

УДК 69:002;69.059

DOI: 10.15587/2313-8416.2018.141126

## ПОБУДОВА МОДЕЛЕЙ МЕТОДІВ ОБСТЕЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ПРИЧИН ПОШКОДЖЕННЯ БУДІВЕЛІ І СПОРУД

© І. А. Саченко

*Дане дослідження висвітлює питання, що пов'язані з методами обстеження та аналізу причин виявлення пошкоджень, діагностики технічного стану будівель і споруд. Отримало подальший розвиток, як інформаційна технологія системи підтримки прийняття рішень, яка базується на потужних, щодо інтелектуалізації, аналітичних засобах, які дозволяють експертам приймати більш правдоподібні оцінки та управлінські рішення*

**Ключові слова:** методи обстеження, аналіз причин пошкоджень, технічний стан, категорія, будівлі і споруди

### 1. Вступ

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

Структура формалізованого опису та засоби контролю фактичних значень параметрів і їх експлуатаційних якостей конструкцій будівельних споруд представлена на (рис. 1). З них можна виділити декілька найбільш загальних, які суттєво впливають на експлуатаційну придатність:

- міцність і стійкість будівельних конструкцій;
- теплозахисні властивості;
- герметичність, особливо будівельних конструкцій;
- звукоізоляцію;
- 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 щодо експлуатаційної придатності конструкції і споруди в цілому. Після чого приймаються рішення про заходи з підтримки даного параметра на заданому нормативному або розрахунковому рівні. В ході проведення технічної діагностики використовують наступні методи обстеження: візуальний, візуально-інструментальний, неруйнівний [1].

### 2. Аналіз літературних даних

Проведено вивчення наукових джерел за проблематикою дослідження теоретичних засад щодо побудови методів обстеження діагностики технічного стану та аналізу причин пошкодження [2, 3], отриманих відомими вітчизняними науковцями. Дані теоретичні дослідження змістовно та глибоко розкривають локальні проблеми та можливі варіанти вирішення задач [4, 5], а саме аналіз та прийняття

рішень, щодо виникнення та розвитку пошкоджень будівель та споруд.

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].

### 3. Мета та задачі дослідження

Мета дослідження – побудова моделей методів обстеження та оцінки ризиків для задач діагностики технічного стану конструкцій будівельних споруд.

Для досягнення поставленої мети були вирішені наступні задачі:

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.

### 4. Методи обстеження та аналіз причин пошкодження системи діагностики технічного стану будівель і споруд

При обстеженні виявляються видимі дефекти і пошкодження, проводяться обміри, схематичні плани, фотографії, виявляються місця, які необхідно обстежити більш детально за допомогою інструментів і приладів (рис. 1).

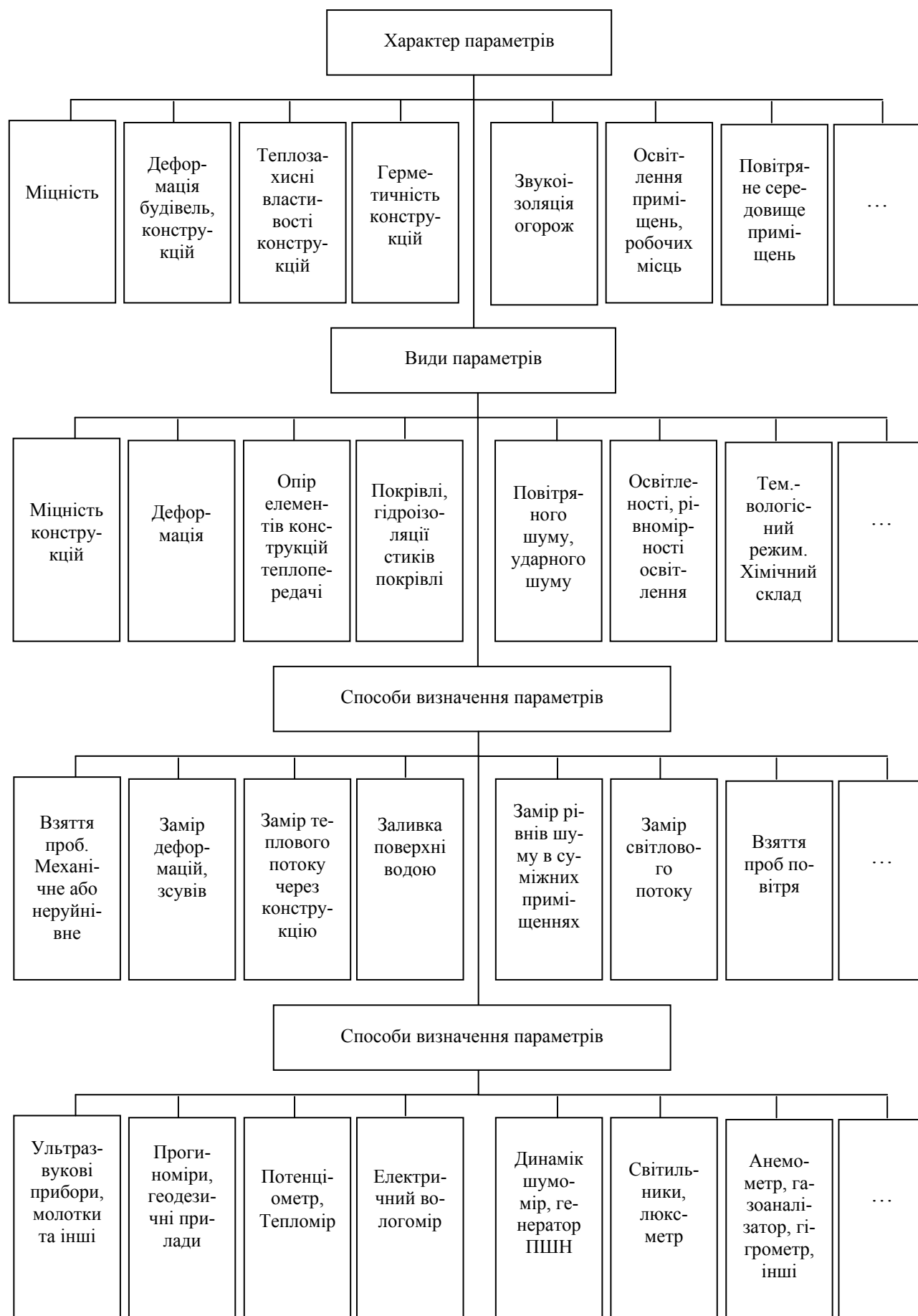


Рис. 1. Структура формалізованого опису та засоби контролю фактичних значень параметрів і їх експлуатаційних якостей конструкцій будівель і споруд

Візуально-інструментальне обстеження є деструктивним, так як 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 будь якого зниження міцності конструкцій і порушення оздоблення приміщень. Прилади для діагностики технічного стану використовуються для контролю якості матеріалів і конструкцій.

До методів контролю фізико-технічних параметрів відносяться:

- 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 конструкціях є зовнішньою ознакою їх перевантаження та деформації. Вони можуть бути викликані різними причинами, мати різні наслідки, а тому поділяються на небезпечні (ка-

тегорії А, Б) і безпечні (категорії В). При виявленні тріщин важливо з'ясувати причину їх виникнення та дати їм правильну характеристику, встановити, триває їх розвиток чи припинився.

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

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

Деформації можуть носити найрізніший 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 дозволяють дати оцінку їх фізико-механічним властивостям: міцності, пружності, щільності, напружено-деформованого стану конструкцій і виявлення дефектів в них.

В ході обстеження будівельних конструкцій аналізуються чинники, що впливають на міцність і стійкість щодо руйнування конструкцій (рис. 2, 3).

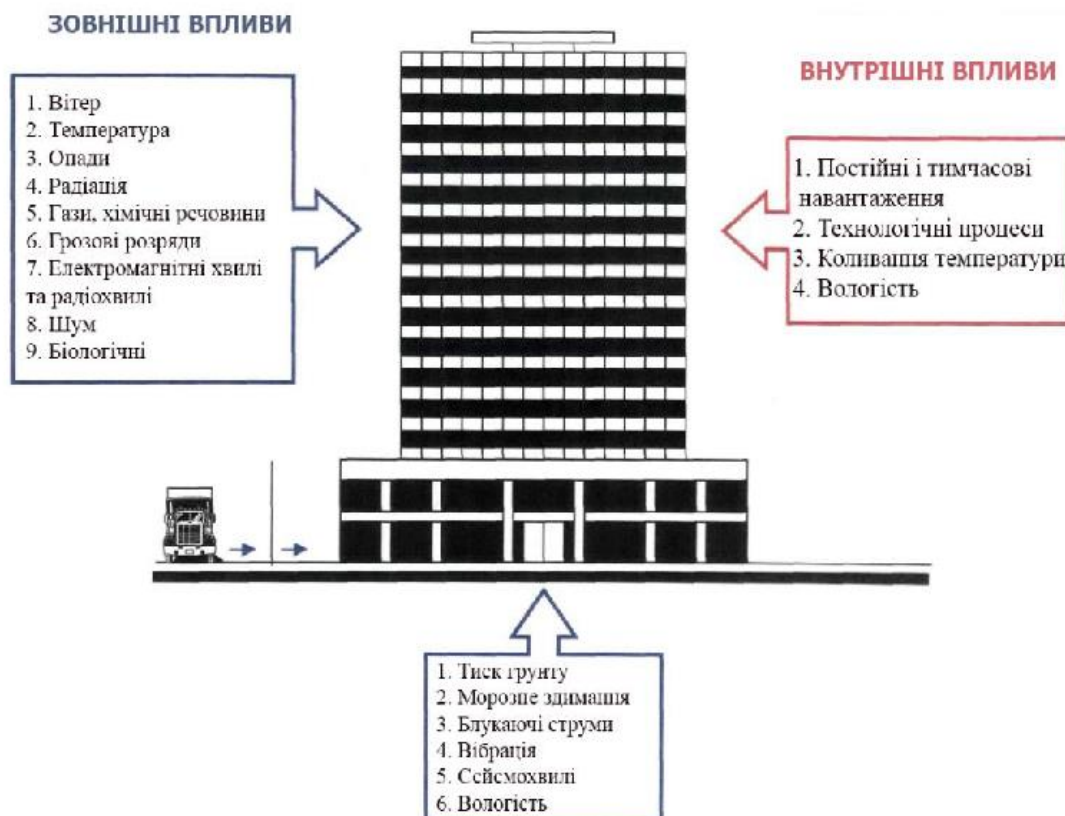


Рис. 2. Чинники впливу на міцність і стійкість будівельних конструкцій

Аварії будівельних конструкцій є наслідком сукупності ряду причин:

- дефектів виробництва будівельних робіт;
- відступи від проектних рішень при зведенні 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 пі-

дземних комунікацій, розташованих поблизу споруд, відсутність у проектах вказівок про заходи щодо забезпечення стійкості конструкцій при будівництві на просадочних ґрунтах [7, 8].

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;
- недостатня деталізація креслень окремих відповідальних вузлів несучих конструкцій і споруд;
- неправильний облік навантажень, що діють на конструкцію або споруду;
- помилки в розрахунках конструкцій.

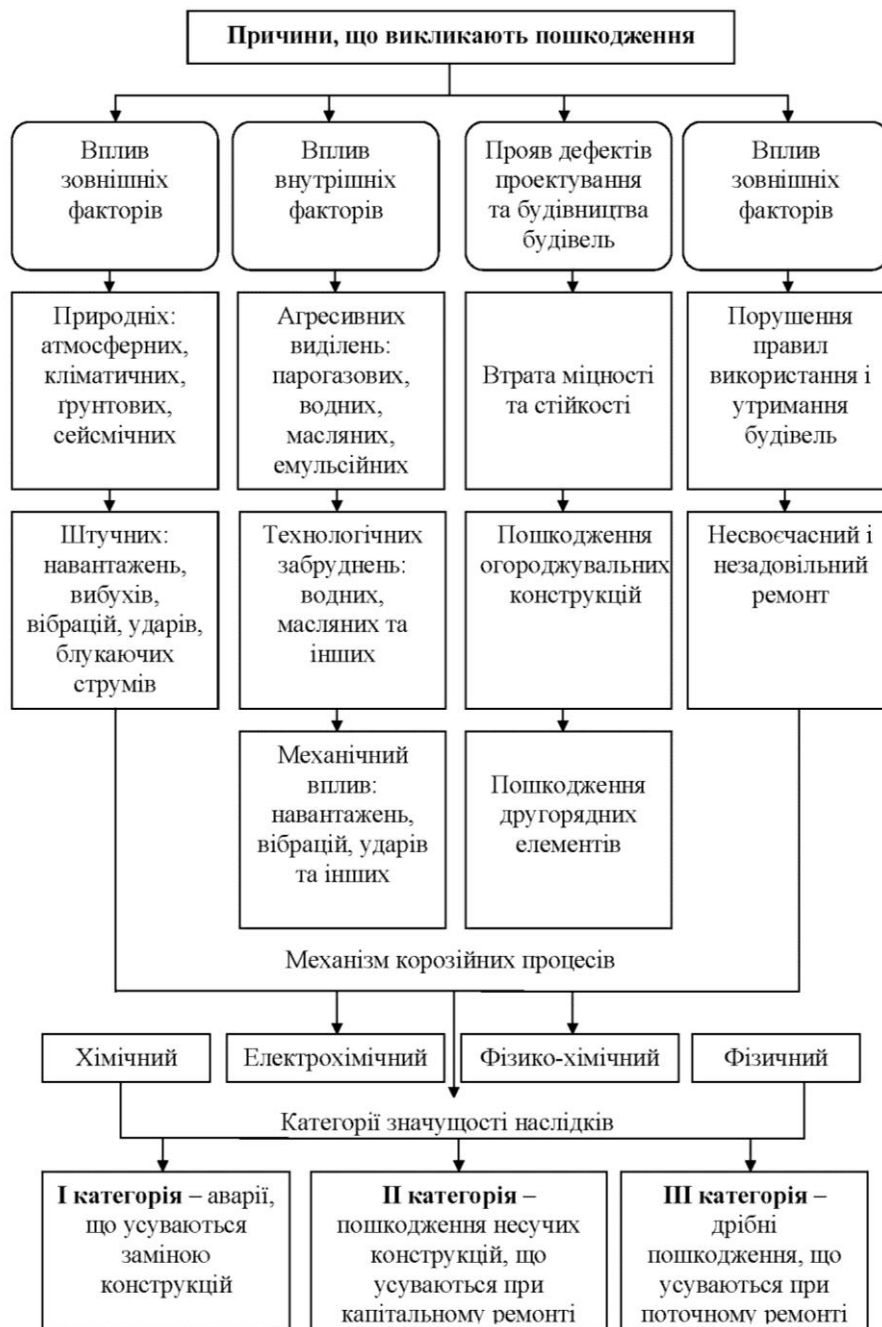


Рис. 3 Чинники виникнення пошкодження будівельних конструкцій і споруд

Низька якість, а також дефекти виробництва робіт є наслідком:

- відсутності на будівництві кваліфікованого технічного персоналу, а також частою його зміною;
- недотримання вимог нормативних документів до виробництва робіт;
- відступи від проектних рішень, зокрема, застосування матеріалів недостатньої міцності;
- недотримання послідовності монтажу споруд із збірних конструкцій;
- відсутність входного контролю, щодо якості будівельних матеріалів і виробів на будівництві;
- недотримання правил будівництва на просадних ґрунтах;
- виконання окремих конструкцій або їх елементів незадовільної якості;
- нечітка розбивка осей несучих конструкцій споруд;
- заміни матеріалів конструкцій або їх частин без узгодження з проектною організацією.

Руйнування будівельних конструкцій відбуваються через:

- відсутності на заводах конструкцій кваліфікованого нагляду та контролю за виготовленням виробів;
- недбале армування та грубі відступів від проектів, які відображаються у зміщенні робочої арматури до стислій зоні, внаслідок чого захисні шари товщають до 40–60 мм;
- відсутності арматури в опорних частинах;
- недостатнє анкеровання 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, виникають через перенапругу конструкцій і їх елементів внаслідок встановлення додаткового обладнання, не передбаченого технологічним проектом; заміну одного обладнання іншим з більш динамічним навантаженням; додаткове улаштування різного роду отворів в конструкціях. Дефекти також виникають внаслідок значної вібрації обладнання, що шкідливо впливає на конструкції і споруди.

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, як:

- недостатнє врахування особливостей сучасних проектних рішень; перевантаження будівельних конструкцій;
- довільна заміна перерізів елементів конструкцій;
- зміна розрахункової схеми роботи конструкцій; невдалі проектні рішення конструкцій покриттів; порушення технологічних карт, щодо порядку монтажу конструкцій.

Будівлі, що будуються за типовими проектами, опиняються 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 зносу і різних пошкоджень, викликаних корозією матеріалів, механічними впливами, діями агресивного середовища.

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

В період експлуатації будівельних конструкцій під навантаженням можна виділити три основні стадії:

- перерозподіл і вирівнювання піків механічних напруг 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.

В ході проведення експертизи будівельних конструкцій виявлено, що вогнищами початку руйнування є:

- місця сполучення елементів конструкцій – вузли, стики – особливо, коли останні виконані з різних матеріалів;
- концентратори напружень: місця різкої зміни перерізів, отвори, надрізи, тріщини, зварні шви;
- місця шкідливих технологічних впливів: локальних нагрівів, 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 зносу: фізичний і моральний. Фізичний знос дозволяє судити про втрату первісного стану, експлуатаційних якостей і технічних властивостей конструкцій об'єкта. Моральний – невідповідність споруд існуючим нормативним об'ємно-планувальним, архітектурно-конструктивним та іншим вимогам. Тому споруди, збудовані в різні періоди, мають різну ступінь зносу.

Встановлення ступеня фізичного зносу здійснюється за методикою, визначеною СОУ ЖКГ 75.11-35077234.0015:2009. Суть її полягає в тому, що за результатами обстеження технічного стану конструктивних елементів встановлюється відсоток зносу кожного елемента. Процент зносу будівлі в цілому визначають як середній зважений, виведений з відсотка зносу окремих конструктивних елементів, за формулою:

$$I_{\phi} = \sum_{i=1}^n I'_{\phi} * D_i / 100, \quad (1)$$

*I'ф* – знос конструктивного елемента, встановлюється на підставі обстеження фактичного технічного стану;

*Di* – 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 погоднокліматичних 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 наступних 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 даної роботи.

За кожною заявкою наказом керівника призначається експертна група фахівці-експерти різних галузей науки в залежності від характеру виконуваних робіт.

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

Експертна група в ході підготовчих робіт вивчає об'єкт з метою встановлення обсягів і строків виконання робіт при проведенні 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.

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

При 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 попередньою обстеження. Даний 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 виконано експертною організацією може бути притягнутий Субпідрядник.

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

## 5. Результати обстеження при діагностиці технічного стану будівель і споруд

Обстеження конструкцій включає:

- визначення фактичних розмірів перерізів конструкцій і з'єднань, їх просторового положення;
- перевірку відповідності конструкцій проектною документації, фактичної геометричної незмінності, 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;
- встановлення фактичних фізико-механічних властивостей матеріалів конструкцій;
- перевірку фундаментів при виявленні деформацій каркаса споруди та несучої здатності ґрунту внаслідок виникнення осадку фундаментів.

За результатами обстеження складається відомість дефектів, підтверджуючими 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 представляють 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 впливати на інші елементи і конструкції (пошкодження допоміжних конструкцій, майданчиків, місцеві прогини і вм'ятини ненапружених конструкцій).

Залежно від характеру дефектів здійснюється повітряний розрахунок конструкцій та прийняття рішень щодо способи їх усунення. Для цього необхідно виконати наступні 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 представляє 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 повірочний розрахунок проводиться за методикою, встановленою ДБН В.2.1-10-2009 для відповідних конструкцій.

За результатами обстеження розробляються рішення по відновленню працездатного стану конструкцій.

Третій етап – видача висновку експертизи є 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.

## 6. Висновки

1. Запропоновано методологічні засади методів обстеження системи діагностики технічного стану будівель і споруд.

2. Обґрунтовано ефективність технологій інструментального визначення параметрів будівель, споруд і території забудови на всіх етапах їх життєвого циклу, які розглядаються з позиції стратегічного інформаційного менеджменту.

3. Інформаційна технологія системи діагностики технічного стану будівель і споруд отримала подальший розвиток, який базується на потужних, щодо інтелектуалізації аналітичних засобах, які дозволяють експертам приймати більш правдоподібні оцінки та управлінські рішення.

## Література

1. ГОСТ 10180-78. Бетон. Методы определения прочности на сжатие и растяжение. Госстрой СССР, Издательство стандартов. Москва, 1979. 24 с.
2. Михайленко В. М., Єременко Б. М. Інформаційна технологія оцінки технічного стану елементів будівельних конструкцій із застосуванням нечітких моделей // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Энергетика, экология, компьютерные технологии в строительстве. 2013. Вып. 70. С. 133–141.
3. Михайленко В. М., Терентьев О. О., Єременко Б. М. Обработка экспериментальных результатов работы экспертной системы для задачи диагностики технического стану будівель // Строительство, материаловедение, машиностроение. 2014. № 78. С. 190–195.
4. Терентьев О. О., Шабала С. Є., Малина Б. С. Основи організації нечіткого виведення для задачі діагностики технічного стану будівель та споруд // Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць. 2015. № 22. С. 138–143.
5. Terentyev O., Tsiutsiura M. The Method of Direct Grading and the Generalized Method of Assessment of Buildings Technical Condition // International Journal of Science and Research (IJSR). 2015. Vol. 4, Issue 7. P. 827–829.
6. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд. Київ, 2003. 144 с.
7. ГОСТ 18105-86 (СТСЭВ 2046-79). Бетоны. Правила контроля прочности. Госстрой СССР, Издательство стандартов. Москва, 1987. 18 с.
8. ГОСТ 8829-84 (ДСТУ Б.В.2.6-7-95). Изделия строительные бетонные и железобетонные сборные. Методы испытания нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости. Госстрой СССР, Издательство стандартов. Москва, 1982. 20 с.
9. ИИ-04-7. Выпуск 1. Сборные элементы зданий каркасно-конструкционных. Лестницы. Железобетонные лестницы для зданий с высотой этажей 3,3, 4,2 метра. Москва, 1966. 20 с.
10. Каталог приборов неразрушающего контроля качества железобетона. НИИСК Госстроя СССР. Киев, 1986. 24 с.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук, професор Михайленко В. М.  
Дата надходження рукопису 12.06.2018*

**Саченко Ілля Анатолійович**, Начальник відділу, Відділ замовника, ТОВ «Альтіс-Констракшн», пр. Лобановського, 44, м. Київ, Україна, 03680  
E-mail: sachenko@altis.ua