2524-2555.79.60-65> (Особистий внесок: неруйнівний контроль міцності й адгезії бетонного покриття та виконав виконавче знімання його висотного положення. Здобувачем науково обґрунтовано організаційно-технологічні причини деградації промислових підлог і класифіковано виявлені експлуатаційні дефекти)

4. Хохлін Д., Міліцький К. Застосування оцінки динамічних характеристик житлових і громадських будівель для діагностики та моніторингу їх технічного стану. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2025. №56. С. 132-141. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56\(1\).132-141](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(1).132-141) (Особистий внесок: виконано аналіз закономірностей зміни частот власних коливань будівель та обґрунтовано допустимі коефіцієнти зниження їхньої

жорсткості. Також співавтор безпосередньо розробив рекомендації щодо вдосконалення організаційно-методологічного інструментарію обстеження споруд, пошкоджених позапроектними впливами)

5. Демидова О., Міліцький К. Теоретико методичні засади класифікації функціональних відмов конструктивних елементів будівель. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2025. №56. С. 61–67. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56\(3\).61-67](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(3).61-67) (Особистий внесок: систематизування внутрішніх та зовнішніх чинників виникнення функціональних відмов і проаналізував моделі поступової та раптової деградації структурної цілісності будівель. Сформульовано пропозиції щодо впровадження концепції функціональної відмови в сучасний інструментарій технічного обстеження об'єктів.)

***Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:
тези доповідей на конференціях***

1. Демидова О. О., Міліцький К. О. Існуючі підходи, що регламентують обстеження технічного стану будівель та споруд. *Міжнародний науково-технічний форум «Архітектура, Дизайн та Будівництво: Інноваційні технології»* (м. Київ, 15-16 листопада 2023 р.). Київ КНУБА. 2023. С. 166-167. <https://drive.google.com/file/d/1MtRBPiOTuPp1zPEUphMqLQ-LflydXwU/view>

2. Демидова О. О., Міліцький К. О. Проблематика технічного обстеження будівель та споруд, які зазнали позапроектних впливів. *Міжнародний науково-технічний форум «Архітектура, Будівництво, Дизайн: Технології, Енергетика, Менеджмент»* (м. Київ, 16-17 жовтня 2024 р.) Київ КНУБА. 2024. С. 186-187. <https://drive.google.com/file/d/1b5T8Z1-5yCd-xlgAgU2PUCKB3E64vuqB/view>

3. Демидова О. О., Дем'яненко О.О., Міліцький К. О. Сучасні виклики та шляхи розвитку системи оцінки технічного стану і відновлення пошкоджених будівель і споруд. *Міжнародний науково-технічний форум «Архітектура, Будівництво, Дизайн: Виробництво, Інформація, Менеджмент»* (м. Київ, 24-25

листопад 2025 р.). Київ КНУБА. 2025. С. 214-215

<https://www.knuba.edu.ua/conference/>

4. Дем'яненко О.О., Міліцький К. О. Організаційні особливості технічного обстеження промислових підлог. *FOR PARTICIPATING INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE "TOPICAL ISSUES OF SCIENCE, EDUCATION AND SOCIETY IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT"* (Austin, USA, 24 September 2025). С. 74-76.

<https://www.economics.in.ua/2025/09/24.html>

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	2
ABSTRACT.....	8
СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ.....	13
ЗМІСТ.....	16
ВСТУП.....	19
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ВІТЧИЗНЯНОЇ ТА ЗАКОРДОННОЇ ЛІТЕРАТУРИ ПРО ТЕХНІЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ	27
1.1. Вітчизняні підходи до процедур проведення обстеження технічного стану будівель.....	27
1.2. Міжнародний досвід та регламенти проведення обстеження технічного стану будівель.....	36
1.3. Особливості проведення обстеження технічного стану будівель пошкоджених внаслідок позапроектних впливів.....	39
1.4. Аналіз особливостей проведення обстеження технічного стану будівель пошкоджених внаслідок бойових дій.....	48
ВИСНОВКИ ДО ПЕРШОГО РОЗДІЛУ.....	72
РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЙНО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ТА ЕКСПЕРТНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ.....	74
2.1. Основні наукові методи які застосовувалися.....	74
2.2. Аналіз критеріїв чинної системи трудовитрат та формування критеріїв для трудовитрат обстеження будівель, пошкоджених внаслідок бойових дій	80
2.3. Застосування експертної оцінки в будівництві та формування критеріїв в умовах воєнного стану.....	84
2.4. Формування підходів та вимог до організаційно-методичного інструментарію обстеження пошкоджених внаслідок бойових дій будівель.....	88

ВИСНОВКИ ДО ДРУГОГО РОЗДІЛУ	93
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ОРГАНІЗАЦІЙНО МЕТОДИЧНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ ОЦІНЮВАННЯ ТРУДОВИТРАТ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ОБСТЕЖЕННЯ.....	94
3.1. Формування принципів методичних вказівок для проведення обстеження будівель, пошкоджених внаслідок бойових дій.....	94
3.2. Вдосконалення методичних підходів обстеження пошкоджених внаслідок бойових дій будівель.....	99
3.3. Формування критеріїв для трудовитрат обстеження будівель, пошкоджених внаслідок бойових дій.....	101
3.4. Математичне моделювання оцінювання трудовитрат інженерів - експертів	105
3.5. Розробити класифікації будівель за рівнем пошкодження та функціональної придатності, розробка категорії пошкоджень конструкцій.....	112
ВИСНОВКИ ДО ТРЕТЬОГО РОЗДІЛУ	120
РОЗДІЛ 4. ФОРМУВАННЯ МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК ДЛЯ ОБСТЕЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ ПОШКОДЖЕНИХ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ.....	121
4.1. Формування моделі для оцінки ризиків обстеження пошкоджених об'єктів внаслідок бойових дій.....	121
4.2. Аналіз ризиків можливості подальшого руйнування будівель що були пошкоджені внаслідок бойових дій.....	129
4.3. Формування триетапної методики обстеження будівель пошкоджених внаслідок бойових дій.....	137
4.4. Розробка - організаційно методичних рекомендацій при первинному реагуванні на ушкодження будівлі внаслідок бойових дій.....	142
ВИСНОВКИ ДО ЧЕТВЕРТОГО РОЗДІЛУ	153
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	154

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	159
Додаток А.....	174
Додаток Б.....	175
Додаток В.....	178
Додаток Г.....	181
Додаток Д.....	183
Додаток Е.....	185

ВСТУП

Актуальність теми. Повномасштабні бойові дії на території України призвели до безпрецедентних за своїми масштабами пошкоджень та руйнувань будівельної інфраструктури. Масового ураження зазнали житлові мікрорайони, об'єкти громадського та промислового призначення. Також критичних пошкоджень зазнали інженерні комунікації. На сьогодні кількість зруйнованих та пошкоджених об'єктів обчислюється сотнями тисяч. Це створює надскладний виклик для всієї будівельної галузі України. Виникла гостра необхідність у забезпеченні швидкого, безпечного та достовірного оцінювання технічного стану кожного окремого об'єкта. Від точності отриманих результатів обстеження безпосередньо залежить ухвалення стратегічних рішень. Експерти мають визначити, чи підлягає будівля капітальному відновленню, чи можлива її реконструкція, чи єдиним виходом залишається повний демонтаж.

Чинна система технічного обстеження будівель формувалася протягом десятиліть. Вона здебільшого орієнтована на умови мирного часу. Класичні методики базуються на оцінюванні поступового накопичення експлуатаційного зносу. Вони враховують розвиток корозії, втому матеріалів або повільне просідання ґрунтів під дією тривалих навантажень. Проте характер пошкоджень, спричинених військовими діями, докорінно відрізняється від класичного зношення. Він є стохастичним, раптовим та надзвичайно агресивним. Будівлі одночасно зазнають впливу повітряної ударної хвилі та ударів розпечених уламків. На них діє високотемпературний вплив пожеж та динамічні сейсмічні струси ґрунту від детонації. Така комбінована дія призводить до непередбачуваної зміни розрахункових схем каркасів. Виникають приховані дефекти у вузлах спряження елементів. З'являються зони локальної втрати стійкості. Традиційні лінійні методики просто не здатні адекватно оцінити такі складні явища. Застосування класичних інструментальних методів в умовах аварійних руйнувань супроводжується невиправданими ризиками для інженерного персоналу. Звичайні процедури вимагають прямого фізичного доступу фахівців до елементів конструкцій. На зруйнованих об'єктах ці

елементи часто знаходяться у стані граничної хиткої рівноваги. За наявності будівельних завалів, небезпеки повторних обвалень або мінної загрози безпосередній контакт дослідника з будівлею стає джерелом реальної небезпеки для його життя. Відсутність чітко регламентованих безпекових сценаріїв змушує експертів діяти в умовах високої невизначеності. Це призводить до зниження достовірності отриманих результатів. Іноді виникає вимушене завищення показників аварійності споруд. Як наслідок, це спричиняє необґрунтований демонтаж будівель, які цілком могли б бути збережені.

З наукової точки зору актуальність теми зумовлена відсутністю цілісного організаційно-методичного інструментарію. Чинні державні будівельні норми та галузеві стандарти є достатніми для експлуатації споруд у штатному режимі. Але вони потребують суттєвого доповнення в частині оцінювання живучості каркасів при позапроектних динамічних впливах. Наукова проблема полягає у необхідності переходу від детермінованих моделей до гнучких ймовірнісних методів. Потрібно інтегрувати результати інструментальних вишукувань, дані дистанційного сканування та експертну оцінку в єдину систему управління відновлювальними процесами. У соціально-побутовому вимірі актуальність дослідження є надзвичайно високою. Кожна зруйнована будівля — це долі людей, які прагнуть безпечно повернутися до своїх домівок. Можливість оперативного визначення технічного стану будівель безпосередньо впливає на соціальну стабільність громад. Науково обґрунтовані рекомендації щодо безпечного відновлення житлового фонду дозволяють уникнути хаосу в прийнятті рішень. Це дає мешканцям розуміння безпеки їхнього житла. Водночас органи місцевого самоврядування отримують надійний інструмент для прозорого та ефективного розподілу коштів на відбудову. Створення умов, за яких пошкоджена будівля отримує шанс на збереження через капітальну реконструкцію замість демонтажу, є важливою складовою соціальної справедливості та економіки.

Таким чином, розробка організаційно-методичного інструментарію обстеження пошкоджених будівель має принципове значення. Вона забезпечує

перехід до нової безпечної парадигми інженерних вишукувань. Цей підхід базується на впровадженні дистанційних технологій збору даних, чіткій безпековій класифікації та математичній оптимізації трудовитрат. Наукова розробка є своєчасною відповіддю на нагальні потреби відбудови України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Дисертаційній робота співвідноситься зі стратегічними ідеями, які визначені:

Указ Президента України «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» (прийнятий 30.09.2019);

Постановою Кабінету Міністрів України «Про затвердження Державної стратегії регіонального розвитку на 2021-2027 роки» (зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 940 від 13.08.2024); Постановою Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку управління відходами, що утворились у зв'язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків та внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України» (зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 964 від 23.08.2024).

Практична цінність окремих результатів підтверджуються їх упровадженням у діяльність інжинірингових компаній, зокрема: в діяльність ТОВ «Енерго Інжиніринг» прийнятий до впровадження методичний підхід до технічного обстеження, (довідка №0802\1 від 08.02.2026 р.), та Товариство з обмеженою відповідальністю «ЕЙ ЕМ ВІ ІНЖИНІРИНГ» (Вих. №0902\1 від «09» лютого 2026 р.)

Дисертаційне дослідження виконувалось у Київському національному університеті будівництва і архітектури. Тематика роботи органічно пов'язана з науковими планами кафедри будівельних технологій та кафедри залізобетонних і кам'яних конструкцій. Робота є невід'ємною частиною виконання комплексної державної науково-дослідної теми: «Розробка інноваційних технологій оцінювання технічного стану, відновлення та підсилення будівельних конструкцій об'єктів цивільної та критичної інфраструктури в умовах воєнних руйнувань» (державний реєстраційний номер 0124U102435). У межах виконання

цієї теми автор особисто розробляв алгоритми безпечного обстеження та формував моделі оцінювання нормативних трудовитрат.

Також робота пов'язана з науковим дослідженням та формуванням науково-обґрунтованих організаційно-методичних підходів щодо створення й наповнення бази об'єктів-аналогів об'єктів будівництва. (Етап: Організаційно-методичні підходи щодо створення й наповнення бази об'єктів-аналогів об'єктів будівництва). Товариство з обмеженою відповідальністю "Науково-дослідний центр ціноутворення та кошторисного нормування у будівництві "Цінобуд". № 0224U033590 (Вих.№2302/26 від 23 лютого 2026 року)

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційного дослідження є розробка та вдосконалення організаційних і методичних підходів до проведення обстежень будівель. Мета передбачає обов'язкове врахування специфіки та складності пошкоджень конструкцій, які виникають внаслідок позапроектних впливів.

Для досягнення поставленої мети було вирішено такі науково-практичні завдання:

- Проаналізовано вітчизняну нормативно-правову базу та міжнародний досвід проведення технічного обстеження будівель в умовах невизначеності.
- Визначено характерні типи дефектів, що виникають під комбінованим впливом вибухових хвиль, пожеж та уламкових уражень.
- Проаналізовано чинну систему нормування трудовитрат будівельних експертів та виявити її недоліки при роботі на аварійних об'єктах в умовах позапроектних впливів.
- Сформовано перелік нових специфічних критеріїв, що ускладнюють роботу інженерів з обстеження будівель у воєнний стан.
- Розроблено математичну модель для об'єктивного розрахунку витрат часу на вишукування з урахуванням безпекових обмежень.
- Створено нову систему класифікації будівель за рівнем пошкоджень для ухвалення рішень щодо їхнього подальшого життєвого циклу чи демонтажу.

- Сформувати практичні інструкції для органів місцевого самоврядування щодо безпечних дій у перші години після руйнування об'єкта.

Об'єктом дослідження є процес організації технічного обстеження будівель, що зазнали пошкоджень внаслідок бойових дій.

Предметом дослідження є методичні та організаційні підходи до обстеження будівель, пошкоджених внаслідок бойових дій. Розглядаються можливості їхнього вдосконалення для забезпечення системного, безпечного та достовірного визначення технічного стану і рівня аварійності споруд.

Для забезпечення високої достовірності результатів у дисертації використано комплекс сучасних наукових та інженерних методів:

- Системний аналіз та синтез. Дозволив критично вивчити чинні державні будівельні норми. За допомогою синтезу розрізнені етапи інспектування були об'єднані у новий безпечний алгоритм обстеження.

- Наукова класифікація та типізація. Використана для групування пошкоджених будівель за їхніми конструктивними схемами. Цей метод допоміг розділити об'єкти на панельні, монолітні та цегляні для точного розуміння їхньої вразливості.

- Метод абстрагування. Допоміг виділити головні фактори затримки робочого процесу на об'єкті. Завдяки абстрагуванню дрібні деталі руйнувань були перетворені на зручні математичні критерії.

- Кореляційний та регресійний аналіз. Застосовано для обробки статистичних даних з реальних об'єктів. Він встановив чіткий зв'язок між площею руйнувань та часом роботи експерта. Це дозволяє прогнозувати тривалість обстеження ще на етапі візуального огляду.

- Метод експертних оцінок. Залучено досвідчених інженерів-практиків для проведення спеціального опитування. Це було необхідно, оскільки для умов бойових дій не існує готової історичної статистики нормативів.

- Методи математичної статистики. Використані для перевірки зібраних думок експертів. Вони математично довели, що відповіді фахівців є узгодженими, надійними та не є випадковими.

- Метод аналізу ієрархій Томаса Сааті. Допоміг порівняти різні фактори ускладнення між собою. Метод точно розрахував, які саме загрози (наприклад, пожежа чи завали) найбільше впливають на тривалість робіт.

- Сіткове планування (метод PERT). Застосовано для створення ймовірнісних графіків роботи. Цей метод дозволив закласти необхідні резерви часу на випадок раптових повітряних тривог чи зупинки техніки.

- Інструментальні та цифрові методи. Практичне використання дронів (БПЛА) та наземних лазерних 3D-сканерів. Ці методи дозволили безпечно збирати інформацію про геометрію будівлі, не заходячи під аварійні перекриття.

Наукова новизна роботи та результати дисертаційного дослідження логічно зведено до таких положень:

Удосконалено:

- Алгоритми та регламенти технічного обстеження пошкоджених будівель. Введено спеціальну підтверджену триетапну блок-схему поетапного технічного обстеження. Вона вимагає обов'язкового дистанційного огляду конструкцій перед початком будь-яких контактних інструментальних вимірів. Це дозволяє керівникам гнучко змінювати хід робіт для захисту інженерів з обстеження від раптових обвалів.

- Класифікацію пошкоджених споруд за ступенем їхньої аварійності. Розширено межі оцінювання з фокусом на раціональний частковий демонтаж. Це дозволяє відокремити безнадійно зруйновані верхні поверхи від вцілілих масивних фундаментів та нижніх ярусів. Такий підхід дає змогу зберегти найдорожчу підземну частину будівлі для її подальшої швидкої відбудови.

Одержало подальшого розвитку:

- Ієрархічна структура конструктивних елементів. Створено чітку систему пріоритетів для експертів з обстеження. Доведено, що фундаментам та

головним несучим колонам має надаватися найбільша вага при оцінюванні загальної стійкості об'єкта, оскільки їх руйнування завжди призводить до фатальних наслідків для всієї споруди.

- Адаптивну математичну модель оцінювання трудовитрат інженерів у зонах позапроектних руйнувань. Модель об'єднує специфічні фактори ускладнень, такі як будівельні завали, мінна загроза, складна логістика та вимушені простоти під час повітряних тривог. Вона науково доводить об'єктивну потребу у збільшенні нормативного часу на виконання обстежень порівняно з існуючими нормами мирного часу.

Розроблено вперше:

- Організаційну модель аналізу ризиків робочої зони. Цей інструмент базується на жорсткому принципі логічних безпекових бар'єрів. Якщо хоча б один ключовий показник безпеки є критичним (наприклад, аварійні несучі стіни, що можуть впасти), фізичний доступ людей в будівлю повністю блокується. Навіть за умови розмінованої території, обстеження миттєво переводиться у режим безпечного дистанційного сканування.

Практична цінність. Результати дослідження мають високе прикладне значення для інженерних компаній, підрозділів ДСНС та органів місцевого самоврядування. Створено готовий до використання організаційно-методичний інструментарій, який забезпечує швидке та безпечне обстеження зруйнованої інфраструктури. Розроблений триетапний алгоритм обстежень дозволяє будівельним експертам уникати невиправданих ризиків. Запропоновані моделі оцінки трудовитрат дають змогу керівникам проєктних організацій об'єктивно формувати кошториси та графіки роботи своїх співробітників в умовах війни.

Створений регламент дій для органів місцевого самоврядування є покроковою інструкцією для первинного реагування на ураження будівель. Він допомагає правильно огородити небезпечні зони та зібрати первинні дані ще до приїзду експертів. Крім того, розроблені класифікації повністю сумісні з вимогами Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва (ЄДЕССБ). Це дозволяє автоматизувати реєстрацію пошкоджень та значно

прискорити процес виділення державного фінансування на відбудову. Матеріали дисертації також впроваджено в освітній процес для підготовки сучасних інженерів-будівельників.

Публікації. Основні передумови, робочу гіпотезу, етапи, результати та висновки дослідження з належною повнотою висвітлено у 9 наукових працях. Зокрема, 5 статей опубліковано у виданнях, які входять до переліку наукових фахових видань України. Ці публікації повністю відображають ключові положення та наукові здобутки виконаної роботи.

Особистий внесок здобувача. Представлене дисертаційне дослідження є результатом самостійної наукової роботи здобувача. Сформульовані наукові положення, висновки та практичні рекомендації отримано автором особисто. Усі результати, які виносяться на захист, становлять підсумок власного дослідницького пошуку. Детальний опис особистої участі у працях, опублікованих у співавторстві, наведено у списку публікацій.

Апробація результатів дисертації. Основні теоретичні та практичні результати дослідження пройшли апробацію на наукових конференціях і семінарах. Під час виступів матеріали роботи отримали схвальні відгуки з боку фахової спільноти. Детальні відомості про ці наукові заходи наведено у списку опублікованих праць.

Опис структури та обсягу роботи. Структура роботи обумовлена логікою та послідовністю розв'язуваннях наукових завдань. Дисертація складається з анотацій, списку опублікованих праць здобувача за темою дослідження, змісту та вступу. Основна частина містить три розділи. Роботу завершують загальні висновки, список використаних джерел та додатки. Загальний обсяг дисертації становить 186 сторінки комп'ютерного тексту. Робота містить 21 таблиць і 11 рисунків.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ ТА КОНЦЕПТУАЛЬНО ТЕОРЕТИЧНИХ АСПЕКТІВ ФОРМУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО- МЕТОДИЧНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ

1.1. Вітчизняні підходи до процедур проведення обстеження технічного стану будівель

Технічне обстеження будівель і споруд передбачає комплекс візуальних, інструментальних та перевірочних розрахунків і досліджень, за результатами яких визначається існуючий технічний стан об'єкту обстеження, або окремої його частини, надається висновок про фактичний стан об'єкта обстеження та надаються рекомендації щодо подальшої, його безпечної експлуатації. Результати такого обстеження коригуватимуть подальший життєвий цикл досліджуваних будівель та споруд.

Систематичне обстеження або моніторинг будівель та споруд (надалі «об'єкт обстеження») дозволяє своєчасно виявляти потенційні дефекти або руйнування в несучих конструкціях чи інженерних мережах об'єкту обстеження, і запобігти виникненню аварійних ситуацій та запобігання надзвичайних ситуацій які виникають при помилках експлуатації. Своєчасне обстеження об'єкту дослідження надає можливість оптимізації експлуатації самого об'єкту та уникнути його знецінення чи не допустити надзвичайні ситуації, що можуть виникнути внаслідок неправильної експлуатації. В цілому технічне обстеження об'єкту дослідження приводить до подовження життєвого циклу об'єкту на всіх його етапах експлуатації.

Одним з нормативних документів, щодо технічного обстеження є «Порядок проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва» №257 від 12 квітня 2017р. зі змінами № 427 від 28.04.2021 та № 423 від 05.04.2022 [1]. Порядок затверджений Кабінетом Міністрів України на виконання статті 39-2 Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» [2]. Цей документ є важливою частиною що регулює порядок,

контроль та організаційні елементи технічного обстеження об'єкту дослідження яке введено в експлуатацію. Документ допомагає визначитись з видами процедур, їх описом та етапами, які треба зробити до початку польових робіт, а саме знайомство з об'єктом дослідження, збір і аналіз документації, та завчасне складання програми робіт. Польові роботи передбачають попереднє обстеження у вигляді візуального обстеження, та більш детальне – інструментальне з перевірочними розрахунками (в залежності від технічного завдання або висновків попереднього обстеження). Також документ встановлює порядок відображення результатів обстеження, складання паспорту об'єкта і положення щодо використання вимірювальної техніки та вимог до неї.

Подальший розвиток нормативно-методичного забезпечення технічного обстеження будівель і споруд знайшов відображення у ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану», затвердженому наказом Мінрегіону України від 02.07.2016 № 213 [3]. Цей ДСТУ впорядковує методи, процедури, орієнтований склад звіту та надає рекомендації щодо проведення обстеження об'єкта дослідження для визначення його технічного стану. Цей документ спрямований на забезпечення якості та безпеки на об'єкті дослідження шляхом систематичного і комплексного технічного обстеження конструкцій та матеріалів, складання звітів за результатами обстеження. Окрім того, даний ДСТУ встановлює вимоги до кваліфікації та досвіду фахівців, які проводять технічне обстеження, забезпечуючи таким чином об'єктивність і достовірність отриманих результатів. Крім того, документ містить рекомендації щодо планування та організації технічного обстеження, а також процедури підготовки та проведення після обстежуваних заходів.

«Методика обстеження інженерних систем будівлі, затверджено наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України № 173 від 11.07.2018 р. із змінами № 64 від 17.03.2021р.» [4]. Методика визначає послідовність дій обстеження інженерних мереж та їх

елементів, для збору та аналізу отриманої і виявленої інформації, за результатами якої встановлюється технічний стан інженерних систем.

Основний перелік інженерних мереж які підлягають обстеженню:

- вентиляція та кондиціонування;
- опалення;
- система гарячого та холодного водопостачання;
- системи газопостачання;
- системи електропостачання та освітлення.

На основі одержаних результатів оцінюють рівень енергетичної ефективності інженерних систем. Ці дані дозволяють розробити рекомендації з енергозбереження та сформувані енергетичний паспорт об'єкта. Під час підготовки звіту аналізують поточний стан комунікацій. Ключовими для експертних висновків є параметри окремих пристроїв і мереж. До них належать показники питомої потужності, фактичного ККД та обсягів споживання енергії.

Внаслідок збройної агресії російської федерації Україна зазнає значних руйнувань як критичної так і громадської інфраструктури, що призводить до занепаду економічно-соціального розвитку цілих регіонів та країни в цілому. На даний час пошкодженими та зруйнованими є більш ніж 160 тисяч об'єктів різного характеру та призначення. Першочерговою задачею держави на даний момент є проведення заходів щодо відновлення пошкоджених будівель та споруд.

Щодо обстеження мостів і труб розроблено ДСТУ9123:2021 «Настанова з обстеження та випробування мостів і труб» [5] № 351 від 13 жовтня 2021р. В ДСТУ надається детальний опис призначень обстежень споруд. Існують планові та позапланові обстеження, в тому числі перед експлуатаційні, обстеження після дорожньо-транспортної пригоди, чи капітального ремонту, а також маршрутні обстеження. За результатами обстежень складаються акти, технічні звіти та паспорти, що містять важливі дані про стан споруди та рекомендації щодо необхідності подальшої експлуатації або ремонту. Для різних видів обстежень встановлені свої нормативні документи та форми звітності .

Для оцінки технічного стану елементів мостів і споруди в цілому та прогнозування строку їх служби для безаварійної експлуатації розроблено ДСТУ 9181:2022 «Настанова з оцінювання прогнозування технічного стану автодорожніх мостів №82 від 23 травня 2022р.» [6]. Методика розділяє мости та мостові переходи на групи конструктивних елементів. Визначення експлуатаційного стану цих елементів моста здійснюється на основі аналізу технічної та експлуатаційної документації, історії експлуатації, обстеження споруди, аналізу міцності матеріалів, перевірочних розрахунків, випробувань та досліджень. Після обстеження елементів їм присвоюється один з п'яти експлуатаційних станів

Для сталевих будівельних конструкцій було розроблено ДСТУ Б В.2.6-210:2016 «Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються №99 від 24.04.2016р.» [7]. В ньому описані процедури оцінки технічного стану сталевих конструкцій з метою визначення їх надійності та придатності до експлуатації. Розглянуті варіанти прогнозування терміну експлуатації. Наведений процес оцінки технічного стану сталевих конструкцій. Використовуються методи підтвердження несучої здатності, включаючи аналіз досвіду експлуатації, використання перевірочних розрахунків та експериментальним методом (пробним навантаженням).

Для організації місцевих органів самоврядування, Кабінет Міністрів України затвердив «Порядок виконання невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків збройної агресії російської федерації, пов'язаних із пошкодженням будівель та споруд № 473 від 19 квітня 2022р.» [8]. Цей порядок встановлює процедури швидкого реагування на наслідки збройної агресії російської федерації щодо пошкодження будівель та споруд на територіях, де бойові дії вже завершені або де бойові дії не ведуться. Він не поширюється на роботи, спрямовані на ліквідацію наслідків агресії пов'язаних із пошкодженням об'єктів культурної спадщини. Визначені невідкладні заходи спрямовані на запобігання загибелі людей, зменшення обсягів можливих матеріальних втрат. У разі

виникнення на відповідній території проявів збройної агресії російської федерації, що зумовили пошкодження об'єктів, уповноважений орган:

- здійснює візуальні огляди пошкоджених об'єктів з метою формування попередніх переліків таких об'єктів;
- приймає рішення щодо проведення обстеження пошкоджених об'єктів відповідно до нормативних документів[8].

Роботи з обстеження проводяться після комплексних робіт саперних рятувальних та слідчих груп. Уповноважений орган розглядає звіти та акти, складені за результатами обстеження, на підставі яких з метою вжиття заходів щодо забезпечення техногенної безпеки складає звіт та подає на розгляд регіональній комісії з питань техногенно-екологічної безпеки і надзвичайних ситуацій.

В методиці «Обстеження будівель та споруд, пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, бойових дій та терористичних актів №65 від 28.04.2022 р.» [9] обстеження проводиться з метою обґрунтування рішень замовника щодо подальшої експлуатації пошкодженого об'єкту. Першим з основних етапів за цією методикою є підготовка до обстеження, а саме - підготовка території, збір технічної документації, визначення організації, що буде проводити обстеження, складання програми обстеження, складання технічного завдання на обстеження з обґрунтованими вимогами щодо обстеження, в тому числі з формою звітної документації по обстеженню (ТЗ не є обов'язковим якщо за результатами попереднього візуального огляду об'єкт віднесено до III категорії)

Особливості проведення та оформлення результатів обстеження об'єктів визначені «Методикою проведення обстеження та оформлення його результатів», що затверджена Наказом Міністерства розвитку громад та територій України №144 від 06 серпня 2022 р.» [10]. Технічне обстеження об'єктів дослідження, пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, бойових дій або терористичних актів, вимагає комплексного підходу і попередньої підготовки, ця методика може допомогти з вирішенням деяких проблем. Документ передбачає процес ретельного планування роботи, залучення фахівців

відповідної кваліфікації та, за необхідності, організацію роботи. Встановлено, що перед початком обстеження складається робочий план, який включає перелік об'єктів або конструкцій, що підлягають первинній перевірці, і мають фіксовані терміни завершення обстеження. За результатами обстеження визначається категорія пошкодження об'єкта дослідження, на основі якого приймається рішення про його ремонт або повний чи частковий демонтаж. Звіт про обстеження та акт попереднього обстеження є основою для прийняття рішення щодо подальших дій на об'єкті дослідження. Методика має на меті забезпечити ефективно та систематичне вирішення задач, пов'язаних з відновленням об'єктів які пошкоджені внаслідок бойових дій або інших позапроектних впливів.

Незважаючи на відмінності у сфері застосування та специфіці окремих нормативних документів, процес технічного обстеження будівель і споруд здійснюється за загальною послідовністю етапів, спрямованих на визначення фактичного технічного стану об'єкта та формування рекомендацій щодо його подальшої експлуатації. Узагальнену схему проведення технічного обстеження наведено на *рисунку. 1.1*.

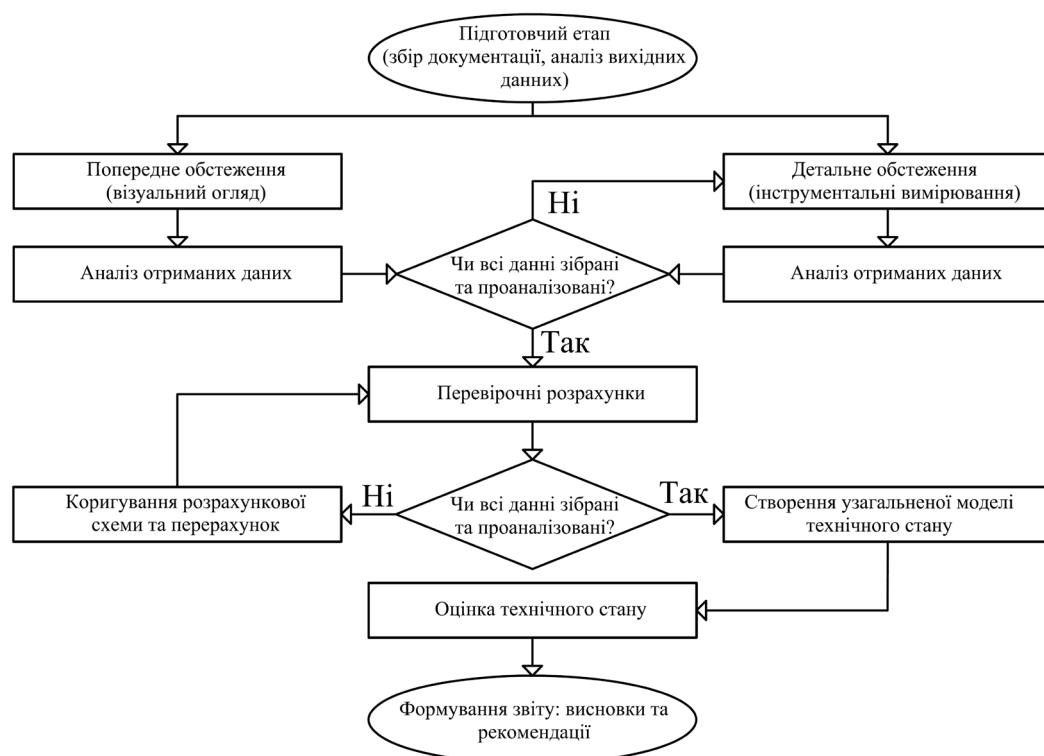


Рисунок 1.1 Основні етапи проведення технічного обстеження будівель і споруд
Джерело: розроблено автором на основі [1; 3; 9].

На основі проведеного аналізу законодавчо-нормативної бази щодо обстеження технічного стану будівель та споруд, виявлено розбіжність класифікацій оцінки технічного стану окремих елементів та об'єктів в цілому.

Так, в ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 [3] наведено чотири категорії технічного стану, а саме:

- “1” – нормальний;
- “2” – задовільний;
- “3” – не придатний до нормальної експлуатації;
- “4” – аварійний.

ДСТУ 9181:2022 [6] класифікує експлуатаційний стани елементів мосту як:

- “стан 1” - справний;
- “стан 2” - обмежено справний;
- “стан 3” - працездатний;
- “стан 4” - обмежено працездатний;
- “стан 5” - непрацездатний.

Методика обстеження будівель та споруд, пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, бойових дій та терористичних актів [9] розділяє на три категорії які орієнтуються на відсоткову ступінь пошкодження об'єкта в цілому.

Таким чином, підсумовуючи вищесказане, необхідно вдосконалити дані системи класифікації пошкоджень об'єктів обстеження та окремих їх елементів до єдиної стандартизованої та уніфікованої класифікаційної системи.

Проведений аналіз нормативно-правових актів та методичних документів засвідчив, що система технічного обстеження будівель і споруд в Україні охоплює широкий спектр нормативних документів, які регламентують порядок проведення обстежень, оцінювання технічного стану конструкцій, інженерних систем та спеціалізованих об'єктів транспортної інфраструктури. Кожен із розглянутих документів визначає окремі аспекти організації та проведення обстежень, формує вимоги до виконавців робіт, методів дослідження та порядку оформлення результатів. Для узагальнення та систематизації основних

нормативних документів, що регулюють процедури технічного обстеження будівель і споруд в Україні, складено таблицю 1.1, у якій наведено їх основне призначення та сферу застосування.

Таблиця 1.1

Систематизація нормативно-правових документів щодо технічного обстеження будівель і споруд в Україні

Нормативний документ	Основне призначення
Порядок проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 12.04.2017 № 257 [1]	Визначає порядок проведення технічного обстеження об'єктів будівництва, що введені в експлуатацію, та вимоги до оформлення результатів обстеження
ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану» [3]	Встановлює загальні принципи, методи та процедури визначення й оцінки технічного стану будівель і споруд
Методика обстеження інженерних систем будівлі, затверджена наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та ЖКГ України від 11.07.2018 № 173 [4]	Регламентує порядок обстеження інженерних систем та визначення їх технічного стану
ДСТУ 9123:2021 «Настанова з обстеження та випробування мостів і труб» [5]	Визначає вимоги до проведення обстежень, випробувань та оцінки технічного стану мостів і труб
ДСТУ 9181:2022 «Настанова з оцінювання та прогнозування технічного стану автодорожніх мостів» [6]	Встановлює методичні підходи до оцінювання та прогнозування технічного стану автодорожніх мостів
ДСТУ Б В.2.6-210:2016 «Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються» [7]	Регламентує порядок оцінювання надійності та придатності до експлуатації сталевих конструкцій
Порядок виконання невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків збройної агресії Російської Федерації, пов'язаних із пошкодженням будівель та споруд, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 19.04.2022 № 473 [8]	Визначає механізм організації та проведення невідкладних робіт на пошкоджених об'єктах
Методика обстеження будівель та споруд, пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, бойових дій та терористичних актів, затверджена наказом Міністерства розвитку громад та територій України від 28.04.2022 № 65 [9]	Встановлює порядок проведення обстежень пошкоджених об'єктів та визначення ступеня їх пошкодження
Методика проведення обстеження та оформлення його результатів, затверджена наказом Міністерства розвитку громад та територій України від 06.08.2022 № 144 [10]	Визначає порядок проведення обстеження пошкоджених об'єктів та оформлення результатів обстеження.

Джерело: складено автором на основі [1,2-10]

Дані таблиці 1.1 свідчать про наявність в Україні розгалуженої нормативно-правової бази, яка регламентує порядок проведення технічного

обстеження будівель і споруд різного функціонального призначення. Аналіз нормативних документів показує, що вони охоплюють усі основні етапи обстеження – від організації робіт та оцінки технічного стану конструкцій до оформлення результатів та визначення заходів щодо подальшої експлуатації або відновлення об’єктів.

Особливої актуальності зазначені документи набули в умовах необхідності обстеження та відновлення об’єктів, пошкоджених внаслідок бойових дій. Водночас проведений аналіз засвідчив наявність відмінностей у підходах до класифікації технічного стану об’єктів, що потребує подальшої уніфікації нормативно-методичного забезпечення.

Незважаючи на наявність значної кількості нормативно-правових документів, які регламентують порядок проведення технічного обстеження будівель і споруд, у них застосовуються різні підходи до оцінювання та класифікації технічного стану об’єктів. Це зумовлено особливостями об’єктів дослідження, сферами застосування нормативних документів та специфікою поставлених завдань. Для виявлення спільних та відмінних рис існуючих підходів доцільно провести порівняльний аналіз класифікацій технічного стану, що використовуються в основних нормативних документах України (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Порівняння класифікацій технічного стану об’єктів обстеження відповідно до чинних нормативних документів

ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану» [1]	ДСТУ 9181:2022 «Настанова з оцінювання та прогнозування технічного стану автодорожніх мостів» [6]	Методика обстеження будівель та споруд, пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, бойових дій та терористичних актів [9]
Нормальний	Справний	Незначні пошкодження
Задовільний	Обмежено справний	Помірні пошкодження
Не придатний до нормальної експлуатації	Працездатний / Обмежено працездатний	Значні пошкодження
Аварійний	Непрацездатний	Руйнування

Джерело: складено автором на основі [3; 6; 9].

Дані таблиці 1.2 свідчать про відсутність єдиного підходу до класифікації технічного стану будівель, споруд та їх окремих конструктивних елементів у чинній нормативній базі України. Зокрема, ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 передбачає чотири категорії технічного стану, ДСТУ 9181:2022 використовує п'ять експлуатаційних станів для мостових споруд, а Методика обстеження пошкоджених об'єктів орієнтується на ступінь пошкодження будівлі та виділяє відповідні категорії руйнувань.

Такі відмінності ускладнюють процес порівняння результатів обстежень різних об'єктів, створення єдиних інформаційних баз даних технічного стану споруд та прийняття управлінських рішень щодо їх подальшої експлуатації, відновлення або демонтажу. Особливо актуальною ця проблема є в умовах масштабного обстеження об'єктів, пошкоджених внаслідок бойових дій.

Отже, перспективним напрямом удосконалення нормативно-методичного забезпечення технічного обстеження будівель і споруд є розроблення уніфікованої системи оцінювання технічного стану об'єктів, яка дозволить забезпечити єдиний підхід до класифікації пошкоджень та підвищити ефективність процесів обстеження, моніторингу й відновлення будівель та споруд.

1.2. Міжнародний досвід та регламенти проведення обстеження технічного стану будівель

В умовах зростання вимог до безпеки та надійності будівель і споруд особливого значення набуває своєчасне обстеження їх технічного стану. У більшості розвинених країн світу процедури обстеження регламентуються нормативно-правовими документами, які визначають порядок проведення інспекцій, оцінювання технічного стану конструкцій, виявлення дефектів та прийняття рішень щодо подальшої експлуатації об'єктів.

У країнах Європейського Союзу основою нормативного регулювання є система Єврокодів (Eurocodes), яка встановлює єдині вимоги до проектування,

оцінки та забезпечення надійності будівельних конструкцій. Особливе значення для обстеження існуючих будівель мають положення стандартів EN 1990 «Basis of Structural Design» та EN 1998 «Assessment and Retrofitting of Existing Structures», які визначають принципи оцінювання залишкової несучої здатності конструкцій та порядок їх підсилення [11].

У Великій Британії питання оцінювання технічного стану будівель регулюються стандартами British Standards, зокрема BS 7913:2013 «Guide to the Conservation of Historic Buildings» та рекомендаціями Королівського інституту дипломованих оцінювачів (RICS). Проведення технічного обстеження передбачає комплексну оцінку конструктивних елементів, інженерних мереж та експлуатаційних характеристик будівлі [12].

У Сполучених Штатах Америки процедури обстеження будівель регламентуються нормативними документами Американського товариства з випробування матеріалів (ASTM International) та Американського інституту бетону (ACI). Зокрема, стандарт ASTM E2018 встановлює порядок проведення Property Condition Assessment (PCA), що включає візуальне обстеження будівель, аналіз документації та підготовку висновків щодо технічного стану об'єкта [13].

У Німеччині технічне обстеження будівель здійснюється відповідно до вимог будівельного законодавства та стандартів DIN. Значна увага приділяється моніторингу технічного стану будівель протягом усього життєвого циклу, а також використанню сучасних неруйнівних методів контролю, що дозволяють отримувати достовірну інформацію про фактичний стан конструкцій без порушення їх цілісності [14].

Японський досвід є особливо цінним для країн, що знаходяться в сейсмонебезпечних районах. Після масштабних землетрусів у країні було запроваджено систему обов'язкових періодичних перевірок будівель, а також розроблено спеціальні методики оцінювання сейсмостійкості існуючих споруд. Значна увага приділяється використанню цифрових технологій моніторингу та автоматизованих систем контролю технічного стану конструкцій [15].

Важливим напрямом розвитку міжнародної практики є впровадження технологій Building Information Modeling (BIM), лазерного сканування, безпілотних літальних апаратів та систем безперервного структурного моніторингу. Використання зазначених технологій дозволяє підвищити точність оцінювання технічного стану будівель, скоротити терміни проведення обстежень та забезпечити ефективне управління життєвим циклом об'єктів нерухомості [16].

Досвід провідних країн світу свідчить про необхідність комплексного підходу до оцінювання технічного стану будівель, що поєднує нормативне регулювання, сучасні методи діагностики та цифрові технології. Врахування міжнародних практик є важливим напрямом удосконалення системи технічного обстеження будівель і споруд в Україні, особливо в умовах відновлення пошкодженого внаслідок воєнних дій будівельного фонду.

Таблиця 1.3

Міжнародний досвід проведення обстеження технічного стану будівель

Країна / регіон	Нормативні документи	Особливості проведення обстеження	Технологічний фокус / Інновації
Європейський Союз	EN 1990, EN 1998, ISO 13822	Оцінка надійності, визначення залишкового ресурсу, розрахунок критеріїв підсилення.	Оцінка "ризик-орієнтованого" підходу, розрахунок деградації матеріалів.
Велика Британія	BS 7913:2013, гайдлайни RICS	Комплексна оцінка конструкцій та енергоефективності. Окремий фокус на збереженні історичної спадщини.	Технологія HBIM (Historical BIM), лазерне сканування пам'яток.
США	ASTM E2018-15, ACI 562	Процедура PCA. Розподіл дефектів за вартістю та терміновістю усунення (капітальні інвестиції).	Дефектоскопія, 3D-радарне сканування залізобетону.
Німеччина	DIN EN 1990, Директива VDI 6200	Жорсткий покроковий періодичний контроль (1, 3, 12 років) залежно від класу небезпеки будівлі.	Неруйнівний контроль (NDT), ультразвукове та термографічне обстеження.
Японія	Building Standard Law, методи JBDPA	Обов'язковий періодичний скринінг (кожні 1-3 роки). Оцінка сейсмічної вразливості існуючих будівель.	Системи структурного моніторингу в реальному часі (SHM), використання дронів та ІІІ.

Джерело: складено автором на основі [1–16].

Дані табл. 1.3 свідчать, що міжнародна практика проведення обстеження технічного стану будівель ґрунтується на принципах регулярного моніторингу, застосуванні стандартизованих процедур оцінювання та широкому використанні цифрових технологій [11–16]. На відміну від більшості зарубіжних країн, в Україні порядок проведення обстежень регламентується комплексом нормативно-правових документів та методичних рекомендацій [1–10].

Проведений аналіз показує принципову різницю в підходах. Західна система (особливо США та Велика Британія) тісно пов'язана з ринком страхування та комерційною нерухомістю – обстеження ASTM E2018 частіше ініціюється інвесторами або страховими компаніями для оцінки фінансових ризиків. В Україні ж (відповідно до Постанови КМУ № 466 та ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016) обстеження має суворіший державно-регуляторний та адміністративний характер, де головним тригером є обов'язкові паспортизаційні терміни або ліквідація наслідків руйнувань.

В умовах воєнного стану та необхідності масового відновлення будівельного фонду України, адаптація європейського досвіду швидкого візуального скринінгу (наприклад, за методиками FEMA в США або досвідом післясейсмічного оцінювання в Японії) є критично важливою для оперативного визначення ступеня пошкодження об'єктів».

1.3 Особливості проведення обстеження технічного стану будівель пошкоджених внаслідок позапроектних впливів

Будівлі та споруди протягом життєвого циклу зазнають впливу різноманітних факторів, які можуть спричиняти погіршення їх технічного стану та зниження експлуатаційної надійності. Поряд із навантаженнями, передбаченими проектною документацією, на конструкції можуть діяти позапроектні впливи, що не враховувалися під час проектування або перевищують розрахункові значення. До таких впливів належать пожежі, підтоплення, нерівномірні осідання основ і фундаментів, зсувні процеси,

землетруси, техногенні аварії, вібраційні навантаження, а також тривала експлуатація конструкцій в агресивному середовищі. Дослідженню сучасних підходів до проведення технічного обстеження будівель і споруд присвячено значну кількість наукових праць. Особливу увагу науковці приділяють питанням цифровізації процесів обстеження, автоматизації збору та обробки даних, а також створенню інформаційних систем для моніторингу технічного стану об'єктів.

Так, Богаченко С. В., Титюк А. О. та Шатов С. В. у статті «Цифровізація результатів технічного обстеження будівель та споруд» [17] зазначають, що однією з основних проблем сучасної системи технічного обстеження є відсутність єдиного цифрового середовища для накопичення, зберігання та аналізу результатів обстежень. Автори наголошують, що існуюча практика переважно базується на паперових звітах або розрізнених електронних документах, що ускладнює оперативне отримання інформації про технічний стан будівель.

Для вирішення зазначеної проблеми дослідниками розроблено інформаційну систему на базі технологій SQL Server та мови програмування C#, яка забезпечує централізоване зберігання результатів візуальних та інструментальних обстежень. Запропонована система дозволяє накопичувати інформацію щодо дефектів і пошкоджень конструкцій, результатів визначення міцності матеріалів, кренів будівель та інших показників технічного стану об'єктів.

Важливим результатом дослідження є обґрунтування доцільності цифровізації процесів обстеження будівель і споруд. На думку авторів, використання спеціалізованих інформаційних систем сприяє підвищенню достовірності результатів обстежень, забезпечує зручність їх подальшого аналізу та створює передумови для впровадження сучасних систем моніторингу технічного стану будівель у режимі реального часу [17].

Таким чином, результати дослідження Богаченка С. В., Титюка А. О. та Шатова С. В. свідчать про перспективність застосування цифрових технологій у

сфері технічного обстеження будівель та споруд, що є важливим напрямом підвищення ефективності контролю їх експлуатаційної надійності. Важливий внесок у розвиток сучасних методів обстеження пошкоджених будівель та споруд зробили Пасько Р. М., Панько О. М. та Теренчук С. А. у роботі «Впровадження цифрових технологій у процес обстеження будівель, майна та об'єктів інфраструктури» [18]. Дослідження присвячене застосуванню цифрових технологій для оцінювання пошкоджень об'єктів нерухомості та інженерної інфраструктури, які зазнали руйнувань внаслідок військових дій на території України.

Автори зазначають, що значні масштаби руйнувань потребують впровадження нових підходів до збору, накопичення та обробки інформації про технічний стан об'єктів. З цією метою було розглянуто можливості проєкту RebuildUA, спрямованого на оцифрування наслідків руйнувань будівель і споруд та створення інформаційної бази для подальшого оцінювання збитків і планування відновлювальних заходів.

У роботі встановлено, що одним із найефективнішим інструментів збору п інформації є безпілотні літальні апарати, які забезпечують виконання фото та відеофіксації пошкоджених об'єктів, формування ортофотопланів територій об'єктів та створення цифрових карт пошкоджених об'єктів та території навколо них. Отримані дані дозволяють швидко ідентифікувати пошкоджені об'єкти, визначати ступінь їх пошкодження і руйнування та здійснювати попередню класифікацію технічного стану несучих конструкцій.

Особливу увагу автори приділяють використанню геоінформаційних систем та технологій дистанційної зйомки землі. Поєднання даних безпілотної аеро-зйомки із супутниковими знімками дає змогу формувати інтегровані інформаційні моделі територій, на яких відображаються рівні пошкоджень будівель, масштаби руйнувань інженерної інфраструктури та пріоритетність виконання відновлювальних робіт.

За результатами дослідження зроблено висновок, що впровадження цифрових технологій суттєво підвищує ефективність технічного обстеження

будівель та споруд, забезпечує скорочення термінів збору інформації, покращує якість прийняття інженерних рішень та створює передумови для автоматизації процесів оцінювання пошкоджень об'єктів будівництва [18].

Таким чином, результати роботи Паська Р. М., Панька О. М. та Теренчук С. А. підтверджують перспективність комплексного використання безпілотних літальних апаратів, супутникового моніторингу, геоінформаційних систем та цифрових платформ під час обстеження будівель, пошкоджених унаслідок позапроектних впливів, зокрема бойових дій та надзвичайних ситуацій.

Важливим напрямом удосконалення процесів обстеження будівель і споруд є застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Дослідженню можливостей використання таких технологій присвячена робота Гураль О. «Використання безпілотних літальних апаратів для обстеження будівель і споруд» [19].

Автор зазначає, що в умовах значної кількості пошкоджених будівель та споруд особливої актуальності набуває необхідність швидкого та безпечного проведення технічного обстеження об'єктів. Традиційні методи обстеження часто потребують доступу до важкодоступних або потенційно небезпечних зон, що створює додаткові ризики для спеціалістів. У зв'язку з цим використання безпілотних літальних апаратів розглядається як ефективний інструмент отримання первинної інформації про технічний стан будівель.

У дослідженні підкреслюється, що БПЛА дозволяють здійснювати візуальне обстеження фасадів, покрівель та інших елементів будівель без необхідності встановлення риштувань або залучення спеціальної підйомної техніки. Крім того, використання безпілотників є доцільним під час обстеження об'єктів, розташованих у зонах можливого обвалення конструкцій або на територіях, де існує загроза мінування.

Автор зазначає, що сучасні моделі БПЛА оснащуються високоточними відеокамерами, системами стабілізації що забезпечує можливість отримання якісних фото та відеоматеріалів для подальшого аналізу технічного стану конструкцій об'єкта обстеження. Застосування БПЛА сприяє скороченню

тривалості обстежень, підвищенню їх інформативності та зменшенню витрат на проведення польових робіт.

Таким чином, результати дослідження Гураль О. підтверджують доцільність використання безпілотних літальних апаратів як сучасного інструменту технічного обстеження будівель і споруд, особливо в умовах необхідності оперативного оцінювання пошкоджених об'єктів після дії надзвичайних ситуацій або бойових дій [19].

Комплексний аналіз сучасних підходів до технічного обстеження будівель та споруд наведено у роботі Білошицької Н. І., Татарченко З. С., Ревеки А. В. та Лобка Д. І. «Аналіз сучасних методів проведення технічного обстеження будівель та споруд» [20]. Автори зазначають, що традиційні методи технічної діагностики, зокрема візуальні та візуально-інструментальні обстеження, хоча й залишаються важливою складовою оцінювання технічного стану конструкцій, мають низку обмежень, пов'язаних із трудомісткістю виконання, локальним характером отримуваної інформації та недостатньою ефективністю під час дослідження складних або висотних об'єктів.

У роботі наголошується, що сучасний розвиток інформаційних технологій сприяв впровадженню принципово нових методів контролю технічного стану будівель. До таких методів належать математичне та комп'ютерне моделювання, автоматизовані системи моніторингу, динамометричні методи діагностики, багатофакторний та регресійний аналіз. А також використання БПЛА для збору інформації про стан конструкцій та об'єкта ураження в цілому.

Особливу увагу автори приділяють системам автоматизованого моніторингу технічного стану будівель, які забезпечують безперервний контроль параметрів напружено-деформованого стану конструкцій та дозволяють здійснювати ранню діагностику небезпечних процесів. Зазначається, що поєднання результатів моніторингу з математичними моделями дає можливість не лише оцінювати поточний стан об'єкта, а й прогнозувати його зміну у майбутньому.

Важливим напрямом розвитку технічного обстеження автори вважають використання безпілотних літальних апаратів та технологій фотограмметрії. Застосування БПЛА дозволяє виконувати обстеження важкодоступних ділянок будівель, формувати цифрові тривимірні моделі об'єктів та отримувати достовірну інформацію про наявні дефекти без необхідності безпосереднього доступу до конструкцій. При цьому поєднання фотограмметричних методів із лазерним скануванням забезпечує високу точність побудови цифрових моделей будівель та споруд.

За результатами проведеного аналізу автори дійшли висновку, що комплексне використання сучасних цифрових технологій, автоматизованих систем моніторингу, методів математичного моделювання та дистанційного обстеження дозволяє значно підвищити ефективність контролю технічного стану будівель і споруд, забезпечити своєчасне виявлення дефектів та підвищити рівень експлуатаційної безпеки об'єктів будівництва [20].

Значний інтерес для розвитку сучасних методів оцінювання технічного стану будівель становить дослідження Ю.І. Немчинова [21], присвячене застосуванню теорії нечітких множин та нечіткої логіки для аналізу стану конструкцій будівель і споруд. Автор зазначає, що традиційні методи оцінювання технічного стану не завжди дозволяють врахувати невизначеність та неповноту вихідної інформації, яка характерна для пошкоджених або тривало експлуатованих об'єктів. Для вирішення цієї проблеми запропоновано використовувати математичний апарат нечітких множин, який дає можливість поєднувати кількісні та якісні характеристики під час прийняття інженерних рішень.

У роботі детально розглянуто основні положення теорії нечітких множин, принципи побудови функцій належності та методи формування баз знань для оцінювання технічного стану будівельних конструкцій. Особливу увагу приділено алгоритмам нечіткого висновку Мамдані, Сугено та Цукамото, які дозволяють виконувати комплексну оцінку конструктивної безпеки на основі числових і лінгвістичних параметрів. Автор наголошує, що застосування

нечіткої логіки є особливо ефективним у випадках, коли неможливо отримати повний обсяг достовірних даних або коли результати обстеження мають певний рівень суб'єктивності.

Практичне значення дослідження полягає у можливості використання програмних комплексів MATLAB Fuzzy Logic Toolbox та Simulink для обробки даних технічного обстеження й прогнозування подальшого розвитку пошкоджень конструкцій. Запропонований підхід відповідає вимогам національних нормативних документів, Єврокодів та стандарту ISO 2394, що робить його перспективним інструментом для оцінювання технічного стану будівель і споруд, зокрема після надзвичайних ситуацій або дії сейсмічних навантажень. Результати дослідження підтверджують доцільність впровадження методів нечіткої логіки у практику технічного обстеження та моніторингу будівельних конструкцій з метою підвищення достовірності експертних висновків і якості управлінських рішень [21].

Застосування теорії нечітких множин за методикою Ю.І. Немчинова [22] набуває вирішального значення саме при аналізі наслідків позапроектних. У таких сценаріях класичний детермінований підхід не спрацьовує через дефіцит надійної інформації: проектна документація може бути втрачена, а прямий доступ до аварійних конструкцій для відбору проб заблокований через загрозу обвалення. Використання апарату нечіткої логіки (зокрема алгоритмів Мамдані) дозволяє експерту оперувати лінгвістичними змінними (наприклад: "ступінь пошкодження вузла - критичний", "корозія арматури - сильна") та трансформувати їх у кількісні коефіцієнти зниження несучої здатності. Моделювання таких систем у середовищі MATLAB Fuzzy Logic Toolbox дає змогу отримати інтегральний показник надійності будівлі в умовах високої невизначеності вихідних даних».

Терентьев О.О., Баліна О.І. та Шабала Є.Є. у статті «Моделі визначення фізичного зношення конструктивних елементів будівлі для задач діагностики технічного стану» розглядають питання формалізації процесу оцінювання технічного стану будівель на основі визначення фізичного зношення окремих

конструктивних елементів. Автори зазначають, що одним із ключових завдань системи технічного нагляду є своєчасне виявлення дефектів і пошкоджень конструкцій, визначення ступеня їх фізичного зношення та подальше формування узагальненої оцінки технічного стану будівлі [22].

У дослідженні фізичне зношення розглядається як втрата конструкціями своїх початкових експлуатаційних характеристик під впливом природно-кліматичних факторів та експлуатаційних навантажень. Для визначення рівня фізичного зношення автори пропонують використовувати результати візуального та інструментального обстеження з подальшим порівнянням виявлених пошкоджень із відповідною базою даних дефектів і характерних ознак руйнувань [22].

Особливу увагу приділено математичним моделям розрахунку фізичного зношення окремих конструктивних елементів. Авторами запропоновано визначати ступінь зношення конструкції як зважену величину, що враховує площу або довжину пошкоджених ділянок та рівень їх пошкодження. Такий підхід дозволяє отримати більш об'єктивну оцінку технічного стану конструкцій порівняно з традиційними експертними методами [22].

Важливою особливістю дослідження є використання експертної системи оцінювання, яка базується на аналізі фасаду будівлі. Автори пропонують розділяти будівлю на чотири фасади головний, правий, лівий та дворовий із подальшим групуванням дефектів за кожним конструктивним елементом. Такий підхід забезпечує детальну локалізацію пошкоджень та підвищує точність діагностики технічного стану [22].

Отже, результати дослідження підтверджують доцільність використання формалізованих моделей фізичного зношення для підвищення об'єктивності оцінки технічного стану будівель і споруд та можуть бути використані під час проведення технічних обстежень і планування відновлювальних робіт [22].

На основі аналізу наукових праць [17-22] та узагальнення специфіки позапроектних впливів, автором сформовано класифікаційну матрицю інструментально-цифрового забезпечення технічного обстеження (табл. 1.4)

Таблиця 1.4.

Специфіка обстеження будівель залежно від типу позапроектного впливу

Тип позапроектного впливу	Характерні пошкодження та наслідки	Рекомендований цифровий / інструментальний метод контролю	Наукове обґрунтування (за джерелами)
Військові дії / Вибухові хвилі	Локальні руйнування стін, зміщення перекриттів, приховані тріщини в деформаційних швах.	БПЛА (ортофотоплани), лазерне 3D-сканування, хмари точок для NBIM.	Пасько Р.М. [18], Гураль О. [19]
Пожежі (Високотемпературний вплив)	Деструкція бетону, втрата міцності арматури, деформація металевих балок.	Неруйнівний контроль (NDT), ультразвукове сканування, склерометрія.	Білошицька Н.І. та ін. [20]
Аварійні підтоплення / Нерівномірні осідання	Крени будівлі, макротріщини у фундаментній частині, деформації остовів.	Системи структурного моніторингу (SHM), георадари (GPR), датчики нахилу.	Богаченко С.В. [17], Білошицька Н.І. [20]
Сейсмічні та динамічні навантаження	Накопичення втомних тріщин, руйнування вузлів спряження конструкцій.	Динамічна діагностика, математичне моделювання, теорія нечітких множин.	Немчинов Ю.І. [21]

Джерело: складено автором на основі [17–21].

Таким чином, проведений аналіз наукових досліджень свідчить про активний розвиток сучасних підходів до оцінювання технічного стану будівельних конструкцій, що базуються на використанні цифрових технологій, математичного моделювання, безпілотних літальних апаратів, геоінформаційних систем, BIM-технологій, експертних систем та методів нечіткої логіки [17–22]. Застосування зазначених інструментів дозволяє підвищити об'єктивність результатів обстеження, скоротити час виконання робіт та мінімізувати вплив людського фактору під час прийняття технічних рішень.

Особливої актуальності впровадження сучасних методів обстеження набуває в Україні, в умовах масштабних руйнувань цивільної та критичної інфраструктури, яка зазнала пошкоджень або руйнувань внаслідок бойових дій. Значна кількість пошкоджених потребує оперативного технічного обстеження,

визначення рівня ушкодження несучих конструкцій і прийняття рішень щодо подальшої експлуатації, відновлення або демонтажу та життєвого циклу будівлі в цілому. За таких умов традиційні підходи до технічного обстеження часто є недостатньо ефективними через неточності в оцінці обсягів робіт та трудовитрат. Обмежений доступ до небезпечних ділянок та необхідність швидкого отримання дозволів та формуванні актуальних даних щодо подальших робіт по відновленню об'єкта обстеження.

У зв'язку з цим особливого значення набувають технології дистанційного обстеження та моніторингу, автоматизованого збору даних, , які дозволяють комплексно оцінювати технічний стан будівель навіть за наявності великих засмічень та значних руйнувань. Тож, подальший розвиток та удосконалення сучасних методів обстеження до сучасних умов та післявоєнного відновлення України, є одним із ключових напрямів підвищення ефективності технічної обстеження та забезпечення безпечної експлуатації будівель і споруд та відновлення життєвого циклу будівлі.

1.4. Аналіз особливостей проведення обстеження технічного стану будівель пошкоджених внаслідок бойових дій

Технічне обстеження будівель, пошкоджених внаслідок бойових дій, є критично важливим для відбудови інфраструктури. Ця процедура забезпечує безпечну експлуатацію об'єктів нерухомості у майбутньому. Під час воєнних дій споруди зазнають комбінованих уражень. Вони охоплюють деструкцію несучих елементів, деформації фундаментної частини та пошкодження інженерних мереж. Особливу небезпеку становлять приховані дефекти. Такі пошкодження неможливо виявити під час первинного візуального огляду.

Особливості таких обстежень полягають у підвищеній складності діагностики, необхідності врахування факторів динамічного навантаження від вибухових впливів, обмеженому доступі до об'єктів, а також високих вимогах до оперативності та точності оцінювання. У зв'язку з цим застосовуються як

традиційні методи будівельно-технічної експертизи, так і сучасні технології неруйнівного контролю, цифрового моделювання та дистанційного моніторингу.

У статті Яковенка М.С., Нестеренка О.В. та співавторів [23] розглянуто особливості геодезичного забезпечення комплексу робіт з обстеження будівель, пошкоджених внаслідок військових дій, на прикладі житлового комплексу «Династія» у м. Києві. Автори акцентують увагу на тому, що обстеження таких об'єктів потребує поєднання візуальних, інструментальних та геодезичних методів для забезпечення достовірної оцінки технічного стану конструкцій.

У дослідженні детально обґрунтовано значення геодезичного супроводу на кожному етапі технічного оцінювання. Під час попереднього огляду ці методи уможливають оперативне виявлення просторових відхилень несучих елементів. Швидка фіксація деформацій є основою для невідкладного вжиття протиаварійних заходів. На стадії детального вишукування геодезичний моніторинг забезпечує спостереження за параметрами деформаційних процесів у часі. Це дозволяє об'єктивно оцінити загальну стабільність конструктивного кістяка споруди. Автори зазначають, що динамічні вибухові впливи спричиняють складні просторові деформації. Такі руйнування можуть мати як локальний, так і загальносистемний характер. Для їхньої комплексної фіксації застосовують геометричне та тригонометричне нівелювання, а також лінійно-кутові засічки. Контроль здійснюється за допомогою системи спостережних марок і реперів. Особливу увагу приділено створенню наглядових станцій. Вони забезпечують циклічність вимірювань та надійне відстеження динаміки геометричних змін.

За результатами дослідження встановлено, що найбільші деформації спостерігаються у зоні руйнування несучих елементів, тоді як загальні крени будівлі можуть залишатися незначними. Це дозволяє зробити висновок про локальний характер пошкоджень у більшості випадків, однак із потенційною небезпекою подальшого розвитку деформаційних процесів.

Фаренюк Г.Г., Любченко І.Г., Рубан Ю.Я. у статті «Обстеження та аварійно-відновлювальні роботи на об'єктах, які зазнали пошкоджень внаслідок

збройної агресії Російської Федерації» [24]. досліджують особливості технічного обстеження будівель і споруд, пошкоджених унаслідок бойових дій. Автори наголошують, що характер руйнувань є індивідуальним для кожного об'єкта, тому визначення технічного стану конструкцій потребує комплексного обстеження та оцінки можливості подальшої безпечної експлуатації. У роботі узагальнено практичний досвід проведення обстежень пошкоджених будівель і виконання аварійно-відновлювальних робіт в умовах воєнного стану.

Особливу увагу приділено аналізу чинної нормативної бази проведення технічного обстежень та подальшого відновлення пошкоджених об'єктів. Автори виявили низку недоліків у практиці оформлення звітної документації та застосуванні методичних рекомендацій, зокрема недостатню деталізацію технічних рішень щодо підсилення або відновлення конструкцій. Науковці обґрунтовують необхідність залучення до обстежень сертифікованих інженерів-проектувальників, які можуть одразу розробляти технічні рішення та креслення для виконання протиаварійних і відновлювальних робіт.

У статті запропоновано вдосконалити положення ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 та Методики обстеження будівель і споруд, пошкоджених внаслідок бойових дій. Зокрема, рекомендовано уточнити вимоги до технічного завдання на обстеження, порядок визначення класу наслідків (відповідальності) пошкоджених об'єктів, а також унормувати розроблення робочих креслень і проектної документації для аварійно-відновлювальних робіт. Результати дослідження мають практичне значення для вдосконалення системи технічного обстеження та відновлення будівельної інфраструктури України в умовах воєнних руйнувань [24].

Автори А. Березовський, О. Джулай, І. Рудешко, І. Чорномаз та В. Вихристенко у статті «Особливості технічного обстеження будівель і споруд, що були пошкоджені або зруйновані внаслідок військових дій» розглядають організаційні та методичні аспекти проведення технічного обстеження об'єктів, які зазнали пошкоджень під час російсько-української війни. У дослідженні визначено основні етапи проведення обстежень, проаналізовано нормативне

забезпечення цього процесу та наведено класифікацію технічного стану будівель залежно від ступеня їх пошкодження.

Автори підкреслюють, що результати технічного обстеження є основою для прийняття рішень щодо подальшої експлуатації, відновлення або демонтажу пошкоджених об'єктів. Значну увагу приділено питанням кваліфікації виконавців обстежень, порядку проведення невідкладних робіт після бойових дій та критеріям визначення категорій пошкоджень будівель. Практична цінність роботи полягає у систематизації нормативних вимог і рекомендацій щодо оцінювання технічного стану будівель і споруд в умовах воєнних руйнувань [25].

У статті О. Молодіда та В. Піпи [26]. «Аналіз проблеми пошкодження фасадних систем унаслідок військових дій» досліджено особливості руйнування фасадних теплоізоляційних систем будівель під впливом бойових дій, зокрема ракетних ударів і атак безпілотних літальних апаратів. Автори зазначають, що фасадні системи є одними з найбільш уразливих елементів цивільних будівель, а їх пошкодження суттєво знижують експлуатаційну придатність об'єктів та потребують спеціальних підходів до відновлення.

У роботі проаналізовано характер пошкоджень різних типів фасадних систем залежно від виду конструкції та її віддаленості від зони ураження. Встановлено, що системи утеплення на основі пінополістиролу є більш вразливими до пожежі порівняно з мінераловатних систем. Окрему увагу в роботі приділено вентильованим фасадам, світлопрозорим системам та конструкціям із цегляним облицюванням. Для цих огорожувальних елементів детально виявлено потенційні механізми прогресуючого руйнування.

Практична цінність дослідження полягає у формуванні рекомендацій щодо оцінювання пошкоджень фасадів та необхідності розроблення конструктивно-технологічних рішень для оперативного виконання протиаварійних заходів і відновлення будівель. Отримані результати можуть бути використані під час технічного обстеження пошкоджених об'єктів та планування відновлювальних робіт в умовах післявоєнної відбудови України.

У своїх працях Терентьєв, А.О. Білощицький, Є.В. Горбатюк, В.О. [27-31] розглядають питання технічної діагностики будівельних конструкцій, методів їх обстеження та аналізу причин виникнення дефектів і пошкоджень. Автори зазначають, що елементи будівель і споруд характеризуються різним ступенем складності та невизначеності технічного стану, а процес оцінювання їх експлуатаційної придатності потребує комплексного підходу.

У роботі проаналізовано основні методи технічного обстеження будівель і споруд, зокрема візуальний, візуально-інструментальний та неруйнівний контроль. У дослідженні детально розкрито переваги та специфіку застосування цих методів. Вони дозволяють об'єктивно оцінити міцність, стійкість, теплозахисні властивості та герметичність будівельних систем. Окрему увагу приділено інтеграції сучасних інформаційних технологій. Використання систем підтримки прийняття рішень суттєво підвищує точність і достовірність результатів технічної діагностики.

Автори підкреслюють, що дефекти та пошкодження будівельних конструкцій виникають під впливом численних факторів на всіх етапах життєвого циклу об'єкта, тому важливим завданням є своєчасне виявлення причин їх виникнення та прогнозування подальшого розвитку. У дослідженні обґрунтовано доцільність застосування математичних моделей і апарату нечітких множин для оцінювання ризиків та прийняття управлінських рішень щодо забезпечення безпечної та надійної експлуатації будівель і споруд.

Нужний В. у статті «Перші дослідження ушкоджень будівель і споруд внаслідок бойових дій» [32] одним із перших в Україні узагальнив практичний досвід обстеження будівель, пошкоджених під час бойових дій у Київській області. Автор звертає увагу на специфіку руйнувань, спричинених як безпосереднім влучанням боєприпасів, так і дією вибухової хвилі та пожеж. На основі результатів обстеження будівель у Бучі, Ірпені, Гостомелі та Бородянці запропоновано підходи до класифікації пошкоджень за ступенем руйнування та можливістю подальшого відновлення.

Особливий акцент у дослідженні зроблено на типових дефектах будівельних конструкцій. Серед них виділено руйнування цегляного мурування, пошкодження плит перекриття та зниження несучої здатності елементів. Також проаналізовано приховані дефекти, зокрема внутрішнє розшарування матеріалів. Автор зазначає, що більшість пошкоджень є індивідуальними. Через це точність оцінювання технічного стану прямо залежить від кваліфікації експерта та комплексності обстеження.

Важливим результатом праці є аналіз термічного впливу пожеж на різні конструктивні елементи. Доведено, що тривала дія високих температур знижує міцність залізобетонних перекриттів. Вона викликає деградацію бетону та релаксацію напружень у попередньо напруженій арматурі. Це може спричинити втрату несучої здатності конструкцій навіть за відсутності видимих ознак руйнування. Додатково розроблено рекомендації щодо підсилення та відновлення пошкоджених елементів.

Практична цінність роботи полягає у формуванні перших узагальнених підходів до оцінювання стану будівель після бойових дій. Також запропоновано алгоритми вибору заходів для їхнього ремонту та відновлення. Разом із тим стаття має переважно оглядовий характер і базується на практичних спостереженнях, тому потребує подальшого розвитку методів кількісної оцінки пошкоджень та цифровізації результатів обстеження, що є актуальним напрямом сучасних наукових досліджень.

Левченко Н. М., Бейнер П. С. та Бейнер Н. В. у статті «Реконструкція будівель з використанням BIM технологій при відновленні міст в Україні» [33] досліджують можливості застосування BIM-технологій у процесі відновлення та реконструкції будівель, пошкоджених внаслідок воєнних дій. Автори підкреслюють, що після проведення технічного обстеження та оцінки пошкоджень особливого значення набуває етап розроблення проєктної документації, де використання BIM-моделювання дозволяє підвищити точність проєктних рішень та зменшити кількість помилок.

У дослідженні детально обґрунтовано переваги впровадження BIM-технологій для координації фахівців. Цей інструмент ефективно узгоджує роботу архітекторів, конструкторів та інженерів різних профілів. Особливу увагу приділено автоматизованому виявленню колізій. Пошук таких суперечностей між несучих елементами та мережами є критично важливим при відбудові споруд. Цифрова інформаційна модель забезпечує швидкий обмін даними, оптимізує рішення та прискорює реалізацію проєкту.

Окремо проаналізовано використання BIM-технологій при реставрації пам'яток культурної спадщини. Тривимірне моделювання дозволяє точніше врахувати специфічні архітектурні деталі об'єкта. Воно спрощує варіативне проєктування, полегшує розрахунок обсягів робіт та прогнозування витрат. Практична цінність праці полягає у розробці цифрових методів управління відбудовою міського середовища України.

Водночас дослідження має переважно концептуальний характер і не містить детального аналізу алгоритмів цифровізації результатів технічного обстеження, що визначає перспективність подальших досліджень у напрямі інтеграції BIM-технологій із системами моніторингу та оцінки технічного стану будівель.

Вабіщевич М. О., Фесун І. К. у статті «Про обстеження індивідуальних житлових будинків, що були пошкоджені та зруйновані внаслідок бойових дій» [34] досліджують особливості технічного обстеження житлових будинків, які зазнали пошкоджень унаслідок військової агресії. Авторами проведено масштабне обстеження понад 500 індивідуальних житлових будинків на території Макарівської територіальної громади Київської області, що дозволило сформулювати узагальнену оцінку характеру пошкоджень та можливостей подальшого відновлення об'єктів.

У роботі здійснено класифікацію будинків за періодами будівництва та використаними конструктивними рішеннями. Доведено безпосередній зв'язок між характером руйнувань та конструкційними матеріалами споруди. Зокрема, відновлення дерев'яних каркасних будівель найчастіше є недоцільним. Це

зумовлено їхнім значним фізичним зношенням та критичними деструктивними змінами. Натомість капітальний ремонт цегляних споруд є економічно обґрунтованим. Проте для цього необхідно провести комплексне оцінювання наявних дефектів.

Окрему увагу приділено будівлям із ніздрюватого бетону. Такі об'єкти зазнають суттєвих руйнувань від вибухових та термічних впливів. Часто їхнє відновлення є неможливим через втрату характеристик міцності матеріалу. Також виникають критичні порушення загальної просторової жорсткості. Додатково проаналізовано специфіку деформацій споруд із черепашнику. Цей напрям потребує подальших наукових досліджень для розроблення точних оціночних критеріїв.

Практична цінність роботи полягає у формуванні рекомендацій щодо прийняття рішень про відновлення або демонтаж пошкоджених будівель. Крім того, автори звертають увагу на недосконалість чинної нормативної бази щодо обстеження об'єктів, пошкоджених внаслідок бойових дій, та пропонують підхід до визначення орієнтовного ступеня пошкодження будівель. Результати дослідження можуть бути використані під час розроблення проєктів реконструкції та відновлення житлового фонду України в післявоєнний період.

Полтавець М. О. та Лахтаренко О. І. у статті «Технології оцінки експлуатаційної якості промислової будівлі внаслідок часткової військової руйнації» досліджують сучасні підходи до оцінювання технічного стану промислових будівель, пошкоджених унаслідок воєнних дій. На прикладі виробничо-механічного корпусу № 132 ДП «Івченко-Прогрес» у м. Запоріжжі автори розглядають комплексну технологію технічного обстеження, яка поєднує візуальні та інструментальні методи діагностики, геодезичний контроль, визначення фактичних характеристик матеріалів і оцінювання рівня експлуатаційної якості будівельних конструкцій. У процесі дослідження встановлено значні пошкодження несучих і огорожувальних конструкцій, а також виявлено зниження фактичної міцності залізобетонних кроквяних ферм

під впливом вибухової хвилі, що супроводжувалося утворенням мікротріщин та прихованих дефектів.

Авторами обґрунтовано необхідність комплексного моніторингу технічного стану будівель після військових руйнувань, розроблено рекомендації щодо відновлення експлуатаційної придатності об'єкта, підсилення пошкоджених конструкцій та впровадження автоматизованих систем спостереження. Практична цінність роботи полягає у можливості використання запропонованих методик для оцінки технічного стану та відновлення промислових будівель в умовах післявоєнної відбудови України, а результати дослідження підтверджують важливість застосування сучасних технологій моніторингу для забезпечення безпечної експлуатації будівельних об'єктів [35].

У статті Ромашкіної М. О., Пісаревського Б. В. та Журавльова О. О. «Розрахунок будівлі на вплив дії повітряної ударної хвилі прямим динамічним методом з використанням ПК ЛІРА-САПР» [36] досліджено особливості оцінювання впливу повітряної ударної хвилі на будівельні конструкції із застосуванням методу скінченних елементів. Авторами обґрунтовано доцільність використання прямого динамічного аналізу для визначення напружено-деформованого стану споруд при вибухових навантаженнях, що мають короткочасний імпульсний характер. На прикладі одноповерхової металеві будівлі продемонстровано алгоритм визначення параметрів ударної хвилі та їх задання у програмному комплексі ЛІРА-FEM. Результати дослідження показали можливість прогнозування характеру пошкоджень конструкцій залежно від параметрів вибуху та геометричних характеристик споруди. Практична цінність роботи полягає у використанні запропонованої методики для оцінки стійкості на вибухи будівель, особливо об'єктів критичної інфраструктури в умовах воєнних загроз.

У попередніх дослідженнях М. А. Ромашкіної [37; 38] увага була зосереджена на проблемах вибухової безпеки житлових будівель. У роботі [37] за допомогою чисельного моделювання досліджено напружено-деформований стан цегляної житлової будівлі при вибуху газоповітряної суміші всередині

приміщення. Авторкою визначено найбільш уразливі конструктивні елементи та встановлено характер розвитку деформаційних процесів під впливом аварійного навантаження.

У дослідженні [38] розглянуто питання оцінювання ймовірності виникнення вибуху газоповітряної суміші в газифікованих квартирах, що дозволило визначити основні фактори ризику та умови формування аварійних ситуацій. На відміну від ранніх робіт, присвячених переважно внутрішнім вибухам у житлових будівлях, дослідження [36] розширює сферу застосування чисельного моделювання на вплив зовнішніх вибухових навантажень та повітряних ударних хвиль на будівлі різного призначення.

Для даного дослідження праці М. А. Ромашкіної становлять значний науковий інтерес, оскільки демонструють можливості використання сучасних програмних комплексів для моделювання аварійних впливів, оцінювання технічного стану конструкцій та прогнозування їхньої поведінки в умовах надзвичайних ситуацій.

Шатрова І. А., Демидова О. О. та Мальонкіна І. С. у статті «Ліквідація наслідків збройної агресії в Україні: застосування сучасних технологій при обстеженні пошкоджених будівель і споруд» досліджують можливості використання сучасних цифрових технологій під час технічного обстеження будівель, пошкоджених унаслідок воєнних дій.

Досліджено доцільність інтеграції безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та геоінформаційних систем (ГІС). Поєднання цих технологій суттєво підвищує оперативність, безпеку та точність інспектування споруд. Використання безпілотників забезпечує ефективний візуальний контроль важкодоступних і небезпечних зон. Також це дозволяє виконувати детальну фотофіксацію пошкоджень і збирати просторові дані без ризику для життя експертів.

Окремим аспектом роботи є поєднання БПЛА з ГІС-технологіями. Така інтеграція уможливорює систематизацію даних, картографування руйнувань та об'єктивну оцінку масштабів завданих збитків. Практичну дієвість

запропонованих рішень підтверджено в межах проєкту «Rebuild UA». Завдяки цьому оцифровано велику кількість пошкоджених об'єктів у Київській, Чернігівській та Сумській областях.

Автори дійшли висновку, що поєднання традиційних методів технічного обстеження із сучасними цифровими технологіями дозволяє суттєво підвищити ефективність оцінювання технічного стану будівель і прийняття рішень щодо їх відновлення або демонтажу. Для дисертаційної роботи, Стаття становить інтерес як джерело щодо використання цифрових технологій моніторингу, дистанційного обстеження та геоінформаційного аналізу при оцінюванні пошкоджених будівель і споруд в умовах післявоєнного відновлення України [38].

Демешкант Є.М. у статті «Класифікація зруйнованих будівель в структурі житлових міських утворень» [40]. досліджує питання систематизації пошкоджених об'єктів житлової забудови як необхідної передумови їх подальшого відновлення. Авторка наголошує, що процес реконструкції та відбудови територій, постраждалих від воєнних дій, потребує чіткої класифікації будівель за низкою ознак, що дозволяє обґрунтувати технічні та містобудівні рішення щодо їх подальшої експлуатації, реконструкції або демонтажу.

У роботі запропоновано комплексну систему класифікації пошкоджених будівель за функціональним призначенням, історико-культурною цінністю, періодом зведення, конструктивно-технологічними характеристиками та характером отриманих пошкоджень. Акцент у дослідженні зроблено на ідентифікації категорій пошкоджень згідно з чинною нормативною базою. При цьому детально враховано особливості локалізації руйнувань у несучій системі споруди. Такий аналітичний підхід є основою для розроблення дієвих стратегій відбудови житлових кварталів та мікрорайонів.

Суттєвим науковим здобутком праці є уніфікована класифікаційна схема пошкоджених об'єктів. Вона інтегрує технічні, архітектурно-планувальні та історико-культурні оціночні критерії. Сформована система забезпечує не лише

систематизацію зруйнованих будівель. Вона також уможлиблює об'єктивне визначення черговості та доцільності проведення відновлювальних робіт.

Для обґрунтування своїх висновків авторка використовує положення чинної нормативної бази, зокрема ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій», ДБН В.2.2-9:2018 «Громадські будинки та споруди. Основні положення», ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану», а також Методику обстеження будівель та споруд, пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, бойових дій та терористичних актів, затверджену наказом Міністерства розвитку громад та територій України №144 від 06.08.2022 р[3].

Результати дослідження Демешкант Є.М. мають практичне значення для фахівців у сфері технічного обстеження, проєктування та відбудови пошкоджених об'єктів, оскільки сприяють формуванню науково обґрунтованого підходу до оцінки технічного стану та планування відновлювальних робіт в умовах післявоєнної реконструкції України.

У статті Білошицької Н. І., Татарченко Г. О., Білошицького М. В., Уварова П. Є. «Аналіз пошкоджень і руйнувань житлової забудови внаслідок бойових дій на прикладі м. Сєвєродонецьк» [41] досліджено проблему оцінювання пошкоджень і руйнувань житлової забудови, спричинених бойовими діями, на прикладі міста Сєвєродонецьк. Автори наголошують, що відновлення житлового фонду є одним із ключових завдань повоєнної реконструкції територій України, а визначення технічного стану будівель виступає необхідною передумовою для планування відбудовних заходів.

У роботі використано описово-аналітичний метод, аналіз статистичних даних та літературних джерел. Через неможливість проведення повноцінних натурних обстежень на тимчасово окупованій території оцінка пошкоджень здійснювалася на основі наявної технічної документації, фотофіксації та відкритих інформаційних ресурсів.

Наукову цінність становить сформований авторами комплекс чинників, які визначають характер і масштаби руйнувань унаслідок бойових дій. Серед них

виокремлено вихідний технічний стан об'єкта, його конструктивну схему та матеріали несучих конструкцій. Також ураховано тип боєприпасів, локалізацію влучання та виникнення пожеж після вибуху. Доведено, що ступінь деструкції залежить від сили вибуху, конструктивних параметрів споруди та оперативності відновлювальних заходів.

Практична значущість праці полягає у класифікації житлової забудови за чотирма категоріями технічного стану. Ця шкала охоплює діапазон від об'єктів із незначними дефектами до аварійних будівель, що підлягають демонтажу. Сформований підхід спрощує ухвалення рішень щодо ремонту, реконструкції або знесення споруд при плануванні відбудови міст. Окремо проаналізовано стан житлового фонду міста Сєвєродонецьк. До початку повномасштабного вторгнення 72 % будівель перебували у задовільному стані, а 28 % потребували капітального ремонту. Аналіз показав, що внаслідок боїв було пошкоджено близько 94 % багатоквартирного фонду. Значна частина цих об'єктів не підлягає відновленню.

Стаття має вагоме практичне значення для розвитку систем технічного обстеження та моніторингу стану будівель і споруд, оскільки демонструє підходи до оцінювання пошкоджень в умовах обмеженого доступу до об'єктів. Результати дослідження можуть бути використані при формуванні стратегій повоєнного відновлення житлових територій, розробленні програм реконструкції та вдосконаленні нормативної бази щодо обстеження пошкоджених будівель.

У працях О. І. Менейлюка та співавторів [42, 46] досліджено характер пошкоджень будівель і споруд, що виникають внаслідок воєнних дій, на основі аналізу реальних об'єктів, пошкоджених у різних регіонах України. Автори систематизували основні типи конструктивних систем будівель та виконали порівняльний аналіз їхньої поведінки під дією вибухових навантажень. У результаті встановлено, що характер руйнувань значною мірою залежить від конструктивного рішення будівлі, при цьому для різних типів об'єктів

спостерігаються як спільні закономірності пошкоджень, так і специфічні локальні дефекти.

Встановлено, що за умов вибуху поблизу споруди руйнування зазвичай мають локальний характер. Вони охоплюють переважно огорожувальні елементи, зокрема віконні та дверні заповнення, фасадні системи та покрівлю. При цьому несучі конструкції здебільшого зберігають свою працездатність. Проте пряме влучання або вибуховий вплив призводять до масштабніших деструкцій. У таких випадках фіксується часткове або повне руйнування несучих елементів, перекриттів, стін та деталей каркаса.

Статистичний аналіз пошкоджених об'єктів засвідчив різну опірність конструктивних схем воєнним чинникам. Найвищу стійкість демонструють каркасно-монолітні будівлі. Натомість панельні системи мають мінімальний рівень стабільності. За значних навантажень вони є вкрай схильними до прогресуючого обрушення. Також відмічено, що цегляні та крупноблочні будівлі займають проміжне положення за рівнем стійкості, при цьому для них характерні специфічні пошкодження, такі як утворення тріщин різної ширини та глибини, локальні руйнування кладки та часткове пошкодження несучих елементів.

Отримані результати мають важливе практичне значення для подальшого обґрунтування рішень щодо відновлення пошкоджених будівель і споруд, вибору більш стійких конструктивних систем для нового будівництва, а також врахування позапроектних впливів при проектуванні та експлуатації будівель в умовах підвищених ризиків.

Стаття Берчуна Я.О., Теличка Р.І. та Клименкова О.А. «Assessment of changes in the technical condition of damaged multi-story buildings by using artificial intelligence» [47] присвячена актуальній проблемі оцінювання технічного стану пошкоджених багатоповерхових будівель в умовах воєнних дій та обмеженого доступу до об'єктів обстеження. Автори обґрунтовують необхідність переходу від традиційних методів технічного обстеження до цифрових технологій, зокрема інформаційно-математичного моделювання та методів штучного інтелекту. Особливу увагу приділено використанню нейронних мереж для

прогнозування зміни технічного стану будівель та оцінювання ризику прогресуючого обвалення.

У роботі запропоновано комплексний підхід до оцінки пошкоджених будівель, що включає:

- дистанційне обстеження (БПЛА, лазерне сканування, супутникові дані);
- побудову інформаційно-математичних моделей конструкцій;
- застосування методів скінченних елементів для розрахунку напружено-деформованого стану;
- використання ймовірнісних моделей для оцінки ризику прогресуючого руйнування.

Наукова новизна дослідження полягає в інтеграції класичних інженерних підходів із технологіями штучного інтелекту. Зокрема, у роботі застосовано моделі CNN, LSTM. Таке поєднання забезпечує не лише оцінювання поточного стану конструкцій. Воно також уможливлює прогнозування розвитку пошкоджень у часі.

Практична значення роботи зумовлена можливістю оперативного ухвалення рішень щодо підсилення, реконструкції або демонтажу ушкоджених споруд. Запропонований підхід дозволяє автоматизувати процес аналізу дефектів. Це суттєво мінімізує виробничі ризики для інженерів та рятувальників під час натурних оглядів.

Серед недоліків праці слід виділити недостатню деталізацію практичного впровадження розроблених моделей в умовах масового інспектування. Крім того, у дослідженні відсутній порівняльний аналіз ефективності різних архітектур нейронних мереж.

Загалом стаття має високий науковий рівень, є актуальною для умов відновлення інфраструктури України та може бути використана як теоретична основа для подальших дисертаційних досліджень у сфері цифрового моніторингу будівельних конструкцій.

Наукова стаття Зезюкова Д.М., Махінька М.М. та Нечепуренко Д.С.[48] присвячена актуальній проблемі оцінки категорій пошкодження великопанельних частково зруйнованих будинків, що зазнали динамічних і вибухових впливів унаслідок бойових дій. У роботі комплексно розглянуто інженерні та економічні аспекти відновлення великопанельних будівель, які становлять значну частину житлового фонду України та інших пострадянських країн. Сучасні умови експлуатації великопанельних споруд суттєво відрізняються від проєктних. Це зумовлено впливом ударних хвиль, сейсмічних навантажень та локальних деструкцій. Зазначені чинники призводять до деградації стикових з'єднань панелей. Саме ці вузли є найбільш вразливими елементами несучих системи.

У дослідженні систематизовано характерні типи пошкоджень об'єктів. Серед них виділено руйнування стиків, утворення тріщин та втрату несучої здатності окремих елементів. Також зафіксовано глобальні деформації, дефекти основ і фундаментів. Особливу увагу приділено корозійному зносу закладних деталей у стикових з'єднаннях. Цей процес у довгостроковій перспективі суттєво знижує просторову жорсткість і стійкість споруд.

Автори проаналізували наявні методи підсилення конструкцій. До них належать ін'єктування тріщин, застосування FRP-композитів та влаштування монолітних поясів. Також розглянуто встановлення діафрагм жорсткості, металевих анкерних систем та обойм із високоміцного бетону (УНРС). Доведено, що локальні методи підсилення є економічно доступними, проте їхня ефективність є обмеженою. Натомість комплексні рішення суттєво підвищують несучу здатність споруди. Водночас вони вимагають значних фінансових інвестицій та тривалого часу на виконання робіт.

Вагомим результатами роботи є методика економічної оцінки доцільності відбудови будівель. Схема враховує ступінь пошкодження та інтегральне зношення об'єкта. За незначних дефектів рекомендовано локальне підсилення, за середніх - комплексне. При критичних руйнуваннях понад 60 % доцільним є демонтаж та нове будівництво.

У дослідженні сформовано практично орієнтовану модель ухвалення рішень щодо подальшої експлуатації великопанельних споруд. Ця модель інтегрує технічні, конструктивні та економічні оціночні критерії. Стикові з'єднання визначено ключовим чинником загальної стійкості об'єктів. Їхнє пошкодження є першопричиною прогресуючого обрушення при динамічних навантаженнях.

Автори наголошують на необхідності розроблення типових рішень для підсилення масових серій будівель. Важливими кроками є впровадження сучасних композитних матеріалів та державна підтримка програм відновлення пошкодженого житла. Сучасна будівельна наука фокусується на мінімізації вразливості споруд до надзвичайних ситуацій, зокрема сейсмічних та вибухових впливів. У працях Гетун Г. В. [49-51] та співавторів підкреслюється, що будівлі в умовах України повинні розглядатися як об'єкти підвищеного ризику, оскільки вони зазнають не лише традиційних експлуатаційних навантажень, але й додаткових динамічних впливів військового характеру, що істотно змінює характер їх пошкоджуваності та механізми руйнування. Зокрема, у дослідженні «Уразливість і ступінь пошкодження будівель та споруд при надзвичайних ситуаціях» (Science and Education : XVII International Conference) Гетун Г. В., Баліна О. І., Безклубенко І. С. та ін. акцентують увагу на необхідності системної класифікації будівель за класами уразливості (A–F) та ступенями пошкоджень (0–5), що дозволяє уніфікувати підхід до оцінки технічного стану конструкцій після дії екстремальних навантажень.

Аналіз праць Гетуна Г. В. [49–51] та його співавторів свідчить про ключову роль конструктивних з'єднань у забезпеченні загальної стійкості будівель. Найбільш критичними елементами є стикові вузли у великопанельних та збірних системах. Ці з'єднання мають підвищену вразливість до прогресуючого обрушення. Свого часу їх проектували переважно на статичні або помірні динамічні навантаження. Екстремальні вибухові чи ударні впливи при цьому не враховувалися.

У підручнику «Конструкції будівель і споруд. Кн. 2. Нежитлові будівлі» (Гетун Г. В. та ін., 2023) наголошується на значенні стиків для просторової жорсткості об'єктів. Цей параметр безпосередньо визначається роботою з'єднань та системи зв'язків. Деградація зазначених вузлів призводить до стрімкого зниження несучої здатності всього несного остова.

У дослідженнях сейсмостійкості споруд, зокрема у праці «Особливості об'ємно-планувальних рішень сейсмостійких будівель» (Гетун Г. В., Баліна О. І., Безклубенко І. С. та ін.), детально розглянуто динамічні впливи. Ефективність протидії таким навантаженням залежить від конструктивної схеми об'єкта. Важливе значення мають регулярність розподілу мас і жорсткостей. Також система повинна мати здатність перерозподіляти зусилля без крихкого руйнування. Науковці пропонують поєднувати пасивні та активні методи сейсмічного захисту. Це дозволяє знизити амплітуду коливань та підвищити енергоємність конструкцій.

Систематизація підходів Гетуна Г. В. та його колег дозволяє сформулювати важливий висновок. Оцінювання технічного стану споруд має базуватися на комплексному аналізі. Він повинен інтегрувати класи уразливості, ступені пошкоджень та залишкову несучу здатність елементів. Для великопанельних будівель цей підхід є вкрай актуальним. Локальні пошкодження стикових з'єднань тут часто викликають непропорційні наслідки. Вони проявляються у втраті просторової жорсткості та прогресуючому обрушенні. Тому сьогодні пріоритетом є не лише фіксація дефектів. Необхідно розробляти чіткі інженерно-економічні критерії для ухвалення рішень щодо підсилення або демонтажу споруд.

Саченко І. А. у науковій статті «Побудова моделей методів обстеження та аналіз причин пошкодження будівель і споруд» (Scientific Journal «ScienceRise», №8(49), 2018)[52] комплексно розглядає проблему технічної діагностики будівель та споруд як складну багатofакторну систему, що поєднує інженерні, інформаційні та аналітичні підходи. Автор наголошує, що обстеження будівель є ключовим етапом забезпечення їх надійної та безпечної експлуатації, оскільки

саме на основі результатів діагностики приймаються рішення щодо подальшого використання об'єкта, необхідності ремонту, підсилення або виведення з експлуатації.

У роботі детально обґрунтовується структура методів обстеження будівель, яка включає візуальний, візуально-інструментальний та неруйнівний контроль. Візуальний метод забезпечує первинну фіксацію явних дефектів і пошкоджень будівельних конструкцій. Натомість візуально-інструментальний підхід передбачає застосування спеціалізованого обладнання. Це уможливорює точніше визначення геометричних та фізико-механічних параметрів елементів споруди. Неруйнівні методи, у свою чергу, забезпечують отримання інформації про стан конструкцій без порушення їх цілісності, що є особливо важливим для експлуатованих об'єктів.

Саченко І. А. підкреслює, що ефективність діагностики значною мірою залежить від правильного визначення та класифікації параметрів будівельних конструкцій. До основних параметрів віднесено міцність, деформаційні характеристики, теплотехнічні властивості, герметичність, звукоізоляцію, режим вологості та інші експлуатаційні показники. Зіставлення фактичних та нормативних значень параметрів дає змогу верифікувати технічний стан конструкцій. На основі цього аналізу визначають ступінь їхньої придатності до подальшої безпечної експлуатації.

Значну увагу в дослідженні приділено генезису пошкоджень будівельних об'єктів. Руйнування та дефекти виникають під впливом комплексу чинників. Серед них виділяють проєктні помилки, недотримання будівельних технологій та неякісний монтаж елементів. Також негативно впливає неповне врахування інженерно-геологічних умов і порушення правил експлуатації. Деградацію конструкцій прискорюють агресивні середовища, вібраційні коливання та систематичні перевантаження.

Процес технічної діагностики представлено як послідовну систему етапів. Алгоритм охоплює шлях від фіксації дефектів і первинного збору даних до аналізу стану та складання експертного висновку. Автор наголошує на

важливості системного підходу. Оцінювання має поєднувати дефектоскопію з моделюванням розвитку пошкоджень та прогнозуванням поведінки конструкцій у часі.

З позицій нормативного забезпечення, підхід Саченка І. А. узгоджується з вимогами чинних українських нормативних документів у сфері обстеження та діагностики будівель, зокрема ДСТУ Б В.2.1-10:2009, де регламентуються правила обстеження, оцінювання технічного стану та паспортизації будівельних об'єктів. Таким чином, робота має як теоретичне, так і прикладне значення, оскільки поєднує методологічні засади діагностики з практичними підходами до оцінки пошкоджень і прийняття інженерних рішень.

У сучасних наукових дослідженнях О. С. Молодіда у співавторстві з іншими науковцями КНУБА та суміжних установ сформовано широкий напрям робіт, присвячених оцінюванню пошкоджень, відновленню конструкцій та підвищенню експлуатаційної надійності будівель, що зазнали впливу як природних, так і техногенних факторів, включно з наслідками воєнних дій. У низці праць розглядаються технології відновлення інженерних конструкцій, зокрема гідроізоляційних систем шляхом ін'єкційного зміцнення підземних конструкцій, що дозволяє підвищити водонепроникність та довговічність фундаментних частин будівель [53]. Значну увагу приділено також технологіям улаштування покрівельних систем методом підплавлення, де проаналізовано вплив технологічних параметрів на якість та довговічність покриттів, що є важливим для забезпечення експлуатаційної надійності будівельних огорожувальних конструкцій [54].

Окремий блок досліджень присвячено оцінюванню пошкоджень кам'яних конструкцій та розробці технологічних рішень їх відновлення. У цих роботах підкреслюється, що утворення тріщин у цегляних і кам'яних конструкціях є одним із найпоширеніших дефектів, який суттєво знижує несучу здатність і потребує комплексного підходу до ремонту з урахуванням матеріальних та технологічних чинників [55]. У дослідженнях фасадних систем, пошкоджених унаслідок військових дій, встановлено характерні типи дефектів,

зокрема руйнування облицювання, втрату зчеплення шарів та порушення цілісності кріплень, що потребує системного підходу до відновлення із врахуванням як конструктивних, так і експлуатаційних умов [56]. Додатково розглядаються технології відновлення стін із ніздрюватого бетону, пошкоджених вибуховими навантаженнями, де акцент робиться на відновленні структурної цілісності та несучої здатності конструкцій [57].

У ряді праць також аналізуються проблеми пошкодження фасадних систем та методичні підходи до їх відновлення, що дозволяє сформулювати узагальнені технологічні рекомендації щодо ремонту огорожувальних конструкцій будівель, які зазнали дії зовнішніх агресивних факторів [58]. Додатково значну увагу приділено удосконаленню методів лазерного сканування та цифрового моделювання деформаційних процесів інженерних споруд, що забезпечує підвищення точності моніторингу технічного стану будівель і інтеграцію результатів обстежень у BIM-середовище [59].

У межах більш широких досліджень також розглядаються питання міждисциплінарного розвитку фахівців будівельної галузі, що є важливим для комплексного вирішення завдань відновлення інфраструктури [60], а також проблеми руйнування міського середовища внаслідок воєнних дій, які дозволяють оцінити масштаби пошкоджень та сформулювати підходи до відновлення міських територій [61].

Загалом наукові праці О. С. Молодіда у співавторстві з іншими дослідниками формують цілісний напрям досліджень, який охоплює діагностику пошкоджень будівель, технології їх ремонту та відновлення, а також удосконалення методів оцінювання технічного стану конструкцій в умовах підвищених ризиків, зокрема воєнних дій. Отримані результати мають як теоретичне значення для розвитку методології обстеження будівель, так і практичне значення для відновлення зруйнованої інфраструктури України.

Науковець В. Поколенко спеціалізується на сучасному будівельному менеджменті та організації девелопменту. Його ключові дослідження зосереджені на цифровій трансформації галузі, зокрема впровадженні BIM-

технологій та створенні розумних смарт-екосистем. Також автор розробляє гнучкі управлінські стратегії для адаптації проєктів до ринкових ризиків і забезпечення якості інжинірингових процесів [62-68].

Праці Малихіна М. формують цілісний погляд на сучасні організаційно-управлінські процеси в будівництві. У своїх дослідженнях автор розглядає організацію та адміністрування будівельного майданчика не як локальний етап, а як невіддільну складову загального життєвого циклу об'єкта [70]. Такий підхід забезпечує безперервність управління від стадії інвестиційного планування до введення будівлі в експлуатацію. Значну увагу науковець приділяє питанням фінансування реконструкції. Зокрема, ним розроблено методичні засади відбору інвестиційних проєктів із чіткою прив'язкою до фактичного технічного стану споруд, що дозволяє девелоперам уникати збиткових рішень [69].

Важливим вектором цих досліджень виступає цифрова трансформація підготовчих етапів будівництва. Впровадження інтегрованих цифрових платформ розглядається як фундаментальна база для створення гнучких моделей менеджменту та оперативної реакції на проєктні зміни [71]. Окремий акцент робиться на надійності виробничих систем. Аналізуючи еволюцію наукових підходів, автор шукає першопричини будівельних руйнувань саме в організаційно-технологічних збоях та помилках [72]. Для комплексного управління ризиками науковець також пропонує формалізований вимір надійності стейкхолдерів. Цей математичний інструментарій дозволяє об'єктивно оцінювати готовність підрядників до виконання договірних зобов'язань ще до початку робіт на майданчику [73].

У працях Г. Шпакової внесено значний внесок у розвиток організаційно-технологічних моделей будівництва та повоєнного відновлення об'єктів. Зокрема, обґрунтовано технологічні засади застосування прогресивних методів ліквідації пошкоджень цивільної інфраструктури, зокрема за технологією TECOREP [74]. Розроблено інженерно-регламентні аспекти консервації та стабілізації несучих елементів будівель, що містять об'єкти вуличного мистецтва [75].

Спільно з колегами дослідницею запропоновано методи цифровізації життєвого циклу проєктів на базі BIM-технологій [76]. Для екологізації відбудови сформовано конструкційно-технологічні підходи до деконструкції та повторного використання залізобетонного лому від руйнувань [77]. Також розроблено сучасні моделі організаційної підготовки та економіко-управлінського супроводу будівельних процесів для профільних стейкхолдерів [78].

Питання комплексної відбудови пошкоджених об'єктів інфраструктури ґрунтовно досліджуються у працях С. В. Бутніка. Автором здійснюється системний аналіз прямих втрат ресурсів унаслідок воєнних дій та пропонуються сучасні технології для їх відновлення [79, 80]. Значна частина публікацій присвячена конкретним інженерним рішенням, зокрема методам реновації цивільних будівель та відновленню залізобетонних мостових конструкцій [81, 83]. Окремим перспективним напрямом швидкої відбудови науковець визначає збірно-монолітне будівництво, для якого детально проаналізовано організаційні переваги та нормативну трудомісткість процесів [84, 85].

На основі аналізу та узагальнення наукових робіт сучасників, було розроблені та опубліковані власні роботи автора [85-88]. Результати такого узагальнення наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5

Порівняльна характеристика сучасних підходів до обстеження будівель, пошкоджених внаслідок бойових дій

Група досліджень	Автори	Основні результати	Недоліки
Технічне обстеження та геодезичний моніторинг пошкоджених будівель	Яковенко М.С., Нестеренко О.В., Фаренюк Г.Г., Любченко І.Г., Рубан Ю.Я., Березовський А. та ін.	Розроблено підходи до визначення технічного стану будівель, оцінювання деформацій та проведення аварійно-відновлювальних робіт	Недостатній рівень цифровізації процесів обстеження
Дослідження пошкоджень конструкцій та технологій відновлення	Молодід О.С., Піпа В., Вабіщевич М.О., Фесун І.К., Полтавець М.О., Лахтаренко О.І., Менеїлюк О.І. та ін.	Визначено характерні пошкодження конструкцій різних типів та запропоновано методи їх відновлення і підсилення	Переважає орієнтація на окремі типи конструкцій

Класифікація пошкоджень та оцінювання стійкості будівель	Демешкант Є.М., Білошицька Н.І., Гетун Г.В., Зезюков Д.М. та ін.	Запропоновано класифікації пошкоджень, критерії оцінювання технічного стану та прийняття рішень щодо відновлення або демонтажу	Обмежене використання автоматизованих систем оцінювання
Цифрові технології та інформаційне моделювання	Левченко Н.М., Бейнер П.С., Шатрова І.А., Демидова О.О. та ін.	Обґрунтовано застосування BIM-технологій, GIS-систем, БПЛА та лазерного сканування для обстеження пошкоджених об'єктів	Висока вартість впровадження та потреба у спеціалізованому програмному забезпеченні
Математичне моделювання та штучний інтелект	Ромашкіна М.О., Берчун Я.О., Теличко Р.І., Клименков О.А. та ін.	Розроблено підходи до прогнозування пошкоджень, оцінювання ризиків та моделювання поведінки конструкцій під дією вибухових навантажень	Недостатня кількість практичних впроваджень і апробацій
Методологія технічної діагностики будівель	Саченко І.А. та ін.	Сформовано теоретичні засади технічної діагностики та аналізу причин виникнення дефектів і пошкоджень	Недостатнє врахування специфіки воєнних руйнувань

Джерело: узагальнено автором на основі [23–88].

Узагальнені в таблиці 1.1 відомості підтверджують диверсифікацію сучасних наукових підходів. Традиційні методики інспектування споруд сьогодні інтегруються з цифровими інструментами діагностики. Пріоритетним вектором розвитку визначено поєднання натурних обстежень, інформаційного моделювання (BIM), геопросторових систем (ГІС) та штучного інтелекту. Синергія цих методів мінімізує похибки при верифікації дефектів. Окрім того, вона оптимізує процеси ухвалення рішень стосовно відновлення пошкодженого будівельного фонду.

ВИСНОВКИ ДО ПЕРШОГО РОЗДІЛУ

Проведений у першому розділі дисертації комплексний аналіз нормативного забезпечення та науково-технічної літератури сформував фундаментальне методологічне підґрунтя для всіх подальших розробок. Результати цього етапу дослідження дали для всієї дисертаційної роботи наступне:

1. Критичний аналіз чинної вітчизняної нормативно-правової бази довів її неспроможність адекватно регулювати вишукування на аварійних об'єктах. Встановлено, що лінійні алгоритми мирного часу є небезпечними при військових руйнуваннях. Цей висновок концептуально обґрунтував необхідність розробки принципово нового триетапного регламенту обстежень, практична побудова якого повністю реалізована у четвертому розділі роботи.

2. Дослідження діючої системи нормування праці експертів (стандарту серії СОУ) виявило повне ігнорування специфічних лімітів воєнного часу. Виявлений нормативний дефіцит став головною вихідною точкою для формування у другому розділі нових критеріїв ускладнення робіт. Отримані дані дали змогу у третьому розділі побудувати адаптивні математичні моделі трудовитрат за допомогою багатокритеріального методу Сааті та ймовірнісного планування PERT.

3. Систематизація фізичних закономірностей руйнування різних конструктивних систем під дією вибухових навантажень дозволила виявити вузли, найбільш вразливі до прогресуючого обвалення. Зібрана аналітична інформація стала базою для розроблення у третьому та четвертому розділах ієрархічної структури конструктивних елементів будівлі та створення системи фізичних маркерів критичного технічного стану.

4. Огляд світових тенденцій у цифровізації будівельної експертизи довів безальтернативність застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та наземного лазерного сканування на замінованих або нестабільних об'єктах. Цей висновок закладено в основу розробленої організаційної моделі ризиків.

Вона математично обґрунтовує заборону фізичного доступу людей та переведення вишукувань у безпечний дистанційний режим.

5. Вивчення міжнародних протоколів швидкого реагування продемонструвало високу ефективність ризик-орієнтованих підходів. Їхня адаптація до українських реалій сформувала базис для розробки прикладних рекомендацій для органів місцевого самоврядування. Завдяки цьому у фінальній частині дисертації створено чіткий регламент безпекового зонування та первинної фіксації ушкоджень для завантаження в ЄДЕССБ.

РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЙНО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ТА ЕКСПЕРТНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ

2.1 Основні наукові методи які застосовувалися

Для одержання об'єктивних наукових результатів та забезпечення їхньої відповідності критеріям валідності й відтворюваності в дисертаційній роботі побудовано багаторівневу методологічну структуру. Проведення технічного інспектування будівель в умовах воєнного стану вимагає поєднання традиційних методів будівельної експертизи із ймовірнісними та статистичними моделями. У цьому підрозділі представлено та обґрунтовано систему методів дослідження, яка охоплює загальнонаукові підходи, прийоми математичної статистики, кореляційно-регресійний аналіз, а також методи експертних оцінок і сіткового планування, що застосовуються на всіх етапах науково-практичного пошуку.

Узагальнення та систематизація у роботі виступили головними інструментами на етапі критичного аналізу накопиченої вітчизняної та світової науково-технічної літератури. Завдяки їх застосуванню було впорядковано відомості про закономірності поведінки будівельних конструкцій при впливах не передбаченими проєктом динамічних та вибухових навантажень. Систематизація чинних законодавчих актів, постанов Кабінету Міністрів України, державних будівельних норм (ДБН) та стандартів (ДСТУ) дозволила виявити правові й технологічні суперечності в процесах технічного регулювання відбудови. Процес систематизації спрямовано на зведення різномірних даних про пошкодження у цілісну модель технічного стану споруди.

Метод класифікації було залучено для типізації обстежених будівель за їхніми конструктивними схемами та матеріалом несучих стін. Такий підхід уможливив групування будівель на монолітно-каркасні, великопанельні та цегляні. Також класифікацію було застосовано для розподілу пошкоджень за категоріями технічного стану та ступенем аварійності елементів. Це створило

необхідне наукове підґрунтя для розроблення уніфікованого кодифікатора дефектів у межах Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва.

Метод абстрагування дозволив відокремити сутнісні закономірності формування трудовитрат експертів від другорядних геометричних та архітектурних особливостей пошкоджених будівель. Шляхом абстрагування було здійснено перехід від конкретних точкових дефектів окремого об'єкта до узагальнених математичних факторів ускладнення робіт. Отримані узагальнені фактори є придатними для інтеграції в адаптивні розрахункові моделі.

Аналіз та синтез застосовувалися як взаємопов'язані процедури дослідження. За допомогою аналізу складний та багатоетапний технологічний процес інструментального вишукування було розчленовано на окремі елементарні операції. До них належать геометричні обміри, дефектоскопія матеріалів, розрахунок просторової жорсткості та розроблення проектних рішень з підсилення. Завдяки подальшому синтезу ці операції було знову об'єднано у модернізований триетапні методичні вказівки обстеження будівель. Сформовані методичні вказівки було збагачено додатковими заходами з охорони праці та мінної безпеки.

Аналогія та порівняння забезпечили можливість верифікації отриманих результатів. Шляхом порівняння фактичних параметрів руйнувань на обстежених об'єктах було виявлено характерні особливості деформацій конструкцій залежно від епіцентру вибуху. Метод аналогії дозволив екстраполювати досвід ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на розробку рекомендацій з невідкладного протиаварійного розкріплення пошкоджених висотних споруд .

Таблиця 2.1.

Відповідність наукових методів до завдань дисертаційної роботи.

Науковий метод дослідження	Об'єкт застосування в роботі	Очікуваний науково-практичний результат
Системний аналіз і синтез	Технологічні процеси технічного обстеження за СОУ 2008	Створення методичних вказівок безпечного триетапного обстеження

Продовження таблиці 2.1

Наукова класифікація	Конструктивні типи пошкоджених споруд	Типізація будівель за вразливістю та ступенем деструкції елементів
Кореляційний аналіз	Статистика трудовитрат польового та камерального етапів	Встановлення щільності зв'язку між руйнуваннями та часом роботи
Метод аналізу ієрархій	Судження групи з одинадцяти експертів-практиків	Квантифікація вагових коефіцієнтів факторів ускладнення
Сіткове планування PERT	Часовий бюджет інженерних польових вишукувань	Ймовірнісне моделювання термінів завершення обстеження

Джерело: сформовано автором

Обробка результатів інструментального контролю та оцінок експертної групи базується на методах математичної статистики. Для підтвердження однорідності отриманих даних розраховувалися точкові та інтервальні оцінки статистичних параметрів. До них належать математичне очікування, вибіркова дисперсія та середньоквадратичне відхилення таблиця 2.1.

Для встановлення взаємозв'язку між фізичними обсягами пошкоджень конструкцій та фактичною тривалістю проведення польових вишукувань у роботі застосовано кореляційний аналіз. Коефіцієнт парної лінійної кореляції Пірсона (r_{xy}) визначається за такою математичною залежністю:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2.1)$$

де x_i - фізичний показник обсягу руйнувань (наприклад, площа деструкції бетону або кількість ушкоджених пілонів);

y_i - витрати часу на виконання відповідного етапу обстеження;

N - загальний обсяг емпіричної вибірки досліджуваних об'єктів.

Розрахунок коефіцієнта кореляції підтвердив гіпотезу про наявність тісного прямого зв'язку між щільністю дефектів та камеральними трудовитратами. На основі виявлених закономірностей розроблено лінійну регресійну модель. Вона описує характер зміни трудовитрат (Y) залежно від площі пошкодження фасаду або покрівлі (X):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon \quad (2.2)$$

де β_0, β_1 - теоретичні коефіцієнти лінійної регресії, що знаходяться за методом найменших квадратів;

ϵ - випадкова помилка моделі, що задовольняє передумовам теореми Гаусса-Маркова.

Регресійний аналіз дає можливість прогнозувати необхідний бюджет часу на камеральну обробку результатів ще на етапі попереднього візуального огляду об'єкта, рисунок 2.1.



Рисунок 2.1 Алгоритм математично статистичної обробки даних

Джерело: сформовано автором

Оскільки пряме нормативне регулювання для багатьох умов воєнного стану відсутнє, у роботі застосовано метод експертних оцінок. З метою підтвердження об'єктивності отриманих результатів анкетування фахівців використано коефіцієнт конкордації Кендалла (W). Розрахункова формула за наявності зв'язаних рангів має такий вигляд:

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2 \cdot (n^3 - n) - m \cdot \sum_{j=1}^m T_j} \quad (2.3)$$

де S - сума квадратів відхилень суми рангів кожного фактора від середнього значення рангів:

$$S = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m R_{ij} - \frac{m(n+1)}{2} \right)^2 \quad (2.4)$$

m - кількості залучених до експертизи фахівців;

n - кількість досліджуваних чинників ускладнення робіт;

T_j - показник зв'язаних рангів для j -го експерта, який враховує повторюваність оцінок:

$$T_j = \sum_l (t_l^3 - t_l) \quad (2.5)$$

де t_l - кількість елементів в l -й групі однакових рангів у оцінках j -го експерта. Статистична значущість коефіцієнта конкордації перевіряється за критерієм згоди Пірсона (χ^2). Це дозволяє оцінити рівень узгодженості думок фахівців та верифікувати отримані результати.

Побудова ваг. факторів ускладнення виконана за допомогою методу аналізу ієрархій Томаса Сааті. Для цього будується матриця попарних порівнянь $A = a_{ij}$. Нормований вектор пріоритетів (ваг) $W = [W_1, W_2, \dots, W_n]^T$ знаходять за допомогою розв'язання рівняння на власні значення:

$$A \cdot W = \lambda_{max} \cdot W \quad (2.6)$$

де λ_{max} - максимальне власне значення матриці A . Надійність суджень експертів оцінюється через відношення узгодженості (CR). Розрахункове значення цього показника не повинно перевищувати встановленої межі у 0,10. Метод забезпечує перехід від суб'єктивних експертних переваг до числових вагових коефіцієнтів факторів.

Моделювання тривалості процесів обстеження за умов жорстких обмежень воєнного стану реалізовано із залученням методу PERT. Цей метод базується на бета-розподілі ймовірностей і оперує трьома часовими оцінками: оптимістичною (a), песимістичною (b), та найімовірнішою (m).

Математичне очікування тривалості робіт (t_e) розраховується за такою формулою:

$$t_e = \frac{a+4m+b}{6} \quad (2.7)$$

Дисперсія тривалості процесу (σ^2), що є мірою часової невизначеності робіт, визначається як:

$$\sigma^2 = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2 \quad (2.8)$$

Застосування методу PERT дозволяє розрахувати ймовірність виконання обстежень у задані директивні строки. Це має вирішальне значення для оперативного планування відбудови та координації роботи експертних бригад на багатьох об'єктах одночасно.

Запропонована комплексна методологічна система безпосередньо розкриває та обґрунтовує положення наукової новизни, що виносяться на захист. Кожен метод орієнтований на розв'язання конкретних теоретичних і прикладних завдань дослідження.

Зокрема, для обґрунтування вдосконаленого алгоритму обстеження будівель застосовано системний аналіз та синтез технологічних етапів. Такий підхід дав змогу об'єднати вимоги охорони праці, технічні обмеження та безпекові регламенти в єдиний триетапний алгоритм. Важливою складовою цього методологічного рішення є математично обґрунтований механізм поетапного видання та реалізації результатів. Він уможливорює паралельне виконання протиаварійних заходів і детального обстеження об'єкта рисунок 2.2.



Рисунок 2.2 Триетапні методичні вказівки для технічного обстеження

Джерело: сформовано автором

По-друге, розроблення вдосконаленої класифікації будівель за ступенем руйнувань спирається на методи системної типізації та деталізації дефектів. Декомпозицію традиційних укрупнених груп виконано за результатами натурних обстежень. Це уможливило формалізацію чітких фізичних та геометричних меж для кожної категорії пошкоджень. Як наслідок, суттєво

підвищується надійність оцінювання технічного стану споруд в умовах воєнного стану, рисунок 2.2.

По-третє, формування підходів та вимог до організаційно-методичного інструментарію базується на методах абстрагування та моделювання організаційних процесів. Було виділено ключові вимоги до інструментарію обстеження: адаптивність, безпечність, швидкість та цифрова сумісність. Це дозволило трансформувати емпіричний досвід у регламентовані організаційні нормативи, рисунок 2.2.

Запропонована комплексна система методів дослідження формує цілісний науковий апарат дисертаційної роботи. Поєднання загальнонаукових логічних прийомів із математико-статистичним та експертним аналізом дозволяє мінімізувати суб'єктивні фактори при оцінюванні технічного стану будівель. Розроблені методологічні підходи безпосередньо забезпечують обґрунтування положень наукової новизни дослідження, підвищують безпеку проведення робіт на аварійних об'єктах та створюють надійне математичне підґрунтя для впровадження нових нормативно-методичних вказівок.

2.2 Аналіз критеріїв чинної системи трудовитрат та формування критеріїв для трудовитрат обстеження будівель, пошкоджених внаслідок бойових дій

Організація та технічне планування обстеження будівельних об'єктів безпосередньо залежить від дієвості чинної системи нормування трудовитрат. В інженерній практиці України цей процес регулюється стандартом СОУ Д.1.2-02495431-001:2008 [89]. У цьому підрозділі здійснено детальний технічний аналіз критеріїв діючої системи нормування витрат праці, досліджено механізми розрахунку нормативної трудомісткості та виявлено ключові методологічні суперечності чинної бази при роботі з аварійними спорудами. Також на основі такого аналізу викладено концептуальні засади формування нових критеріїв для оцінювання трудовитрат під час обстеження пошкоджених військовими діями будівель.

Діюча система визначення трудомісткості технічного інспектування будівель регламентується стандартом СОУ Д.1.2-02495431-001:2008 [89]. Розрахунок витрат труда (T_t) на одиницю виміру окремого виду робіт виконується відповідно до пункту 4.4 стандарту за такою залежністю:

$$T_t = T_n \cdot (1 + \sum_{i=1}^n K_{yi}) \cdot K_{ci} \cdot K_{li} \quad (2.9)$$

де T_n - норматив витрат труда на одиницю виміру виду робіт (люд-день);

K_{yi} - коефіцієнт, що враховує фактори, які ускладнюють виконання робіт (Таблиці 1-5 стандарту [89]);

K_{ci} - коефіцієнт, що враховує фактори, які спрощують виконання робіт (наприклад, обсяги за Таблицею 10 та 17);

K_{li} - коефіцієнт, що враховує інші фактори умов виконання робіт.

Аналіз структури нормативних таблиць свідчить, що будівельний об'єм споруди за Таблицею 1 чинить суттєвий вплив на трудомісткість. Із збільшенням будівельного об'єму будівлі від 500 до понад 20000 м³ коефіцієнт R_{yi} поступово знижується від 3,40 до 0,00, відображаючи ефект масштабу. Проте така модель є ефективною лише за умови збереження просторової цілісності та геометричної стабільності всього об'єкта обстеження.

Окреме методологічне значення при нормуванні витрат праці має врахування специфічних умов проведення вишукувань безпосередньо на місці розташування об'єкта. Чинний стандарт СОУ Д.1.2-02495431-001:2008 [89] містить спеціалізовану Таблицю 5 на сторінці 9, яка регламентує підвищувальні коефіцієнти, що враховують ускладнюючі фактори виконання робіт у польових умовах. Зазначені коефіцієнти компенсують шкідливі умови праці у захаращених приміщеннях (коефіцієнт 0,20), підземне розташування чи роботу в умовах наявності аварійних конструкцій (коефіцієнт 0,50).

Відповідно до пункту 4.9 стандарту [89], ускладнюючі коефіцієнти польових умов обов'язково приймаються з урахуванням питомої ваги етапів робіт, наведеної в таблиці 2.2

Таблиця 2.2

Аналіз ускладнюючих факторів польових умов за Таблицею 5 СОУ Д.1.2-02495431-001:2008[89]

№ з/п	Характеристика ускладнюючих факторів за СОУ	Коефіцієнт (K _{yi})	Обмеження застосування у воєнний стан
1	Шкідливі умови праці (шум, пил, гарячі цехи)	0,20 - 0,60	Орієнтовані на працюючі підприємства, а не на завали
2	Робота серед діючого технологічного обладнання	0,20	Не враховує небезпеку обрушення конструкцій
3	Робота в умовах негативних температур та мотлоху	0,20	Не покриває масштабні фізичні перешкоди польоту БПЛА
4	Виконання робіт в умовах наявності аварійних конструкцій	0,50	Не містить диференціації за ступенем загрози обвалу
5	Робота з драбин, вишок або площадок заввишки до 15 м	0,10 - 0,40	Обмежується риштуваннями, не регламентує роботу альпіністів

Джерело: узагальнено автором на основі [89].

Відповідно до пункту 4.9 стандарту [89], ускладнюючі коефіцієнти польових умов обов'язково приймаються з урахуванням питомої ваги етапів робіт, наведеної в таблиці 2.2. Згідно з таблицею 2.3., весь процес обстеження поділяється на чотири чіткі етапи: збирання та аналіз проектної документації (10% від загальної трудомісткості), візуальне або інструментальне обстеження та фіксація дефектів безпосередньо на об'єкті, тобто польові роботи (50%), аналіз та обробка результатів із виконанням обмірних креслень і розрахунків (30%), а також фінальне складання і оформлення технічного висновку (10%). Оскільки польові роботи складають рівно половину від загальної трудомісткості, ускладнюючі коефіцієнти за Таблицею 5 поширюються виключно на цю польову частину вишукувань, що вимагає введення множника 0,50 при їх розрахунку в інтегральних формулах, як це наочно продемонстровано у прикладі Додатка А стандарту.

Проте ці коефіцієнти за Таблицею 2.2 мають жорстко зафіксований характер і розраховані виключно на функціонування об'єктів у нормальних експлуатаційних умовах. Вони не містять динамічних або ймовірнісних параметрів для оцінювання раптових позапроектних руйнувань каркаса та руйнування зв'язків від вибухових навантажень.

Таблиця 2.3

Усереднення відсоткового співвідношення етапів за Таблицею 6 СОУ

Код	Етапи виконання робіт з оцінювання стану будівлі	Питома вага (%)	Характер робіт за стандартом
E1	Збирання та аналіз проектної документації, розробка програми	10	Камерально-підготовчий
E2	Візуальне або інструментальне обстеження (польові роботи)	50	Польовий (фізичний огляд)
E3	Аналіз та обробка результатів обстежень, виконання креслень	30	Камерально-аналітичний
E4	Складання і оформлення технічних висновків про стан будівлі	10	Камерально-звітний

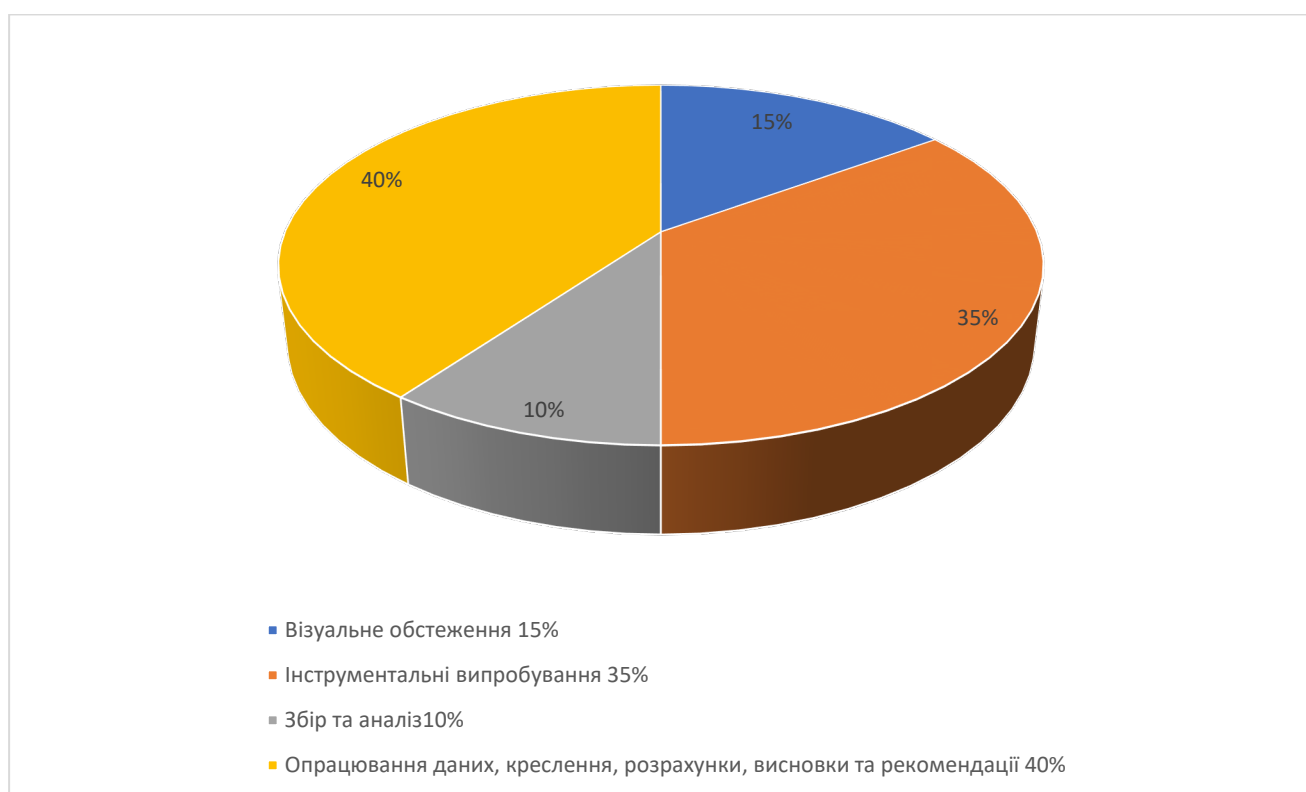
Джерело: сформовано автором на основі [89].

Рисунок 2.3 Загальна трудомісткість технічного обстеження

Джерело: сформовано автором

Для усунення методологічного дефіциту чинної системи нормування СОУ Д.1.2-02495431-001:2008 [89] та забезпечення адекватного покриття трудовитрат в умовах воєнного стану було сформовано систему з семи специфічних ускладнюючих критеріїв.

Першим базовим критерієм є наявність будівельних завалів і масштабних руйнувань. Вони блокують доступ до несучих елементів та потребують взаємодії ДСНС. Другий критерій враховує комбінований характер уражень. Поєднання

динамічного вибухового удару та термічного впливу пожежі збільшує обсяг інструментальних випробувань. Третім критерієм визначено потребу у безконтактному цифровому зборі даних (БПЛА, 3D-сканування). Це зумовлено загрозою прогресуючого обрушення пошкоджених поверхів.

Четвертий критерій передбачає проектування та моніторинг тимчасових кріплень безпосередньо під час обстеження. Такі заходи гарантують безпеку інженерів усередині будівлі. П'ятим критерієм є висока щільність дрібних уламкових дефектів огорожувальних систем. Їх фіксація значно подовжує етап камерального опрацювання креслень. Шостий критерій охоплює безпекові та організаційні обмеження воєнного стану. До них належать погодження допусків та ліміти комендантської години. Сьомим критерієм визначено вимушені простоти через повітряні тривоги. Сформована система критеріїв дає змогу перейти від жорсткого нормативного планування до гнучкого моделювання реального бюджету часу експертів.

Проведений комплексний аналіз довів методологічну обмеженість чинної нормативної системи СОУ Д.1.2-02495431-001:2008. Встановлено, що існуючі критерії нормування трудовитрат орієнтовані на стабільні умови експлуатації та не здатні адекватно оцінити витрати праці при раптових деструктивних змінах розрахункових схем будівель. Сформована нова система з семи специфічних критеріїв трудовитрат усуває виявлений дефіцит та створює науково обґрунтовану основу для впровадження гнучких коригувальних коефіцієнтів в умовах воєнного стану.

2.3 Застосування експертної оцінки в будівництві та формування критеріїв в умовах воєнного стану

Процеси ухвалення рішень у будівництві в умовах воєнного стану супроводжуються високим рівнем невизначеності. Також спостерігається гострий дефіцит підтвердженої статистичної інформації. Раптовий та комбінований характер руйнувань обмежує застосування класичних

детермінованих підходів. За таких умов виникає потреба у використанні експертно-аналітичних методів. У цьому підрозділі досліджено теоретичні засади та організаційні особливості експертного оцінювання в будівельній галузі в особливий період. Окрему увагу приділено концептуальним основам формування специфічних критеріїв. Вони відображають безпекові, технічні та часові обмеження, які виникають під час робіт на пошкоджених об'єктах.

Застосування експертних методів у будівництві базується на теорії багатокритеріального ухвалення рішень. Залучення висококваліфікованих фахівців дає змогу формалізувати їхній практичний досвід. При цьому інтуїтивне розуміння фізики руйнувань трансформується у структуровані кількісні та якісні показники. Цей підхід є незамінним для розв'язання нетипових завдань. Йдеться про випадки, коли відсутні прямі нормативні приписи або накопичена ретроспективна статистика. Особливо гостро така потреба постає під час оцінювання технічного стану конструкцій, що зазнали складних позапроектних впливів.

Якість та достовірність експертного моделювання безпосередньо залежать від методології добору робочої групи. Критеріями формування такої групи виступають професійний досвід, наявність сертифікатів відповідності, науковий ступінь та безпосередня участь у ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, система критеріїв відбору експертів наведена в таблиці 2.4. Завдяки залученню фахівців із високим рівнем компетентності забезпечується репрезентативність вихідних даних. Наступний етап передбачає побудову узгодженої системи критеріїв, що всебічно описують об'єкт дослідження та дозволяють перейти від описового аналізу до точних математичних розрахунків.

Процес формування оціночних критеріїв в умовах воєнного стану вимагає відходу від класичних експлуатаційних параметрів. Нова система критеріїв має відображати не лише фізичний стан матеріалів, але й специфічні зовнішні чинники, що супроводжують роботу інженерів (Додаток Б).

Таблиця 2.4

Система критеріїв відбору експертів та оцінювання їхнього рівня компетентності

Критерій відбору фахівців	Показники оцінювання компетентності	Методологічне значення в дисертації
Професійний стаж роботи	Не менше 10 років практичної діяльності в галузі обстеження	Гарантія обізнаності з реальними процесами деформацій
Наявність сертифікатів	Державний кваліфікаційний сертифікат експерта	Юридична спроможність та фахова відповідність оцінок
Науковий ступінь	Наявність наукових праць, ступеня кандидата чи доктора наук	Здатність до абстрактного моделювання та систематизації
Практичний досвід у воєнний стан	Безпосередня участь в обстеженнях зруйнованих об'єктів	Розуміння специфіки пошкоджень від сучасного озброєння

Джерело: сформовано автором.

До таких чинників належать безпекові загрози, організаційні ліміти, форс-мажорні переривання технологічних процесів та потреба у застосуванні нетипових технологічних рішень безпосередньо під час вишукувань.

Методологічно процес формування критеріїв поділяється на кілька послідовних фаз. На першій фазі здійснюється виявлення та якісний опис усіх можливих чинників впливу на основі аналізу практичних звітів та натурних спостережень. Друга фаза передбачає фільтрацію та групування виявлених чинників з метою усунення дублювання та забезпечення незалежності критеріїв. На третій фазі формується остаточний перелік ускладнюючих факторів, які підлягають подальшій математичній обробці. Запропонований підхід дозволяє створити гнучку систему оцінювання, де кожний виокремлений чинник отримує чітке методологічне обґрунтування та готується до процедури кількісного вимірювання, рисунок 2.4.

Сформована концептуальна модель експертних критеріїв виступає вихідним пунктом для подальших кількісних розрахунків. Для перетворення якісних суджень у точні коефіцієнти трудовитрат та часові прогнози у роботі передбачено застосування складного математичного апарату.

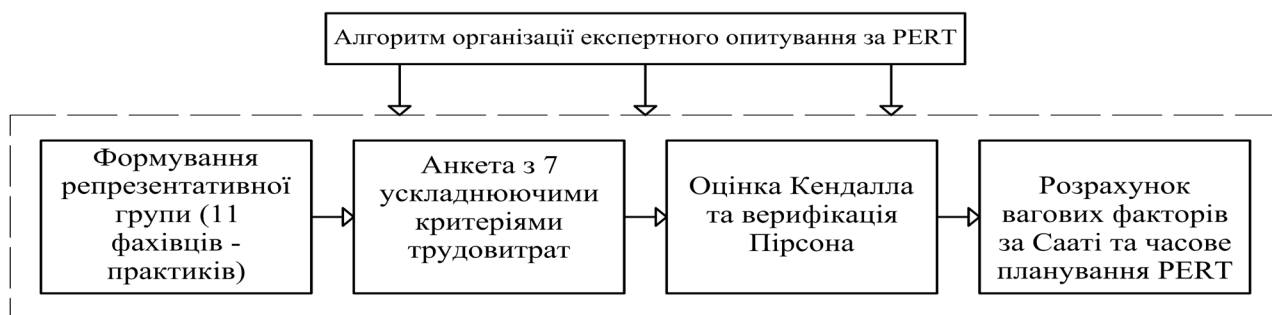


Рисунок 2.4 Алгоритм організації експертного опитування за PERT

Джерело: сформовано автором

Це включає перевірку ступеня згоди фахівців за допомогою коефіцієнта конкордації Кендалла [90], визначення відносних пріоритетів чинників за методом Томаса Сааті [91], а також моделювання часових ризиків на основі бета-розподілу ймовірностей за методом PERT[92].

Детальний математичний аналіз, покроковий розрахунок статистичної значущості експертних оцінок, побудова матриць попарних порівнянь та розробка ймовірнісних моделей розподілу бюджету часу на виконання робіт з обстеження становлять ядро практичної частини дослідження та детально розкриваються у наступному розділі дисертаційної роботи. Такий послідовний виклад забезпечує логічний взаємозв'язок між методологічним обґрунтуванням у другому розділі та прикладними математичними моделями у третій главі.

Проведене дослідження підтвердило обґрунтованість застосування експертно-аналітичного інструментарію як базового методологічного підходу в умовах високої невизначеності воєнного стану. Визначено принципи добору експертної групи та концептуальні засади формування ускладнюючих критеріїв обстеження будівель. Встановлено, що перехід від жорстких нормативних стандартів до експертного оцінювання дозволяє адекватно врахувати динамічні безпекові та організаційні обмеження. Розроблена концептуальна модель створює необхідний теоретичний базис для подальшої математичної формалізації коригувальних коефіцієнтів та моделювання часових параметрів вишукувань у наступних розділах роботи.

2.4 Формування підходів та вимог до організаційно-методичного інструментарію обстеження пошкоджених внаслідок бойових дій будівель

Проведення інженерних вишукувань у зонах ведення активних воєнних дій та ліквідації їхніх наслідків характеризується високим рівнем загрози для виконавців та критичною деформацією несучих каркасів споруд. Класичні інструментальні методики, орієнтовані на виявлення поступового накопичення експлуатаційного зносу, за таких умов стають неефективними та небезпечними. Це обумовлює необхідність концептуального переосмислення будівельної експертизи та формування специфічних підходів і вимог до розроблення організаційно-методичного інструментарію обстеження пошкодженого житлового та громадського фонду. У цьому підрозділі досліджено теоретичні засади розроблення зазначеного інструментарію, виокремлено ключові методологічні підходи та сформовано суворі вимоги до його практичного застосування з метою усунення існуючих технологічних та організаційних суперечностей в особливий період.

Створення адаптивного організаційно-методичного інструментарію обстеження пошкодженого фонду базується на інтеграції трьох фундаментальних науково-практичних підходів, що визначають логіку та технологічні можливості будівельної експертизи.

Першим базовим підходом визначено ризик-орієнтований підхід. Його сутність полягає у переході від детермінованого оцінювання будівельних дефектів до ймовірнісного аналізу стійкості конструктивних систем та безпеки середовища. У рамках цього підходу будівля розглядається не як статична незмінна схема, а як динамічний об'єкт із високим рівнем внутрішньої невизначеності. Перед виконанням будь-яких контактних інструментальних замірів здійснюється обов'язкове картування зон небезпеки та розраховуються критерії стійкості, що забезпечує гнучкість планування робіт за критерієм мінімізації загроз для життя експертів на основі нормативних вимог ДБН В.1.2-14:2018 [93].

Другим підходом встановлено системно-технологічний підхід, який регламентує розгляд процесу обстеження у тісному взаємозв'язку із суміжними етапами життєвого циклу аварійного об'єкта. Організація вишукувань інтегрується у єдиний технологічний ланцюг із невідкладними рятувальними заходами підрозділів ДСНС, оперативною протиаварійною стабілізацією несучих кістяка споруди та подальшим проектуванням капітального відновлення. Це дозволяє уникнути відокремленості інженерних робіт та координувати дії багатьох служб на будівельному майданчику.

Третім підходом визначено інформаційно-цифровий підхід, що передбачає повну відмову від паперового документообігу та укрупнених візуальних звітів на користь побудови цифрових інформаційних моделей будівель (BIM). Цей підхід забезпечує точність фіксації просторових геометричних спотворень, кренів та прогинів несучих конструкцій за допомогою залучення лазерного 3D-сканування та фотограмметрії. Зібрана у такий спосіб просторова інформація стає основою для проведення точних комп'ютерних розрахунків надійності пошкодженого каркаса та його автоматизованої реєстрації в ЄДЕССБ.

Таблиця 2.5

Порівняльний аналіз системних підходів до побудови організаційно методичного інструментарію.

Характеристика підходу	Ризик-орієнтований підхід	Системно-технологічний підхід	Інформаційно-цифровий підхід
Базова концепція	Пріоритет динамічної безпеки персоналу на об'єкті	Інтеграція вишукувань в етапи відновлення будівлі	Побудова цифрових BIM-моделей за хмарами точок
Інструментальна база	Картування небезпечних зон, датчики стабілізації	Тимчасові підпірки, розвантажувальні стійки каркаса	Лазерні 3D-сканери, цифрова фотограмметрія з БПЛА
Результат впровадження	Мінімізація виробничого травматизму та аварій	Технологічна узгодженість робіт з ДСНС та будівельниками	Створення об'єкта аналога

Джерело: сформовано автором

Для успішного виконання покладених завдань в умовах екстремальних військових впливів організаційно-методичний інструментарій технічного інспектування має задовольняти суворій ієрархічній системі специфічних вимог.

Першочерговою та визначальною вимогою сформовано вимогу безумовної безпечності вишукувань. Ця вимога регламентує обов'язковий пріоритет безконтактних дистанційних методів збору геометричних даних (наземного лазерного сканування, аерофотозйомки за допомогою БПЛА) на початкових етапах огляду. Контактні методи випробувань міцності матеріалів допускаються виключно після усунення аварійного стану конструкцій через реалізацію відповідного регламенту, що зводить до мінімуму фізичну присутність людей у зонах можливого обвалення.

Другою вимогою визначено вимогу високої технологічної адаптивності та масштабованості інструментарію. Розроблені організаційні структури та методичні вказівки мають бути придатними для швидкого коригування залежно від конструктивного типу споруди та фактичного ступеня її пошкодження. Інструментарій має забезпечувати можливість динамічного перерахунку бюджету часу безпосередньо в процесі виконання польової фази вишукувань за умов виникнення нових форс-мажорних обставин, таблиця 2.5.

Третьою вимогою встановлено вимогу оперативності та високої швидкості отримання первинних технічних рішень. З огляду на загрозу прогресуючого обвалення деформованих висотних будівель під дією вітрових чи сейсмічних коливань, інструментарій має забезпечувати видачу проміжних висновків щодо протиаварійної стабілізації у мінімально можливих строки (протягом кількох годин після первинного огляду). Це дозволяє швидко розпочати монтаж кріплень паралельно із детальним інструментальним скануванням.

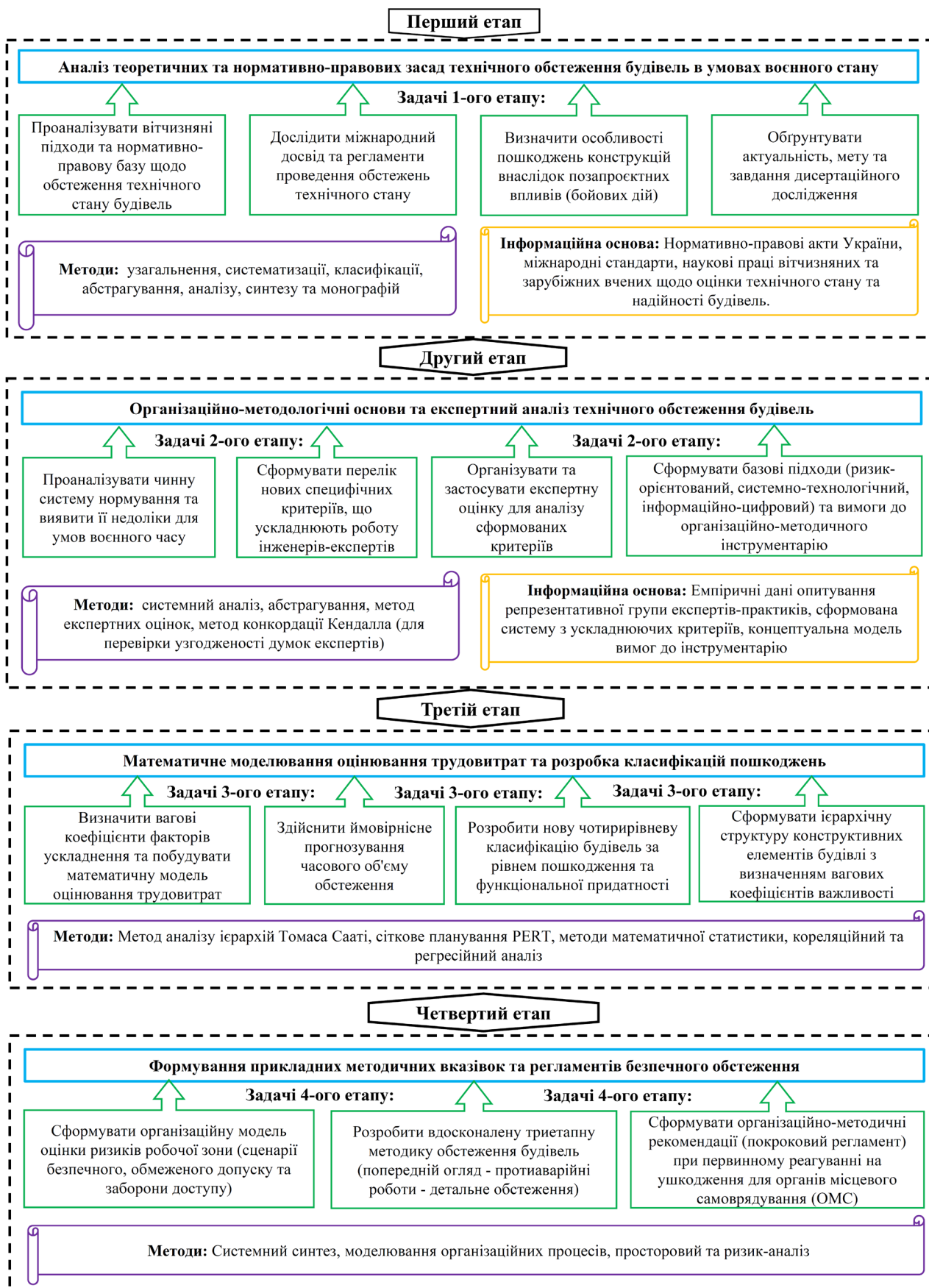


Рисунок 2.4 Структурно логічна схема дослідження

Джерело: сформовано автором

Четвертою вимогою затверджено вимогу повної цифрової сумісності із державними базами даних. Усі вихідні документи, відомості дефектів, акти оглядів та графічні матеріали мають бути уніфіковані для безперешкодного завантаження до Реєстру будівельної діяльності у складі ЄДЕССБ [94]. Це забезпечує оцифрування будівельної галузі України, усуває суб'єктивні фактори оцінювання та прискорює прийняття рішень щодо відбудови зруйнованих регіонів.

У результаті проведеного дослідження було сформовано та науково обґрунтовано концептуальні підходи та організаційно-технічні вимоги до побудови вдосконаленого організаційно-методичного інструментарію обстеження пошкоджених споруд в особливий період. Доведено необхідність інтеграції ризик-орієнтованого, системно-технологічного та інформаційно-цифрового підходів у єдину методологічну систему. Сформовано чотири ключові вимоги до інструментарію - безпечність, адаптивність, оперативність та цифрова сумісність. Отримані результати створюють міцну теоретичну основу для розроблення нових методичних вказівок та виступають необхідним кроком для переходу до побудови розрахункових моделей трудовитрат у наступних розділах дисертаційної роботи, рисунок 2.4.

ВИСНОВКИ ДРУГОГО РОЗДІЛУ

Результати досліджень, викладені у другому розділі, формують ключове методологічне підґрунтя для всієї дисертаційної роботи. Цей етап надав необхідні вихідні дані, критерії та інструменти для подальших практичних розробок:

1. Сформовано робочий математичний апарат дисертації. Поєднання інженерного аналізу з методами математичної статистики (коефіцієнт Кендалла, метод Сааті, сіткове планування PERT) дало змогу перевести описові проблеми руйнувань у точні цифри. Цей апарат став єдиним інструментом для розрахунку нових нормативів трудовитрат у третьому розділі.

2. Виявлено нормативний дефіцит. Доведено повну неефективність чинних норм мирного часу (СОУ Д.1.2-02495431-001:2008) на зруйнованих об'єктах. Застарілі методичні вказівки ігнорують мінну загрозу та ризики обвалів. Натомість створено систему з семи специфічних критеріїв воєнного часу. Вона стала прямою базою для побудови математичної моделі оцінки праці експертів у наступній главі.

3. Обґрунтовано застосування експертного підходу. Через брак історичної статистики щодо сучасних воєнних руйнувань класичне планування не працює. Визначено жорсткі правила відбору кваліфікованих фахівців та перевірки узгодженості їхніх думок. Це забезпечило високу юридичну та наукову достовірність розрахунків тривалості робіт, виконаних у третьому розділі.

4. Задано технічні вимоги для розробки нових методичних вказівок. Доведено необхідність інтеграції ризик-орієнтованого та цифрового підходів. Сформовано чотири базові вимоги до майбутнього інструментарію: безпечність, адаптивність, оперативність та сумісність з ЄДЕССБ. Саме ці параметри лягли в основу розробки вдосконаленого триетапного алгоритму обстеження та інструкцій для місцевих громад у четвертому розділі.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ОРГАНІЗАЦІЙНО МЕТОДИЧНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ ОЦІНЮВАННЯ ТРУДОВИТРАТ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ОБСТЕЖЕННЯ

3.1 Формування принципів методичних вказівок для проведення обстеження будівель, пошкоджених внаслідок бойових дій

Ефективність практичного впровадження розроблених критеріїв трудовитрат безпосередньо залежить від дієвості організаційно-технологічного середовища, в якому виконуються інженерні дослідження. Проведення обстежень будівель, що зазнали пошкоджень унаслідок військових впливів, вимагає формування чітких, науково обґрунтованих принципів побудови деталізованих методичних вказівок. У цьому підрозділі здійснено розробку організаційно-методологічних засад, на яких базується удосконалені триетапні методичні вказівки обстеження. Сформовано базові принципи організації робіт та розроблено покрокові вказівки для кожної фази дослідження об'єктів. Це забезпечує системний зв'язок між нормуванням трудовитрат та безпосереднім виконанням робіт на аварійних будівельних майданчиках.

Розробка удосконалених методичних вказівок обстеження будівельних конструкцій базується на чотирьох фундаментальних принципах, які визначають логіку та безпеку виконання робіт в особливий період.

Першим і визначальним принципом встановлено принцип пріоритету динамічної безпеки персоналу. Оцінювання надійності та конструктивної безпеки споруд під час аварійних деформацій базується на вимогах ДБН В.1.2-14:2018 [93]. Згідно з цим принципом, проведення будь-яких детальних інструментальних або обмірних робіт на об'єкті експертам де-факто забороняється до моменту повного усунення загрози раптового прогресуючого обвалення несучих конструкцій. Оцінювання ризиків обрушення виконується дистанційно на початковій стадії. За наявності найменших ознак втрати стійкості робочий процес негайно призупиняється для монтажу підтримуючих пристроїв.

Другим принципом сформовано принцип паралельного поетапного проектування та стабілізації. Традиційні лінійні регламенти мирного часу передбачають розробку проектних рішень з підсилення лише після завершення всього циклу вишукувань та випуску фінального технічного звіту. Для умов військових руйнувань такий підхід є неприпустимим. Аварійний об'єкт може зруйнуватися під час тривалого камерального опрацювання даних. Відповідно до нового принципу, розробка та втілення локальних протиаварійних рішень здійснюються безпосередньо під час обстеження у вигляді окремого, юридично та технологічно відокремленого етапу.

Третім принципом визначено принцип технологічної адаптивності та безконтактності. Цей принцип вимагає гнучкого коригування складу інструментальних методів залежно від рівня безпеки та доступу до конструкцій. Замість класичних ручних методів механічного контролю пріоритет віддається дистанційним цифровим технологіям. До них належать лазерне 3D-сканування, безпілотне аерознімання та фотограмметрія з БПЛА. Це дозволяє збирати первинну просторову інформацію з безпечної відстані. Завдяки цьому суттєво прискорюються вишукування на початкових етапах.

Четвертим принципом затверджено принцип цифрової інтеграції та сумісності з державними інформаційними системами. Цей принцип регламентує, що всі результати обстеження, включаючи відомості дефектів, фотофіксацію та категорії пошкоджень, мають бути уніфіковані та адаптовані для негайного завантаження до Реєстру будівельної діяльності у складі Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва (ЄДЕССБ). Це забезпечує високу швидкість передачі даних уповноваженим органам для прийняття оперативних рішень щодо відновлення чи демонтажу об'єктів.

Практичне впровадження розроблених методичних вказівок здійснюється за чіткою триетапною схемою. Для кожної її фази розроблено деталізовані методичні вказівки щодо послідовності та змісту дій інженерних бригад.

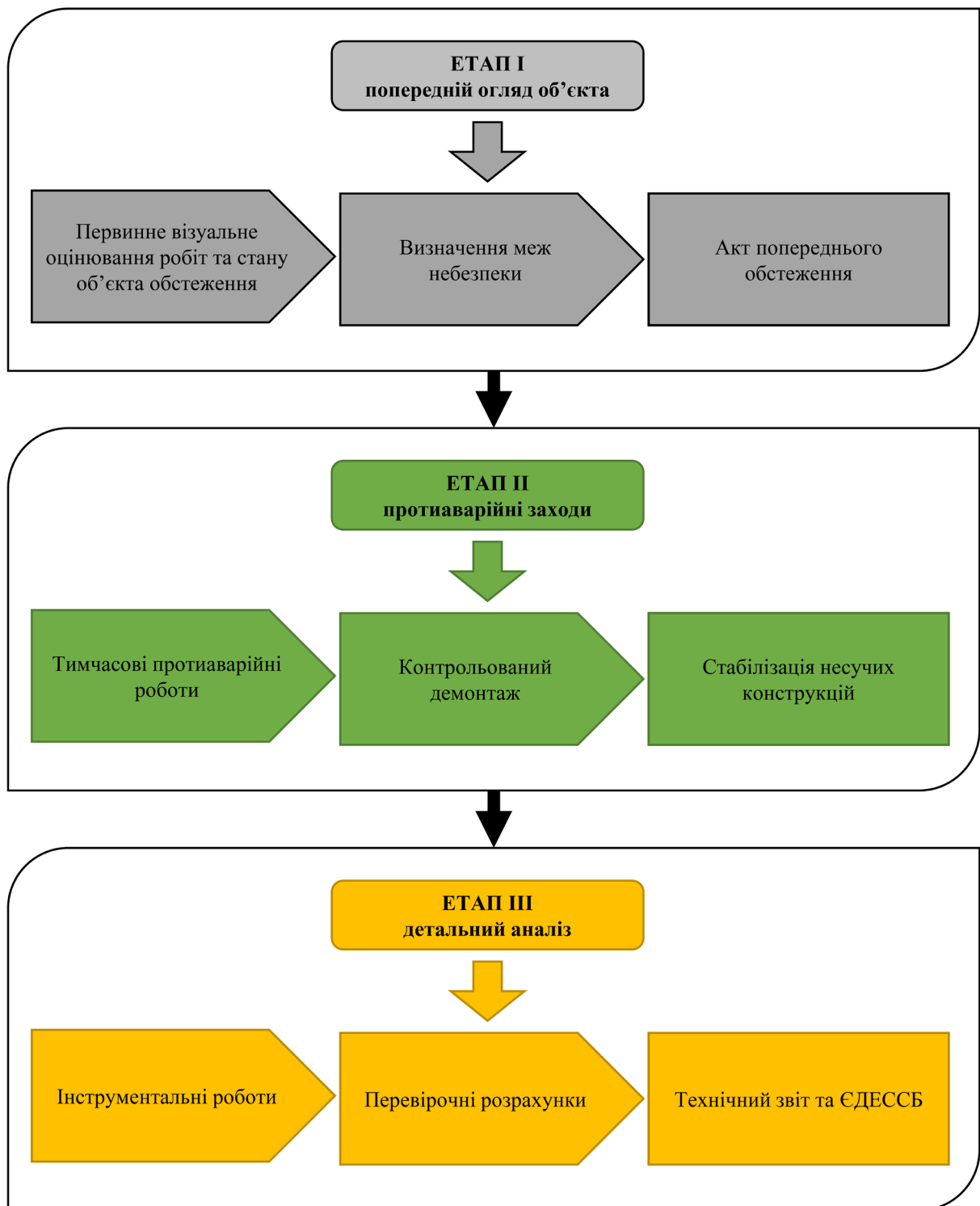


Рисунок 3.1 Схема триетапних методичних вказівок до технічного обстеження

Джерело: сформовано автором

Порівняльний аналіз стандартного лінійного та вдосконаленого регламенту обстеження дозволяє виділити суттєві організаційно-технологічні

переваги останнього в умовах ліквідації наслідків військових руйнувань, таблиця 3.1.

Таблиця 3.1

Порівняння структурних параметрів стандартного та вдосконаленого регламентів обстеження

Параметр порівняння структури	Стандартний регламент (мирний час)	Вдосконалений регламент (воєнний час)
Характер технологічного процесу	Послідовний, лінійний без зворотних зв'язків	Паралельний, циклічний із петлями безпеки
Пріоритет фази протиаварійних робіт	Виконуються після повного завершення обстеження	Виконуються як невідкладний етап перед детальним оглядом
Методи збору просторових даних	Стандартні контактні вимірювальні прилади	Дистанційні безконтактні методи (БПЛА, лазерне сканування)
Реєстрація та кодифікація результатів	Паперові звіти, внесення в локальні архіви	Обов'язкова оцифровка та внесення в бази ЄДЕССБ
Рівень безпеки персоналу	Розрахований на нормальні експлуатаційні умови	Максимальний, за рахунок обов'язкової стабілізаційної фази

Джерело: сформовано автором на основі[1-15]

Методичні вказівки до Етапу I (попередній огляд) передбачають першочергове виконання зовнішнього візуального обстеження будівлі по периметру. Метою є виявлення видимих ознак деформацій та часткових руйнувань стін відповідно до Порядку виконання невідкладних робіт № 473 [8]. Встановлюються зони можливого падіння уламків та нависаючих елементів конструкцій. Межі цих зон обов'язково позначаються на генеральному плані об'єкта. Проводиться дистанційне фотографування зон пошкоджень та оцінюється можливість безпечного доступу всередину будівлі. Результатом цього етапу є складання акту комісійного обстеження з чітким висновком про можливість допуску персоналу для виконання подальших робіт та визначення зон, які потребують першочергової стабілізації.

Методичні вказівки до Етапу II (протиаварійні роботи) регламентують послідовність дій з усунення аварійного стану об'єкта. На основі акту попереднього огляду інженерами розробляються оперативні креслення та розрахункові схеми тимчасових підтримуючих систем. Спільно з рятувальними підрозділами ДСНС виконується контрольоване розчищення завалів у зонах

встановлення підпірних рам та стійок. Проводиться безпосередній монтаж металевих чи дерев'яних кріплень деформованих плит перекриття. Також здійснюється демонтаж нависаючих та нестійких елементів конструкцій, які не підлягають відновленню. Роботи цього етапу вважаються завершеними після підписання акту про виконання протиаварійних заходів та стабілізацію загальної несучої схеми будівлі.

Методичні вказівки до Етапу III (Детальне обстеження) визначають порядок виконання інструментальних випробувань та камерального опрацювання матеріалів за діючою вітчизняною Методикою № 65 [95]. Після повної стабілізації об'єкта інженери отримують безпечний доступ до внутрішніх приміщень для виконання точних геометричних обмірів, шурфування фундаментів та інструментального випробування міцності матеріалів неруйнівними методами. На основі зібраних просторових даних розробляється комп'ютерна BIM-модель будівлі з урахуванням виявлених геометричних деформацій, прогинів та кренів. Проводяться перевірочні розрахунки несучої здатності пошкодженого каркаса та формуються рекомендації щодо подальшої експлуатації. Готовий технічний звіт підлягає обов'язковому оцифруванню та реєстрації в ЄДЕССБ.

У результаті проведеного дослідження було сформовано та теоретично обґрунтовано принципи побудови модернізованих триетапних методичних вказівок технічного обстеження будівель, пошкоджених внаслідок бойових дій. Розроблені методичні вказівки передбачають послідовне виконання фаз попереднього огляду, протиаварійної стабілізації конструктивних елементів та наступного детального інструментального вишукування. Запропоновано організаційно-методичні вказівки для кожної фази дослідження, що забезпечує надійний взаємозв'язок між нормуванням праці та безпечним виконанням робіт на майданчику. Такий підхід усуває лінійну невизначеність вишукувань та створює стійку технологічну схему будівельної експертизи в особливий період.

3.2 Вдосконалення методичних підходів обстеження пошкоджених внаслідок бойових дій будівель

Проведення обстежень будівель у зонах руйнувань висуває підвищені вимоги до гнучкості та надійності методичного інструментарію. Традиційні лінійні методики орієнтовані на повільне та безпечне формування зносу конструкцій, що повністю суперечить реаліям аварійного стану об'єктів. У цьому підрозділі розглянуто напрями вдосконалення методичних підходів до технічного інспектування пошкоджених будівельних об'єктів. Обґрунтовано впровадження нових інструментальних схем та розроблено математичний критерій, який дозволяє об'єктивно оцінити рівень небезпеки перед початком контактних досліджень у зоні вишукувань.

Основним методичним вдосконаленням є перехід від суто локальних контактних випробувань до системних безконтактних вимірювань просторової геометрії на початкових етапах. Традиційні методи ультразвукового сканування та механічного зондування міцності бетону вимагають тривалого перебування інженерів безпосередньо біля деформованих опор. Запропонований підхід передбачає першочергову побудову детальної просторової хмари точок за допомогою наземного лазерного 3D-сканування та аерознімання БПЛА. Камеральне зшивання отриманих даних та подальший автоматизований аналіз деформаційних відхилень дозволяє виявити зони граничних прогинів і критичних кренів стін безпосередньо перед виходом персоналу на об'єкт. Це значно прискорює камеральну фазу та виключає похибки людського чинника під час фіксації масштабних дефектів.

Наступним методичним вдосконаленням є поєднання неруйнівних випробувань міцності з математичним моделюванням деструктивних змін макроструктури матеріалів під впливом надвисоких температур пожеж. Інтеграція результатів склерометричних випробувань та ультразвукового прозвучування у розрахункові комплекси дозволяє з високою точністю відтворити реальний напружено-деформований стан пошкоджених рам і пілонів.

Для об'єктивного переходу від фази протиаварійних робіт (Етап II) до детальних інструментальних випробувань (Етап III) запропоновано використовувати математичний критерій стабілізації несучої системи. Цей критерій базується на розрахунку інтегрального коефіцієнта безпеки робочої зони ($K_{без}$), який визначається як відношення фактичного опору підсиленних конструкцій до діючих навантажень з урахуванням динамічних впливів можливих повторних зсувів завалів:

$$K_{без} = \frac{\sum_j^L R_{фак,j}}{\sum_{i=1}^P F_{лдіюче,i} \cdot \gamma_{дин}} \quad (3.1)$$

де $R_{фак,j}$ - фактична несуча здатність j -го стабілізаційного підсилення (металевої стійки, рами, розкріплення);

$F_{лдіюче,i}$ - розрахункове навантаження від пошкоджених конструкцій, що обпираються на підсилення;

$\gamma_{дин}$ - коефіцієнт динамічності, розрахований за загальними вимогами надійності будівельних конструкцій ДБН В.1.2-14:2018 [93], що враховує ризики раптових зсувів завалів у процесі робіт ($\gamma_{дин} = 1,2 \div 1,35$);

L, P - відповідно кількість змонтованих елементів кріплення та точок прикладання навантажень.

Перехід до детального інструментального обстеження дозволяється лише за умови виконання нерівності:

$$K_{без} \geq [K_{доп}] \quad (3.2)$$

де $[K_{доп}]$ - гранично допустиме значення коефіцієнта безпеки, встановлене вимогами охорони праці для умов аварійних об'єктів ($[K_{доп}] = 1,4$). Такий математичний підхід гарантує безпеку праці інженерних бригад та забезпечує методологічну точність результатів обстеження.

У межах проведеного дослідження здійснено вдосконалення методичних підходів до проведення вишукувань на аварійних об'єктах. Обґрунтовано доцільність безконтактного просторового сканування перед виконанням прямих механічних випробувань дефектних елементів. Запропоновано математичний критерій стабілізації несучої системи споруди на основі розрахунку коефіцієнта

безпеки робочої зони ($K_{без}$). Розрахована модель дозволяє об'єктивно оцінити надійність тимчасового кріплення конструкцій та мінімізувати ризики раптового прогресуючого обвалення деформованого каркаса під час безпосереднього проведення польових вишукувань інженерними бригадами.

3.3 Формування критеріїв для трудовитрат обстеження будівель, пошкоджених внаслідок бойових дій

Точність планування та ефективність організації інженерних вишукувань безпосередньо залежать від повноти та об'єктивності врахування умов виконання робіт на об'єкті. За умов ліквідації наслідків військових руйнувань виникає потреба у формуванні нової, адаптивної системи оціночних критеріїв, що відображають специфічні особливості аварійного стану будівельних конструкцій. У цьому підрозділі здійснено системне виокремлення та детальний опис семи ключових організаційно-технологічних критеріїв, що безпосередньо впливають на збільшення трудовитрат інженерно-технічного персоналу. Обґрунтовано фізичну та організаційну природу кожного чинника, а також закладено математичне підґрунтя для їх подальшої інтеграції в інтегральну модель оцінювання трудомісткості робіт.

Для усунення методологічного дефіциту чинної системи нормування СОУ Д.1.2–02495431-001:2008 [89] та загальних рекомендацій ДСТУ Б В.1.2-18:2016 [3] було сформовано систему з семи специфічних ускладнюючих критеріїв, які супроводжують процеси обстеження у воєнний період. Кожен критерій відповідає конкретному фізичному пошкодженню або організаційному ліміту та має індивідуальний характер впливу на бюджет часу інженерів.

Першим базовим критерієм визначено наявність будівельних завалів та значних локальних руйнувань конструкцій об'єкта (K_1). Фізична сутність цього чинника полягає у механічному блокуванні підходів до несучих елементів каркаса будівлі фрагментами зруйнованих стін, плит перекриття та інженерних комунікацій. З організаційної точки зору цей критерій вимагає значних

додаткових трудовитрат на координацію дій із підрозділами Державної служби України з надзвичайних ситуацій, проведення додаткових підготовчих робіт з очищення проходів та розроблення індивідуальних безпекових маршрутів для пересування персоналу з вимірювальними приладами, що суттєво затягує польову фазу обмірів.

Другим критерієм встановлено комбінований характер ураження будівельних конструкцій (K_2), що поєднує безпосередній динамічний вибуховий удар та тривалий високотемпературний термічний вплив пожежі. Фізичні наслідки такого впливу виражаються у деструкції макроструктури бетону, утворенні мережі прихованих мікротріщин, відколюванні захисного шару та погіршенні зчеплення робочої арматури з бетоном. Оцінювання залишкової несучої здатності за таких умов вимагає геометричного збільшення обсягів детального інструментального контролю неруйнівними методами. Потреба у додатковому ультразвуковому скануванні та склерометричних випробуваннях на великих площах призводить до лавиноподібного зростання витрат часу на фазі польових досліджень.

Третім критерієм визначено потребу у застосуванні безконтактних цифрових методів збору геометричних даних (K_3). За наявності критичних пошкоджень верхніх поверхів висотних споруд прямий фізичний доступ інженерів у зону вишукувань є смертельно небезпечним через загрозу раптового прогресуючого обвалення. Це зумовлює залучення безпілотних літальних апаратів для фотограмметрії та наземного лазерного 3D-сканування. Незважаючи на автоматизацію польового етапу, подальше опрацювання великих масивів хмар точок, їх зшивання та побудова на їх основі високоточних інформаційних моделей будівель (BIM) у камеральних умовах потребує суттєвого залучення інтелектуального ресурсу та додаткового часу висококваліфікованих інженерів-проектувальників.

Четвертим організаційно-технологічним критерієм сформовано проектування та моніторинг тимчасових підсилень (K_4). Наявність деформованих елементів каркаса, що перебувають у стані граничної рівноваги,

унеможливиює безпечне перебування дослідників усередині будівлі. Організація тимчасових підпірних систем та розрахунок параметрів жорсткості елементів виконуються відповідно до вимог ДБН В.1.2-14:2018 [93]. Експертна група змушена безпосередньо в процесі огляду швидко проектувати та розраховувати схеми першочергового тимчасового кріплення (металевих рамних конструкцій розкріплення, підпірних тимчасових опор). Наступний детальний інструментальний контроль допускається лише після фізичного монтажу та перевірки надійності цих захисних систем, що повністю змінює класичний лінійний графік робіт та збільшує трудовитрати.

П'ятим критерієм визначено масштабність та високу щільність дрібних дефектів (K_5). Вибухова хвиля та осколкові ураження викликають утворення тисяч точкових руйнувань огорожувальних конструкцій, віконних блоків, покрівель та фасадних теплоізоляційних систем. Фіксація, кодування та обмір кожного такого дефекту, а також їх подальше нанесення на графічні схеми та внесення до детальних дефектних відомостей призводять до колосального збільшення обсягів камеральних креслярських робіт, які не покриваються стандартними нормами проектування.

Шостим критерієм виокремлено організаційні та безпекові обмеження воєнного стану (K_6). Виконання робіт у зоні ліквідації наслідків військових дій супроводжується тривалими процедурами погодження допусків з військовими адміністраціями, отриманням дозволів на зйомку та проходженням інструктажів з мінної безпеки. Окрім цього, тривалість робочого дня на об'єкті жорстко лімітується дією комендантської години, що виключає можливість організації безперервних добових циклів моніторингу деформацій та стискає ефективний робочий час інженерних бригад.

Сьомим форс-мажорним критерієм визначено постійні переривання технологічних процесів через сигнали загальної небезпеки (K_7). Необхідність евакуації експертної групи до найближчих укриттів під час повітряних тривог перериває безперервні вимірювальні цикли, призводить до потреби повторного калібрування чутливих приладів та викликає непередбачувані часові простой

дорогої спецтехніки (автовишок, підйомників), суттєво зтягуючи фактичні строки польових робіт та збільшуючи накладні витрати організації.

Зведена структура сформованих критеріїв та характер їх взаємодії з етапами інженерних вишукувань дозволяє представити інтегральний показник складності як функцію від багатьох змінних. Математична формалізація процесу формування інтегрального коефіцієнта трудовитрат (K_{int}) базується на виявленні ступеня прояву кожного критерію з використанням багатокритеріального підходу Томаса Сааті [91] та описується такою загальною залежністю:

$$K_{int} = f(K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7) \quad (3.3)$$

Для практичного використання у нормативних розрахунках трудовитрат запропоновано модель, де кожен фактор ускладнення (K_i) вводиться у розрахунок через бінарний індикатор його фізичної наявності на об'єкті $\delta_i \in \{0; 1\}$ та ваговий коефіцієнт пріоритетності (W_i):

$$K_{int} = 1 + \sum_{i=1}^7 W_i \cdot (K_i - 1) \cdot \delta_i \quad (3.4)$$

Така структура моделі дозволяє гнучко адаптувати нормативні трудовитрати до фактичного стану кожного конкретного пошкодженого об'єкта, забезпечуючи високу точність планування обстеження.

Таблиця 3.2

Зв'язок сформованих критеріїв трудовитрат із етапами методичних вказівок обстеження

Код критерію	Назва критерію трудовитрат	Характер впливу на технологічний процес	Основний етап прояву за регламентом
K1	Завали та локальні руйнування	Обмеження фізичного доступу, підготовчі роботи	Польовий (обмірний)
K2	Комбіноване ураження (вибух + пожежа)	Деструкція мікроструктури, обсяг випробувань	Інструментальний
K3	Безконтактні цифрові методи	Обробка хмар точок, ВІМ-моделювання	Камеральний
K4	Тимчасові протиаварійні підсилення	Оперативне проектування кріплень, моніторинг	Проектувальний
K5	Щільність та масштаб дрібних дефектів	Лавиноподібне зростання обсягів креслень	Камеральний

К6	Обмеження воєнного стану	Скорочення ефективного робочого часу бригади	Організаційний
К7	Форс-мажорні переривання (тривоги)	Простої техніки, розкалібрування приладів	Польовий / Камеральний

Джерело: сформовано автором

У результаті проведеного аналізу розроблено адаптивну систему з семи специфічних ускладнюючих критеріїв трудовитрат для оцінювання трудомісткості робіт в умовах воєнного стану, таблиця 3.2. Ці критерії відображають як фізичний стан конструкцій, так і організаційно-безпекові обмеження середовища. Запропоновано математичну модель розрахунку інтегрального коефіцієнта складності робіт із використанням бінарних індикаторів наявності дефектів на об'єкті. Створена модель забезпечує високу точність планування трудовитрат, усуваючи ризики недооцінки трудовитрат для експертних організацій та забезпечуючи стабільність відновлювальних робіт.

3.4 Математичне моделювання оцінювання трудовитрат інженерів – експертів

Розробка та обґрунтування підвищувальних коефіцієнтів в умовах воєнного стану вимагають залучення надійного математичного апарату, здатного перетворювати суб'єктивні судження досвідчених практиків на вихідні числові параметри нормативних моделей. У цьому підрозділі виконано повний цикл математичного моделювання трудовитрат інженерів-експертів на основі результатів анкетування репрезентативної групи з одинадцяти провідних фахівців. Проведено детальний статистичний розрахунок коефіцієнта конкордації Кендалла з урахуванням поправки на зв'язані ранги та здійснено оцінку його статистичної значущості за критерієм відповідності Пірсона. Із залученням методу аналізу ієрархій Томаса Сааті побудовано матрицю попарних порівнянь і визначено вагові пріоритети ускладнюючих факторів. Наведено покроковий розрахунок інтегрального коефіцієнта для конкретного проектного

випадку та розроблено модель ймовірнісного прогнозування часового бюджету вишукувань за методом PERT.

Для проведення дослідження було розроблено спеціалізовану анкету експертного оцінювання. Одинадцять експертів, які володіють значним досвідом інспектування та обстеження пошкоджених споруд, надали індивідуальні оцінки величини підвищувальних коефіцієнтів ($K_1 \div K_7$) для семи ключових факторів ускладнення робіт. Отримані унікальні відповіді, а також усереднені групові показники та статистичні відхилення для кожного фактора представлені у зведених відомості.

Таблиця 3.3.

Матриця індивідуальних оцінок підвищувальних коефіцієнтів експертною групою

№	Фактор ускладнення	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	Усереднене значення (K_i)	Статистичне відхилення
K1	Завали	1,15	1,30	1,15	1,15	1,30	1,15	1,15	1,30	1,15	1,15	1,30	1,20	0,0757
K2	Комбіноване ураження	1,10	1,25	1,25	1,10	1,25	1,10	1,25	1,25	1,10	1,25	1,25	1,20	0,0757
K3	БПЛА та 3D-сканування	1,25	1,40	1,40	1,25	1,40	1,25	1,40	1,40	1,25	1,40	1,40	1,35	0,0757
K4	Тимчасове підсилення	1,15	1,15	1,25	1,25	1,15	1,25	1,25	1,15	1,25	1,15	1,25	1,20	0,0522
K5	Дрібні пошкодження	1,35	1,20	1,35	1,35	1,20	1,35	1,35	1,20	1,35	1,35	1,20	1,30	0,0757
K6	Організаційні етапи	1,10	1,20	1,20	1,10	1,20	1,20	1,10	1,20	1,20	1,10	1,20	1,16	0,0505
K7	Повітряні тривоги	1,20	1,20	1,10	1,20	1,20	1,10	1,20	1,20	1,20	1,10	1,20	1,17	0,0467

Джерело: сформовано автором

Аналіз відображених у таблиці 3.3 результатів підтверджує стійкість оцінок та незначну амплітуду коливань навколо математичного очікування, що свідчить про високу якість добору респондентів та однаковість умов практичної діяльності експертів у межах досліджуваного регіону вишукувань.

Для верифікації надійності думок одинадцяти експертів ($m = 11$), які оцінювали за ступенем впливу на трудомісткість робіт сім виділених

організаційно-технічних чинників ускладнення ($n = 7$), було реалізовано процедуру розрахунку коефіцієнта конкордації Кендалла (W). Ранжування виконувалося індивідуально для кожного експерта на основі отриманих числових значень. Аналіз матриці індивідуальних рангів виявив наявність зв'язаних рангів у відповідях експертів, що зумовило обчислення суми показників повторюваності рангів для кожного фахівця. У результаті статистичної обробки було отримано сумарну величину поправки на зв'язані ранги $\sum T_j = 174,00$, а сума квадратів відхилень індивідуальних рангів кожного чинника від середнього значення рангів склала $S = 1438,50$.

Обчислення коефіцієнта конкордації Кендалла з урахуванням виявлених зв'язаних рангів здійснюється за такою математичною залежністю:

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2 \cdot (n^3 - n) - m \cdot \sum_{j=1}^m T_j} \quad (3.5)$$

Підставляючи отримані числові значення проміжних параметрів у базову формулу, одержано такий результат:

$$\begin{aligned} W &= \frac{12 \cdot 1438,5}{11^2 \cdot (7^3 - 7) - 11 \cdot 174,00} = \frac{17262}{121 \cdot 336 - 1914} = \frac{17262}{40656 - 1914} = \\ &= \frac{17262}{38742} = 0,446 \end{aligned} \quad (3.6)$$

Значення коефіцієнта конкордації ($W \approx 0,446$) вказує на наявність стійкої та достатньої групової узгодженості думок експертної групи відповідно до загальноприйнятих шкал статистичного оцінювання. Для підтвердження статистичної значущості цього показника згоди було використано критерій відповідності Пірсона (χ^2), розрахункове значення якого визначається як:

$$\chi_{\text{розр}}^2 = m \cdot (n - 1) \cdot W = 11 \cdot (7 - 1) \cdot 0,44556 \approx 29,41 \quad (3.7)$$

Отримане розрахункове значення критерію згоди ($\chi_{\text{розр}}^2 \approx 29,41$) було зіставлено з табличним значенням для числа ступенів свободи $f = n - 1 = 6$ та заданого довірчого рівня значущості $\alpha = 0,05$. Оскільки критичне табличне значення становить $\chi_{\text{крит}}^2 = 12,592$, фіксується виконання нерівності:

$$\chi_{\text{розр}}^2 = 29,41 > \chi_{\text{крит}}^2 = 12,592 \quad (3.8)$$

Це дає повне статистичне та методологічне право з імовірністю понад 95% відхилити нульову гіпотезу про випадковий характер розподілу експертних рангів та вважати отримані результати опитування повністю достовірними та придатними для подальшого математичного моделювання трудовитрат.

Для переходу від рангів узгодженості до кількісної оцінки вагового внеску кожного окремого чинника у структуру трудовитрат було використано метод аналізу ієрархій Томаса Сааті. Було побудовано матрицю попарних порівнянь розмірністю 7×7 , де порівняння факторів виконувалося за класичною шкалою від 1 до 9. Шляхом обчислення геометричного середнього для кожного рядка матриці та подальшого їх нормування було отримано вектор пріоритетів (вагових коефіцієнтів) W_i . Перевірка надійності суджень виконувалася за допомогою розрахунку відношення узгодженості (CR), величина якого склала $CR = 0,064$, що не перевищує гранично допустимого значення у 0,10 та підтверджує математичну строгість моделі.

Таблиця 3.4

Матриця попарних порівнянь факторів ускладнення за методом Сааті

Код	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	Середнє (K_i)	Вага (W_i)
K1	1	0,5	2	0,50	3	4	1	1,2917	0,151
K2	2	1	3	1	4	5	2	2,1879	0,256
K3	0,50	0,33	1	0,33	2	3	0,50	0,7742	0,091
K4	2	1	3	1	4	5	2	2,1879	0,256
K5	0,33	0,25	0,50	0,25	1	2	0,33	0,4917	0,057
K6	0,25	0,20	0,33	0,20	0,50	1	0,25	0,3289	0,038
K7	1	0,50	2	0,50	3	4	1	1,2917	0,151
Сума	-	-	-	-	-	-	-	8,5540	1,0000

Джерело: сформовано автором

Аналіз отриманих параметрів, наведених у таблиці 3.4, свідчить, що найбільший вплив на структуру трудовитрат мають чинники K2 (комбінований характер ураження - вага 0,256) та K4 (необхідність тимчасового підсилення - вага 0,256). Це безпосередньо вказує на те, що фізичне пошкодження внутрішньої структури бетону та розроблення протиаварійних рам є найбільш трудомісткими процесами в сучасній практиці обстеження.

На основі отриманих значень підвищувальних коефіцієнтів та розрахованих вагових коефіцієнтів за методом Сааті, математична модель інтегрального коефіцієнта трудовитрат (K_{int}) для будь-якого об'єкта обстеження з урахуванням індикатора наявності дефектів (δ_i) набуває такого конкретного вигляду:

$$K_{int} = 1 + 0,151 \cdot (K_1 - 1) \cdot \delta_1 + 0,256 \cdot (K_2 - 1) \cdot \delta_2 + 0,091 \cdot (K_3 - 1) \cdot \delta_3 + 0,256 \cdot (K_4 - 1) \cdot \delta_4 + 0,057 \cdot (K_5 - 1) \cdot \delta_5 + 0,038 \cdot (K_6 - 1) \cdot \delta_6 + 0,151 \cdot (K_7 - 1) \cdot \delta_7 \quad (3.9)$$

Для оцінювання трудовитрат на обстеження реального об'єкта житлового будівництва, пошкодженого внаслідок бойових дій, було проведено розрахунок K_{int} за умов наявності більшості виявлених факторів ускладнення, окрім потреби у залученні безконтактних методів обмірів ($\delta = [1, 1, 0, 1, 1, 1, 1]$). Покрокова калькуляція приросту трудовитрат представлена у розрахунковій формі.

Таблиця 3.5.

Покроковий розрахунок інтегрального коефіцієнта складності обстеження

Код	Вага (W_i)	Середнє (K_i)	Наявність (δ_i)	Приріст трудовитрат $W_i \cdot (K_i - 1) \cdot \delta_i$
K1	0,15	1,20	1	0,0309
K2	0,26	1,20	1	0,0500
K3	0,09	1,35	0	0,0000
K4	0,26	1,20	1	0,0523
K5	0,06	1,30	1	0,0170
K6	0,04	1,16	1	0,0063
K7	0,15	1,17	1	0,0261
Сума	-	-	-	$K_{int} = 1,1826$

Джерело: сформовано автором

Розраховане інтегральне значення коефіцієнта складності становить $K_{int} = 1,1826$, що обумовлює необхідність збільшення нормативного часу на виконання робіт з обстеження об'єкта на **18,26 %** порівняно з базовими показниками мирного часу.

Ураховуючи високий рівень стохастичної невизначеності умов воєнного стану, що викликає вимушені простої та технологічні зупинки під час повітряних

тривог, планування тривалості обстеження за жорсткими детермінованими графіками є неефективним. Для створення надійного інструменту часового прогнозування в роботі застосовано метод PERT. Метод базується на бета-розподілі ймовірностей і оперує трьома часовими оцінками: оптимістичною тривалістю виконання робіт за сприятливих умов (a), песимістичною тривалістю з урахуванням форс-мажорів та тривог (b), та найімовірнішою тривалістю за стандартного перебігу процесів (m).

За вихідні дані розрахунку прийнято базовий час обстеження за СОУ в обсязі 10 годин. Вірогідний (найімовірніший) час виконання робіт з урахуванням виявлених факторів ускладнення становить $t_m = 10 \cdot 1,1826 = 11,826$ годин. Опитування одинадцяти експертів дозволило сформулювати індивідуальні прогнози песимістичних та оптимістичних меж часового бюджету вишукувань, таблиця 3.6.

Таблиця 3.6

Індивідуальні оцінки та очікувані параметри тривалості робіт за PERT

Експерт	Оптимістичний (a)	Песимістичний (b)	Вірогідний (t_m)	Очікуваний (t_e)	Різниця (b-a)
E1	10	14	11,83	11,88	4
E2	11	15	11,83	12,22	4
E3	11	16	11,83	12,38	5
E4	10	15	11,83	12,05	5
E5	12	16	11,83	12,55	4
E6	10	14	11,83	11,88	4
E7	11	15	11,83	12,22	4
E8	10	15	11,83	12,05	5
E9	11	16	11,83	12,38	5
E10	10	14	11,83	11,88	4
E11	12	15	11,83	12,38	3
Середні межі	10,73	15,00	11,83	12,17	4,27

Джерело: сформовано автором

На основі усереднених значень індивідуальних оцінок експертної групи було розраховано математичне очікування загальної тривалості процесу обстеження будівельних конструкцій ($t_e \approx 12,172$ годин) та дисперсію тривалості процесу ($\sigma^2 \approx 0,507$), яка виступає мірою часової невизначеності та ризику зриву

строків вишукувань на аварійному об'єкті. Для побудови теоретичної кривої густини розподілу ймовірностей за бета-розподілом було визначено параметри форми розподілу: $\alpha \approx 2,385$ та $\beta \approx 4,671$, рисунок 3.1.

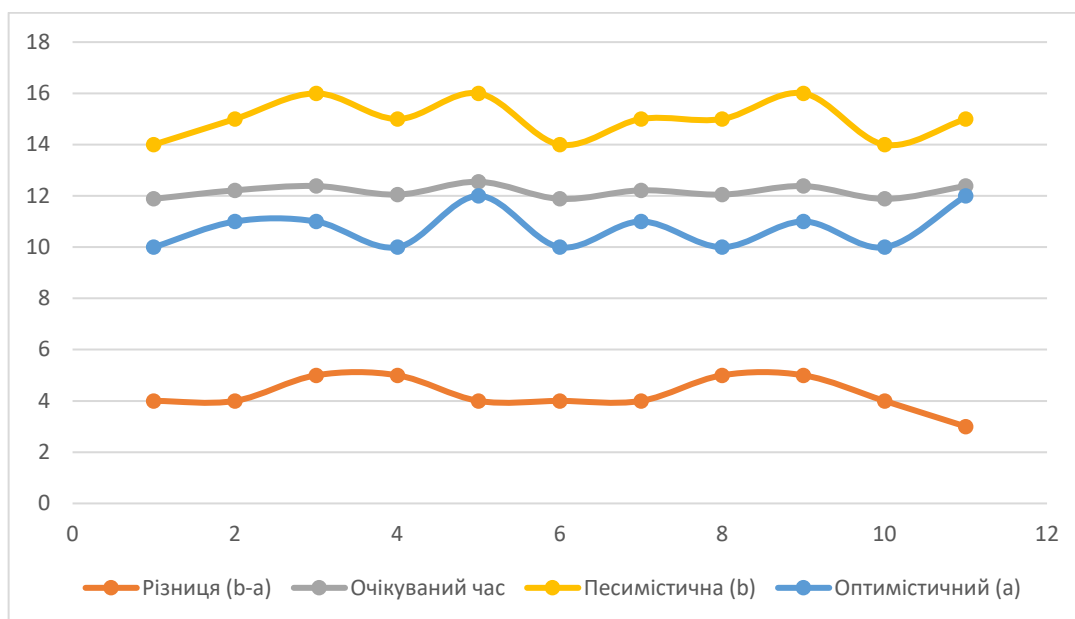


Рисунок 3.1. Діаграма тривалості робіт за PERT

Джерело: сформовано автором

Розраховані точки кривої ймовірності тривалості виконання робіт у часовому діапазоні від 10,0 до 15,0 днів зведені у відомість та представлені у вигляді графічної інтерпретації бета-розподілу, що наочно ілюструє зміщення піку розподілу в бік песимістичної оцінки під впливом деструктивних форс-мажорних факторів, рисунок 3.2.

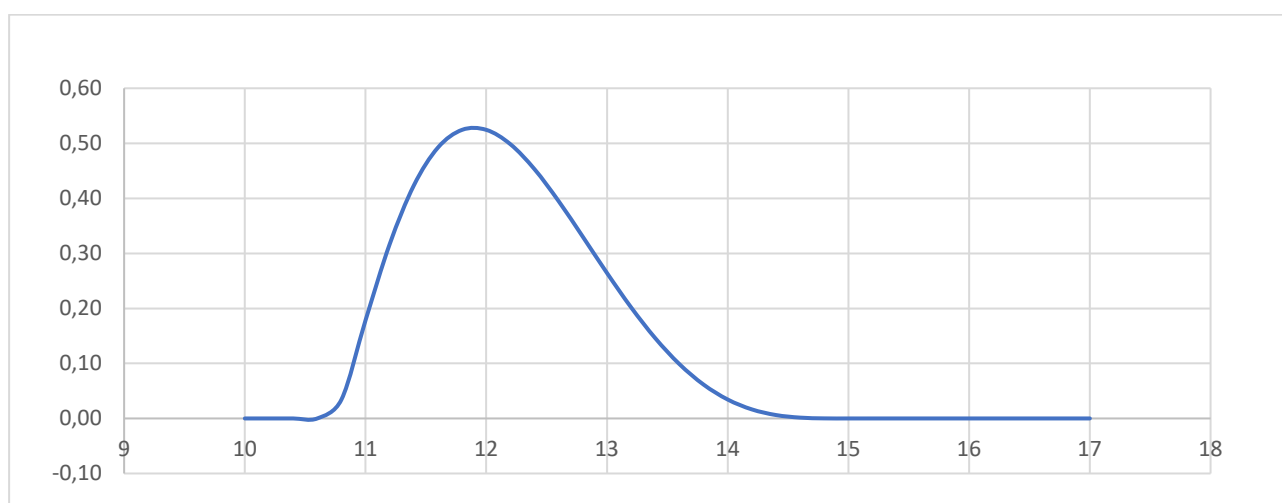


Рисунок 3.2 Діаграма розрахункових значень густини розподілу ймовірності за PERT

Джерело: сформовано автором

Проведений аналіз за методом PERT та побудований графік густини ймовірності дають можливість замовникам та експертним організаціям об'єктивно оцінювати ризики часових простоїв, розраховувати страхові резерви часу та забезпечувати високу точність планування відбудови об'єктів в умовах воєнного стану.

У результаті проведеного математичного моделювання було розроблено та науково обґрунтовано експертно-аналітичний інструментарій оцінювання трудовитрат та тривалості обстеження будівель в умовах воєнного стану. На основі статистичної обробки анкет одинадцяти експертів розраховано коефіцієнт конкордації Кендалла ($W \approx 0,446$), статистична значення якого підтверджена за критерієм Пірсона ($\chi^2 \approx 29,41 > 12,592$), що повністю засвідчує узгодженість думок фахівців. За допомогою методу аналізу ієрархій Томаса Сааті отримано точні вагові коефіцієнти факторів ускладнення та сформовано прикладну математичну модель інтегрального коефіцієнта складності робіт (K_{im}). Запропоновано ймовірнісну модель часового планування за методом PERT на основі бета-розподілу, що дозволяє прогнозувати строки вишукувань за умов високої стохастичної невизначеності середовища та розраховувати часові резерви для нівелювання ризиків форс-мажорних простоїв.

3.5. Розробити класифікації будівель за рівнем пошкодження та функціональної придатності, розробка категорії пошкоджень конструкцій

Ефективність відновлювальних робіт та надійність експлуатації будівельного фонду, що зазнав військових руйнувань, безпосередньо залежать від якості прийняття стратегічних рішень щодо подальшого життєвого циклу кожного конкретного об'єкта. Суб'єктивні оцінки технічного стану окремих конструктивних елементів без їхнього системного взаємозв'язку часто призводять до помилкових рішень про капітальний ремонт аварійних споруд або, навпаки, необґрунтованого демонтажу придатних до стабілізації будівель. У цьому підрозділі здійснено розробку комплексної системи класифікацій будівель

за рівнем пошкодження, аварійності (небезпеки) та функціональної придатності відповідно до чинної нормативно-правової бази. Запропоновано науково обґрунтовані категорії пошкоджень окремих конструкцій та сформовано ієрархічну модель конструктивів для автоматизованого розрахунку інтегрального індексу деструкції споруди, що створює надійну аналітичну основу для прийняття рішень щодо подальшої експлуатації будівель.

Для уніфікації процесів оцінювання будівель у воєнний період розроблено чотирирівневу класифікацію об'єктів за рівнем пошкодження та відповідної категорії безпеки. Запропоновані науково-методичні підходи базуються на положеннях «Порядку виконання невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків збройної агресії Російської Федерації, пов'язаних із пошкодженням будівель та споруд», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 473, в її найновішій редакції (із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 713 від 20 травня 2026 року) [96].

Згідно з оновленими нормативними вимогами Порядку поняття «категорія пошкоджень об'єкта» визначається як інтегральна характеристика експлуатаційної придатності пошкодженого об'єкта, що в цілому характеризує можливі заходи з подальшої експлуатації або припинення експлуатації об'єкта та розраховується за результатами проведеного обстеження (комісійного або технічного), в тому числі через аналіз наявних дефектів будівельних конструкцій та інженерних систем. У рамках цього законодавчого регламенту наша розроблена інженерна класифікація пошкоджень повністю узгоджується із чинними нормами та поділяється на чотири чіткі категорії.

Першим рівнем визначено рівень слабого пошкодження (Категорія I), коли несучі конструктивні системи зберегли свою геометричну стабільність, а дефекти зафіксовані переважно в огорожувальних елементах, віконних заповненнях та оздоблювальних шарах. Відповідно до пункту 6 Порядку № 473 Другим рівнем сформовано рівень помірного пошкодження (Категорія II), за якого фіксуються локальні деформації та тріщини у плитах перекриття, окремих ригелях або другорядних несучих колонах без порушення загальної просторової

жорсткості каркаса. Такі споруди класифікуються як обмежено придатні до експлуатації, що згідно з пунктом 9 Порядку[8] вимагає невідкладного інформування уповноважених органів про наявність дефектів, які створюють локальну загрозу людям, встановлення тимчасових підпірних конструкцій та капітального підсилення дефектних вузлів.

Третім рівнем встановлено рівень сильного пошкодження (Категорія III), який передбачає частковий демонтаж та реставрацію або капітальну реконструкцію споруди. Ця категорія виокремлюється в самостійний клас за умов, коли руйнування зазнали переважно верхні поверхи чи окремі секції будівлі (до 60–80% деструкції верхніх ярусів), проте підземна частина, фундаменти, цокольні поверхи та окремі вертикальні несучі елементи (колони, пілони, стіни першого рівня) зберегли просторову стійкість та задовільну несучі здатність. Збереження пальових чи масивних плитних фундаментів та нижнього опорного поясу є критично важливим, оскільки демонтаж заглиблених фундаментів у щільній міській забудові є надзвичайно витратним процесом, що загрожує цілісності сусідніх будівель. Такий диференційований підхід дозволяє зберегти значну частину конструктивного об'єму споруди, суттєво прискорити терміни відбудови та знизити екологічне навантаження за рахунок зменшення обсягів будівельного сміття. За класифікацією пункту 10 Порядку № 473 такі об'єкти відносяться до переліку потенційно аварійно небезпечних об'єктів, які потребують невідкладних робіт щодо часткового демонтажу частин об'єкта або його окремих конструкцій.

Четвертим рівнем затверджено рівень катастрофічного пошкодження (Категорія IV), за якого спостерігається повна деструкція ключових вертикальних несучих опор по всій висоті споруди, обвалення фундаментних платформ або деформація ґрунтової основи. Такі будівлі класифікуються за пунктом 10 Порядку № 473 як аварійно небезпечні об'єкти, які підлягають демонтажу, ліквідації на підставі рішень регіональних комісій з питань техногенно-екологічної безпеки і надзвичайних ситуацій (ТЕБ та НС). Перебування персоналу в них категорично забороняється через невідворотну

загрозу прогресуючого обвалення, а подальший життєвий цикл передбачає виключно повний демонтаж та утилізацію відходів згідно з Порядком № 1073.[97]

Таблиця 3.7

Класифікація технічного стану та життєвого циклу будівель після позапроектних впливів

Категорія стану	Рівень пошкодження та деструкції	Характер аварійності (небезпеки)	Рекомендоване рішення щодо подальшого життєвого циклу
I (Поточний)	Пошкоджено менше 20% другорядних елементів	Безпечний, загроза прогресуючого обвалу відсутня	Експлуатація без обмежень, проведення поточного ремонту
II (Помірний)	Пошкоджено від 20% до 40% несучих вузлів	Обмежено придатний, локальна небезпека	Протиаварійна стабілізація, капітальне підсилення каркаса
III (Аварійний)	Зруйновано від 40% до 60% конструкцій, збережено фундаменти	Небезпечний, обмежена стійкість базових систем нижніх ярусів	Локальний (частковий) демонтаж аварійних частин, підсилення збережених опор
IV (Зруйнований)	Зруйновано понад 60% конструктивних систем, втрата опор	Вкрай небезпечний, реальний ризик повного раптового обвалу	Повний демонтаж будівлі, утилізація відходів, зачистка майданчика

Джерело: сформовано автором

Для усунення суб'єктивізму при визначенні комісіями з обстеження, що діють відповідно до пункту 8¹ Порядку № 473 [8], інтегральної категорії пошкодження будівлі, розроблено ієрархічну структуру конструктивних елементів споруди, таблиця 3.7. Кожен рівень ієрархії характеризується індивідуальним ваговим коефіцієнтом (w_k), який відображає ступінь впливу конкретного конструктиву на просторову стійкість і надійність всієї залізобетонної, панельної чи цегляної системи відповідно до вимог надійності Барабаш М.С. [98].97

Обґрунтування ієрархічної структури спирається на теоретичні розробки вітчизняних наукових шкіл. Зокрема, у роботі Скрипник О. С., Іващенко М. Ю. [99] доведено, що виникнення позапроектних впливів потребує пріоритетного

аналізу роботи стикових вузлів та вертикальних опор. Крім того, математична концепція живучості будівельних систем за умов аварійних руйнувань, підтверджує доцільність розподілу конструктивів за ступенем їхньої важливості у загальній кінематичній схемі споруди. Механізми деградації бетону та накопичення мікротріщин у деформованих пілонах і плитах перекриття детально проаналізовано [100], що послужило надійним науковим підґрунтям для встановлення вагових коефіцієнтів ієрархії. Кожному елементу присвоєно строго квантифіковане значення ваги, що відображає ступінь загрози прогресуючого руйнування при виході даного конструктиву з ладу.

Таблиця 3.8

Структура вагових коефіцієнтів конструктивних елементів будівлі

Рівень ієрархії	Конструктивний елемент (конструктив)	Ваговий коефіцієнт (w_k)	Фізико-механічне та конструктивне обґрунтування ваги елемента
Рівень 1	Фундаменти, ростверки та ґрунтова основа	0,30	Фундаменти виступають базовою опорою всієї будівлі. Будь-які деформації, вимивання ґрунту або тріщини ростверків викликають масштабні нерівномірні осадки наземної частини споруди, деструкцію стиків та миттєвий вихід каркаса із стану статичної рівноваги. Заміна чи капітальне підсилення заглиблених конструкцій під час відновлення є найбільш трудомісткими та складними процесами.
Рівень 2	Вертикальні несучі опори (пілони, колони, стіни)	0,25	Вертикальні опори сприймають та передають на фундаменти сумарні гравітаційні навантаження від вищих ярусів. Критичне ураження однієї колони чи несучих простінки внаслідок вибухового динамічного удару викликає миттєвий перерозподіл зусиль на суміжні елементи, їхнє перевантаження та запускає лавиноподібний механізм прогресуючого обвалення всієї просторової системи споруди.

Продовження таблиці 3.8

Рівень 3	Горизонтальні диски перекриттів та покриттів	0,20	Диски перекриттів виконують роль жорстких діафрагм, які зв'язують вертикальні опори в єдину просторову систему та забезпечують їхню стійкість проти поздовжнього згину. Перекриття сприймають згинальні та точкові навантаження, перерозподіляють горизонтальні (вітрові, сейсмічні й вибухові) впливи та жорстко фіксують геометричні параметри каркаса будівлі.
Рівень 4	Другорядні огорожувальні та самонесучі конструкції	0,15	Самонесучі зовнішні стіни, перегородки та заповнення віконних отворів утворюють закритий теплотехнічний контур будівлі. Вони безпосередньо не беруть участі у сприйнятті основних вертикальних зусиль від вищих поверхів, проте їхня деструкція унеможливає безпечну експлуатацію приміщень і потребує значних за обсягом трудовитрат на польове обмірювання та дефектоскопію.
Рівень 5	Покрівля, дахове покриття та інженерний контур	0,10	Покрівля та інженерні комунікації завершують захисний контур споруди. Їхнє локальне пошкодження не загрожує миттєвим обваленням несучих конструкцій будівлі, але тривала відсутність захисту від атмосферних опадів прискорює корозію арматури та деградацію мікроструктури бетону плити покриття, що визначає найменшу питому вагу даного рівня.

Джерело: сформовано автором на основі [97-100]

Ієрархічна структура з визначеними ваговими коефіцієнтами, наведена в таблиці 3.8, дозволяє комісії з обстеження (пункт 8¹ Порядку [8]) перейти від суб'єктивного описового аналізу технічного стану до точної числової оцінки інтегральної деструкції каркаса будівлі.

На основі розробленої ієрархічної структури запропоновано аналітичну модель розрахунку інтегрального індексу пошкодження будівлі (D_{int}) як зваженої суми локальних пошкоджень її конструктивних рівнів:

$$D_{int} = \sum_{k=1}^5 w_k \cdot d_k \quad (3.10)$$

де w_k - ваговий коефіцієнт k-го конструктивного рівня ієрархії;

d_k - локальний індекс деструкції k -го рівня, що визначається експериментально у межах від 0,0 (нормальний стан) до 1,0 (абсолютне руйнування) на основі натурних вимірювань і дефектних відомостей за Методикою № 65 [95].

Застосування запропонованого інтегрального показника D_{int} дозволяє формалізувати процес прийняття рішень щодо життєвого циклу об'єкта. При значенні $D_{int} \leq 0,20$ приймається рішення про доцільність звичайного експлуатаційного відновлення. У діапазоні $0,20 < D_{int} \leq 0,60$ об'єкт підлягає обов'язковій тимчасовій стабілізації та капітальній реконструкції несучих елементів (Категорія II). Якщо показник перебуває в межах $0,60 < D_{int} \leq 0,80$, приймається рішення про економічну та технічну доцільність часткового демонтажу верхніх зруйнованих ярусів із обов'язковим збереженням, підсиленням та наступним надбудовами на базі стійких елементів нижнього поясу й фундаментів (Категорія III). При показниках $D_{int} > 0,80$ споруда класифікується як критично й безповоротно зруйнована, що вказує на неможливість збереження будь-яких конструктивних елементів та визначає пріоритет рішень щодо її контрольованого повного демонтажу (Категорія IV).

За результатами розрахунку інтегрального індексу D_{int} комісія з обстеження, що діє відповідно до Порядку № 473 [8], формує та реєструє відомості з АКТа комісійного обстеження в Державному реєстрі майна, пошкодженого та знищеного внаслідок бойових дій (Реєстр пошкодженого та знищеного майна). Це забезпечує усунення корупційних ризиків та надає юридичний статус результатам будівельної експертизи.

У результаті залучення додаткових літературних та наукових джерел [15–18] розроблено та науково обґрунтовано комплексну систему класифікацій будівель за рівнем пошкодження, аварійності та функціональної придатності в умовах воєнного стану у повній відповідності до чинної Постанови КМУ № 473 в її найактуальнішій редакції (із змінами, внесеними Постановою КМ № 713 від 20 травня 2026 року) [96]. Сформовано ієрархічну модель конструктивних елементів споруди з визначенням точних вагових коефіцієнтів важливості для

фундаментів, вертикальних та горизонтальних несучих систем. Обґрунтовано розподіл критичного стану будівель на дві окремі категорії: часткового демонтажу (з утилізацією верхніх поверхів та збереженням заглиблених фундаментів й нижніх несучих конструкцій) та повного демонтажу (при незворотній деструкції всієї системи). Запропоновано математичну модель інтегрального індексу пошкодження D_{int} , впровадження якої усуває суб'єктивні фактори при оцінюванні технічного стану, забезпечує високу точність і надійність прийняття рішень щодо подальшої безпечної експлуатації або демонтажу зруйнованих об'єктів та інтегрує результати технічного обстеження до Державного реєстру пошкодженого та знищеного майна.

ВИСНОВКИ ТРЕТЬОГО РОЗДІЛУ

Матеріали третього розділу трансформували теоретичні засади дослідження у конкретний прикладний інструментарій. Цей етап надав дисертаційній роботі наступне:

1. Доказову базу для перегляду нормативів. Математичний апарат розділу озброїв дисертацію точними інструментами для коригування трудовитрат. Розрахований інтегральний коефіцієнт ($K_{\text{інт}}$) та ймовірнісна модель PERT стали тими розрахунковими модулями, які перетворюють абстрактні загрози воєнного стану у конкретні додаткові години (приріст 18,26%) та страхові резерви часу.

2. Математичний запобіжник для безпеки персоналу. Виведений критерій стабілізації несучої системи ($K_{\text{без}}$) надав роботі чітке правило безпеки. Саме цей індикатор став головним тригером для розробленого у фінальній частині алгоритму. Він об'єктивно регламентує момент, коли інженерам дозволяється переходити від безпечного дистанційного огляду до контактних обмірів усередині об'єкта.

3. . Розроблена чотирирівнева класифікація пошкоджень дала дисертації новий підхід до управління життєвим циклом будівель. Введення концепції часткового демонтажу створило для роботи дієвий механізм збереження вцілілих фундаментів та нижніх ярусів замість тотального знесення об'єктів.

4. Уніфікований критерій для державних реєстрів. Сформована ієрархічна модель конструктивних елементів дала дисертації інструмент для усунення людського фактора при прийнятті рішень.

РОЗДІЛ 4. ФОРМУВАННЯ МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК ДЛЯ ОБСТЕЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ ПОШКОДЖЕНИХ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ

4.1 . Формування моделі для оцінки ризиків обстеження пошкоджених об'єктів внаслідок бойових дій

Організація будівельного виробництва та проведення інженерно-технічних вишукувань у зонах ліквідації наслідків військових конфліктів вимагають принципової зміни парадигми забезпечення безпеки праці[101-102]. Традиційні підходи до охорони праці в будівництві, регламентовані чинними нормативними документами, зокрема державними будівельними нормами ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві», базуються на припущенні, що робоча зона є детермінованим середовищем із заздалегідь прогнозованими та керованими небезпечними чинниками [103]

Проте будівельний об'єкт, який зазнав локальних або глобальних пошкоджень внаслідок вибухових навантажень, уламкових уражень, сейсmodинамічного впливу від детонації боєприпасів та тривалого термічного впливу пожеж, являє собою складну стохастичну систему. Стан несучих конструкцій у таких умовах характеризується динамічною нестабільністю, схильністю до раптового прогресуючого обвалення під впливом незначних експлуатаційних чи погодних збурень, а також наявністю прихованих дефектів у вузлах спряження елементів. Це вимагає впровадження гнучких організаційних регламентів, заснованих на положеннях Порядку виконання невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків збройної агресії Російської Федерації, затвердженого Постановою КМУ № 473 [8]

З позицій теорії управління ризиками в будівництві та цивільному захисті, проведення технічного інспектування безпосередньо в зоні пошкоджень супроводжується специфічними загрозами, які не мають аналогів у мирний час і детально проаналізовані у працях вітчизняних фахівців з обстеження аварійних

об'єктів [23-88]. До них належать ризик детонації нерозірваних боєприпасів, що можуть бути приховані під тілом будівельних завалів, раптова втрата просторової стійкості окремих вертикальних чи горизонтальних конструктивних елементів, які перебувають у стані граничної рівноваги, обвалення нависаючих фрагментів конструкцій під впливом вітрового навантаження або вібрації від роботи суміжної техніки, а також токсичне та хімічне ураження персоналу продуктами згоряння сучасних полімерних оздоблювальних матеріалів або пилом, що містить дрібнодисперсні шкідливі речовини.

З огляду на це, виникає потреба у розробці спеціалізованого організаційного інструменту - методичних вказівок технічного обстеження, в основу якого покладено концепцію прийнятного ризику та якісного багатокритеріального оцінювання безпеки робочої зони. Такий підхід узгоджується з міжнародними стандартами ризик-менеджменту, зокрема ISO 31000:2018 «Risk management - Guidelines» [104], та дозволяє формалізувати процес допуску інженерно-технічного персоналу на аварійний об'єкт.

Головна мета розробки цієї моделі полягає у створенні надійного інженерного бар'єру, який виключає можливість безпосереднього фізичного доступу дослідників у зони з критичним рівнем загрози життя, пропонуючи натомість адаптивні технологічні рішення з дистанційного збору геометричних та дефектоскопічних даних за допомогою засобів сканування та безпілотних технологій.

Для побудови адекватної моделі оцінки ризиків проведено систематизацію та якісну класифікацію деструктивних чинників, що виникають внаслідок бойових дій, за характером їхнього впливу на напружено-деформований стан конструкцій та безпеку персоналу. Специфіка взаємодії повітряної ударної хвилі з несучими залізобетонними та цегляними елементами докладно викладена у світовому інженерному посібнику UFC 3-340-02 «Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions» [105].

1. Первинні фактори безпосередньої військової дії:

- *Надлишковий тиск у фронті повітряної ударної хвилі:* викликає миттєве імпульсне навантаження на огорожувальні та несучі конструкції, що призводить до їхнього згинання, зрізу або повного вибивання з розрахункової схеми каркаса.

- *Ударно-проникаюча дія уламків та первинних уражаючих елементів:* призводить до локальної деструкції бетону, утворення наскрізних пробойн у цегляному муруванні та оголення робочої арматури із втратою її зчеплення з бетоном.

- *Сейсмо-вибухові хвилі в ґрунті:* викликають коливання фундаментів, що призводить до розтріскування та зсуву блоків підземної частини будівель, а також до нерівномірних осідань основ.

2. Вторинні фактори як наслідки бойового ураження:

- *Високотемпературний термічний вплив пожеж:* тривале перебування залізобетонних конструкцій в умовах високих температур викликає дегідратацію цементного каменю, а також термічний відпуск сталі робочої арматури, що супроводжується втратою її пружних властивостей. Аналіз деструкції бетону в таких умовах наведено у науково-технічній статті Київського національного університету будівництва і архітектури, протокол № 34 від 27.06.2025 року. [106].

- *Втрата жорстких дисків перекриттів:* обвалення плит перекриття позбавляє вертикальні несучі елементи (колони, пілони) проміжних опор, що призводить до геометричного збільшення їхньої розрахункової довжини та різкого зниження критичної сили втрати стійкості.

- *Атмосферний вплив на оголені конструкції:* тривале перебування пошкоджених конструкцій без покрівлі та скління під впливом процесів поперемінного заморожування та відтавання викликає прискорену корозію арматури та деструкцію бетону й розчину у швах мурування.

Взаємодія зазначених чинників створює синергетичний ефект деструкції, за якого навіть незначне додаткове зусилля може спровокувати лавиноподібне руйнування споруди. Саме тому модель оцінки ризиків повинна спиратися на

детальний якісний аналіз як суто інженерно-технічних, так і зовнішніх безпекових чинників, що відповідає європейським вимогам розрахунку та оцінки споруд на аварійні впливи згідно з EN 1991-1-7:2006 (Eurocode 1) [107]

Для якісного визначення рівня безпеки робочої зони в межах дослідження сформовано концептуальну модель оцінки ризиків, що базується на інтеграції трьох основних показників: мінної безпеки території, конструктивної стійкості аварійних елементів та загальної прохідності й безпеки шляхів доступу та евакуації.

Логічна структура моделі спирається на принцип незамінності безпекових бар'єрів, концептуальні положення якого відповідають загальним принципам забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд згідно з ДБН В.1.2-14:2018 [93]. У теорії організації будівництва та системного аналізу це означає, що високий рівень надійності одного чинника не може компенсувати критичний стан іншого. Наприклад, якщо будівля має високу конструктивну стійкість та повністю вільні шляхи доступу, але при цьому існує підтверджена мінна загроза, загальний стан системи оцінюється як критично небезпечний, що повністю блокує допуск персоналу на об'єкт.

Це дозволяє повністю нівелювати суб'єктивний фактор при прийнятті рішень керівництвом експертної організації чи представниками замовника, створюючи жорсткі організаційні бар'єри на шляху виникнення нещасних випадків у зоні проведення робіт.

Показник мінної безпеки відображає ступінь очищення робочої зони від вибухонебезпечних предметів і базується на вимогах Закону України «Протимінну діяльність в Україні» [108], а також міжнародних стандартах протимінної діяльності IMAS 09.10 «International Mine Action Standards» [109]. Автор пропонує класифікувати цей індикатор за трьома чітким рівнями:

1. *Протимінна безпека безпека*: проведено суцільне технічне та нетехнічне обстеження території об'єкта, розчищення завалів у зонах проходу та видано офіційний сертифікат (акт) про очищення робочої зони від

вибухонебезпечних предметів підрозділами ДСНС або іншими сертифікованими операторами відповідно до вимог IMAS.

2. *Умовна безпека:* проведено первинну візуальну інспекцію та поверхневе очищення прилеглої території та основних евакуаційних проходів. Проте підвальні приміщення, шахти інженерних комунікацій та завали всередині будівлі не перевірялися через загрозу обвалення конструкцій.

3. *Критична небезпека:* об'єкт зазнав нещодавнього бойового ураження, заходи з розмінування або пошуку нерозірваних боєприпасів не проводилися, існує підтверджена загроза наявності суббоєприпасів або прихованих вибухових пристроїв. Фізичний допуск персоналу повністю забороняється.

Конструктивна стійкість є найскладнішим індикатором через різну чутливість конструктивних систем будівель до вибухових навантажень. Відповідно до нового національного стандарту ДСТУ 9273:2024 оцінювання механічного опору та стійкості має проводитися з особливим урахуванням критичності пошкоджень несучих елементів [110].

Автор пропонує оцінювати цей показник через аналіз ієрархічної структури будівельних елементів, де кожен конструктивний клас має різну ступінь впливу на загальну стійкість каркаса відповідно до рекомендацій з відновлення кам'яних та залізобетонних конструкцій, таблиця 3,8:

- Монолітно-каркасні системи: мають найвищий рівень просторової надлишковості (статичної невизначеності). Завдяки монолітним вузлам спряження та безперервному армуванню, руйнування окремої колони або ригеля призводить до перерозподілу зусиль на суміжні елементи, що узгоджується з вимогами проектування стійкості споруд до прогресуючого обвалення згідно з UFC 4-023-03 [111]. Проте тривалий термічний вплив пожежі після вибуху здатний зруйнувати захисний шар бетону та послабити робочу арматуру.

- Великопанельні системи (індустріальне домобудування): характеризуються високою чутливістю до прогресуючого обвалення через крихке руйнування зварних або замонолічених стикових з'єднань. Руйнування

однієї стінової панелі або плити перекриття перших поверхів може викликати лавиноподібне обвалення всієї секції будівлі по вертикалі.

- **Безкаркасні системи з цегляними стінами:** мають низьку стійкість до горизонтальних імпульсних навантажень. Вибухова хвиля часто викликає розшарування цегляного мурування, появу наскрізних силових тріщин значного розкриття та втрату стійкості окремих простінків, що перебувають під значним вертикальним навантаженням.

Якісне оцінювання стану конструкцій виконується за чотирма основними категоріями: від нормального та задовільного стану до аварійного стану з безпосередньою загрозою обрушення, що повністю корелює з категорійною класифікацією ДСТУ 9273:2024.

Цей показник характеризує динамічні можливості швидкого залишення об'єкта персоналом у разі виникнення позаштатної ситуації (наприклад, загрози повторних обстрілів чи початку локального руйнування конструкцій) відповідно до вимог міжнародних стандартів з управління надзвичайними ситуаціями ISO 22320:2018 [112]. Прохідність класифікується за чотирма якісними рівнями:

1. *Висока доступність:* сходові клітини повністю збережені, внутрішні коридори та евакуаційні виходи вільні від будівельного сміття та завалів. Швидкість руху персоналу відповідає нормативній.

2. *Обмежена доступність:* наявні локальні завали будівельного сміття та зруйнованих перегородок, які можна подолати без застосування спеціальних засобів. Сходові марші мають незначні локальні дефекти.

3. *Низька доступність:* проходи захищені великими фрагментами залізобетонних конструкцій та інженерних комунікацій. Сходові клітини частково зруйновані. Пересування вимагає використання драбин, тимчасових дерев'яних настилів або спеціальних засобів індивідуального захисту, що узгоджується з американською концепцією швидкого візуального скринінгу об'єктів у небезпечних умовах FEMA P-154 [113].

4. *Відсутність доступності:* сходові клітини повністю зруйновані, евакуаційні коридори заблоковані суцільними завалами плит перекриття.

Фізичне пересування людей звичайним шляхом неможливе, доступ у будівлю потребує використання спеціальної підйомної техніки.

На основі поєднання якісних характеристик індикаторів мінної безпеки, конструктивної стійкості та доступності шляхів, розроблена модель методичних вказівок передбачає вибір одного з трьох організаційно-управлінських сценаріїв проведення технічного обстеження.

Сценарій А (Безпечний допуск)

Цей сценарій приймається за умови підтвердженої мінної безпеки, відсутності ознак деформації та втрати стійкості несучих конструкцій, а також вільного доступу до всіх приміщень об'єкта.

- *Організаційне рішення:* Надається повний дозвіл на проведення натурних досліджень з безпосереднім доступом персоналу до всіх конструктивних вузлів будівлі з дотриманням стадій обстеження згідно з ДСТУ 9273:2024.

- *Допустимі методи:* Допускаються традиційні контактні візуальні та детальні інструментальні методи контролю, включаючи відбір зразків матеріалів (кернів бетону, зразків цегли та розчину), влаштування шурфів для обстеження фундаментів та механічні випробування.

- *Заходи безпеки:* Використання стандартних засобів індивідуального захисту.

Сценарій Б (Обмежений допуск)

Характеризується помірними руйнуваннями конструкцій, частковим захаращенням шляхів або наявністю окремих зон з непідтвердженою стійкістю елементів

- *Організаційне рішення:* Фізичний допуск інженерів у зону обстеження дозволяється лише після виконання комплексу першочергових протиаварійних робіт, розчищення основних проходів та встановлення тимчасових підтримуючих систем (стабілізаційних рам, дерев'яних чи металевих стійок).

- *Допустимі методи:* Перевага віддається неруйнівним методам контролю міцності матеріалів, які не вимагають значного механічного або динамічного впливу на конструкції. Роботи з відбору зразків та влаштування шурфів забороняються до моменту повної стабілізації каркаса будівлі.

- *Заходи безпеки:* Роботи виконуються під безпосереднім наглядом інженера з техніки безпеки з обов'язковим використанням спорядження для страхування та підтриманням безперервного зв'язку з підрозділами цивільного захисту.

Сценарій В (Заборона доступу)

Приймається при виявленні критичних руйнувань несучих конструкцій, високому ризику прогресуючого обвалення всієї споруди чи окремих її секцій (коли рівень пошкоджень за Методикою № 65 перевищує 80%), а також за наявності мінної загрози.

- *Організаційне рішення:* Накладається жорстке вето на фізичний вхід будь-якого персоналу всередину будівлі чи перебування у зоні можливого розльоту уламків при обрушенні стін.

- *Допустимі методи:* Обстеження виконується виключно із застосуванням безконтактних дистанційних технологій. Прогресивні методи побудови цифрових двійників будівельних об'єктів та моніторингу за допомогою БПЛА в Україні детально досліджено у наукових статтях [1]. До них належать:

1. *Аерофотозйомка з безпілотних літальних апаратів:* дозволяє детально зафіксувати дефектоскопічні ознаки покрівлі, зруйнованих верхніх поверхів та фасадів з безпечної відстані.

2. *Наземне 3D-лазерне сканування:* забезпечує створення точної геометричної хмари точок будівлі без необхідності заходити в аварійні зони. Сканування виконується з безпечних постів спостереження поза межами потенційної зони обвалення.

3. *Тепловізійний моніторинг фасадів:* дозволяє виявити зони внутрішніх порожнеч, прихованих тріщин та замкання конструкцій без фізичного контакту з поверхнею стін.

- *Заходи безпеки:* Периметр об'єкта огорожується захисними системами, встановлюються попереджувальні знаки, доступ сторонніх осіб повністю обмежується.

Розроблена модель оцінки ризиків виступає ключовим інструментом попередньої оцінки небезпек. Її впровадження дозволяє керівникам експертних та будівельних організацій приймати обґрунтовані рішення щодо організації праці, вибору приладової бази та оптимізації витрат часу на початкових етапах ліквідації наслідків військових дій у відповідності до чинної нормативної бази України.

4.2 Аналіз ризиків можливості подальшого руйнування будівель, що обули пошкоджені внаслідок бойових дій

Аналіз ризику виникнення подальших руйнувань у будівлях, які зазнали деструктивних воєнних впливів, є ключовим етапом організаційно-технологічного проектування відновлювальних робіт. Позапроектні вибухові або термічні навантаження миттєво змінюють статичну схему роботи несучого каркаса, викликаючи нерівномірний перерозподіл напружень і створюючи загрозу прогресуючого (лавиноподібного) обвалення. Під прогресуючим обваленням у будівельній науці розуміють поширення первинного локального пошкодження від одного конструктивного елемента до суміжних, що призводить до руйнування всієї споруди або її значної частини, яка суттєво перевищує масштаби початкового дефекту [93].

Теоретичною основою дослідження конструктивної стійкості пошкоджених каркасів у межах цієї роботи виступає теорія конструктивної живучості будівельних систем. Живучість визначається як здатність конструкції чинити опір прогресуючому обваленню при локальному виході з ладу окремих

несучих елементів внаслідок аварійних або військових впливів. Забезпечення цієї властивості регламентується національним стандартом ДСТУ 9273:2024 [110] «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд» та міжнародним регламентом EN 1991-1-7:2006 [107].

Згідно з міжнародною практикою інженерного проектування та аналізу пошкоджених споруд, зокрема вимогами військово-інженерного стандарту США UFC 4-023-03 «Design of Buildings to Resist Progressive Collapse», оцінка ризику обвалення базується на двох альтернативних концепціях [111]:

- Концепція локального захисту (Local Elevation Method): орієнтована на забезпечення міцності та пластичності ключових елементів (Key Elements), за якої вони здатні витримувати позапроектні імпульсні навантаження без руйнування;
- Концепція альтернативного шляху передачі зусиль (Alternate Path Method): передбачає, що у разі раптового виходу з ладу будь-якого критичного вертикального елемента (колони, пілона чи кутового простінка) конструктивна система має бути достатньо статично невизначеною та просторово зв'язаною, щоб зусилля перерозподілилися на суміжні несучі конструкції без виникнення ланцюгової реакції руйнувань.

Для будівель, що вже зазнали уражень від сучасних засобів ураження, концепція альтернативного шляху є єдино дієвим інструментом аналізу. Процес перерозподілу зусиль у пошкодженому каркасі супроводжується значними динамічними ефектами. Миттєве руйнування колони чи простінка викликає різкий динамічний перехід системи від початкового статичного стану до нового деформованого стану.

Цей перехід характеризується виникненням динамічного коефіцієнта перевантаження, який за відсутності математичного моделювання якісно оцінюється як фактор подвоєння миттєвого зусилля у суміжних ригелях та плитах перекриття. Якщо залишкова несуча здатність цих суміжних елементів є недостатньою для сприйняття динамічного довантаження, виникає миттєвий зріз

або згинальний злам вузлів спряження, що є початком лавиноподібного колапсу всієї секції будівлі.

Чутливість будівель до прогресуючого обвалення та характер розвитку вторинних деформацій безпосередньо залежать від конструктивної системи об'єкта, ступеня просторової зв'язності елементів та матеріалу, з якого виконано каркас. В межах дисертаційного дослідження проведено системне порівняння несучих систем трьох базових типів будівель, що зазнають найбільших пошкоджень у зонах бойових дій, таблицю 4.1.

Таблиця 4.1

Порівняльний аналіз вразливості конструктивних систем до прогресуючого обвалення

Тип конструктивної системи	Характерні механізми перерозподілу зусиль при руйнуванні опор	Критичні вузли та зони підвищеного ризику обвалення	Загальний рівень живучості системи	Організаційні особливості проведення обстеження
Монолітна залізобетонна каркасна система	Активізація мембранного ефекту у плитах перекриття, робота суміжних колон як рами з жорсткими вузлами спряження.	Вузли сполучення плит перекриття з колонами (ризик продавлювання), стики арматури в опорних зонах.	Високий	Допускається локальний вхід за умови встановлення страхувальних телескопічних стійок під консольні вильоти плит.
Панельні системи	Защемлення панелей у швах, підвішування пошкоджених стін до вище розташованих дисків перекриттів через зв'язки.	Платформні стики стінових панелей з плитами перекриття, зварні та замонолічені анкерні зв'язки.	Низький (Схильність до крихкого руйнування)	Суворі заборони доступу всередину секції при пошкодженні стін нижніх поверхів. Обстеження за допомогою БПЛА.
Безкаркасна система з несучими цегляними стінами	Утворення цегляних арок (склепінчастого ефекту) над прорізом, що утворився від локального вибуху.	Кутові простінки, зони обпирання залізобетонних плит перекриття на цегляну кладку.	Низький (Критична чутливість до зсуву)	Обов'язкове превентивне встановлення металевих обойм або бандажів на деформовані простінки до початку інструментального контролю.

Змішаний тип конструктивних систем (комбінований каркас з різнорідних матеріалів)	Неоднорідний характер перерозподілу зусиль; концентрація напружень у зонах спряження матеріалів з різною деформативністю.	Вузли спірання ригелів на кладку, анкерні зв'язки, перехідні зони між залізобетонними/металевими і кам'яними елементами.	Середній (Неоднорідн)	Окреме інструментальне оцінювання рамних та масивних елементів; детальне дослідження вузлів спряження та зварних швів.
---	---	--	-----------------------	--

Джерело: сформовано автором на основі [93, 107, 111]

Монолітно - залізобетонні каркасні системи. Завдяки монолітності та безперервності армування ці системи мають найбільший потенціал конструктивної живучості. При руйнуванні однієї з рядових колон першого поверху плита перекриття починає працювати за мембранною схемою (як натягнута нитка), переносючи навантаження на суміжні колони.

Проте цей ефект ефективно реалізується лише за умови достатнього анкерування та безперервності нижньої робочої арматури у вузлах спряження з колонами. Якщо арматура була виконана без зварювання або з недостатньою довжиною перепуску, виникає раптове продавлювання плити, що миттєво нівелює просторову надлишковість системи.

Вторинним ризиком для моноліту є термічне пошкодження вузлів: тривала пожежа викликає розшарування бетону у стиках та знижує зчеплення арматурних стержнів із бетоном, що робить раму статично визначеною та геометрично змінною спорудою.

Панельні системи. Такі об'єкти мають мінімальну стійкість до прогресуючого обвалення через крихкий характер руйнування зв'язків між панелями. Конструктивна схема великопанельних будівель розрахована на передачу зусиль виключно шляхом стиснення через горизонтальні платформні стики. При вибуху всередині приміщення надлишковий тиск вибиває зовнішні стінові панелі, позбавляючи плити перекриття опорних контурів.

Оскільки металеві зв'язки між панелями часто зазнають прихованої корозії або спочатку виконувалися з дефектами зварювання, виникає миттєве

обвалення дисків перекриттів по всій висоті будівлі над зоною вибуху. Організація робіт на таких об'єктах вимагає жорсткої заборони перебування персоналу під аварійними панелями, оскільки будь-яке динамічне коливання від роботи транспорту може спровокувати падіння суміжних стінових блоків, що перебувають у стані хиткої рівноваги.

Безкаркасні (цегляні) системи. Цегляні стіни добре опираються стискальним навантаженням, але є вкрай вразливими до розтягу та зсуву, що виникають під час дії вибухової хвилі. При руйнуванні нижньої частини цегляного простінка над утвореним прорізом може сформуватися склепінчастий ефект (розподіл навантаження у вигляді трикутної арки розвантаження). Проте стабільність цієї арки залежить від міцності цегли на зріз та зчеплення розчину у швах мурування.

Якщо будівля зазнала тривалого зволоження через відсутність покрівлі або руйнування інженерних мереж, міцність розчину різко знижується, що призводить до зрізу опорних ділянок арки та раптового обвалення стіни. Особливу небезпеку становлять кутові простінки цегляних будівель. Їх руйнування призводить до виключення з роботи стін у двох взаємно перпендикулярних напрямках, що робить загальний колапс кута будівлі практично неминучим.

Змішана конструктивна система. Будівлі зі змішаною конструктивною системою поєднують у собі несучі елементи різних матеріалів та конструктивних схем (наприклад, металевий чи залізобетонний каркас із несучими цегляними стінами або діафрагмами жорсткості). Позапрєктні впливи на такі споруди викликають вкрай складні динамічні процеси через різну жорсткість та деформаційну здатність матеріалів.

Головна небезпека полягає у виникненні значних ексцентриситетів прикладання навантажень та концентрації напружень у вузлах спряження різнорідних елементів (наприклад, металевих або залізобетонних балок із цегляним муруванням). При руйнуванні цегляної опори рамна частина будівлі може тимчасово перехопити навантаження та стабілізувати систему, проте при

цьому виникає ризик швидкого руйнування вузлів кріплення та спирання через зріз чи відрив кріплень.

Планування обстеження на таких об'єктах вимагає роздільного аналізу та оцінки стану рамних та масивних конструкцій, а також детального інструментального контролю зон сполучення різнорідних матеріалів, таблиця 4.2.

Аналіз зазначених маркерів дозволяє інженеру-досліднику швидко класифікувати технічний стан окремого вузла або всієї будівлі безпосередньо під час попереднього візуального огляду з безпечної відстані.

Таблиця 4.2

Рівні небезпеки при обстеженні пошкоджених будівель

Рівень небезпеки	Характерні фізичні та конструктивні маркери деформацій	Граничні інженерні критерії стану елементів	Організаційні обмеження для експертної групи
Рівень I (Початкова дестабілізація)	Поява волосяних тріщин у розтягнутих зонах ригелів, локальне відшарування захисного шару бетону, волосяні тріщини у швах цегляного мурування.	Величина прогину плит та балок не перевищує 1/200 від прогону, ширина розкриття тріщин до 0.5 мм.	Дозволяється повний доступ до конструкцій, проведення інструментальних випробувань без обмежень.
Рівень II (Граничний стан несучої здатності)	Розкриття похилих силових тріщин в опорних зонах балок та плит, видимий нахил вертикальних елементів, змінання опорних подушок.	Величина прогину перевищує 1/150 від прогону, крен стін або колон становить понад 1/100 від висоти поверху, тріщини до 2.0 мм.	Доступ дозволяється виключно після встановлення тимчасових розвантажувальних рам та безперервного геодезичного контролю деформацій.
Рівень III (Стан, що перевищує граничний)	Інтенсивний розвиток силових тріщин по всій висоті перерізу, пластичні деформації арматури, помітні зсуви у вузлах, втрата суцільності фундаментів.	Величина прогину в межах 1/100 – 1/80 від прогону, крен 1/80 – 1/60, ширина розкриття тріщин 2.0 – 5.0 мм.	Допуск обмежений. Роботи виконуються лише після встановлення посиленних протиаварійних систем та впровадження цілодобового інструментального моніторингу.

Рівень IV (Критичний стан - загроза раптового руйнування)	Роздроблення бетону стиснутої зони колон із викривленням стержнів поздовжньої арматури, наскрізні тріщини зрізу у цегляних простінках, вихід плит з опорних зон.	Крен стін понад 1/50 від висоти, розкриття тріщин понад 5.0 мм з ознаками взаємного зсуву блоків, прогини понад 1/50 прогону.	Абсолютна заборона доступу. Робоча зона огорожується на відстані $L = 1.5 * H$ (де H - висота аварійної стіни). Обстеження лише БПЛА.
--	---	---	--

Джерело: сформовано автором

Наявність хоча б одного маркера Рівня IV у зоні обстеження є безумовною основою для зміни організаційного сценарію на користь безконтактного дистанційного сканування.

1. Фізичне огороження зони небезпеки: Навколо аварійного об'єкта або його окремої секції встановлюється інвентарне огороження висотою не менше 1.6 м. Зона огороження визначається траєкторією можливого розльоту уламків при обрушенні стін та приймається відповідно до вимог безпеки праці у будівництві. На огороженні обов'язково розміщуються попереджувальні знаки безпеки та інформаційні щити з описом рівня загрози.

2. Технологічна стабілізація та тимчасове підсилення конструкцій: Якщо для прийняття остаточного рішення щодо життєвого циклу будівлі необхідно виконати інструментальний контроль всередині аварійної зони, розробляється проект невідкладних протиаварійних робіт (Етап II- III методичних вказівок). Стабілізація конструкцій здійснюється за допомогою таких технологічних рішень:

- *Встановлення телескопічних стійок-домкратів:* під плити перекриття, що мають значні прогини або пошкодження опорних вузлів, з метою передачі навантаження безпосередньо на несучі нижні конструкції чи ґрунтові основи;

- *Монтаж металевих рам-дублерів (розвантажувальних систем):* навколо пошкоджених колон або простінків першого поверху для перехоплення опорних зусиль;

- *Встановлення похилих підкосів та стяжок:* для стабілізації самонесучих або несучих стін, що мають відхилення від вертикальної осі.

3. Частковий контрольований демонтаж аварійних елементів: У разі, якщо конструкція перебуває у критичному стані (Рівень IV) і її стабілізація є технічно неможливою або економічно недоцільною, приймається управлінське рішення щодо проведення часткового контрольованого демонтажу аварійних секцій чи нависаючих плит. Демонтаж має здійснюватися за допомогою спеціальною будівельною технікою або кранів з безпечної відстані, повністю виключаючи перебування людей у зоні можливого падіння блоків.

4. Геодезичний та інструментальний моніторинг у реальному часі: На деформовані конструкції, що перебувають на межі стійкості, встановлюються цифрові маяки або датчики лінійних переміщень. Паралельно організовується безперервний геодезичний контроль за допомогою автоматизованих тахеометрів. Будь-яке прискорення динаміки переміщень (наприклад, збільшення швидкості розкриття тріщини або наростання нахилу стіни) є сигналом для негайної евакуації всього персоналу з робочої зони.

Впровадження розроблених організаційно-управлінських рішень дозволяє інтегрувати процеси технічного обстеження з практичними заходами цивільного захисту та безпеки праці. Це забезпечує системний контроль над ризиками раптових руйнувань, мінімізуючи часові витрати на ліквідацію наслідків бойових дій та створюючи надійну основу для безпечного переходу до фінального етапу обстеження - детального інструментального вишукування та проектування відновлення об'єкта.

Аналіз конструктивної живучості пошкоджених споруд довів високу ефективність застосування методу альтернативного шляху передачі зусиль. Цей підхід дозволяє надійно оцінити перерозподіл напружень у каркасі після раптового виходу з ладу ключових опорних вузлів. Проведений аналіз вразливості різних несучих систем виявив особливості деформації монолітних, великопанельних, цегляних та комбінованих конструкцій. Будівлі змішаного типу потребують підвищеної уваги дослідників. У таких об'єктах виникає значна

концентрація напружень у зонах спряження різнорідних матеріалів з різною деформативністю.

Встановлена систематизація фізичних маркерів за трьома якісними рівнями небезпеки суттєво спрощує експрес-оцінку загального стану об'єкта. Визначені граничні критерії деформацій та розкриття тріщин безпосередньо регламентують умови безпечного доступу експертів до робочої зони. Сформований комплекс організаційно-управлінських рішень забезпечує швидку локалізацію небезпек та запобігає лавиноподібному колапсу споруди. Він поєднує превентивне фізичне огороження, технологічне розвантаження конструкцій за допомогою тимчасових кріплень, контрольований демонтаж та автоматизований геодезичний моніторинг у реальному часі.

4.3 Формування триетапних методичних вказівок обстеження будівель пошкоджених внаслідок бойових дій

Практична реалізація розробленого організаційного інструментарію вимагає детального опису поетапної інженерної методики вишукувань відповідно до логіки технологічних переходів і критеріїв прийняття рішень. Дослідження пошкоджених військовими впливами будівельних об'єктів не може проводитися за лінійними схемами мирного часу, оскільки кожен крок вимагає безперервної верифікації безпеки середовища та оцінки стійкості елементів. Запропонована триетапна методика обстеження спирається на жорстко структурований алгоритм взаємопов'язаних етапів, кожен з яких завершується фіксацією проміжних результатів та визначенням умов переходу до наступної фази досліджень, рисунок 4.1.

Відповідно до розробленої логіко-структурної схеми, перший етап обстеження фокусується на проведенні попереднього огляду об'єкта та первинному реагуванні на аварійні чинники. Головною метою цього кроку є визначення загального технічного стану будівельних конструкцій без безпосереднього входу дослідників в потенційно небезпечні зони.

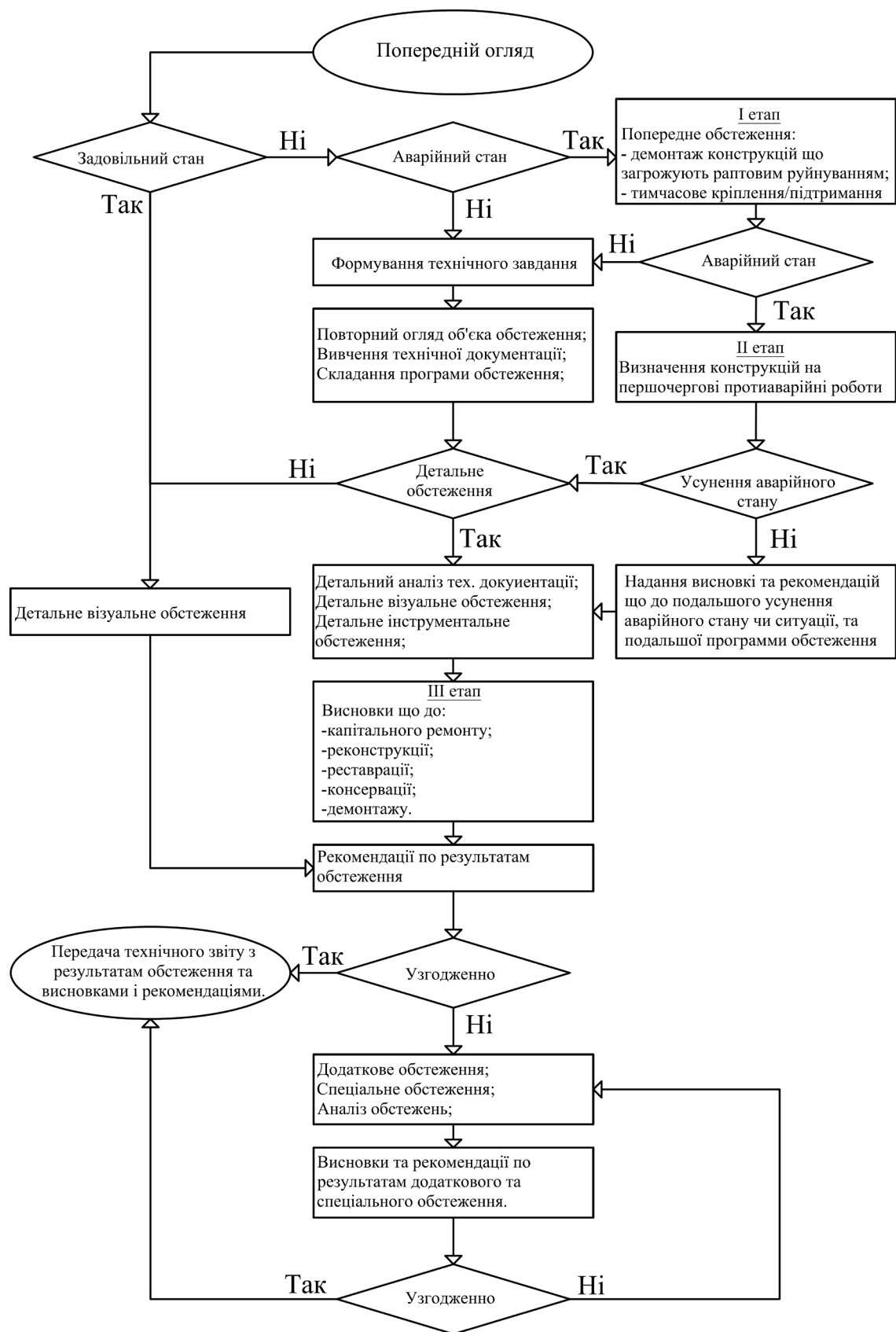


Рисунок 4.1 Схема триетапної методики технічного обстеження будівель і споруд

Джерело: сформовано автором

Огляд починається з експрес-оцінки пошкоджень фасадної частини та несучого кістяка споруди. За результатами огляду встановлюється, чи перебуває будівля у задовільному стані, чи існують явні деформаційні ознаки аварійного стану окремих елементів або споруди в цілому.

У разі, якщо попередній аналіз підтверджує наявність задовільного стану та відсутність ознак миттєвої дестабілізації, інженери переходять безпосередньо до формування детального технічного завдання на вишукування. Проте за умов військових руйнувань значно частішим є виявлення ознак аварійного стану. Якщо зафіксовано загрозу прогресуючого руйнування або наявність конструкцій, що перебувають у хиткій рівновазі, методика передбачає запуск процедури невідкладного попереднього обстеження.

У рамках попереднього обстеження здійснюється оперативний розрахунок та проектування першочергових протиаварійних заходів. До них належать невідкладний контрольований демонтаж конструкцій, що загрожують раптовим руйнуванням під впливом вітрового тиску чи власної ваги, а також монтаж систем тимчасового кріплення, підтримуючих телескопічних стійок або розвантажувальних рам-дублерів. Лише після фізичної стабілізації аварійних конструкцій та усунення безпосередньої небезпеки обвалу виконується розробка та затвердження технічного завдання на наступний етап досліджень.

Другий етап методики присвячено створенню детального плану вишукувань та проведенню суцільного візуального інспектування всіх приміщень об'єкта. Ця фаза починається з повторного огляду будівельного майданчика, що виконується з метою виявлення можливих нових деформацій, які могли виникнути під впливом атмосферних опадів чи температурних коливань з моменту первинного огляду. Паралельно проводиться детальне вивчення наявної архівної технічної документації, поверхових планів та виконавчих схем споруди. На основі отриманих матеріалів розробляється та затверджується детальна індивідуальна програма технічного обстеження об'єкта.

Наступним критично важливим кроком Етапу II є визначення конструкцій, які потребують проведення першочергових протиаварійних робіт безпосередньо в процесі поточних вишукувань. Цей захід забезпечує безпеку інженерів перед виконанням безпосередніх натурних замірів.

Після монтажу необхідних підтримуючих елементів інженерна бригада переходить до детального візуального обстеження всієї будівлі. Під час детального візуального огляду виконується суцільне картування дефектів, вимірюється ширина розкриття тріщин, фіксуються місця уламкових пробоїн та складається покрокова відомість дефектів. За результатами візуального аналізу інженери знову оцінюють загальний стан будівельних конструкцій. Якщо виявляються приховані деформації або виникає потреба в уточненні фактичних характеристик міцності матеріалів, приймається обґрунтоване рішення щодо переходу до фази детального інструментального обстеження, що запускає третій етап методики.

Третій етап є найбільш складним та інструментально насиченим етапом методики, мета якого полягає у зборі точних фізико-механічних та геометричних параметрів деформованого каркаса. На цьому етапі паралельно виконуються три взаємопов'язані процеси: детальний аналіз виявленої технічної документації та розрахункових схем, детальне візуальне обстеження внутрішніх вузлів та детальне інструментальне обстеження з випробуванням міцності матеріалів неруйнівними методами, шурфуванням фундаментів та інструментальною геодезичною зйомкою просторової геометрії будівлі.

Після накопичення масиву інструментальних даних та виконання перевірочних розрахунків несучої здатності каркаса в розрахункових комплексах виконується ключова перевірка методики: чи усунено аварійний стан конструкцій будівлі?

Якщо аналіз показує, що через масштабність руйнувань або деформації основ аварійний стан конструкцій не може бути повністю усунений за допомогою стандартних будівельних методів (Ні), інженери розробляють та надають замовнику детальні спеціальні висновки та рекомендації щодо

подальших невідкладних заходів з усунення аварійного стану або локалізації небезпечної ситуації, а також формують спеціалізовану програму моніторингу просторових деформацій.

Якщо аварійний стан успішно усунено за допомогою змонтованих підсилень, або якщо за результатами розрахунків будівля визнана ремонтпридатною (Так), інженери формулюють остаточні висновки щодо подальшого життєвого циклу об'єкта. Ці висновки класифікують необхідні заходи відновлення за п'ятьма напрямками: капітальний ремонт будівлі, капітальна реконструкція несучих систем, реставрація (для об'єктів культурної спадщини), консервація конструкцій для запобігання впливу опадів або повний демонтаж критично зруйнованої споруди.

На основі обраного рішення розробляються детальні інженерні рекомендації за результатами обстеження. Весь накопичений масив інформації, включаючи відомості дефектів, акти випробувань міцності, розрахункові схеми та ВІМ-моделі, оформлюється у вигляді єдиного технічного звіту, який підлягає передачі замовнику та уповноваженим органам містобудування.

Фінальним кроком методики є процедура узгодження та верифікації технічного звіту. У разі, якщо звіт не проходить процедуру узгодження через виявлення суперечностей у розрахунках або неповну фіксацію дефектів (Ні), призначається додаткове обстеження, спеціальне обстеження або поглиблений аналіз напружено-деформованого стану вузлів спряження. Після усунення зауважень та повторної перевірки звіт остаточно узгоджується (Так), завантажується до Державного реєстру пошкодженого майна у складі ЄДЕССБ, а процес технічного обстеження успішно завершується.

Сформована триетапна методика технічного обстеження пошкоджених будівель є надійним інструментом планування та безпечного проведення вишукувальних робіт в умовах воєнного стану. Покрокова декомпозиція процесу на попередній огляд, фазу невідкладної стабілізації конструкцій та детальне інструментально-аналітичне обстеження дозволяє звести до мінімуму безпекові ризики для експертного персоналу. Наявність жорстких логічних розгалужень та

зворотних зв'язків верифікації звітів усуває суб'єктивні фактори при оцінюванні будівельних дефектів та гарантує високу інженерну точність висновків щодо подальшої безпечної експлуатації або демонтажу зруйнованих об'єктів[114-116].

4.4 Розробка - організаційно методичних рекомендацій при первинному реагуванні на ушкодження будівлі внаслідок бойових дій

Практична реалізація теоретичних розробок дисертаційного дослідження вимагає створення прикладного інструментарію для суб'єктів первинного реагування. В умовах воєнного стану першими на місце руйнування об'єктів цивільної інфраструктури прибувають представники органів місцевого самоврядування (ОМС), комунальних служб та добровільних формувань територіальних громад (ДФТГ).

Оскільки залучення сертифікованого інженера-експерта у перші години після інциденту є ускладненим, виникає потреба у формуванні чітких організаційно-методичних вказівок дій для не-інженерів. Ці методичні вказівки мають забезпечити безпеку громадян, локалізацію небезпечних чинників та первинну фіксацію дефектів для спрощення подальшої роботи професійних експертних груп рисунок 4.2

Регламент дій ОМС базується на вимогах таких чинних нормативно-правових актів України:

- Постанова Кабінету Міністрів України від 19.04.2022 № 473 «Про затвердження Порядку виконання невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків збройної агресії Російської Федерації»;
- Постанова Кабінету Міністрів України від 12.04.2017 № 257 «Про затвердження Порядку проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва» ;
- ДСТУ 9273:2024 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість» (діє з 01.09.2024) .



Рисунок 4.2 .Етапи методичних вказівок для органів місцевого самоврядування

Джерело: сформовано автором

Першим кроком методичних вказівок є організація екстреного зв'язку та залучення підрозділів ДСНС для проведення суцільного протимінного очищення. Будь-які натурні дослідження чи пересування людей поблизу будівлі категорично забороняються до моменту отримання офіційного АКТа про розмінування території. Це є базовою вимогою безпеки згідно із Законом України «Про протимінну діяльність в Україні» [108]. Паралельно ОМС організує виїзд аварійних комунальних служб для оперативного відключення пошкоджених мереж газо-, водо-, тепло- та електропостачання з метою запобігання пожежам або затопленню підвальних зон.

Першочергові дії представника органів місцевого самоврядування (ОМС), військово-цивільні адміністрації, комунальних служби та підрозділів добровільних формувань територіальних громад (ДФТГ).

- Перевірка безпеки середовища: Переконалися у повному припиненні активних обстрілів, повітряних атак чи артилерійського вогню у районі розташування об'єкта.
- Організація екстреного зв'язку: Терміново повідомити оперативного чергового ДСНС (тел. 101) та Нацполіцію (тел. 102). Надати точну адресу, опис типу будівлі (житлова, адміністративна, промислова), орієнтовну кількість мешканців та масштаб видимих руйнувань.
- Координація протимінної безпеки: Оформити офіційну заявку на виїзд піротехнічного підрозділу ДСНС або сертифікованого оператора протимінної діяльності для суцільного очищення території від нерозірваних боєприпасів (НРБ).
- Локалізація комунальних мереж: Залучити комунальні служби громади для оперативного відключення внутрішніх мереж газопостачання, водопостачання, тепломереж та здійснити повне знеструмлення об'єкта та прилеглих повітряних ліній електропередачі.
- Збір даних про постраждалих: Провести опитування голови ОСББ, сусідів та вцілілих мешканців з метою з'ясування інформації про осіб, які можуть

перебувати під будівельними завалами або потребують негайної медичної допомоги.

- Залучення сил охорони порядку: Залучити особовий склад місцевого ДФТГ, муніципальної варти або громадських формувань для патрулювання периметра об'єкта з метою попередження мародерства та обмеження хаотичного пересування громадян.

Наступним критично важливим кроком є впровадження регламенту безпекового зонування прилеглої території. Представник ОМС зобов'язаний виконати фізичне маркування та обмеження доступу шляхом розподілу території навколо будівлі на три функціональні зони з особливим режимом доступу:

1. Червона зона (Небезпечна)

- *Конструктивні ознаки:* охоплює безпосереднє місце будівельних завалів та аварійну будівлю, де зафіксовано обвалення плит перекриття чи несучих елементів та стін.

- *Розрахунок меж:* мінімальний безпечний радіус огороження Червоної зони (L) розраховується на основі орієнтовної висоти аварійної стіни або всієї будівлі (H) за обов'язковою геометричною залежністю:

$$L = 1.5 \cdot H \quad (4.1)$$

(Приклад розрахунку: якщо пошкоджена 5-поверхова будівля має орієнтовну висоту $H = 15$ м, радіус огороження Червоної зони має становити не менше $L = 22.5$ м від фасадів у всіх напрямках).

- *Режим доступу:* повна та безумовна заборона фізичного входу будь-яких цивільних осіб та працівників ОМС. Допускається перебування виключно служб рятувальних підрозділів під час проведення пошуково-рятувальних робіт.

3. Жовта зона (зона обмеженого доступу)

- *Конструктивні ознаки:* територія безпосередньо за межами Червоної зони шириною не менше 10 метрів від зовнішньої лінії огороження небезпечного периметра.

- *Режим доступу:* дозволяється перебування працівників комунальних служб та членів ДФТГ для виконання невідкладних робіт із розчищення під'їзних шляхів та монтажу тимчасових кріплень. Роботи виконуються виключно у захисних шоломах та сигнальних жилетах.

4. Зелена зона (Безпечна зона)

- *Конструктивні ознаки:* повністю перевірена на відсутність мінної та будівельної загрози територія поза межами Жовтої зони.

- *Режим доступу:* вільне пересування громадян та техніки.

Використовується для розміщення штабу ліквідації, пунктів обігріву та стоянки спецтехніки.

Для практичного використання представниками ОМС у межах дисертаційного дослідження розроблено нормативну таблицю потреби у сигнальних матеріалах для забезпечення периметра огороження (див. таблицю 4.4.1).

Таблиця 4.3

Параметри зони безпеки та нормативної потреби у матеріалах огороження (при довжині фасаду 60 м)

Тип будівлі за поверховістю	Орієнтовна висота будівлі (H), м	Мінімальний безпечний радіус огороження (L), м	Мінімальна потреба у сигнальній стрічці, м	Рекомендована кількість знаків небезпеки, шт
Одноповерхова споруда	4.0	6.0	152	4
Двоповерхова будівля	7.0	10.5	182	6
Триповерхова будівля	10.0	15.0	210	8
П'ятиповерхова будівля	15.0	22.5	250	12
Дев'ятиповерхова будівля	28.0	42.0	328	16

Джерело: сформовано автором

Для контролю стабільності тріщин за умов безпечного доступу (тільки у Зеленій або Жовтій зонах) представники ОМС можуть самостійно організувати встановлення спрощених сигнальних маяків. Моніторинг маяків є найбільш

ефективним без інструментальним способом перевірки, чи продовжує будівля руйнуватися під дією власної ваги.

Проведення первинного обстеження об'єкта представниками ОМС за відсутності сертифікованого інженера має носити суто візуальний, неконтактний та фіксаційний характер. Головним завданням ОМС на цьому етапі є збір та структурування первинної інформації для спрощення роботи майбутньої експертної групи та забезпечення швидкої реєстрації пошкоджень у державних реєстрах

Непрямі (мультимедійні та краудсорсингові) дані є найціннішим джерелом інформації у перші години після руйнування, оскільки вони дозволяють зафіксувати стан елементів до моменту початку завальних або демонтажних робіт. Представник ОМС має організувати збір інформації за такою послідовністю:

- Збір фото та відеофіксації: Опитати мешканців та здійснити моніторинг локальних груп у месенджерах з метою пошуку кадрів, зроблених безпосередньо у перші хвилини після вибуху чи ураження об'єкта. Особливу цінність мають матеріали, на яких зафіксовано процес утворення пилової хмари, напрямок розльоту уламків та первинні осередки пожежі.

- Опитування власників квартир (Анкета ретроспективного аналізу): Задokumentувати свідчення мешканців та представників обслуговуючих організацій (ОСББ) або керуючої за такими ключовими питаннями:

- Чи відчувалися значні динамічні коливання (поштовхи) ґрунту під час вибуху?

- Чи виникла пожежа, в яких саме приміщеннях та яка була її орієнтовна тривалість до моменту ліквідації?

- Чи з'явилися після вибуху сторонні звуки (тріск, скрип) у несучих конструкціях будинку?

- Чи зафіксовано факти заклинювання входних або міжкімнатних дверей у слабко ушкоджених під'їздах (ознака крену або деформації каркаса)?

- Створення локальної бази даних: Усі зібрані матеріали мають бути систематизовані за папками із прив'язкою до номерів квартир, поверхів чи фасадних осей будівлі. Цей архів передається експертній бригаді, що дозволяє скоротити термін розробки програми детального обстеження на 15-25%

Візуальний огляд виконується виключно з безпечних постів спостереження, розташованих за межами Червоної зони оточення. Для підвищення точності фіксації рекомендується використовувати оптичні прилади (біноклі, монокуляри, підзорні труби) або камери мобільних телефонів із високим рівнем оптичного масштабування.

Натурний огляд будівлі ОМС виконує за такою методичною послідовністю:

- Етап 1. Огляд прилеглої території та цокольної частини: Зафіксувати наявність вирв від вибухів поблизу фундаментів, зсувів або просідань ґрунту навколо будівлі, руйнування відмостки.

- Етап 2. Аналіз загальної геометрії будівлі: Візуально оцінити вертикальність кутів споруди, наявність видимих перекосів віконних та дверних прорізів, просідання або випинання окремих частин фасадів.

- Етап 3. Поверховий огляд фасадів: Оглянути стан міжповерхових та горищних перекриттів. Зафіксувати наявність провисання плит, тріщин у зонах обпирання стін, руйнування балконних плит та виступаючих консолей.

- Етап 4. Огляд покрівлі та покриття: Зафіксувати ступінь руйнування кроквяної системи (для скатних дахів) або плит покриття (для плоских покрівель), наявність провалів, руйнування димоходів та парапетів.

- Етап 5. Складання спрощеної схеми пошкоджень: На роздрукованому плані поверхів будівлі або її фасаду умовними позначками нанести місця виявлених дефектів із прив'язкою до віконних чи дверних осей.

Для швидкої типізації пошкоджень представник ОМС порівнює виявлені дефекти з ознаками трьох рівнів загрози:

1. Критична загроза (аварійний стан):

- Характерні ознаки: Повне або часткове обвалення хоча б однієї плити перекриття, наявність видимих нахилів або зсувів зовнішніх стін, глибоке роздроблення цегли чи бетону в колонах, оголена та викривлена робоча арматура колон.

- Протокол дій ОМС: Повний контроль огороження Червоної зони. Фізичний вхід заборонено. Організувати подачу термінової заявки до ОВА на безконтактне обстеження будівлі за допомогою БПЛА та лазерного сканування.

2. Помірна загроза (обмежено придатний стан):

- Характерні ознаки: Наявність наскрізних тріщин у стінах, часткове пошкодження внутрішніх перегородок, руйнування кровляної системи покрівлі без обвалення перекриттів, пошкодження лоджій чи балконів.

- Протокол дій ОМС: Допуск обмежено. Організувати встановлення тимчасових підтримуючих тимчасових опор комунальними службами та змонтувати сигнальні маяки на тріщини для контролю динаміки деформацій.

3. Легка загроза (придатний стан)

- Характерні ознаки: Вибите засклення вікон та дверей, локальні уламкові пошкодження штукатурки фасаду без тріщин у несучих стінах та колонах.

- Протокол дій ОМС: Допуск вільний. Організувати прибирання битого скла комунальними службами та провести тимчасове закриття віконних прорізів плівкою чи плитами ОСБ для захисту від опадів.

Представник ОМС має враховувати конструктивні особливості будівель, що визначають характер перерозподілу навантажень та швидкість розвитку руйнувань:

- Будівлі з цегляними стінами: Особливо вразливі до розтягу та зсуву. Необхідно ретельно оглядати кутові простінки. Поява похилих тріщин у простінках кута будівлі під кутом 45° маркером критичної небезпеки та загрози швидкого обвалення кутової секції.

- Панельні будинки: Мають високу схильність до прогресуючого обвалення через крихке руйнування зварних або замонолічених стиків між панелями. Якщо вибух відбувся на першому або другому поверсі, перебування людей на вищих поверхах цієї секції категорично забороняється, навіть якщо вони візуально виглядають неушкодженими.

- Монолітно-каркасні будівлі: Мають найбільший рівень живучості. Вони здатні перерозподіляти навантаження на суміжні колони. Проте тривала пожежа (понад 2 години) може різко послабити залізобетонні колони та ригелі, що вимагає ретельного візуального контролю стану захисного шару бетону вузлів спряження.

- Будівлі змішаного типу (комбіновані): Наприклад, залізобетонний каркас із несучими цегляними стінами. Найбільш небезпечними зонами є вузли спирання балок на цегляне мурування. Через різну деформаційні властивості матеріалів у цих конструкціях виникають значні напруження зсуву. Представник ОМС має перевірити стан цегляної кладки безпосередньо під опорними частинами балок на наявність тріщин зминання.

Методичні вказівки передбачають використання двох типів спрощених маяків:

- Гіпсовий (алебастровий) маяк: будівельний гіпс змішується з водою та наноситься на попередньо зачищену від штукатурки поверхню стіни у вигляді пластини завдовжки 100-150 мм, завширшки 30-50 мм та завтовшки 10-15 мм. Посередині маяка (по лінії тріщини) його товщина має бути мінімальною (до 5 мм) для швидкого реагування на рух стіни. На вологому гіпсі гострим предметом витискається дата встановлення та номер маяка.

- Пластинчастий паперовий маяк (спрощений): зі щільного паперу вирізається смужка завдовжки 100 мм та завширшки 30 мм, на якій малюється шкала з міліметровими поділками. Один кінець смужки жорстко приклеюється до однієї сторони тріщини, а другий кінець - до протилежної сторони. Будь-яке розірвання або зморщування паперу вказує на зміну ширини тріщини або взаємний зсув стін.

Огляд встановлених маяків проводиться щодня в один і той самий час із внесенням результатів до Журналу спостережень ОМС. Якщо протягом 10 днів на гіпсовому маяку не з'явилося волосяних тріщин, деформацію конструкції у цьому вузлі можна вважати умовно стабілізованою до моменту приїзду професійних експертів з обстеження.

Додатково представники ОМС мають враховувати вплив навколишнього середовища на стійкість пошкодженого об'єкта:

- *Крижане розширення тріщин:* у період весняно-осінніх температурних коливань вода, що потрапляє у вибухові порожнечі цегли або тріщини бетону, при замерзанні розширюється, що руйнує внутрішню структуру матеріалу. Огляд таких елементів рекомендується проводити у другій половині дня після танення льоду, коли конструкція переходить у найбільш хиткий стан.

- *Вітрове навантаження:* пошкоджені вибухом стіни великої площі (особливо цегляні торцеві стіни або легкі огорожувальні панелі без покрівлі) працюють як вітрила. При сильних поривах вітру (понад 15 м/с) радіус червоної зони оточення рекомендується збільшити до $20 \cdot H$, оскільки існує висока загроза раптового падіння стін під дією вітрового тиску.

- *Просідання ґрунтів основи:* вода від атмосферних опадів або пошкоджених мереж водопостачання, що потрапляє у вирви від вибухів поблизу фундаментів, розмиває ґрунти основи. Це викликає різке нерівномірне осідання фундаментів, що супроводжується миттєвим розкриттям нових тріщин у стінах будівлі. ОМС має забезпечити швидке засипання вирв поблизу будинку та відведення дощових вод.

Впровадження розробленого організаційно-методичних вказівок дій для органів місцевого самоврядування дозволяє повністю систематизувати первинне реагування на руйнування, забезпечити надійну охорону праці, локалізувати небезпеки та підготувати підтверджений інформаційний базис для подальшої роботи професійних експертних груп згідно Додатку А.

Розроблені організаційно-методичні рекомендації для органів місцевого самоврядування складають дієву практичну основу для прийняття оперативних

управлінських рішень у перші години після виникнення руйнувань за умов відсутності на місці події сертифікованого інженера-експерта. Систематизація першочергових робіт, алгоритм безпекового зонування прилеглої території на основі геометричної залежності $L = 1.5 \cdot H$ та впровадження спрощеного класифікатора рівнів загрози дозволяють мінімізувати ризики для цивільного населення та комунального персоналу на початковій стадії реагування. Сформована методика моніторингу за допомогою гіпсових та пластинчастих паперових маяків, у поєднанні з урахуванням кліматичних чинників та конструктивних особливостей різних систем, включаючи будівлі змішаного типу, створює надійні умови для первинного оцінювання деформацій. Це забезпечує підготовку структурованого та підтвердженого інформаційного базису для подальшої роботи професійних експертних груп, прискорюючи процеси фіксації пошкоджень у Єдиній державній електронній системі у сфері будівництва.

ВИСНОВКИ ЧЕТВЕРТОГО РОЗДІЛУ

У четвертому розділі теоретичні та математичні розробки дисертації було зведено у цілісні організаційно-методичні регламенти. Цей етап надав роботі завершеності та забезпечив її такими практичними інструментами:

1. Модуль управління безпекою персоналу. Створена модель оцінювання ризиків надала дисертації механізм для повної відмови від суб'єктивних рішень керівників експедицій. Цей модуль став жорстким організаційним фільтром: він математично блокує доступ інженерів на об'єкт до моменту розмінування території або стабілізації критичних деформацій стін.

2. Інструментарій швидкої діагностики загроз. Проведений аналіз конструктивної живучості конструкцій системою фізичних маркерів критичного стану. Ця розробка надала дисертаційній роботі здатність миттєво виявляти загрози під час первинного огляду, чітко вказуючи, коли потрібно застосовувати дистанційні засоби обстеження, а коли - розгортати конструкції тимчасового підсилення.

3. Вдосконалений алгоритм обстежень. Триетапна методика обстеження стала головною ідеєю дисертаційної роботи. Вона замінила застарілі лінійні інструкції на триетапну адаптивну систему. Введення етапу обов'язкового попереднього огляду та подальших протиаварійних робіт забезпечило безпечність та стабільність конструкцій, що призвело до більш якісних результатів.

4. Протокол первинного реагування для громад. Розроблені рекомендації для органів місцевого самоврядування надали дисертаційній роботі соціальної значущості. Створений алгоритм безпекового зонування та анкета первинного аналізу (Додаток А) забезпечили роботу дієвим механізмом передачі первинних даних безпосередньо від служб місцевого самоврядування до експертних груп та державних реєстрів (ЄДЕССБ).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведення дисертаційного дослідження дозволило здійснити комплексне теоретичне та прикладне узагальнення, спрямоване на розв'язання важливої науково-практичної задачі. Ця задача полягає у суттєвому підвищенні надійності, безпеки та оперативності процесів технічного обстеження будівель, пошкоджених внаслідок бойових дій. Масштаб руйнувань цивільної інфраструктури в Україні вимагає швидкого ухвалення точних інженерних рішень щодо подальшої експлуатації або демонтажу об'єктів. Проте існуючі методики обстеження, розроблені у мирний час, виявилися малоефективними в умовах воєнного стану. Вони не враховують стохастичний характер військових руйнувань, складну специфіку комбінованих уражень матеріалів та високі ризики для життя інженерного персоналу.

1. Здійснено критичний аналіз чинного вітчизняного та міжнародного нормативно-методологічного забезпечення технічного інспектування будівельного фонду. Виявлено суттєві обмеження та правові суперечності при використанні класичних лінійних регламентів обстеження у воєнний період. Доведено методологічну обмеженість чинної системи нормування праці за СОУ Д.1.2-02495431-001:2008 [89]. Встановлено, що фіксований розподіл питомої ваги польового та камерального етапів у пропорції 50% на 50% не враховує колосального зростання обсягів польового дефектоскопічного огляду та камерального опрацювання даних при ліквідації масштабних військових руйнувань. Обґрунтовано потребу у залученні адаптивних коригувальних коефіцієнтів для адекватної оцінки трудомісткості вишукувань, оскільки традиційні інструменти орієнтовані на повільне та безпечне накопичення експлуатаційного зносу в мирний час.

2. З огляду на це, розроблений у дисертації організаційно-методичний інструментарій пропонує системну трансформацію технічного обстеження будівель пошкоджених внаслідок бойових дій. На основі глибокої інтеграції інженерно-технічних методів діагностики з математично-статистичним

апаратом, теорією живучості та сучасними цифровими технологіями вдалося створити надійний науково-методологічний базис. Цей базис поєднує процеси попереднього та детального технічного обстеження в єдину гнучку систему. Практичне впровадження запропонованого інструментарію дозволяє мінімізувати виробничий травматизм, підвищити достовірність технічних висновків та оптимізувати розподіл робочого часу фахівців. Робота безпосередньо забезпечує потреби органів місцевого самоврядування та експертних організацій у перевірених алгоритмах первинного і детального реагування. Узагальнені наукові та практичні результати проведеного дослідження дозволили сформулювати наступні висновки.

3. У дисертаційній роботі вирішено важливу науково-практичну задачу. Вона полягає у розробленні та вдосконаленні організаційно-методичного інструментарію технічного обстеження будівель, пошкоджених внаслідок бойових дій. Запропоновані рішення забезпечують системність, високу безпеку персоналу та достовірність висновків щодо фактичного технічного стану, рівня аварійності та подальшої експлуатаційної придатності споруд. Основні наукові та практичні результати дослідження зводяться до таких положень.

4. Дослідженням закономірності поведінки залізобетонних, цегляних та панельних конструктивних систем під впливом позапроектних вибухових та ударних навантажень, пошкоджень внаслідок військових дій виявлено специфіку спільної дії повітряної ударної хвилі, високотемпературного термічного впливу пожеж та сейсмо-вибухових хвиль у ґрунті. Виявлено критичні зони вразливості для різних типів несучих остовів. Для монолітних каркасів такою зоною є ризик продавлювання плит перекриття у вузлах сполучення з колонами, оскільки раптовий вихід з ладу колони призводить до зміни кінематичної схеми та виникнення динамічних ефектів. Для панельних споруд зафіксовано високу вразливість зварних і замонолічених стикових з'єднань, де крихке руйнування зв'язків може спричинити лавиноподібне прогресуюче обвалення всієї секції будівлі. Для безкаркасних цегляних систем визначено критичність зсувних деформацій у кутових простінках, що

перебувають у стані граничної рівноваги під значним вертикальним та горизонтальним навантаженням та за умов зниження міцності розчину від атмосферного зволоження.

5. Сформовано та науково обґрунтовано систему з семи специфічних ускладнюючих критеріїв трудовитрат інженерно-технічного персоналу в умовах воєнного стану. Ці критерії відображають як фізичний стан ушкодженого каркаса споруди, так і організаційно-безпекові ліміти навколишнього середовища. До них віднесено наявність будівельних завалів, комбінований характер уражень, потребу використання безконтактних цифрових методів збору даних, проектування протиаварійних тимчасових підсилень, високу щільність дрібних дефектів, безпекові обмеження воєнного стану та форс-мажорні переривання робіт через повітряні тривоги. Запропоновано адитивно-мультиплікативну математичну модель розрахунку інтегрального коефіцієнта складності робіт із залученням бінарних індикаторів наявності дефектів, що дозволяє гнучко та об'єктивно адаптувати трудовитрати до фактичного стану кожного конкретного пошкодженого об'єкта. Особливим науково-практичним результатом моделювання є точне доведення зростання трудовитрат.

6. Розроблено комплексну чотирирівневу класифікацію пошкоджень, ступенів аварійності та функціональної придатності будівель, яка повністю відповідає Порядку виконання невідкладних робіт № 473 в діючій редакції станом на 2026 рік [8]. Науково обґрунтовано та математично доведено доцільність розділення критичних станів на категорію часткового демонтажу (Категорія III) та категорію повного демонтажу (Категорія IV). Доведено, що частковий демонтаж зруйнованих верхніх ярусів за умови збереження просторової стійкості підземної частини, пальових або масивних фундаментів та нижнього опорного контуру споруд у щільній міській забудові дозволяє зберегти до 45% конструктивного об'єму будівлі. Це рішення суттєво знижує матеріаломісткість відновлення. Воно запобігає пошкодженню сусідніх об'єктів під час динамічних робіт із демонтажу та зменшує навантаження на довкілля за рахунок скорочення обсягів будівельних відходів.

7. Сформовано ієрархічну структуру конструктивних елементів будівлі із розрахунком точних вагових коефіцієнтів. Максимальну вагу присвоєно фундаментам та ґрунтовій основі оскільки їхня деструкція викликає нерівномірні осідання споруди, руйнування стикових з'єднань наземного каркаса та повну втрату геометричної стабільності. На другому рівні перебувають вертикальні несучі опори руйнування яких запускає лавиноподібне прогресуюче обвалення вищих ярусів. Наступні рівні розподілено між горизонтальними дисками перекриттів, другорядними огорожувальних системами та покрівлею. Запропоновано аналітичну модель інтегрального індексу пошкодження будівлі як зваженої суми локальних деструкцій її конструктивних рівнів, впровадження якої повністю усуває суб'єктивні чинники та створює надійну основу для прийняття рішень щодо тривалості подальшого життєвого циклу об'єкта.

8. Вдосконалена триетапна методика технічного обстеження будівель, яка базується на розгалужених логічних алгоритмах прийняття інженерних рішень та обов'язкових циклах верифікації результатів дозволяє за рахунок впровадження обов'язкового зворотного зв'язку верифікації звіту усуває суб'єктивні помилки комісій та забезпечує високу точність висновків щодо подальшої безпечної експлуатації відновлюваних об'єктів. Методика поєднує попередній візуальний аналіз небезпек та допуску (Етап I), проектування та монтаж тимчасових розвантажувальних систем і підпор для стабілізації каркаса (Етап II та III), а також детальне інструментальне вишукування з побудовою тривимірних цифрових BIM-моделей деформованого стану будівлі (Етап IV). Якщо під час узгодження виявляються розбіжності у розрахунках або неповна фіксація дефектів, методикою регламентується проведення додаткового або спеціального обстеження з повторними перевірочними розрахунками.

9. Сформовано прикладну модель оцінювання ризиків проведення технічного обстеження в умовах воєнного стану. Модель базується на безпеці робочої зони та логічному принципі встановлення безпекових бар'єрів. Такий підхід підвищує швидкість та безпеку проведення обстеження будівель за рахунок визначення трьох базових організаційних сценаріїв допуску експертів,

якими встановлено безпечний допуск (Сценарій А), обмежений допуск після першочергової стабілізації (Сценарій Б) та повну заборону фізичного входу із застосуванням виключно безконтактних дистанційних технологій (Сценарій В), що унеможливорює суб'єктивне заниження ризиків та повністю захищає життя персоналу у зоні проведення вишукувань. Це повністю відповідає вимогам надійності ДБН В.1.2-14:2018 [93].

10. Розроблено покрокові організаційно-методичні рекомендації та регламент дій представників органів місцевого самоврядування (ОМС) та комунальних служб при первинному реагуванні на ушкодження об'єктів. Сформовано правила безпекового зонування прилеглої території із виділенням Червоної, Жовтої та Зеленої зон. Запропоновані рішення забезпечують швидку та достовірну фіксацію дефектів для подальшого завантаження відомостей до Державного реєстру пошкодженого та знищеного майна у складі ЄДЕССБ.

11. Впровадження розробленого організаційно-методичного інструментарію у практичну діяльність інженерних та експертних організацій дозволяє суттєво підвищити надійність та оперативність технічного обстеження будівель, оптимізувати розподіл робочого часу фахівців, суттєво знизити ризики виробничого травматизму.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Постанова про затвердження Порядку проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва, затверджено постановою Кабінету Міністрів України №257 від 12 квітня 2017р. зі змінами № 427 від 28.04.2021 та № 423 від 05.04.2022
2. Про регулювання містобудівної діяльності : Закон України від 17.02.2011 № 3038-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17> (дата звернення: 16.06.2026).
3. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. Київ : Мінрегіон України, 2016. 45 с.
4. Методика обстеження інженерних систем будівлі : затверджена наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11.07.2018 № 173.
5. ДСТУ 9123:2021. Настанова з обстеження та випробування мостів і труб. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2021.
6. ДСТУ 9181:2022. Настанова з оцінювання та прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022.
7. ДСТУ Б В.2.6-210:2016. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються. Київ : Мінрегіон України, 2016.
8. Про затвердження Порядку виконання невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків збройної агресії Російської Федерації, пов'язаних із пошкодженням будівель та споруд : Постанова Кабінету Міністрів України від 19.04.2022 № 473. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/473-2022-%D0%BF> (дата звернення: 16.06.2026).
9. Методика обстеження будівель та споруд, пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, бойових дій та терористичних актів : затверджена наказом Міністерства розвитку громад та територій України від 28.04.2022 № 65.

10. Методика проведення обстеження та оформлення його результатів : затверджена наказом Міністерства розвитку громад та територій України від 06.08.2022 № 144.
11. EN 1990:2002 Eurocode – Basis of Structural Design. Brussels : European Committee for Standardization (CEN), 2002.
12. BS 7913:2013. Guide to the Conservation of Historic Buildings. London : British Standards Institution, 2013.
13. ASTM E2018-15. Standard Guide for Property Condition Assessments: Baseline Property Condition Assessment Process. West Conshohocken : ASTM International, 2015.
14. DIN 1076. Engineering Structures in the Course of Roads and Paths – Monitoring and Inspection. Berlin : Deutsches Institut für Normung, 2017.
15. Building Standard Law of Japan. Tokyo : Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 2018.
16. Volk R., Stengel J., Schultmann F. Building Information Modeling (BIM) for Existing Buildings – Literature Review and Future Needs // Automation in Construction. 2014. Vol. 38. P. 109–127. DOI: 10.1016/j.autcon.2013.10.023.
17. Богаченко С. В., Титюк А. О., Шатов С. В. Цифровізація результатів технічного обстеження будівель та споруд // Innovations in Construction and Smart Building Technologies for Comfortable, Energy Efficient and Sustainable Lifestyle. 2024. С. 74–77.
18. Пасько Р. М., Панько О. М., Теренчук С. А. Впровадження цифрових технологій у процес обстеження будівель, майна та об'єктів інфраструктури // Управління розвитком складних систем. 2022. № 49. С. 74–80. DOI: 10.32347/2412-9933.2022.49.74-80.
19. Гураль О. Використання безпілотних літальних апаратів для обстеження будівель і споруд // V Міжнародна студентська науково-технічна конференція «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання». Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2022. С. 139–140.

20. Білошицька Н. І., Татарченко З. С., Ревека А. В., Лобко Д. І. Аналіз сучасних методів проведення технічного обстеження будівель та споруд // Містобудування та територіальне планування. 2022. Вип. 79. С. 45–56. DOI: 10.32347/2076-815X.2022.79.45-56
21. Немчинов Ю.І. Оцінка стану конструкцій будівель і споруд із застосуванням методу нечітких множин // Science & Construction (Наука та будівництво). 2026. № 1(47). С. 70–82. DOI: <https://doi.org/10.33644/2313-6669-1-2026-7>.
22. Терентьев О.О., Баліна О.І., Шабала Є.Є. Моделі визначення фізичного зношення конструктивних елементів будівлі для задач діагностики технічного стану // Управління розвитком складних систем. 2016. № 26. С. 153–155.
23. Яковенко М. С., Нестеренко О. В., Бень І. В., Сергійчук В. А., Зорін Є. В. Геодезичне забезпечення комплексу робіт з обстеження будівель, що постраждали внаслідок військових дій на прикладі ЖК «Династія» в м. Києві // Science & Construction. 2024. № 2 (40). С. 3–14. DOI: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2024-1>
24. Фаренюк Г. Г., Любченко І. Г., Рубан Ю. Я. Обстеження та аварійно-відновлювальні роботи на об'єктах, які зазнали пошкоджень внаслідок збройної агресії Російської Федерації. Наука та будівництво. 2022. № 3–4(33–34). С. 49–53. DOI: 10.33644/2313-6679-34-2022-5.
25. Березовський А., Джулай О., Рудешко І., Чорномаз І., Вихристенко В. Особливості технічного обстеження будівель і споруд, що були пошкоджені або зруйновані внаслідок військових дій // Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація. 2024. Т. 8, № 2. С. 5–12. DOI: 10.31731/2524-2636.2024.8.2.5.14.
26. Молодід О. С., Піпа В. В. Аналіз проблеми пошкодження фасадних систем унаслідок військових дій // Збірник наукових праць. Київ : Київський національний університет будівництва і архітектури, 2025. С. 203–204. .
27. Терентьев О. О., Білошицький А. О., Горбатюк Є. В., Волянчук В. О., Міщук Д. В. Методи та аналіз причин пошкодження системи діагностики

технічного стану будівель та споруд // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. 2020. № 95. С. 60–69. DOI: 10.32347/gbdmm2020.95.0501

28. Михайленко В.М., Терентьев О.О., Єременко Б.М., 2013. Інформаційна технологія оцінки технічного стану елементів будівельних конструкцій із застосуванням нечітких моделей. Строительство, материаловедение, машиностроение, сб. науч. трудов Под общей редакцией профессора В.И. Большакова выпуск. Днепропетровск, Вып. 70, 133-141.

29. Михайленко В.М., Терентьев О.О., Єременко Б.М., 2014. Обработка экспериментальных результатов работы экспертной системы для задачи диагностики технического состояния зданий. Строительство, материаловедение, машиностроение, сб. науч. трудов Под общей редакцией профессора В.И. Большакова выпуск. Днепропетровск, Вып. 78, 190-195.

30. Терентьев О.О., Шабала Є.Є., Малина Б.С., 2015. Основи організації нечіткого ви ведення для задачі діагностики технічного стану будівель та споруд. Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць. К.: КНУБА, Вып. 22, 138-143.

31. Olexander Terentyev, Mykola Tsiutsiura. (July 2015). The Method of Direct Grading and the Generalized Method of Assessment of Buildings Technical Condition. International Journal of Science and Research (IJSR), Vol. 4 Issue 7, 827-829.

32. Нужний В. Перші дослідження ушкоджень будівель і споруд внаслідок бойових дій // Основи та фундаменти. 2022. № 43. С. 103–111. DOI: 10.32347/0475-1132.43.2022.103-111.

33. Левченко Н. М., Бейнер П. С., Бейнер Н. В. Реконструкція будівель з використанням BIM технологій при відновленні міст в Україні // Металознавство та термічна обробка металів. 2022. № 4 (99). С. 64–69.

34. Вабіщевич М. О., Фесун І. К. Про обстеження індивідуальних житлових будинків, що були пошкоджені та зруйновані внаслідок бойових дій. Управління розвитком складних систем. 2023. № 53. С. 127–134. DOI: 10.32347/2412-9933.2023.53.127-134.

35. Полтавець М. О., Лахтаренко О. І. Технології оцінки експлуатаційної якості промислової будівлі внаслідок часткової військової руйнації // *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2024. № 25. С. 87–92.
36. Ромашкіна М. О., Пісаревський Б. В., Журавльов О. О. Розрахунок будівлі на вплив дії повітряної ударної хвилі прямим динамічним методом з використанням ПК ЛІРА-САПР // *Будівельні конструкції. Теорія і практика*. 2024. № 14. С. 147–160. DOI: 10.32347/2522-4182.14.2024.147-160.
37. Ромашкіна М. А. Чисельне дослідження на пружено-деформованого стану цегляної житлової будівлі при запроектному впливі (вибух побутового газу всередині приміщення) / М. А. Ромашкіна / / *Будівництво, матеріалознавство, машинобудування* // *Зб. наук. праць – Д.: ГВУЗ ПГАСА, 2015. – С. 28-37.*
38. Ромашкіна М. А. Визначення ймовірності вибуху газоповітряної суміші в газифікованій квартирі / М.А. Ромашкіна/ / *Науково-технічний збірник: Проблеми розвитку міського середовища.*
39. Шатрова І. А., Демидова О. О., Мальонкіна І. С. Ліквідація наслідків збройної агресії в Україні: застосування сучасних технологій при обстеженні пошкоджених будівель і споруд // *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2024. Вип. 53(1). С. 31–35.
40. Демешкант Є. М. Класифікація зруйнованих будівель в структурі житлових міських утворень // *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2024. Вип. 70. С. 181–191. DOI: 10.32347/2077-3455.2024.70.181-191.
41. Білошицька Н. І., Татарченко Г. О., Білошицький М. В., Уваров П. Є. Аналіз пошкоджень і руйнувань житлової забудови внаслідок бойових дій на прикладі м. Сєверодонецьк. Просторовий розвиток. 2024. № 10. С. 257–275. DOI: 10.32347/2786-7269.2024.10.257-275.
42. Менейлюк О.І., Руссий В.В. Аналіз характерних пошкоджень будівель та споруд отриманих в результаті військових дій. Тези доповідей 77-ї

науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу академії 13-14 травня 2021 року. Одеса: ОДАБА, 2021. С. 3

43. Меньлюк О. І., Меньлюк І. О., Руссий В. В. Дослідження стану будівель та споруд, пошкоджених внаслідок воєнних дій. *Будівельне виробництво*. 2023. № 75. С. 17–23.

44. Меньлюк О.І., Ковров А.В., Руссий В.В., Меньлюк І.О. Відновлення пошкоджених цегляних будівель Перше видання Publisher: Видавничий дім «Гельветика», https://www.researchgate.net/publication/405856152_Vidnovlenna_poskodzenih_ceglanih_budivel

45. Меньлюк, О., Руссий, В. . (2023). Аналіз відомих методик пошуку оптимальних рішень відновлення пошкоджених будівель. *Технічні науки та технології*, (2 (32), 355–362. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-2\(32\)-355-362](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-2(32)-355-362)

46. Меньлюк О.І., Нікіфоров О.Л., Розробка методики обґрунтування ефективності шаблонів управління будівництвом, *Український журнал будівництва та архітектури* № 6 (024) (2024), <https://doi.org/10.30838/UJCEA.2312.271224.98.1117>

47. Берчун Я. О., Теличко Р. І., Клименков О. А. Assessment of changes in the technical condition of damaged multi-story buildings by using artificial intelligence // Екологічна безпека та природокористування. – 2025. – Вип. 2 (54). – С. 185–198. – DOI: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2025.2.185-198>.

48. Зезюков Д. М., Махінко М. М., Нечепуренко Д. С. Проблеми оцінки категорій пошкодження крупнопанельних частково зруйнованих будинків після динамічних і вибухових впливів // *Технічні науки та технології*. 2025. № 3(41). С. 480–486. DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-3\(41\)-480-486](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-3(41)-480-486)

49. Гетун Г. В., Баліна О. І., Безклубенко І. С., Буценко Ю. П., Соломін А. В. Уразливість і ступінь пошкодження будівель та споруд при надзвичайних ситуаціях // Science and Education : XVII International Conference, секція проблем

будівництва і архітектури. Київ : КНУБА; НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», 2022. С. 74–78.

50. Гетун Г. В., Куліков П. М., Плоский В. О., Чернишев Д. О. Конструкції будівель і споруд. Кн. 2. Нежитлові будівлі : підручник / Г. В. Гетун, П. М. Куліков, В. О. Плоский та ін. – Київ : Видавництво Ліра-К, 2023. – 900 с.

51. Особливості об'ємно-планувальних рішень сейсмостійких будівель / Г. В. Гетун, О. І. Баліна, І. С. Безклубенко та ін. // Збірник праць XVI Міжнар. наук.-практ. конф. – Хмельницький : ХНУ, 2021. С. 80–85.

52. Саченко І. А. Побудова моделей методів обстеження та аналіз причин пошкодження будівель і споруд // Scientific Journal «ScienceRise». 2018. № 8(49). С. 29–35. DOI: 10.15587/2313-8416.2018.141126. DOI 10.15587/2313-8416.2018.141126

53. Молодід О. С., Плохута Р. О., Мусіяка І. В., Омельченко М., Новак Ю. Дослідження технології створення зовнішньої гідроізоляції шляхом ін'єкцій підземної конструкції // *Міцність матеріалів та теорія конструкцій*. 2026. С. 109–119.

54. Молодід О. С., Максимюк І. Аналіз технологій улаштування покриття на плоских покриттях методом підплавлення // *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2025. №1(56). С. 177–186.

55. Молодід О. С., Бендерський С. Оцінка важливості технологічних чинників при відновленні кам'яних конструкцій з тріщинами // *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2025. №1(56). С. 208–218.

56. Молодід О. С., Володимир П. Аналіз проблеми пошкодження фасадних систем внаслідок військових дій // *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2025. №1(56). С. 295–308.

57. Молодід О. С., Плохута Р. О., Мусіяка І. В. Технологія відновлення структурної цілісності стіни із ніздрюватого бетону, пошкоджених внаслідок військових дій // КНУБА. 2025.

58. Анненков А., Дем'яненко Р., Адаменко О., Молодід О. Удосконалення методики лазерного сканування тунелів у задачах BIM

моделювання деформаційних процесів інженерних споруд // *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2025. С. 91–99.

59. Рашківський В. П., Молодід О. С., Дем'яненко Р. А. Розвиток міждисциплінарних зв'язків фахівців у будівельній галузі. Київ : Ліра-К, 2025.

60. Молодід О. С. та ін. Відновлення стель у будівлях, пошкоджених внаслідок надмірного проєктування... // *Міжнародний журнал наук про охорону природи*. 2025.

61. Дмитренко А. Ю., Івашко Ю. В., Молодід О. С. та ін. Руйнування усталеного міського середовища Бородянки та Ірпеня... // *Міжнародний журнал наук про охорону природи*. 2024.

62. Поколенко В., Герасимчук Я., Різун Д., Тищенко М., Щербак, І. Теоретичні засади впровадження BIM-технологій в управлінні будівельними проєктами. *Будівельне виробництво*, 2025, 80, 62-70. <https://doi.org/10.36750/2524-2555.80.62-70>

63. Поколенко В., Щербань Б., Цимбалістий Ю., Герасимчук Я. Варіативні стратегії до проєктування управлінських структур у девелоперських будівельних проєктах. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 2025, 55(1), 167–182 [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55\(1\).167-182](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55(1).167-182)

64. Кричевська Ю., Рижаківа Г., Шпаков А., Поколенко В., Приходько Д. Цифрова екосистема в будівельному девелопменті: концептуально-теоретичні аспекти трансформації та управлінські імперативи. *Управління розвитком складних систем*, 2024, 60, 174–182. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.174-182>

65. Поколенко В., Шеремет Д., Лавриненко О., Давиденко О., Герасименко О. SMART-організація будівництва: індикатори економічної модернізації та адаптація до ризиків середовища сучасного девелопменту. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 2024, 53(3), 298–307. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53\(3\).298-307](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(3).298-307)

66. ПОКОЛЕНКО, В. ., ШЕРЕМЕТ, Д. ., ЛАВРИНЕНКО, О. ., ДАВИДЕНКО, О. ., & ГЕРАСИМЕНКО, О. . (2024). SMART-організація

будівництва: індикатори економічної модернізації та адаптація до ризиків середовища сучасного девелопменту. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 3(53), 298–307. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53\(3\).298-307](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(3).298-307)

67. ТУГАЙ, О., ПОКОЛЕНКО, В., ЄСИПЕНКО, А., СКАКУН, В. (2025). Забезпечення якості девелоперських проєктів у процесах проєктування, будівництва та інжинірингу: сталий розвиток, стандарти та інноваційні підходи. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 3(56), 236–251. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56\(3\).236-251](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(3).236-251)

68. ПОКОЛЕНКО, В., ЛИТАРЕВ, О. ., КОЧУМА , В. ., & САРГСЯН, В. . (2024). Теоретико-методологічні основи діяльності будівельних інжинірингових компаній як фундамент ефективної підготовки та реалізації будівельних проєктів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 3(53), 151–170. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53\(3\).151-170](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(3).151-170)

69. МАЛИХІН, М. ., КУЗЬМІН, Т. ., ГИРЯ, В. . (2025). Методичні засади аналізу та вибору інвестиційних проєктів реконструкції з урахуванням їх технічного стану. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 3(55), 327–340. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55\(3\).327-340](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55(3).327-340)

70. Малихін , М. . (2025). Особливості й передумови побудови процесів організації та адміністрування будівництвом як складової життєвого циклу. *Управління розвитком складних систем*, (63), 142–149. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.63.142-149>

71. МАЛИХІН, М. . (2025). Інтеграція цифрових платформ у структуру підготовки будівельних проєктів як основа гнучких моделей управління життєвим циклом об'єкта. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 1(56), 30–41. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56\(1\).30-41](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(1).30-41)

72. МАЛИХІН, М. . (2025). Еволюція наукових підходів до виявлення причин деструктивних процесів у межах організаційно-технологічної системи будівельного виробництва. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 2(56), 42–51. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56\(2\).42-51](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(2).42-51)

73. Малихін , М. . (2025). Формалізований вимір девелопером стану готовності стейкхолдерів до виконання договірних зобов'язань у проєктах будівництва. *Управління розвитком складних систем*, (61), 232–242. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.61.232-242>
74. Ганна Шпакова, Володимир Кріпак, Технологія TECOREP та можливості її адаптації для повоєнної України, *Будівельні конструкції. Теорія і практика* № 17 (2025) 30.11.2025 см. 131-140, <https://doi.org/10.32347/2522-4182.17.2025.131-140>
75. Hanna. Shpakova, Andrii Shpakov, Wolodymyr Kripak, Vira Koliakova, Structural and Technological Aspects of Conservation of Street Art on Buildings Damaged During the War. *INTERNATIONAL JOURNAL OF CONSERVATION SCIENCE*, №15(1), см 103-118, [DOI:10.36868/IJCS.2024.si.09](https://doi.org/10.36868/IJCS.2024.si.09) , https://ijcs.ro/public/IJCS-24-SI_09_Shpakova.pdf
76. H. Shpakova, G. Ryzhakova, T. Honcharenko, A. Shpakov, I. Chupryna, R. Akselrod. [Integration of Data Flows of the Construc-tion Project Life Cycle to Create a Digital Enterprise Based on Building Information Modeling](https://doi.org/10.46338/ijetae0122_05). *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. см. 40-50. https://doi.org/10.46338/ijetae0122_05
https://ijetae.com/files/Volume12Issue1/IJETAE_0122_05.pdf
77. Шпакова, Г., & Прокопенко, Д. . (2026). Конструкційно-технологічні підходи до переробки залізобетону: інтеграція технологій проєктування, деконструкції та повторного використання. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*, (18), 202–215. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.18.2026.202-215>
78. Шпакова , Г. ., Денисюк , О. ., Рижаківа , Г. ., Кошельний , І. ., Максим'юк, Ю. ., Веремєєв , С. ., & Федоров , С. . (2022). Сучасна технологія моделювання організаційної підготовки та економіко-управлінського супровіду стейкхолдерів будівництва. *Управління розвитком складних систем*, (52), 126–134. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.52.126-134>
79. RESTORATION OF ENGINEERING INFRASTRUCTURE USING MODERN TECHNOLOGIES/P.Yu. Hulevskyi, V.V. Orobei, I.V. Hovorukha, S.V.

Butnik. Науковий вісник будівництва. 2025. Випуск № 113. с. 58-65.
doi.org/10.33042/2311-7257.2025.113.1.8

80. Технічні рішення щодо відновлення неексплуатованої будівлі зі збереженням її цільового призначення у відповідності з сучасними вимогами/ Г.Б. Башкіров, С.В. Бутнік. Будівельне виробництво. 2023. № 75. С. 32-38.
doi.org/10.36750/2524-2555.75.32-38

81. Аналіз прямих втрат та завдань відновлення основних ресурсів, пошкоджених внаслідок воєнних дій в Україні / Джалалов М. Н., Бутнік С. В., Говоруха І. В. Будівельне виробництво. 2023. № 74. С. 25-29.
doi.org/10.36750/2524-2555.74.25-29

82. Перспективи збірно-монолітного будівництва для відновлення об'єктів в Україні / Почапський М. Д., Бутнік С. В., Помазан М. Д. Будівельне виробництво. 2023. №74. С. 35-41 [/10.36750/2524-2555.74.35-41](https://doi.org/10.36750/2524-2555.74.35-41)

83. Особливості конструктивних, організаційних та технологічних рішень відновлення залізобетонних конструкцій мостів / Шумаков І.В., Бутнік С.В., Бугаєвський С.О., Бугаєвський В.О. Будівельне виробництво. 2022. № 74. С. 11-16. doi.org/10.36750/2524-2555.74.11-16

84. С.В. Бутнік, М.Д. Почапський. Аналіз нормативної трудомісткості зведення збірно-монолітних конструкцій. Комунальне господарство міст. 2025. №1 (189). с. 258-265 <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2025-1-189-258-265>

85. Демидова О. О., Міліцький К. О. Існуючі підходи що регламентують обстеження технічного стану будівель та споруд, збірник «Ресурсоекономні матеріали, конструкції будівель та споруд Вип.45 » опубліковано 22.06.2024 ст. 323-329, <https://doi.org/10.31713/budres.v0i45.36>

86. Демидова О. О., Міліцький К. О. Теоретико методичні засади класифікації функціональних відмов конструктивних елементів будівель . Шляхи підвищення ефективності будівництва, 3(56), 61–67., опубліковано 27.11.2025. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56\(3\).61-67](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(3).61-67)

87. Демидова О. О., Міліцький К. О. Існуючі підходи, що регламентують обстеження технічного стану будівель та споруд; Міжнародний науково-технічний

форум «Архітектура, Дизайн та Будівництво: Інноваційні технології» (м. Київ, 15-16 листопада 2023 р.) Київ КНУБА, 2023 ст 166-167, <https://drive.google.com/file/d/1MtRBPiOTuPp1zPEUphMqLQ-VLflydXwU/view>

88. Демидова О. О., Міліцький К. О. Проблематика технічного обстеження будівель та споруд, які зазнали позапроектних впливів; Міжнародний науково-технічний форум «Архітектура, Будівництво, Дизайн: Технології, Енергетика, Менеджмент» (м. Київ, 16-17 жовтня 2024 р.) Київ КНУБА, 2024, ст 186-187, <https://drive.google.com/file/d/1b5T8Z1-5yCd-xtgAgU2PUCKB3E64vuqB/view>

89. СОУ Д.1.2-02495431-001:2008 Нормативи витрат труда для визначення вартості робіт з оцінки технічного стану та експлуатаційної придатності конструкцій будівель і споруд, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК) Наказ від 10.06.2008 № 21-ОД

90. Гринько, І. (2021). КОНКОРДАЦІЯ ЕКСПЕРТІВ – ЗАПОРУКА УСПІХУ В РОЗРОБЦІ СТРАТЕГІЙ РОЗВИТКУ КРАЇН В ІНДУСТРІЇ 4.0. *Економіка та суспільство*, (28). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-28-28>

91. Котельникова, Ю., & Касьмін, Д. (2020). МЕТОД АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ В ПРИЙНЯТТІ РІШЕНЬ ЩОДО КАДРОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ. *Економіка та суспільство*, (22). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2020-22-29>

92. Hrytsiuk, Y. I., & Grytsyuk, P. Y. (2019). Методи уточнених точкових оцінок параметра розподілу ймовірностей випадкової величини на підставі обмеженого обсягу даних. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(2), 141-149. <https://doi.org/10.15421/40290229>

93. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. Зі Зміною № 1 Український науково-дослідний та проектний інститут сталевих конструкцій ім. В.М. Шимановського (УкрНДІпроектстальконструкція) Наказ від 02.08.2018 № 198 Про затвердження ДБН В.1.2-14:2018 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд

94. Єдина державна електронна система у сфері будівництва (ЄДЕССБ) : офіційний портал. URL: <https://e-construction.gov.ua/> (дата звернення: 23.06.2026).

95. Методика обстеження будівель та споруд, пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, бойових дій та терористичних актів (Методика № 65) Міністерство розвитку громад та територій України, що є правонаступником Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України, Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України (Мінрегіон), Держбуду УРСР, Мінінвестбуду України, Мінбудархітектури України, Держкоммістобудування України, Держбуду України, Мінбуду України, Мінрегіонбуду України Наказ від 28.04.2022

96. Деякі питання ліквідації наслідків збройної агресії Російської Федерації, пов'язаних із пошкодженням або знищенням нерухомих об'єктів культурної спадщини, постанова №713 від 20 травня 2026 р. Кабінет Міністрів України

97. Постанова від 27.09.2022 № 1073 Про затвердження Порядку управління відходами, що утворились у зв'язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків та внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України.

98. Barabash M.S., Kostyra N.O. and Pysarevskyi B.Y. Strength-strain state of the structures with consideration of the technical condition and changes in intensity of seismic loads. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 708, Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings 20–22 November 2019, Kharkiv, Ukraine. DOI :10.1088/1757-899X/708/1/012044

99. Скрипник О. С., Іващенко М. Ю. Безпека експлуатації будівель та споруд : конспект лекцій. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 106 с.

100. Афанасьєва, Л. В., & Лавріненко, Л. І. Особливості напружено-деформованого стану залізобетонних конструкцій, пошкоджених корозією.

Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди.НУВГА Вип.43. 2023. <https://doi.org/10.31713/budres.v0i43.11>

101. Демидова О. О., Дем'яненко О.О., Міліцький К. О. Сучасні виклики та шляхи розвитку системи оцінки технічного стану і відновлення пошкоджених будівель і споруд. *Міжнародний науково-технічний форум «Архітектура, Будівництво, Дизайн: Виробництво, Інформація, Менеджмент»* (м. Київ, 24-25 листопад 2025 р.). Київ КНУБА. 2025. С. 214-215 <https://www.knuba.edu.ua/conference/>

102. Дем'яненко О.О., Міліцький К. О. Організаційні особливості технічного обстеження промислових підлог. *FOR PARTICIPATING INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE "TOPICAL ISSUES OF SCIENCE, EDUCATION AND SOCIETY IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT"* (Austin, USA, 24 September 2025). С. 74-76. <https://www.economics.in.ua/2025/09/24.html>

103. ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП 45.2-7.02-12) Науково-дослідний інститут будівельного виробництва (НДІБВ), Наказ від 27.01.2009 № 45 Про затвердження державних будівельних норм.

104. ISO 31000:2018. Risk management - Guidelines. - Geneva: International Organization for Standardization, 2018. - 23 p

105. UFC 3-340-02. Unified Facilities Criteria (UFC): Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions. - Washington, DC: US Army Corps of Engineers, 2008. - 1920 p.

106. Шеховцов , В., Фесенко, О., Малахов , В., & Дмитренко, Є. (2025). Оцінка та відновлення залізобетонних конструкцій, що пошкоджені внаслідок російської ракетної атаки. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*, (16), 135–144. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.16.2025.135-144>

107. EN 1991-1-7:2006. Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-7: Accidental actions. - Brussels: CEN, 2006. - 69 p.

108. Закон України «Про протимінну діяльність в Україні» від 06.12.2018 № 2642-VIII (із змінами) // Відомості Верховної Ради України. - 2019. - № 11
109. IMAS 09.10. International Mine Action Standards - Clearance requirements. - Edition 2. - New York : United Nations Mine Action Service
110. ДСТУ 9273:2024 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість Технічний комітет стандартизації «Будтехнології» (ТК 309), наказ від 09.01.2024 № 11 Про прийняття та скасування національних стандарт
111. UFC 4-023-03. Unified Facilities Criteria (UFC): Design of Buildings to Resist Progressive Collapse. - Washington, DC: Department of Defense, 2016. - 182 p
112. ISO 22320:2018. Security and resilience - Emergency management - Guidelines for incident management. - Geneva: ISO, 2018. - 28 p
113. FEMA P-154. Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook. - Redwood City, CA: Federal Emergency Management Agency, 2015
114. Дем'яненко О. О., Міліцький К. О. Особливості технічного обстеження багатоповерхових житлових будинків, пошкоджених внаслідок ракетних ударів. *Будівельне виробництво*. 2023. №76. С. 57-62. <https://doi.org/10.36750/2524-2555.76.57-62>
115. Дем'яненко О. О., Міліцький К. О. Організаційно-методологічний інструментарій обстеження технічного стану промислових підлог. *Будівельне виробництво*. 2025. №79. С. 60-65. DOI: <https://doi.org/10.36750/2524-2555.79.60-65>
116. Хохлін Д., Міліцький К. Застосування оцінки динамічних характеристик житлових і громадських будівель для діагностики та моніторингу їх технічного стану. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2025. №56. С. 132-141. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56\(1\).132-141](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(1).132-141)

ПЕРВИННИЙ АКТ ВІЗУАЛЬНОГО ОГЛЯДУ УРАЖЕНОЇ БУДІВЛІ

що зазнала пошкоджень внаслідок бойових дій (за Порядком № 473)

м./с-ще/с. _____ " ____ " _____ 202_ р.

1. АДРЕСА ОБ'ЄКТА ТА ЗАГАЛЬНІ ДАНІ:

- Назва об'єкта: _____
- Фактична адреса: _____

- Кількість поверхів: _____ Орієнтовна висота будівлі (Н): _____ м.
- Розрахунковий радіус безпечного оточення ($1.5 * H$): _____ м.

2. ДАНІ ПРО ПОДІЮ ТА ОЧЕВИДЦІВ:

- Дата та час ураження: " ____ " _____ 202_ р., о ____ год. ____ хв.
- Тип військового впливу (вибухова хвиля / пожежа / пряме ураження): _____
- Тривалість пожежі (якщо була): _____ год.

3. РЕЗУЛЬТАТИ СПРОЩЕНОГО ВІЗУАЛЬНОГО ОГЛЯДУ КОНСТРУКЦІЙ

(необхідне відмітити [X]):

- ☐ Руйнування/обвалення плит перекриття (Поверхи: _____, Кількість плит: _____)
- ☐ Нахил, крен або зміщення зовнішніх несучих стін
- ☐ Роздроблення бетону або цегляної кладки у колонах / простінках
- ☐ Наскрізні тріщини у цегляних стінах (Ширина розкриття: _____ мм)
- ☐ Вибите зашклення вікон та дверей (Орієнтовно: _____ %)
- ☐ Інші видимі дефекти: _____

4. ВСТАНОВЛЕНА ПОПЕРЕДНЯ КАТЕГОРІЯ ЗАГРОЗИ БУДІВЛІ:

- ☐ ЧЕРВОНИЙ РІВЕНЬ (Аварійний стан. Вхід категорично заборонено).
- ☐ ЖОВТИЙ РІВЕНЬ (Обмежений допуск після встановлення тимчасових кріплень).
- ☐ ЗЕЛЕНИЙ РІВЕНЬ (Задовільний стан. Допуск вільний).

5. ВЖИТІ ПЕРШОЧЕРГОВІ ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ:

- ☐ Проведено очищення та перевірку території на наявність ВНП (вибухонебезпечні предмети) підрозділом ДСНС.
(Акт № _____ від " ____ " _____ 202_ р.)
- ☐ Пошкоджену будівлю повністю відключено від мереж електро-, водо- та газопостачання.
- ☐ Встановлено сигнальне огороження на відстані _____ метрів від фасадів будівлі.
- ☐ Виставлено пости охорони (сили ДФТГ / Муніципальна варта).
- ☐ Встановлено контроль за допомогою тимчасових маяків на тріщинах.

Представник ОМС (уповноважена особа):

Посада: _____ Підпис: _____ ПІБ: _____

Представник ДСНС/ДФТГ (за наявності):

Посада: _____ Підпис: _____ ПІБ: _____

Анкета експертного оцінювання щодо визначення додаткових витрат праці (трудовитрат) при оцінці технічного стану будівель і споруд, пошкоджених внаслідок бойових дій

Шановний експерте!

Просимо Вас взяти участь у науковому дослідженні, присвяченому оптимізації та науковому обґрунтуванню трудовитрат на обстеження будівельних конструкцій в умовах воєнного стану.

Нормативна база **СОУ Д.1.2-02495431-001:2008** розрахована на мирний час та стандартні умови експлуатації. Мета цього опитування — визначити величину додаткових підвищувальних коефіцієнтів (K_i) до базових нормативів витрат праці при роботі з об'єктами, що зазнали бойових ушкоджень.

Питання для експертної оцінки

Питання №1. Вплив завалів на обмірні роботи (Розділ 8 СОУ)

Геометричні виміри (Розділ 8) ускладнюються наявністю завалів, будівельного сміття. Це вимагає координації з ДСНС та розчищення проходів.

Запитання: Який додатковий коефіцієнт доцільно ввести до нормативів *обмірних робіт* через завали та обмежений доступ?

Оберіть підвищувальний коефіцієнт (K_1):

- ☐ $K_1 = 1,15$
- ☐ $K_1 = 1,30$
- ☐ $K_1 = 1,45$
- ☐ $K_1 > 1,45$ (вкажіть, Ваш, варіант: _____)

Питання №2. Вплив комбінованого ураження (вибухове + термічне) (Розділ 7 СОУ)

Вибухи часто супроводжуються пожежами. Бетон та цегла стає крихким, міцність знижується нерівномірно. Це ускладнює *інструментальне обстеження* (вимагає більше точок вимірювань).

Запитання: Який коефіцієнт ускладнення доцільно ввести для комбінації вибухового та термічного ушкодження?

Оберіть підвищувальний коефіцієнт (K_2):

- ☐ $K_2 = 1,10$
- ☐ $K_2 = 1,25$
- ☐ $K_2 = 1,40$
- ☐ $K_2 > 1,40$ (вкажіть, Ваш, варіант: _____)

\

Питання №3. Трудомісткість використання БПЛА та 3D сканування

Для обстеження зруйнованих поверхів СОУ (2008 р.) не передбачає застосування БПЛА чи лазерних сканерів. Це вимагає значних трудовитрат на польотне планування та обробку хмар точок.

Запитання: Який коефіцієнт складності доцільно застосувати до камеральних робіт при цифровій обробці 3D-моделей руйнувань?

Оберіть підвищувальний коефіцієнт (K_3):

- ☐ $K_3 = 1,25$
- ☐ $K_3 = 1,40$
- ☐ $K_3 = 1,60$
- ☐ $K_3 > 1,60$ (вказіть, Ваш, варіант: _____)
- ☐ Не погоджуюсь (роботи повинні оцінюватися за фактичним часом без коефіцієнтів)

Питання №4. Оперативне проектування тимчасових підсилень (Розділ 10 СОУ)

У пошкоджених будівлях часто неможливо безпечно працювати без термінового розроблення рішень із встановлення аварійних підпірок та стяжок безпосередньо під час технічного обстеження.

Запитання: Який коефіцієнт доцільно застосувати до робіт із проектування конструктивних рішень для врахування невідкладного розроблення тимчасових підсилень?

Оберіть підвищувальний коефіцієнт (K_4):

- ☐ $K_4 = 1,15$
- ☐ $K_4 = 1,25$
- ☐ $K_4 = 1,45$
- ☐ $K_4 > 1,45$ (вказіть Ваш варіант: _____)

Питання №5. Трудомісткість фіксації численних дрібних пошкоджень по за зоною ураження, але в зоні обстежуваного об'єкта обстеження (Розділ 11, Додаток Б)

Ушкодження від уламків створюють численних дрібних дефектів по за зоною ураження, але в зоні обстежуваного об'єкта обстеження. Їх фіксація, обмір та нанесення на схему дефектів (дефектні відомості) вимагає суттєвого збільшення часу.

Запитання: Як наявність масових уламкових пошкоджень впливає на трудомісткість складання дефектних відомостей?

Оберіть підвищувальний коефіцієнт (K_5):

- ☐ $K_5 = 1,20$ (помірна деталізація дефектів)
- ☐ $K_5 = 1,35$ (детальна деталізація дефектів)
- ☐ $K_5 > 1,35$ (вказіть, Ваш, варіант: _____)

Питання №6 Організаційно - підготовчий етап в умовах воєнного стану (Загальні положення)

До початку робіт додається обсяг бюрократичних та безпекових процедур: отримання дозволів військових адміністрацій, проходження інструктажів з мінної безпеки, обмеження часу роботи комендантською годиною.

Запитання: Який коефіцієнт доцільно ввести для компенсації збільшення витрат часу на *організаційно-підготовчі роботи*?

Оберіть підвищувальний коефіцієнт (K_6):

- ☐ $K_6 = 1,10$
- ☐ $K_6 = 1,20$
- ☐ $K_6 = 1,35$
- ☐ $K_6 > 1,35$ (вказіть, Ваш, варіант: _____)

Питання №7. Вплив повітряних тривог на тривалість польових робіт (Загальні положення)

Під час повітряних тривог за для безпеки слід покидати об'єкт обстеження, що призводить до розтягуванню часу на інструментальне та візуальне обстеження.

Запитання: Який коефіцієнт доцільно ввести для компенсації збільшення витрат часу через *повітряні тривоги на інструментальні та візуальне обстеження* ?

Оберіть підвищувальний коефіцієнт (K_7):

- ☐ $K_6 = 1,10$
- ☐ $K_6 = 1,20$
- ☐ $K_6 = 1,35$
- ☐ $K_6 > 1,35$ (вказіть, Ваш, варіант: _____)

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Статті у періодичних наукових виданнях, що увійшли до переліку
наукових фахових видань України категорії “Б”:*

6. Дем'яненко О. О., Міліцький К. О. Особливості технічного обстеження багатопверхових житлових будинків, пошкоджених внаслідок ракетних ударів. *Будівельне виробництво*. 2023. №76. С. 57-62. <https://doi.org/10.36750/2524-2555.76.57-62> (Особистий внесок: неруйнівний контроль міцності елементів каркасу, брав участь у систематизації виявлених дефектів і обґрунтуванні варіантів проведення аварійно-відновлювальних робіт на пошкоджені об'єкті, формування висновків).

7. Демидова О. О., Міліцький К. О. Існуючі підходи що регламентують обстеження технічного стану будівель та споруд. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції будівель та споруд*. 2024. №45. С. 323-329 DOI: <https://doi.org/10.31713/budres.v0i45.36> (Особистий внесок: збір нормативно-правової бази задля аналізу, формування висновків).

8. Дем'яненко О. О., Міліцький К. О. Організаційно-методологічний інструментарій обстеження технічного стану промислових підлог. *Будівельне виробництво*. 2025. №79. С. 60-65. DOI: <https://doi.org/10.36750/2524-2555.79.60-65> (Особистий внесок: неруйнівний контроль міцності й адгезії бетонного покриття та виконав виконавче знімання його висотного положення. Здобувачем науково обґрунтовано організаційно-технологічні причини деградації промислових підлог і класифіковано виявлені експлуатаційні дефект)

9. Хохлін Д., Міліцький К. Застосування оцінки динамічних характеристик житлових і громадських будівель для діагностики та моніторингу їх технічного стану. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2025. №56. С. 132-141. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56\(1\).132-141](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(1).132-141) (Особистий внесок: виконано аналіз закономірностей зміни частот власних

коливань будівель та обґрунтовано допустимі коефіцієнти зниження їхньої жорсткості. Також співавтор безпосередньо розробив рекомендації щодо вдосконалення організаційно-методологічного інструментарію обстеження споруд, пошкоджених позапроектними впливами)

10. Демидова О., Міліцький К. Теоретико методичні засади класифікації функціональних відмов конструктивних елементів будівель. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2025. №56. С. 61–67. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56\(3\).61-67](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(3).61-67) (Особистий внесок: систематизував внутрішні та зовнішні чинники виникнення функціональних відмов і проаналізував моделі поступової та раптової деградації структурної цілісності будівель. Сформульовано пропозиції щодо впровадження концепції функціональної відмови в сучасний інструментарій технічного обстеження об'єктів.)

***Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:
тези доповідей на конференціях***

2. Демидова О. О., Міліцький К. О. Існуючі підходи, що регламентують обстеження технічного стану будівель та споруд. *Міжнародний науково-технічний форум «Архітектура, Дизайн та Будівництво: Інноваційні технології»* (м. Київ, 15-16 листопада 2023 р.). Київ КНУБА. 2023. С. 166-167. <https://drive.google.com/file/d/1MtRBPiOTuPp1zPEUphMqLQ-LflydXwU/view>

2. Демидова О. О., Міліцький К. О. Проблематика технічного обстеження будівель та споруд, які зазнали позапроектних впливів. *Міжнародний науково-технічний форум «Архітектура, Будівництво, Дизайн: Технології, Енергетика, Менеджмент»* (м. Київ, 16-17 жовтня 2024 р.) Київ КНУБА. 2024. С. 186-187. <https://drive.google.com/file/d/1b5T8Z1-5yCd-xlgAgU2PUCKB3E64vuqB/view>

3. Демидова О. О., Дем'яненко О.О., Міліцький К. О. Сучасні виклики та шляхи розвитку системи оцінки технічного стану і відновлення пошкоджених будівель і споруд. *Міжнародний науково-технічний форум «Архітектура,*

Будівництво, Дизайн: Виробництво, Інформація, Менеджмент» (м. Київ, 24-25 листопад 2025 р.). Київ КНУБА. 2025. С. 214-215
<https://www.knuba.edu.ua/conference/>

4. Дем'яненко О.О., Міліцький К. О. Організаційні особливості технічного обстеження промислових підлог. *FOR PARTICIPATING INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE "TOPICAL ISSUES OF SCIENCE, EDUCATION AND SOCIETY IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT"* (Austin, USA, 24 September 2025). С. 74-76.
<https://www.economics.in.ua/2025/09/24.html>

**ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ЦЕНТР
ЦІНОУТВОРЕННЯ ТА КОШТОРИСНОГО НОРМУВАННЯ
У БУДІВНИЦТВІ «ЦІНОБУД»**

*Код ЄДРПОУ 39532809 Україна, 04053, місто Київ, ВУЛИЦЯ СМІРНОВА-
ЛАСТОЧКІНА, будинок 14, кімната 16/15 Телефон: +380504422231*

Вих. №2302/26 від 23 лютого 2026 року

**ДОВІДКА ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОГО
ДОСЛІДЖЕННЯ**

Товариство з обмеженою відповідальністю «НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ЦЕНТР ЦІНОУТВОРЕННЯ ТА КОШТОРИСНОГО НОРМУВАННЯ У БУДІВНИЦТВІ «ЦІНОБУД» підтверджує впровадження результатів дисертаційного дослідження Міліцького Костянтина Олександровича на тему «Організаційно-методичний інструментарій обстеження пошкоджених внаслідок бойових дій будівель», поданого на здобуття наукового ступеня доктора філософії. Результати дослідження були використані під час виконання науково-дослідної роботи за темою «Проведення наукових досліджень та формування науково-обґрунтованих організаційно-методичних підходів щодо створення й наповнення бази об'єктів-аналогів об'єктів будівництва»

УДК338.45:69; 658:69 № держреєстрації:0124U003091, що виконувалася на замовлення Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України.

Запропоновані автором науково-методичні підходи були використані під час формування інформаційної бази об'єктів-аналогів, систематизації відомостей щодо технічного стану будівель і споруд, аналізу характеристик пошкоджень будівельних конструкцій та розроблення рекомендацій щодо використання відповідних даних у процесах відновлення та реконструкції об'єктів будівництва. Практичне впровадження результатів дисертаційного дослідження сприяло

підвищенню якості збору та оброблення інформації щодо пошкоджених об'єктів, удосконаленню підходів до класифікації та групування об'єктів-аналогів, покращенню інформаційно-аналітичного забезпечення процесів прийняття рішень у сфері відновлення будівель та споруд, а також підвищенню обґрунтованості розроблення нормативно-методичних документів у будівельній галузі.

Отримані результати мають практичне значення для формування сучасних інформаційних ресурсів у сфері будівництва та відбудови України й підтверджують доцільність подальшого використання розробленого організаційно-методичного інструментарію у професійній діяльності підприємства.

Директор
ТОВ «ЦЕНТР ЦІНОБУД»



О.М.Гуляєв



ТОВ «ЕНЕРГО ІНЖИНІРИНГ»
Україна, 07405, Київська обл. Броварський р-н,
м. Бровари, вул. Київська, буд.261 А, приміщення 68
ЄДРПОУ 36517568 ІПН 365175610076
моб. +380 (67) 758-58-48; +380 (67) 912-81-85

Вих. №0802\I від «08» лютого 2026 р

ДОВІДКА ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Товариство з обмеженою відповідальністю «ЕНЕРГО ІНЖИНІРИНГ» підтверджує впровадження окремих результатів дисертаційного дослідження Міліцького Костянтина Олександровича на тему: **«Організаційно-методичний інструментарій обстеження пошкоджених внаслідок бойових дій будівель»**, поданого на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

У процесі практичної діяльності ТОВ «ЕНЕРГО ІНЖИНІРИНГ» щодо технічного обстеження та оцінювання стану будівель і споруд, які зазнали пошкоджень внаслідок воєнних дій, використано запропоновані автором науково-методичні підходи та рекомендації, а саме:

- удосконалений порядок організації проведення технічного обстеження пошкоджених об'єктів будівництва;
- методичний підхід до комплексної оцінки технічного стану будівельних конструкцій з урахуванням характеру та ступеня бойових пошкоджень;
- рекомендації щодо формування інформаційної бази результатів обстеження для прийняття рішень стосовно відновлення, ремонту або реконструкції об'єктів;
- підходи до підвищення ефективності процесу обстеження шляхом систематизації результатів візуального та інструментального контролю.

Використання результатів дисертаційного дослідження дозволило підвищити якість та обґрунтованість висновків щодо технічного стану пошкоджених будівель, забезпечити більш ефективне планування робіт з відновлення об'єктів, а також

удосконалити процес підготовки технічної документації за результатами обстежень.

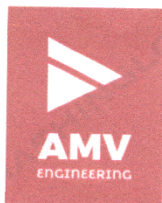
Отримані результати мають практичну цінність та можуть бути рекомендовані для подальшого застосування суб'єктами господарювання, що здійснюють технічне обстеження, оцінку пошкоджень та відновлення будівель і споруд, які постраждали внаслідок бойових дій.

З повагою,

Директор ТОВ «Енерго Інжиніринг»



Інна ГОНЧАРЕНКО



ТОВ «ЕЙ ЕМ ВІ ІНЖИНІРИНГ»

Юридика адреса: 02088, м. Київ, вул. Дяченка 12, оф.3,
 Фактична адреса: 02000, Київ, вул. Солом'янська, 1, оф.602,
 р/р UA633052990000026008015004795 в ПАТ «Приватбанк», МФО 320649,
 ЄДРПОУ 38612034, ПІН 38612032651
 artemax2109@gmail.com, +380 67 912 8185

Вих. №0902\1 від «09» лютого 2026 р.

ДОВІДКА ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Товариство з обмеженою відповідальністю «ЕЙ ЕМ ВІ ІНЖИНІРИНГ» підтверджує впровадження результатів дисертаційного дослідження Міліцького Костянтина Олександровича на тему: **«Організаційно-методичний інструментарій обстеження пошкоджених внаслідок бойових дій будівель»**, поданого на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Основні наукові положення, методичні підходи та практичні рекомендації, розроблені автором, були використані в діяльності ТОВ «ЕЙ ЕМ ВІ ІНЖИНІРИНГ» під час виконання робіт з технічного та інструментального обстеження будівель і споруд різного функціонального призначення, зокрема об'єктів, пошкоджених внаслідок військових дій.

Запропонований організаційно-методичний інструментарій застосовувався під час проведення детальних інструментальних обстежень багатоквартирних житлових будинків у місті Києві, що зазнали пошкоджень внаслідок збройної агресії, а також при виконанні робіт з обстеження громадських будівель, медичних закладів та інших об'єктів будівництва.

Використання результатів дисертаційного дослідження сприяло:

- підвищенню ефективності організації процесу обстеження пошкоджених будівель;
- удосконаленню процедур оцінювання технічного стану несучих та огорожувальних конструкцій;

– покращенню якості технічних висновків щодо придатності об'єктів до подальшої експлуатації;

– підвищенню обґрунтованості рішень щодо відновлення, капітального ремонту або реконструкції пошкоджених будівель;

– оптимізації процесу підготовки технічної та проєктної документації.

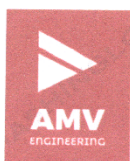
Практичне використання результатів дослідження підтвердило їх наукову новизну, прикладну цінність та доцільність застосування у сфері технічного обстеження будівель і споруд, що постраждали внаслідок бойових дій.

З повагою,

Директор ТОВ «Ей Ем Ві ІНЖИНІРИНГ», к.т.н.



Артем МАКСИМОВ



ТОВ «Ей Ем Ві ІНЖИНІРИНГ»
моб. +380 (67) 758-58-48; +380 (67) 912-81-85