

ЗМІСТ

1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМАТИКИ ВІДНОВЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ПРИДАТНОСТІ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД, ПОШКОДЖЕНИХ ВНАСЛІДОК ПОЗАПРОЄКТНИХ ВПЛИВІВ	7
1.1. Дефекти та пошкодження будівельних конструкцій, що виникають в процесі експлуатації об'єктів будівництва	7
1.2. Позапроектні впливи, зокрема бойові дії, на будівлі та споруди. ..	13
1.3. Світовий досвід повоєнної відбудови	23
1.4. Висновки	25
2. СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ПОШКОДЖЕНЬ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ У НАСЛІДОК ПОЗАПРОЄКТНИХ ВПЛИВІВ ТА МЕТОДИ ЇХ ВІДНОВЛЕННЯ.....	27
2.1. Сучасні підходи до обстеження будівель пошкоджених у наслідок позапроектних впливів, зокрема бойових дій.....	27
2.2 Систематизація пошкоджень будівель і споруд, що виникли у наслідок позапроектних впливів.....	33
2.3. Аналіз та класифікація відомих методів відновлення будівельних конструкцій та будівель загалом.....	38
2.4. Висновки	57
3. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВІДНОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПОШКОДЖЕНИХ У НАСЛІДОК ПОЗАПРОЄКТНИХ ВПЛИВІВ	59
3.1. Методи відновлення кам'яних (інших стінових) конструкцій.....	59
3.1.1. Відновлення кам'яної кладки з термічною деструкцією та вибиванням елементів кладки	59
3.1.2. Ремонт стін з кам'яної кладки та ніздрюватого бетону з наскрізними отворами, сколами, випадінням елементів кладки	63
3.1.3. Ремонт кам'яної кладки з тріщинами	65
3.1.4. Підсилення кам'яних конструкцій зовнішнім армуванням	68
3.1.5. Підсилення кам'яних конструкцій за допомогою введення високоміцних елементів.....	76
3.2. Методи відновлення бетонних та залізобетонних конструкцій.....	78
3.2.1. Ремонт залізобетонних конструкцій з тріщинами	79
3.2.2. Відновлення геометрії залізобетонних конструкцій.....	85

3.2.3. Відновлення залізобетонних пустотних плит перекриття	93
3.2.4. Підсилення горизонтальних залізобетонних конструкцій зовнішнім армуванням	95
3.2.5. Підсилення вертикальних залізобетонних конструкцій зовнішнім армуванням	100
3.3 Висновки	105
4. ПРАКТИЧНИЙ ДОСВІД РЕАЛІЗАЦІЇ МЕТОДІВ ВІДНОВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ ПОЗАПРОЄКТНИМИ ВПЛИВАМИ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	106
4.1. Перекладання кам'яної кладки	108
4.2. Підсилення кам'яних стін сходової клітини	110
4.3. Відновлення геометричних параметрів пошкоджених залізобетонних балок	112
4.4. Відновлення геометрії ригелів / балок та їх підсилення зовнішнім армуванням	114
4.5. Підсилення пустотних плит перекриття.....	117
4.5.1. Пошкодження плит перекриття без руйнування тіла бетону нижніх полиць та стійок	117
4.5.2. Відновлення плит покриття з пошкодженням тіла бетону нижніх полиць та стійок	118
4.6. Відновлення зруйнованих плит перекриття влаштуванням нових монолітних	122
4.7. Відновлення пошкоджених колон / пілон	124
4.8. Висновки	127
5. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	129
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	132
ДОДАТКИ.....	147
Додаток А	147

ВСТУП

Під час експлуатації будівель і споруд під впливом зовнішніх і внутрішніх чинників будівельні конструкції зношуються. Тобто відбувається погіршення їхніх фізико-механічних параметрів. Зазвичай таке погіршення експлуатаційних показників несучих будівельних конструкцій недопустиме, оскільки може спричинити втрату стійкості та аварійні ситуації.

Під час модернізації об'єктів цивільного і промислового призначення проєктують і виконують їхні капітальні ремонти або реконструкцію. Водночас проєкти часто передбачають перепланування приміщень, перебудову або надбудову наявних, зміну навантажень на будівельні конструкції тощо. У такому разі постає потреба у підсиленні конструкцій. Хоча вони можуть не мати дефектів / пошкоджень, тобто не потребувати попередніх ремонтних робіт. У такий спосіб формується потреба в підсиленні несучих будівельних конструкцій та будівель під час планового виконання будівельно-монтажних робіт.

Унаслідок позапроєктних впливів на будівлі чи споруди, що виникають у мирний час (вибухи газу чи вибухових елементів, землетруси, паводки та ін.) будівельні конструкції пошкоджуються та потребують комплексного ремонту або заміни. У разі комплексного ремонту необхідно відновити як фізико-механічні показники, так і геометричні параметри конструкцій з подальшим їх підсиленням (за потреби).

Через повномасштабне вторгненням зс рф на територію України в лютому 2022 р. з'явилися тисячі повністю зруйнованих об'єктів будівництва і тисячі таких, що мають різний ступінь руйнування. Частина з пошкоджених об'єктів можна й потрібно відновити.

Тому з огляду на зазначене постала гостра потреба в розробці нових методів ремонту пошкоджених позапроєктними впливами об'єктів. Варто зважати на те, що розроблені або досліджені технології, по-перше, мають бути економічно обґрунтованими, а по-друге, щоб завдяки їм можна було швидко відновлювати будівлі і споруди з мінімальними втратами часу. Крім того, важливо застосовувати рішення, які забезпечать необхідну міцність і стійкість відновлених будівельних конструкцій.

Окрім того, не слід забувати про екологічний аспект під час будівельно-монтажних робіт. Розробка технологій, які дадуть змогу використовувати відновлювальні матеріали чи такі, що можуть повторно перероблятися, або мінімізують викиди забруднювальних речовин чи витрати ремонтних матеріалів, є так само важливим завданням.

Пошук, дослідження та розробка методів відновлення експлуатаційної придатності пошкоджених будівельних конструкцій є на сьогоднішні надактуальними завданнями. Вони вимагають комплексного підходу як до

вирішення великої кількості питань, так і до формування рішень для розв'язання конкретного завдання.

Актуальність удосконалення існуючих і розробки нових методів ремонту та/або підсилення будівельних конструкцій надзвичайно висока. Ці рішення мають враховувати не лише ефективність відновлення, а й безпеку для людей, які працюють чи проживають на об'єктах, що підлягають відновленню.

Мета роботи полягає в науковому обґрунтуванні та практичній реалізації адаптованих та/або удосконалених існуючих і розроблених нових методів відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій, пошкоджених унаслідок позапроектних впливів, зокрема через бойові дії.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання:

- виконати аналіз дефектів і пошкоджень конструкцій будівель і споруд, що виникають унаслідок дії різноманітних чинників, також унаслідок позапроектних впливів, зокрема і бойових дій;
- дослідити найвідоміші технології ремонту та підсилення будівельних конструкцій залежно від їх пошкоджень;
- виконати теоретичні та експериментальні дослідження, спрямовані на адаптацію та/або удосконалення існуючих і розроблення нових методів із відновлення експлуатаційної придатності пошкоджених будівельних конструкцій унаслідок позапроектних впливів, зокрема воєнних дій;
- розробити методи відновлення експлуатаційної придатності будівель і споруд, пошкоджених унаслідок позапроектних впливів, та виконати їх реалізацію на об'єктах будівництва.

Автор висловлює щире подяку рецензентам, а саме – доктору технічних наук, професору Геннадію ТОНКАЧЕСВУ, та доктору технічних наук, професору Ігорю ШУМАКОВУ, а також колективу кафедри будівельних технологій Київського національного університету будівництва і архітектури за надані зауваження та пропозиції до наповнення монографії.

Щиро вдячний колегам із Центру інжинірингу та експертизи КНУБА за допомогу у виданні цієї праці, зокрема Руслані ПЛОХУТІ, Олені МОЛОДІД та Івану МУСІЯЦІ.

1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМАТИКИ ВІДНОВЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ПРИДАТНОСТІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД, ПОШКОДЖЕНИХ УНАСЛІДОК ПОЗАПРОЄКТНИХ ВПЛИВІВ

1.1. Дефекти та пошкодження будівельних конструкцій, що виникають під час експлуатації об'єктів будівництва

Під час експлуатації всі будівельні конструкції та будівлі загалом із часом зазнають фізичного зношення. До зміни фізико-механічних показників конструкцій, а отже, і до втрати їх експлуатаційних властивостей, призводить вплив зовнішніх і внутрішніх чинників, що можуть бути систематичними, постійними, тривалими чи короткочасними або ж миттєвими.

Часто чинники, що призводять до пошкодження конструкцій, закладені ще на початку життєвого циклу конструкцій чи будівель. До таких чинників належать: помилки проєктування; невідповідна якість матеріалів і виробів; помилки під час виконання будівельно-монтажних робіт; осідання основ; вплив температурно-вологісного режиму, не передбаченого проєктом, та ін. У таких випадках потреба в ремонті чи реконструкції іноді постає ще на етапах зведення будівлі чи споруди або в перші роки їх експлуатації.

Дослідження публікацій закордонних колег М. Lobodanov [1], F. E. Rotimi [2], S E Allotey [3], A S Ali [4], M. Jingmond [5], B S Waziri [6], B. M. Y. Dahanayake [7], M I Qureshi [8], а також власний досвід у встановленні технічного стану споруд на етапі їх будівництва дають змогу стверджувати, що недбалий підхід до проєктування є поширеною проблемою, якій варто приділяти значно більше уваги.

У період нормальної експлуатації будівель кількість пошкоджень конструкцій незначна та найчастіше пов'язана із раптовими відмовами або іншими миттєвими впливами, наприклад вибух чи пожежа. Відповідно потреба в ремонті чи підсиленні пошкоджених конструкцій чи будівель постає або у плановому режимі, або якщо це необхідно.

За нормальних умов значна частина ремонтно-відновлювальних робіт припадає на період інтенсивного зношення конструкцій (наприкінці їх життєвого циклу відповідно до функціонального призначення). Однак вплив зовнішніх і внутрішніх чинників може призвести до пришвидшення погіршення чи втрати експлуатаційних властивостей окремих конструкцій і

будівель загалом. До подібних чинників належать такі впливи: атмосферні; сейсмічні; біологічні; динамічні; агресивне середовище тощо.

Чинники, що найчастіше можуть призвести до пошкодження будівельних конструкцій на різних етапах експлуатації, наведено в додатку А.

На основі аналізу понад 200 науково-технічних звітів з обстежень будівель і споруд (виконаних до 2022 р.) встановлено співвідношення між орієнтовними значеннями потреби у відновленні експлуатаційної придатності будівельних конструкцій (ЕПБК) на різних етапах життєвого циклу будівлі (рис. 1.1) [9].

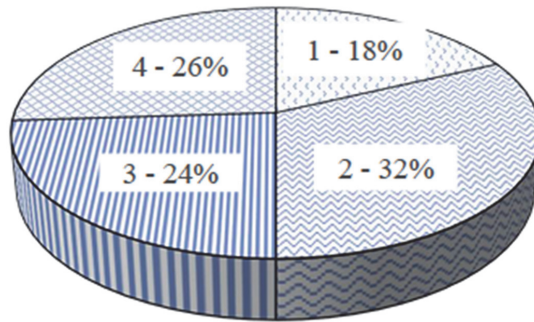


Рис. 1.1. Потреба у відновленні ЕПБК на різних етапах життєвого циклу будівлі:
1 – проєктування; 2 – виконання будівельно-монтажних робіт; 3 – експлуатація;
4 – виконання капітальних ремонтів або реконструкції
для модернізації будівлі чи споруди

Установлено, що приблизно 58 % будівельних конструкцій, що потребували ремонтних робіт, були бетонні та залізобетонні, 18 % – кам'яні, 11 % – металеві та 13 % – дерев'яні (рис. 1.2) [9].

Відповідно до нормативних документів, а саме ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 [10], до основних дефектів і пошкоджень конструкцій залежно від їх матеріалу належать:

- для бетонних і залізобетонних конструкцій: наднормативні тріщини та деформації від силових впливів (статичних і динамічних) і корозійного походження; роздроблення, лущення, тріщини в стиснутому бетоні; оголення випирання, зміщення, досягнення межі текучості та розриви арматури, порушення її зчеплення з бетоном; корозійні пошкодження бетону, арматури, з'єднувальних закладних деталей; пошкодження від попереминого зволоження-заморожування відтавання; температурні деформації при невідповідності відстаней між температурно-осадовими швами до умов

експлуатації; технологічні дефекти (усадочні тріщини, розшарування бетону, недостатній захисний шар бетону, розуцільненість у робочих швах тощо); пошкодження механічні, від вогню тощо;

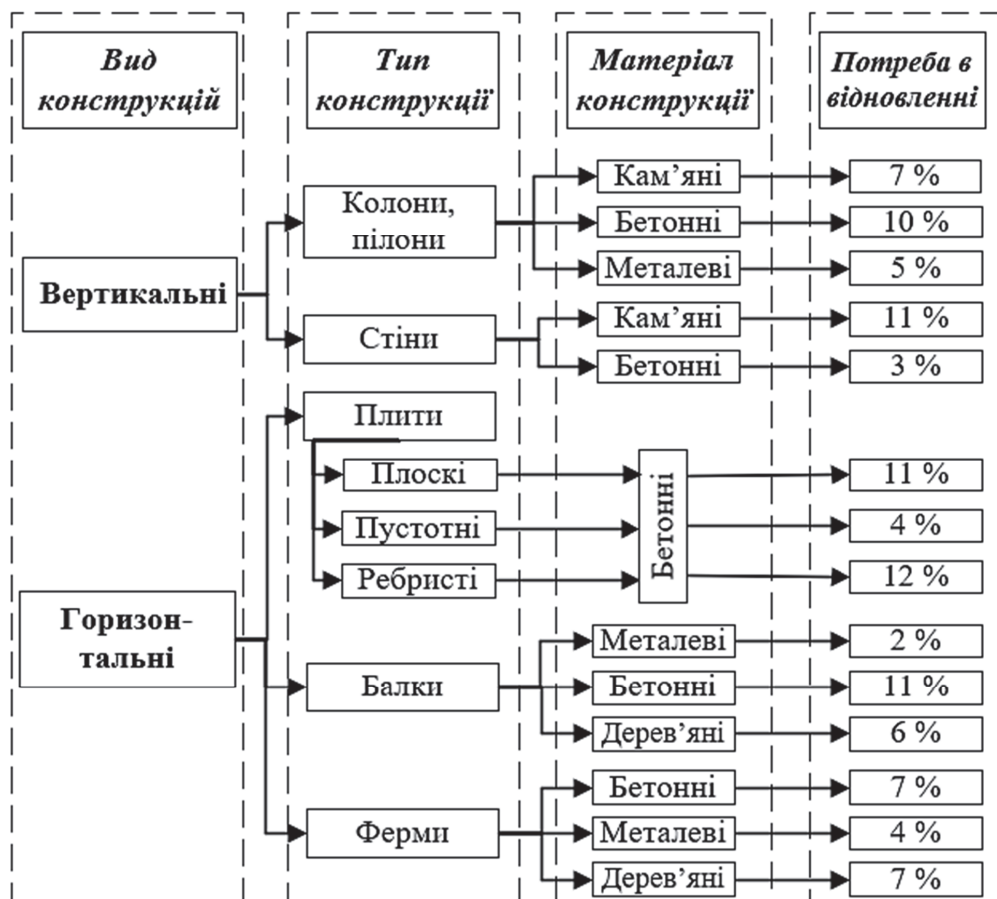


Рис. 1.2. Потреба у відновленні будівельних конструкцій залежно від їх матеріалу

- для кам'яних та армокам'яних конструкцій: тріщини (осадові, силові, температурно-вологісні); розшарування; випирання; вивітрювання; механічні пошкодження (у т. ч. влаштування нових штроб та отворів); корозія кладки та арматури; технологічні дефекти;

- для сталевих конструкцій: невідповідність якості сталі умовам роботи конструкцій; тріщини, вирізи, вириви; відхилення геометричних розмірів перерізів від проектних; непрямолінійність елементів; відхилення від проектного положення сталевих конструкцій та їх елементів; неточна підгонка елементів у вузлах сполучення, розцентрування; відсутність окремих

елементів або необхідність з'єднань, а також наявність не передбачених проектом з'єднань і закріплень; неякісне виконання зварних швів (неповномірні шви, підрізи, пропали, шлакові включення, пори тощо); неякісне виконання болтових або клепанних з'єднань (послаблення, відсутність болтів або заклепок тощо); дефекти та пошкодження протикорозійного захисту;

- для *дерев'яних конструкцій*: вологий стан (або періодичне зволоження) деревини, що перевищує допустиме значення за ДБН В.2.6-161 [11]; зміна природного забарвлення деревини; недопустимі деформації конструкцій та їх елементів; ураження деревини біошкідниками, в т.ч. домовими грибами (справжнім, плівковим, білим) і жуками-деревоточцями (вусатим чорним, мебльовим точильником тощо), морськими біошкідниками (корабельним черв'яком); корозія металевих деталей; руйнування від дії хімічних агресивних середовищ.

Дослідженням виникнення дефектів і пошкоджень залізобетонних конструкцій та їх впливу на конструкції займалися: Л. Афанасьєва [12], Є. В. Клименко [13], М. В. Прядко [14], В. В. Савйовський [15], Md A.O. Mydin [16], M. Kraus [17], S. Yacob [18] та ін.

Аналіз науково-технічних звітів з обстеження будівель і споруд дає змогу стверджувати, що найпоширенішими дефектами конструкцій та пошкодженнями бетонних і залізобетонних конструкцій є тріщини (рис. 1.3, а), ширина розкриття, довжина та просторове положення яких залежать від низки чинників. Тоді як часто ширина розкриття тріщин на конструкціях перевищує гранично допустимі значення і, відповідно, для продовження життєвого циклу конструкції необхідно усунути зазначене пошкодження. Часто наявність тріщин фіксується у примиканнях елементів (рис. 1.3, б). Наступними за поширенням дефектами є сколи, вибоїни, дефекти укладання (рис. 1.3, в). Ці дефекти загрожують конструкціям тоді, коли вони розташовані у стиснутій зоні елементів. Потоншення чи відшарування захисного шару так само є небезпечним пошкодженням, адже через це відбувається зменшення поперечного перерізу елемента, що призводить до сприйняття зусиль, менших від розрахункових значень. А також через потоншення чи відшарування захисного шару призводить до оголення та подальшої корозії армування (рис. 1.3, г), що може зрештою призвести до втрати стійкості конструкцій. Корозія бетону поширене пошкодження, що виникає внаслідок впливу на бетон агресивного середовища. Зазвичай корозія бетону виражається розпушуванням / розкришуванням / розчепленням / розшаруванням і, як наслідок, зниженням його несучої здатності (рис. 1.3, д). Доволі поширеним дефектом є замокання конструкцій через просочування води (рис. 1.3, е).



а



б



в



г



д



е

Рис. 1.3. Дефекти та пошкодження залізобетонних конструкцій:

- а) тріщини у конструкціях; б) тріщини у примиканнях конструкцій;
в) сколи, дефекти укладання; г) пошкодження захисного шару, оголення та корозія армування; д) корозія бетону; е) замокання конструкцій

Дослідженню пошкоджень кам'яних будівельних конструкцій присвячено роботи: Бондар О. М. [19], Гриньової І. І. [20, 21], Клименка Є. В. [22, 23], Савицького М. В. [24], Тонкачєєва Г. М. [25], Хохліна Д. О. [26] Е. Thomaz [27], А. Gregori [28] та ін.

Відповідно до аналізу робіт зазначених науковців та аналізу технічних звітів з обстеження технічного стану будівель і споруд установлено, що тріщини також є найпоширенішими конструкційними пошкодженнями кам'яних конструкцій (рис. 1.4, а). Зазвичай поява тріщин на стінових конструкціях зумовлена просіданням основ, дією понаднормових вертикальних і горизонтальних зусиль, виникненням ексцентриситету механічних впливів тощо, що призводять до деформацій конструкцій. З'ясовано, що негативного впливу зазнають кам'яні конструкції через систематичне чи постійне замокання (зволоження) (рис. 1.4, б, в), що призводить до засолення конструкцій та їх розморожування і вивітрювання (рис. 1.4, г).



а



б



в



г

Рис. 1.4. Дефекти та пошкодження кам'яних конструкцій;

а) тріщини в конструкціях; б) руйнування конструкцій унаслідок систематичного замокання; в) грибок, замокання; г) розморожування кладки

Численними дослідженнями доведено, що наведений перелік пошкоджень зокрема чи загалом негативно позначається на експлуатаційних властивостях конструкцій. Тому для їх усунення чи попередження руйнування конструкцій, залежно від виду дефекту чи пошкодження, виконують ремонт, капітальний ремонт чи реконструкцію.

1.2. Позапроєктні впливи, зокрема бойові дії, на будівлі та споруди

Усі конструкції з плином часу зазнають пошкоджень під дією різноманітних чинників і для продовження експлуатаційної придатності потребують виконання ремонтно-відновлювальних робіт. Однак, починаючи із 24 лютого 2022 р., після початку повномасштабного вторгнення зс рф на територію України, ми стикнулися із пошкодженнями як окремих конструкцій, так і будівель і споруд, пов'язаних із динамічними та термічними впливами у великих масштабах.

Після деокупації / звільнення українських територій (на прикладі Київської області) встановлено, що різноманітних пошкоджень зазнали десятки тисяч будівель і споруд – житлові, адміністративні, навчальні та лікувальні заклади, заводи, склади тощо. Тільки на території Бородянської ОТГ (Київська обл.) пошкоджень зазнали близько 1000 будівель [29, 149].

Автор разом із групою спеціалістів КНУБА з квітня 2022 року по теперішній час виконали огляд та обстеження великої кількості пошкоджених будівель (приблизно 1600), у результаті на частину об'єктів розробили технічні звіти з обстеження. На основі аналізу зазначених звітів можна стверджувати, що виявлені пошкодження конструкцій не характерні для цивільного життя, а їх обсяг свідчить про потребу розроблення конструктивно-технологічних рішень і практичних рекомендацій щодо відновлення їх експлуатаційних властивостей.

За даними виконаних обстежень систематизовано пошкодження конструкцій будівель і споруд унаслідок дії на них позапроєктних впливів. До основних причин виникнення наведених далі пошкоджень віднесено вибухи [30, 31] а власне, їх вплив на конструкції, а саме: ударні хвилі, осколкові пошкодження та пожежі [32].

Основну частину житлових багатоквартирних будинків (сmt Бородянка) представлено цегляними та збірними панельними будівлями, зведеними у період 1970–1990 рр. Як фундаменти використано стрічкові фундаменти неглибокого закладання (часто із залізобетонних блоків, рідше із каменів). Під окремими будинками фундаменти палеві. Конструкції перекриття здебільшого представлено збірними залізобетонними плитами перекриття.

Переважну частину адміністративних будівель, а також приватних будинків зведено з використанням цегли (керамічної чи силікатної). Частину нових будинків – з використанням блоків із ніздрюватого газобетону.