

DOI: 10.6084/m9.figshare.9788498

УДК 69.002; 69.059

**Терентьев Александр Александрович**

Доктор технічних наук, професор кафедри інформаційних технологій проектування та прикладної математики, [orcid.org/0000-0001-6995-1419](https://orcid.org/0000-0001-6995-1419)

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**Київська Катерина Іванівна**

Кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій, [orcid.org/0000-0003-0906-1128](https://orcid.org/0000-0003-0906-1128)

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**Горбатюк Євгеній Володимирович**

Кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних машин, [orcid.org/0000-0002-8148-5323](https://orcid.org/0000-0002-8148-5323)

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**Доля Олена Вікторівна**

Кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри інформаційних технологій проектування та прикладної математики, [orcid.org/0000-0003-2503-2634](https://orcid.org/0000-0003-2503-2634)

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**Бородиня Віталій Віталійович**

Аспірант кафедри інформаційних технологій проектування та прикладної математики,

[orcid.org/0000-0001-9513-92645](https://orcid.org/0000-0001-9513-92645)

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**Азенко Артем Віталійович**

Аспірант кафедри будівельних машин, [orcid.org/0000-0001-5991-6839](https://orcid.org/0000-0001-5991-6839)

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ПОШКОДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ  
ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА**

***Анотація.** Елементи та конструкції будівель відрізняються різним ступенем складності і невизначеності технічного стану, а також значною кількістю чинників, що призводять до їх фізичного зносу, деформацій, дефектів та пошкоджень. Інформація про дефекти будівлі має бути представлена у вигляді результатів обстеження та діагностики. Визначення зв'язку між дефектами та причинами їх появи, прогнозування наслідків цих дефектів на подальший технічний стан об'єкта є багатофакторним завданням, тому потребує детального вивчення. Дефекти та пошкодження будівельних об'єктів є наслідком негативних факторів, що існують на всіх етапах життєвого циклу, у зв'язку з чим виникає завдання забезпечення їх експлуатаційної придатності шляхом отримання інформації щодо технічного стану, діагностування та прийняття рішень з відновлення. Оцінка технічного стану будівель є одна з найбільш складних задач на ринку інтелектуальних систем оцінки і прийняття рішень, складність якої полягає у великій кількості чинників, що впливають на оцінку, які досить складно формалізувати. Висвітлено питання, що пов'язані з методами обстеження та аналізу причин виявлення пошкоджень діагностики технічного стану будівель і споруд. Набула подальшого розвитку інформаційна технологія системи підтримки прийняття рішень, яка базується на потужних щодо інтелектуалізації аналітичних засобах, які дають змогу експертам приймати більш правдоподібні оцінки та управлінські рішення.*

***Ключові слова:** методи обстеження; аналіз причин пошкоджень; технічний стан*

**Постановка задачі**

Виявлення та аналіз причин руйнування будівельних конструкцій, розробка методів їх пошуку та оцінювання здійснюється в процесі технічної діагностики об'єктів будівництва.

Для технічної діагностики будівель необхідно структурно формалізувати опис та засоби контролю фактичних значень параметрів конструкцій будівельних споруд і їх експлуатаційних якостей. З них можна виокремити декілька найбільш загальних, які суттєво впливають на експлуатаційну

придатність: міцність і стійкість будівельних конструкцій; теплозахисні властивості; герметичність, особливо будівельних конструкцій; звукоізоляція; освітленість; вологість матеріалів будівельних конструкцій.

Перелік таких параметрів та їх нормативні або розрахункові значення для кожного типу будівельних конструкцій визначаються проектом.

Порівнюючи фактичне значення параметра, встановлене за експертною оцінкою, з нормативним, роблять висновок про експлуатаційної придатності конструкції і споруди загалом. Потім приймається рішення про заходи з підтримки цього параметра на заданому нормама або розрахунковому рівні. У процесі проведення технічної діагностики використовують такі методи обстеження: візуальний, візуально-інструментальний, неруйнівний [1].

### Аналіз досліджень і публікацій

Проведено вивчення наукових джерел за проблематикою дослідження теоретичних засад щодо побудови методів обстеження діагностики технічного стану та аналізу причин пошкодження, отриманих відомими вітчизняними науковцями, серед яких В.М. Михайленко [2], О.О. Терентьев [3], Є.В. Горбатюк [3], М.І. Цюцюра [4], Б.М. Єременко [5].

Забезпечення довготривалої та надійної експлуатації будівельних конструкцій споруд за рахунок своєчасного прогнозування та використання методів обстеження діагностики їх технічного стану є актуальною теоретичною та техніко-економічною проблемою, що потребує застосування ефективних рішень на всіх етапах життєвого циклу будівель та регламентуються положенням «Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд» [6].

### Мета та завдання роботи

Мета дослідження – побудова математичних моделей оцінки ризику для задачі діагностики технічного стану конструкцій будівельних споруд з використанням апарату нечітких множин.

Для досягнення поставленої мети були вирішені такі завдання:

1. Запропонувати методологічні засади побудови методів обстеження системи діагностики технічного стану будівель та обґрунтування ефективності технологій інструментального визначення параметрів будівель, споруд і території забудови на всіх етапах їх життєвого циклу, які розглядаються з позиції стратегічного інформаційного менеджменту.

2. Проаналізувати подальший розвиток аналітичних засобів оцінки прогнозування прийнятих рішень щодо процесу спостереження та своєчасного прийняття необхідних рішень щодо безпечної та надійної експлуатації будівель і споруд.

### Виклад основного матеріалу

Під час обстеження виявляють видимі дефекти і пошкодження, наводять обміри, схематичні плани фотографії, виявляють місця, які необхідно обстежити більш детально за допомогою інструментів і приладів (рис. 1).

Візуально-інструментальне обстеження є деструктивним, оскільки у спорудах будівельних конструкцій відбираються зразки матеріалів для випробування в лабораторних умовах. Таке обстеження в умовах експлуатації не завжди є прийнятним, бо може призвести до ослаблення конструкцій.

Неруйнівний метод обстеження полягає в тому, що необхідні виміри проводяться за допомогою різних приладів і пристосувань, без всякого зниження міцності конструкцій і без порушення обробки приміщень. Прилади для діагностики технічного стану використовуються для контролю якості матеріалів і конструкцій.

До методів контролю фізико-технічних параметрів належать: спостереження за тріщинами в конструкціях, контроль місцевих і загальних деформацій, а також визначення: міцності конструкцій; товщини трубопроводів при контролі за корозією; вологості деревини та інших матеріалів; товщини лакофарбових покриттів; повітропроникності стиків і конструкцій; теплозахисних якостей конструкцій; звукоізолюючої здатності огорожувальних конструкцій; місць пошкодження прихованої гідроізоляції; контроль герметичності стиків.

Тріщини в будівельних конструкцій є зовнішньою ознакою їх перевантаження та деформації. Вони можуть бути викликані різними причинами, мати різні наслідки, а тому поділяються на небезпечні (категорії А, Б) і безпечні (категорії В). При виявленні тріщин важливо з'ясувати причину їх виникнення та дати їм правильну характеристику, а також визначити триває їх розвиток або припинився.

В будівельних конструкціях можуть виникати деформації під впливом різних навантажень і залежно від фізико-механічних властивостей матеріалів конструкцій, їх геометричних характеристик.

Уявлення про напружений стан конструкцій можна отримати шляхом вимірювання та вивчення деформацій.

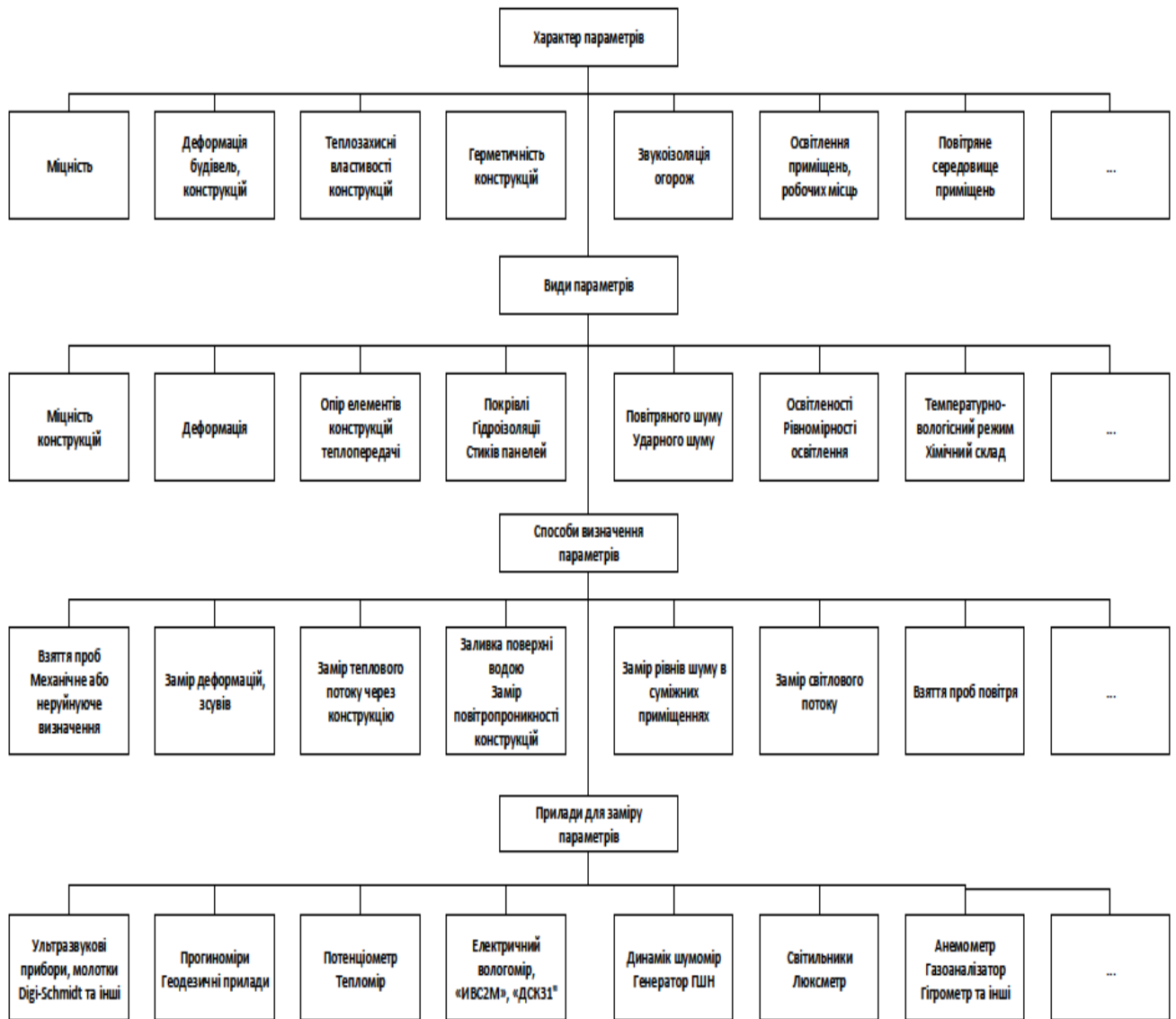


Рисунок 1 – Структура формалізованого опису та засоби контролю фактичних значень параметрів і їх експлуатаційних якостей конструкцій будівель і споруд

Деформації можуть мати самий різний характер у вигляді паралельного зсуву перерізів конструкцій, розтягування або стиснення. Вони поділяються на місцеві, коли переміщення або повороти відбуваються у вузлах і конструкціях (подовження або стиснення елементів) і загальні, коли переміщуються і деформуються конструкції або споруди в цілому. Деформації можуть бути залишковими або пружними, зникаючими після зняття навантаження. Тому для оцінки стану конструкцій необхідно знати їх геометричну характеристику до навантаження, під навантаженням і після її зняття.

Неруйнівні методи випробувань і контролю якості матеріалів і конструкцій допомагають дати оцінку їх фізико-механічних властивостей: міцності, пружності, щільності, напружено-деформованого стану конструкцій і виявлення дефектів в них.

У процесі обстеження будівельних конструкцій аналізують чинники, що впливають на міцність і стійкість руйнування конструкцій (рис. 2, 3).

Аварії будівельних конструкцій є наслідком сукупності ряду причин:

- дефектів виробництва будівельних робіт;
- відступи від проектів під час зведення конструкцій;
- неправильної експлуатації споруд або їх окремих конструкцій;
- порушення елементарних правил монтажу збірних залізобетонних конструкцій і деталей;
- введення споруд в експлуатацію з великими недоробками.

Дефекти інженерно-геологічних вишукувань призводять до руйнувань в результаті недостатніх досліджень геологічних та гідрогеологічних умов майданчика будівництва, неправильної конструкції

фундаментів, недостатнього врахування впливу підземних комунікацій, розташованих поблизу споруд, відсутності у проектах вказівок про заходи

щодо забезпечення стійкості конструкцій при будівництві на просадочних ґрунтах [7; 8].



Рисунок 2 – Чинники впливу на міцність і стійкість конструкцій будівель і споруд

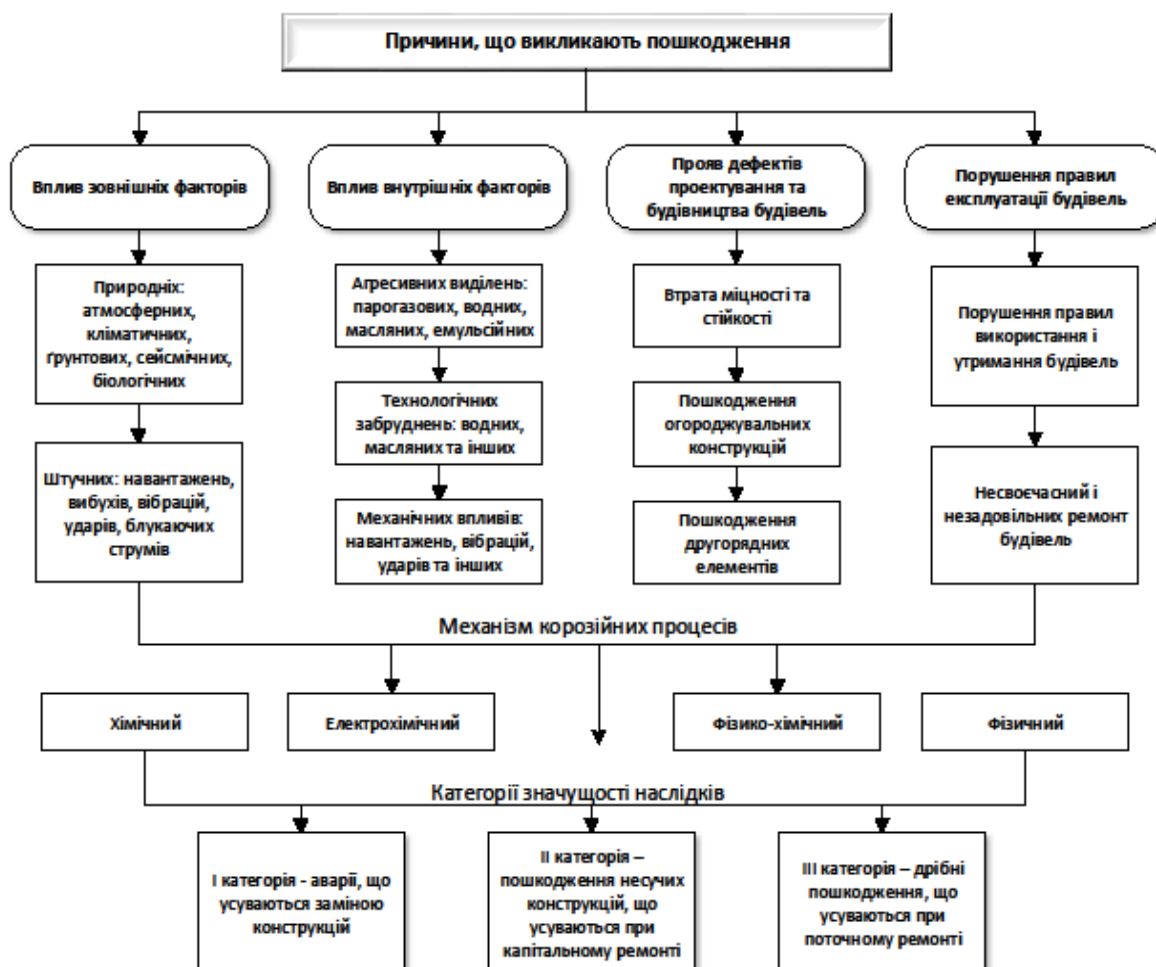


Рисунок 3 – Чинники виникнення пошкодження конструкцій будівель і споруд

Чинниками руйнування конструкцій можуть бути недоліки проектів та проектних рішень, а саме:

- застосування неповноцінних конструктивних рішень;

- недостатнє забезпечення жорсткості і стійкості збірних конструкцій як у процесі будівництва, так і при експлуатації;

- недостатнє деталювання креслень окремих відповідальних вузлів несучих конструкцій і споруд;

- неправильний облік навантажень, що діють на конструкцію або споруду;

- помилки в розрахунках конструкцій.

Низька якість, а також дефекти виробництва робіт є наслідком:

- відсутності на будівництві кваліфікованого технічного персоналу, а також частої його зміни;

- порушення вимог нормативних документів до виробництва робіт;

- відступу від проектів, зокрема, застосування матеріалів недостатньої міцності;

- недотримання послідовності монтажу споруд зі збірних конструкцій;

- відсутності контролю за якістю будівельних матеріалів і виробів, що надходять на будівництво;

- недотримання правил будівництва на просадних ґрунтах;

- незадовільної якості виконання окремих конструкцій або їх елементів;

- неточної розбивки осей несучих конструкцій споруд;

- заміни матеріалів конструкцій або їх частин без санкції проектної організації.

Руйнування будівельних конструкцій відбуваються через:

- відсутність на заводах конструкцій кваліфікованого нагляду та контролю за виготовленням виробів;

- недбале їх армування та грубі відступи від проектів, які виражаються у зміщенні робочої арматури до стислої зони, внаслідок чого захисні шари товщають до 40 – 60 мм;

- відсутність арматури в опорних частинах;

- недостатнє анкерування стержнів;

- довільну заміну арматури в порівнянні з проектною;

- неправильне армування, що веде до обвалення плит, балок, перекриттів і покриттів, консольних балок, балконів.

Руйнування, викликані неправильною експлуатацією споруд, походять внаслідок перенапруги конструкцій і їх елементів через встановлення додаткового обладнання, непередбаченого технологічним проектом; заміни одного обладнання іншим з більш динамічним

навантаженням; додаткове пробивання різного роду отворів в конструкціях. Дефекти також виникають внаслідок значної вібрації обладнання, що шкідливо відбивається на конструкціях і спорудах.

Основними причинами обвалення покриттів є грубі відступи від вимог будівельних норм і правил у частині провадження робіт з виготовлення та монтажу конструкцій [9; 10].

До аварій призводить сукупність таких порушень:

- недостатнє врахування особливостей сучасних проектних рішень;

- перевантаження будівельних конструкцій при їх пристрої;

- довільна заміна перерізів елементів конструкцій;

- зміна розрахункової схеми роботи конструкцій;

- невдалі проектні рішення конструкцій покриттів;

- порушення порядку монтажу конструкцій.

Будівлі, що будуються за типовими проектами, виявляються в аварійному стані внаслідок допущення занижених порівняно з діючими нормами коефіцієнтів запасу міцності в несучих конструкціях.

Необхідність посилення будівельних конструкцій в процесі їх експлуатації виникає як при реконструкції і технічному переоснащенні підприємств, так і внаслідок фізичного зношення і різних пошкоджень, викликаних корозією матеріалів, механічними впливами, діями агресивного середовища.

Одним з головних завдань процесу проведення експертизи споруд є виявлення їх дійсного стану і прогнозування можливості їх подальшої експлуатації.

У період експлуатації будівельних конструкцій під навантаженням можна виокремити три основні стадії:

- перерозподіл і вирівнювання піків механічних напружень за рахунок розвитку пластичних деформацій;

- накопичення і розвиток дефектів і пошкоджень внаслідок впливу експлуатаційних факторів: вібрацій, ударів, локальних і загальних перевищень навантажень, нагрівання або переохолодження конструкцій, зміни властивостей матеріалів конструкцій, розвитку втомних тріщин, появи різниці осідань фундаментів, впливу агресивних факторів;

- стадія деградації та руйнування, коли внаслідок накопичення пошкоджень конструкції переходять в обмежено працездатний і навіть в аварійний стан.

Під час проведення експертизи будівельних конструкцій виявлено, що осередками початку руйнування є:

- місця сполучення елементів конструкцій (вузли, стики) особливо, якщо вони зроблені з різних матеріалів;

- концентратори напружень (місця різкої зміни перерізів, отвори, надрізи, тріщини, зварні шви);

- місця шкідливих технологічних впливів: локальних нагрівань, можливих переохолоджень конструкцій, впливу агресивних газів і рідин, місця можливих ударів і вібрацій від технологічних агрегатів, місця скупчення пилу, скрапу, снігу на покрівлі разом з пиловими відкладеннями, місця підвіски вантажів, не передбачених проектом.

Стосовно до споруд розрізняють два види зношення: фізичний і моральний. Фізичне зношення дозволяє судити про втрату первинної споживчої вартості, експлуатаційних якостей і технічних властивостей конструкцій об'єкта. Моральне зношення – це невідповідність споруд чинним нормативним об'ємно-планувальним, архітектурно-конструктивним та іншим вимогам. Тому споруди, збудовані в різні періоди, мають різний ступінь зношення.

Встановлення ступеня фізичного зносу здійснюється за методикою, визначеною ВСН 53-86 (р). Суть її полягає в тому, що за результатами обстеження технічного стану конструктивних елементів встановлюється відсоток зносу кожного елемента. Процент зношення будівлі в цілому визначають як середній зважений, виведений з відсотка зносу окремих конструктивних елементів, за формулою:

$$I_{\phi} = \sum_{i=1}^n I_{\phi}^i \cdot D_i / 100,$$

де  $I_{\phi}^i$  – знос конструктивного елемента, встановлюється на підставі обстеження фактичного технічного стану;  $D_i$  – питома вага вартості конструктивного елемента в загальній відновній вартості споруди на момент обстеження.

Експерт повинен провести обстеження технічного стану об'єкта, проаналізувати причини руйнувань і надати висновки про можливості збереження, ремонту чи повної заміни окремих конструкцій або їх елементів.

Експертиза проводиться з метою виявлення дефектів і своєчасного відновлення умов безпечної експлуатації у таких випадках:

- виконання програми запобігання аварій;

- зміна технології виробництва або його консервації;

- зміна власника;

- страхування організації;

- визначення економічної доцільності ремонту та реконструкції;

- збільшення нормованих природно-кліматичних впливів (сейсмічні, снігові, вітрові навантаження);

- закінчення строків обстеження або нормативних строків експлуатації;

- необхідність наявності висновку про стан споруд для одержання організацією ліцензії на експлуатацію виробничого об'єкта.

Процес проведення експертизи складається з таких етапів:

- підготовчі роботи до проведення обстеження, або попередній етап;

- проведення обстеження;

- видача висновку експертизи.

Підготовчі роботи до проведення обстеження виконуються експертною організацією на підставі письмового звернення до неї у формі заявки від організації (Замовника) на виконання цієї роботи.

За кожною заявкою наказом керівника призначається експертна група фахівців-експертів різних галузей науки залежно від характеру виконуваних робіт.

Одночасно із заявкою Замовник подає експертній організації проектну, будівельну, експлуатаційну документацію щодо об'єкта обстеження.

Експертна група у процесі підготовчих робіт вивчає об'єкт з метою встановлення обсягів і строків виконання робіт під час проведення обстеження, а саме:

- проводить огляд об'єкта та оцінку умов експлуатації конструкцій;

- визначає ділянки з найбільшим ступенем зносу конструкцій і наявні небезпечні дефекти і пошкодження.

У процесі попереднього огляду експерт збирає інформацію, яка дозволяє уточнити програму і обсяги робіт з обстеження, вивчає технічну документацію.

За відсутності робочих креслень укладається додаткова угода на їх виготовлення і відновлення.

Підготовчий етап закінчується оформленням таких документів:

- договору на створення науково-технічної продукції;

- технічного завдання;

- програми обстеження;

- календарного плану;

- кошториси на виконання робіт.

Після узгодження і підписання вищевказаних документів складається акт приймання здачі виконаних робіт за попереднім обстеженням. Цей документ є підставою для виставлення рахунку Замовнику на виплату авансу за договором.

Експертна організація виступає як генеральний підрядник робіт з обстеження конструкцій. Для окремих досліджень, з якихось причин не виконаних експертною організацією, може бути притягнутий Субпідрядник.

Другий етап – обстеження починається з оцінювання відповідності фактичних об'ємно-планувальних та конструктивних рішень будівлі початкового проекту.

### **Результати роботи**

Обстеження конструкцій включає:

- визначення фактичних розмірів перерізів конструкцій і з'єднань, їх просторового положення;
- перевірку відповідності конструкцій проектної документації, фактичної геометричної незмінюваності, виявлення відхилень, дефектів та пошкоджень елементів і вузлів конструкцій із складанням відомостей дефектів і пошкоджень;
- уточнення фактичних і прогнозованих навантажень і впливів, узгодження їх із Замовником;
- визначення фактичних фізико-механічних властивостей матеріалів конструкцій;
- перевірку фундаментів при виявленні деформацій каркаса споруди та несучої здатності ґрунту внаслідок виникнення осад фундаментів.

За результатами обстеження складається відомість дефектів, підтверджуваними документами яких є фотофіксація дефектів і показання приладів. Під дефектом розуміють будь-яке відхилення від проекту або стандарту, що перевищує допустиме нормоване відхилення. У відомості, поряд з описом виду та місця розташування дефекту, вказується категорія його небезпеки, встановлювана за ознаками:

А – дефекти та пошкодження особливо відповідальних елементів і сполук, що являють небезпеку руйнування. Якщо в результаті обстеження виявляються пошкодження групи А, то відповідну частину конструкцій слід негайно вивести з експлуатації до виконання необхідного ремонту або підсилення;

Б – дефекти та пошкодження, які не загрожують в момент огляду небезпекою руйнувань конструкцій, але в подальшому здатні викликати пошкодження інших елементів і вузлів або при розвитку пошкодження перейти в категорію А;

В – дефекти та пошкодження локального характеру, які при подальшому розвитку не можуть зробити впливу на інші елементи і конструкції (пошкодження допоміжних конструкцій, майданчиків, місцеві прогини і вм'ятини ненапружених конструкцій).

Залежно від характеру дефектів здійснюється повірочний розрахунок конструкцій та прийняття рішень про способи їх усунення. Для цього необхідно виконати такі роботи:

- вибрати розрахункову схему конструкцій з урахуванням наднормативних відхилень фактичних навантажень і властивостей матеріалів конструкцій;
- перевірити несучу здатність елементів, вузлів і з'єднань.

Перерахунок конструкцій за даними обстеження являє собою: аналітичну схему, у якій є і реальна конструкція з її дефектами різного ступеня небезпеки, і дійсне відхилення розрахункових параметрів. На цьому етапі експертизи багато залежить від якості обстеження споруд, зокрема від правильної обробки і аналізу зібраної інформації.

Остаточний перевірочний розрахунок проводиться за методикою, визначеною ДБН В.2.1-10-2009 для відповідних конструкцій.

За результатами обстеження розробляються рішення щодо відновлення працездатного стану конструкцій.

Третій етап (видача висновку експертизи) – це оформлення результатів обстеження у вигляді звіту. Звіт містить докладний аналіз та оцінку технічного стану конструкцій і схеми їх посилення.

Замовник отримує технічний висновок разом з актом здачі-приймання виконаних робіт. Після цього експертна організація виставляє Замовнику рахунок на оплату.

### **Висновки**

Запропоновано методологічні засади методів обстеження системи діагностики технічного стану будівель та обґрунтування ефективності технологій інструментального визначення параметрів будівель, споруд і території забудови на всіх етапах їх життєвого циклу, які розглядаються з позиції стратегічного інформаційного менеджменту. Набула подальшого розвитку інформаційна технологія системи діагностики технічного стану будівель і споруд, яка базується на потужних щодо інтелектуалізації аналітичних засобах, які допомагають експертам приймати більш правдоподібні оцінки та управлінські рішення.

## Список літератури

1. ГОСТ 10180-78, 1979. Бетон. Методы определения прочности на сжатие и растяжение. Госстрой СССР, Издательство стандартов. Москва, 24.
2. Михайленко В.М., Терентьев О.О., Єременко Б.М. 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.* – Дніпропетровськ, 2013. – Вып. 70. – С. 133 – 141.
3. Михайленко В.М., Терентьев О.О., Єременко Б.М. Обробка експериментальних результатів роботи експертної системи для задачі діагностики технічного стану будівель. *Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. трудов под общей редакцией профессора В.И. Большакова.* – Дніпропетровськ, 2014. – Вып. 78. – С. 190 – 195.
4. Терентьев О.О., Шабала Є.Є., Малина Б.С. Основи організації нечіткого виведення для задачі діагностики технічного стану будівель та споруд. *Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць.* – К.: КНУБА, 2015. – Вып. 22. – С. 138 – 143.
5. 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), Volume 4 Issue 7, 827 – 829.*
6. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд, 2003. – Київ, 144 с.
7. ГОСТ 18105-86 (СТСЭВ 2046-79), 1987. Бетоны. Правила контроля прочности. Госстрой СССР, Издательство стандартов. Москва, 18 с.
8. ГОСТ 8829-84 (ДСТУ Б.В.2.6-7-95), 1982. Изделия строительные бетонные и железобетонные сборные. Методы испытания нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости. Госстрой СССР, Издательство стандартов. Москва, 20 с.
9. ИИ-04-7, 1966. Сборные элементы зданий каркасно-конструкционных. Лестницы. Железобетонные лестницы для зданий с высотой этажей 3,3, 4,2 метра. Центральный институт типовых проектов. Москва, Выпуск 1, 20 с.
10. Каталог приборов неразрушающего контроля качества железобетона, 1986. НИИСК Госстроя СССР. Киев, 24 с.

Стаття надійшла до редколегії 18.03.2018

### **Терентьев Александр Александрович**

Доктор технических наук, профессор кафедры информационных технологий проектирования и прикладной математики, [orcid.org/0000-0001-6995-1419](https://orcid.org/0000-0001-6995-1419)

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

### **Киевская Екатерина Ивановна**

Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий, [orcid.org/0000-0003-0906-1128](https://orcid.org/0000-0003-0906-1128)

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

### **Горбатюк Евгений Владимирович**

Кандидат технических наук, доцент кафедры строительных машин, [orcid.org/0000-0002-8148-5323](https://orcid.org/0000-0002-8148-5323)

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

### **Доля Елена Викторовна**

Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информационных технологий проектирования и прикладной математики, [orcid.org/0000-0003-2503-2634](https://orcid.org/0000-0003-2503-2634)

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

### **Бородыня Виталий Витальевич**

Аспирант кафедры информационных технологий проектирования и прикладной математики, [orcid.org/0000-0001-9513-92645](https://orcid.org/0000-0001-9513-92645)

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

### **Азенко Артем Витальевич**

Аспирант кафедры строительных машин, [orcid.org/0000-0001-5991-6839](https://orcid.org/0000-0001-5991-6839)

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

## **МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ПОВРЕЖДЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА**

**Аннотация.** Элементы и конструкции зданий отличаются разной степенью сложности и неопределенности технического состояния, а также значительным количеством факторов, приводящих к их физическому износу, деформациям, образованию дефектов и повреждений. Информация о дефектах здания должна быть представлена в виде результатов обследования и диагностики. Определение связи между дефектами и причинами их появления,



прогнозирования последствий этих дефектов на дальнейшее техническое состояние объекта является многофакторной задачей, поэтому требует детального изучения. Дефекты и повреждения строительных объектов являются следствием негативных факторов, существующих на всех этапах жизненного цикла, в связи с чем возникает задача обеспечения их эксплуатационной пригодности путем получения информации о техническом состоянии, диагностике и принятии решений по восстановлению. Оценка технического состояния зданий – одна из наиболее сложных задач на рынке интеллектуальных систем оценки и принятия решений. Сложность задачи заключается в большом количестве влияющих на оценку факторов, которые достаточно сложно формализовать. Данное исследование освещает вопросы, связанные с методами обследования и анализа причин выявления поврежденных диагностики технического состояния зданий и сооружений. Получила дальнейшее развитие информационная технология системы поддержки принятия решений, основанная на мощных по интеллектуализации аналитических средствах, которые позволяют экспертам принимать более правдоподобные оценки и управленческие решения.

**Ключевые слова:** *методы обследования; анализ причин повреждений; техническое состояние*

**Terentyev Alexander**

DSc (Eng.), Associate Professor, Department of Information Technology of Design and Applied Mathematics, [orcid.org/0000-0001-6995-1419](https://orcid.org/0000-0001-6995-1419)

*Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv*

**Kievskaya Ekaterina**

Ph.D., Associate Professor, Department of Information Technology, [orcid.org/0000-0003-0906-1128](https://orcid.org/0000-0003-0906-1128)

*Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv*

**Gorbatyuk Yevhenii**

PhD, Associate Professor, Department of Construction Machinery, [orcid.org/0000-0002-8148-5323](https://orcid.org/0000-0002-8148-5323)

*Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv*

**Dolya Olena**

Ph.D., Associate Professor, Department of Information Technology of Design and Applied Mathematics, [orcid.org/0000-0003-2503-2634](https://orcid.org/0000-0003-2503-2634)

*Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv*

**Borodynia Vitalii**

Postgraduate student of the Department of Information Technologies for Design and Applied Mathematics, [orcid.org/0000-0001-9513-92645](https://orcid.org/0000-0001-9513-92645)

*Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv*

**Azenko Artem**

Postgraduate Student, Department of Building Machines, [orcid.org/0000-0001-5991-6839](https://orcid.org/0000-0001-5991-6839)

*Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv*

**METHODS AND MODELS OF DAMAGE OF THE AUTOMATED SYSTEM OF DIAGNOSTICS OF THE TECHNICAL CONDITION OF BUILDING OBJECTS**

**Abstract.** *Elements and constructions of building are differ in the different degree of complication and vagueness of the technical state, and also a lot of factors, that result in their physical wear, deformations, defects and damages. Information about the defects of building must be presented as results of inspection and diagnostics. Determination of connection between defects and reasons of their appearance, prognostication of consequences of these defects on the further technical state of object is a multivariable task that is why needs the detailed study. Defects and damages of building objects are the consequence of negative factors that exist on all stages of life cycle, in this connection there is a task of providing of them service ability by the receipt of information on the technical state, diagnosticating and making decision from renewal. The estimation of the technical state of building is one of the most intricate problems at the market of the intellectual systems of estimation and making decision, complication of that consists in great numbers factors that influence on estimation that it is difficult enough to formalize. This study highlights the issues related to the methods of examination and analysis of the causes of damage diagnostics of the technical condition of buildings and structures. The information technology of the decision support system has been further developed, which is based on powerful analytical tools for intellectualization, which allow experts to make more plausible assessments and managerial decisions.*

**Keywords:** *survey methods, analysis of causes of damage, technical condition*

**References**

1. GOST 10180-78, 1979. *Concrete. Methods for determination of the compressive strength and the tensile strength.* Gosstroy of the USSR, Publishing house of standards. Moscow, 24.
2. Mikhailenko, V.M., Terentyev, O.O., Eremenko, B.M. (2013). *Information technology assessment of technical condition of building structures using fuzzy models.* Construction, materials, engineering, scientific collection of works Under the General editorship of Professor V.I. Bolshakov edition. Dnipropetrovsk, 70, 133 – 141.
3. Mikhailenko, V.M., Terentyev, O.O., Eremenko, B.M. (2014). *Treatment of experimental results of the expert system for diagnostics of technical condition of buildings.* Construction, materials, engineering, scientific collection of works Under the General editorship of Professor V.I. Bolshakov edition. Dnipropetrovsk, 78, 190 – 195.
4. Terentyev, O.O., Sabala, Y.Y., Malyna, B.S. (2015). *Fundamentals of the organization of fuzzy inference for the task of diagnosing the technical condition of buildings and structures.* Management of development of complex systems, 22, 138-143.
5. Terentyev, Olexander, Tsiutsiura, Mykola. (2015). *The Method of Direct Grading and the Generalized Method of Assessment of Buildings Technical Condition.* International Journal of Science and Research (IJSR), 4, 7, 827-829.
6. *Normative documents in the sphere of investigation, paspartization, safe exploitation of industrial buildings.* (2003). Kyiv, 144.
7. GOST 18105-86 (STSM 2046-79), 1987. *Concretes. The rules control the strength.* Gosstroy of the USSR, Publishing house of standards. Moscow, 18.
8. DSTU B. V. 2.6-7-95. (1995). *Product construction of concrete and reinforced concrete prefabricated. Test methods loading. Rules for the evaluation of strength, stiffness and fracture toughness.*
9. II-04-7. (1966). *Prefabricated buildings of frame construction. Stairs. Concrete stairs for buildings with the floor height of 3.3, 4.2 metres.* Central Institute of model projects. Moscow, 1, 20.
10. *Catalog of instruments for non-destructive testing of concrete.* Scientific-investigational center of Gosstroy of the USSR. Kiev, 24.

**Посилання на публікацію**

- APA Terentyev, Alexander, Kievskaya, Ekaterina, Gorbatyuk, Yevhenii, Dolya, Olena, Borodynia, Vitalii & Azenko, Artem, (2019). *Analysis of modern information technologies diagnostic systems of technical condition of buildings and constructions.* Management of Development of Complex Systems, 38, 82 – 91, [dx.doi.org\10.6084/m9.figshare.9788498](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9788498).
- ДСТУ Терентьев О.О. *Аналіз сучасних інформаційних технологій системи діагностики технічного стану будівель і споруд [Текст] / О.О. Терентьев, К.І. Київська, С.В. Горбатюк, О.В. Доля, В.В. Бородиня, А.В. Азенко // Управління розвитком складних систем. – 2018. – № 36. – С. 82 – 91, [dx.doi.org\10.6084/m9.figshare.9788498](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9788498).*