



УДК 69:002; 69.059

**METHODS OF DAMAGE OF THE INFORMATION SYSTEM OF
BUILDING TECHNICAL CONDITION DIAGNOSTICS
МЕТОДИ ПОШКОДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ
ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬ**

Terentyev O.O. / Терентьев О.О.*d.t.s., prof. / д.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0001-6995-1419

Gorbatyuk Ie.V. / Горбатюк Є.В.*s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-8148-5323

Tyslenko O.B. / Тисленко О.Б.*Ph.D. degree / здобувач ступеня доктора філософії***Bykov V.S. / Биков В.С.***Ph.D. degree / здобувач ступеня доктора філософії**Kyiv National University of Construction and Architecture,**Kyiv, Povitroflotsky Avenue, 31, 03037**Київський національний університет будівництва і архітектури,**Київ, Повітрофлотський проспект, 31, 03037*

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'єкту є багатофакторним завданням, тому потребує детального вивчення.

Дане дослідження висвітлює питання, що пов'язані з методами обстеження та аналізу причин виявлення пошкоджень діагностики технічного стану будівель і споруд. Отримало подальший розвиток 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.

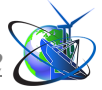
Вступ.

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 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 встановлюються проектом.

Порівнюючи фактичне значення параметра, встановлене за експертною



оцінкою, з нормативним, роблять висновок про експлуатаційної придатності конструкції і споруди в цілому. Потім приймається рішення про заходи з підтримки даного параметра на заданому нормама або розрахунковому рівні. В ході проведення технічної діагностики використовують наступні 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 Михайленко В. М. [2], Терентьев О. О. [3], Горбатюк Є. В. [3], Цюцюра М. І. [4], Єременко Б. М. [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 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.

Методи пошкодження інформаційної системи діагностики технічного стану будівель.

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

Візуально-інструментальне обстеження є деструктивною, так як у спорудах будівельних конструкцій відбираються зразки матеріалів для випробування в лабораторних умовах. Таке обстеження в умовах експлуатації не завжди є прийнятною, 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.

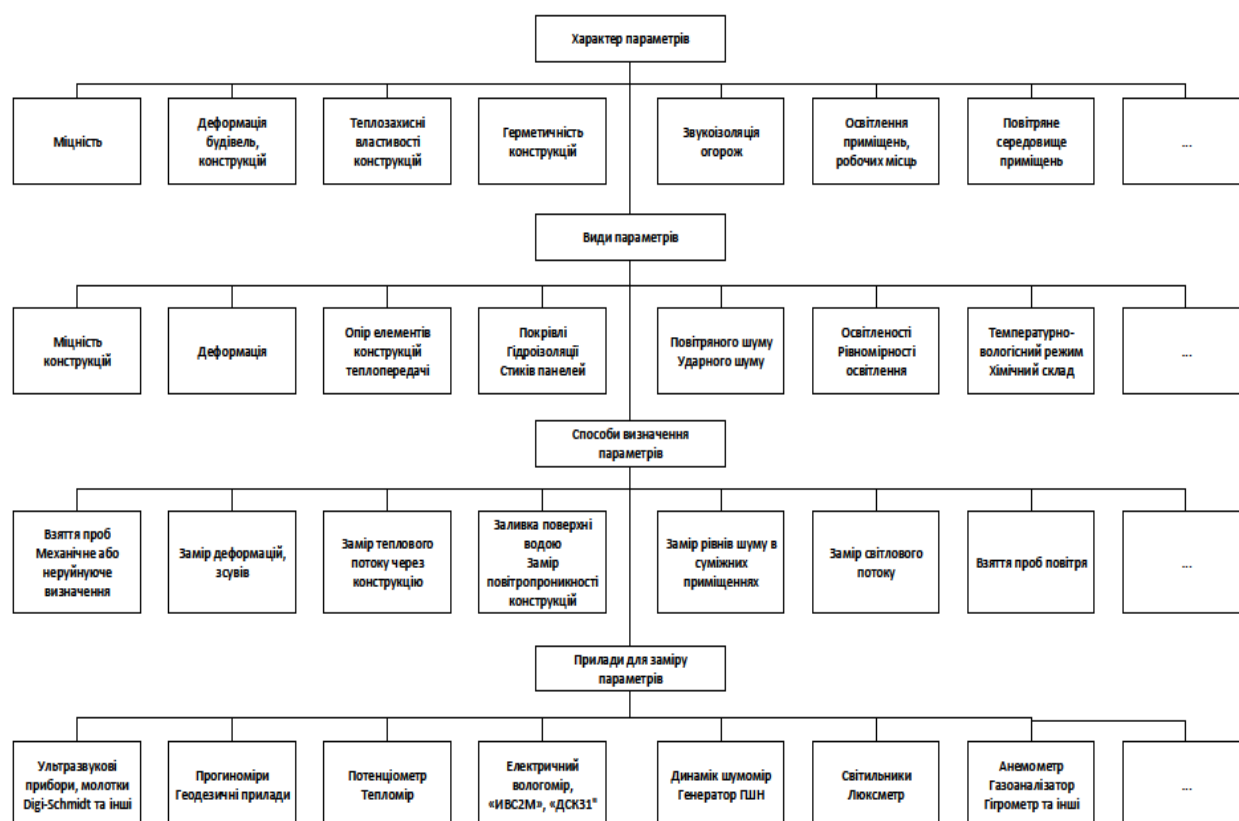


Рис. 1. Структура формалізованого опису та засоби контролю фактичних значень параметрів і їх експлуатаційних якостей конструкцій будівель і споруд

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 конструкцій служать зовнішнім 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, встановити, триває їх розвиток або припинилося.

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 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 дозволяють дати оцінку їх фізико-механічних властивостей: міцності, пружності, щільності, напружено-деформованого стану конструкцій і виявлення дефектів в них.

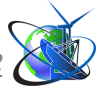
В ході обстеження будівельних конструкцій аналізуються чинники, що впливають на міцність і стійкість руйнування конструкцій (рис. 2).



Рис. 2. Чинники впливу на міцність і стійкість конструкцій будівель і споруд

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

Руйнування будівельних конструкцій відбуваються через:

- відсутності на заводах конструкцій кваліфікованого нагляду та контролю за виготовленням виробів;
- недбалого їх армування та грубих відступів від проектів, які виражаються у зміщенні робочої арматури до стислій зони, внаслідок чого захисні шари товщають до 40 - 60 мм;
- відсутності арматури в опорних частинах;
- недостатньою анкерування стержнів;
- довільної заміни арматури в порівнянні з проектною;
- неправильного армування, що веде до обвалення плит, балок, перекриттів і покриттів, консольних балок, балконів.

Руйнування, викликані неправильною експлуатацією споруд, походять з-за перенапруги конструкцій і їх елементів внаслідок встановлення додаткового обладнання, не передбаченого технологічним проектом; заміни одного обладнання іншим з більшою динамічним навантаженням; додаткової пробивання різного роду отворів в конструкціях. Дефекти також виникають внаслідок значної вібрації обладнання, шкідливо відбивається на конструкціях і спорудах.

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

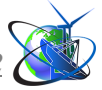
До аварій призводить сукупність таких порушень, як:

- недостатнє врахування особливостей сучасних проектних рішень; перевантаження будівельних конструкцій 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 зносу 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.



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

- 1) перерозподіл і вирівнювання піків механічних напруг за рахунок розвитку пластичних деформацій;
- 2) 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;
- 3) 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.

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 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.

Обстеження конструкцій включає:

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

Залежно від характеру дефектів здійснюється повірочний розрахунок конструкцій та прийняття рішень про 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.

Висновки

Запропоновані 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; отримало подальший розвиток інформаційна технологія системи діагностики технічного стану будівель і споруд, яка базується на потужних щодо інтелектуалізації аналітичних засобах, які дозволяють експертам приймати більш правдоподібні оцінки та управлінські рішення.

Література:

1. 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. Дніпропетровськ, Випуск 70, 133-141.

2. Михайленко В.М., Терентьев О.О., Єременко Б.М., 2014. 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 выпуск. Днепропетровськ, Випуск 78, 190-195.

3. Терентьев О.О., Шабала Є.Є., Малина Б.С., 2015. Основы організації нечіткого виведення для задачі діагностики технічного стану будівель та споруд. Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць. К.: КНУБА, Випуск 22, 138-143.

4. 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.

5. Modeling of reliability of foundation structures / Gorbatyuk Ie., Terentyev O., Tyslenko O., Zubrij I. Importance of Soft Skills for Life and Scientific Success: Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Internet Conference, FOP Marenichenko V.V., Dnipro, Ukraine, March 7-8, 2024. Pp. 7-8. ISBN 978-617-8293-21-5.

6. Терентьев О.О., Горбатюк Є.В., Тисленко О.Б., Зубрій І.М. (2024). Методика розробки підвищення ефективності інформаційної системи безпечної експлуатації будівель. Modern engineering and innovative technologies. Issue №31. Part 1. February 2024. P. 62-71. DOI: 10.30890/2567-5273.2024-31-00-014.

7. Терентьев О.О., Горбатюк Є.В., Левкович О.М. Експертна інформаційна система підтримки прийняття рішень для задачі діагностики технічного стану будівель. Наукові тренди постіндустріального суспільства: збірник наукових праць з матеріалами VI Міжнародної наукової конференції, м. Івано-Франківськ, 26 квітня, 2024 р. / Міжнародний центр наукових досліджень. Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп», 2024. С.166-168. ISBN 978-617-8312-26-8.

8. Архітектура інформаційної системи діагностики технічного стану фундаментів будівель / Терентьев О.О., Горбатюк Є.В., Тисленко О.Б., Зубрій І.М., Макачук О.В. SWorldJournal. Issue No24 Part 1 March 2024. P. 135-143. DOI: 10.30888/2663-5712.2024-24-00-073.

9. Терентьев, О. О., Соловей, Б. А. (2024). Байесова нейронна мережа для зменшення аварійності експлуатації будівельного баштового крана. Управління розвитком складних систем, (57), 96–101.

10. Горбатюк Є.В., Тисленко О.Б., Зубрій І.М. Функціонування інженерних комплексів при створенні цільових об'єктів будіндустрії. International scientific conference "Organization of scientific research in modern conditions '2024" No 23 on March 21, 2024. Seattle, Washington, USA. Pp. 46-51.

Abstract. Elements and structures of buildings differ in varying degrees of complexity and uncertainty of the technical condition, as well as a significant number of factors leading to their physical wear, deformation, defects and damage. Information on building defects shall be presented in the form of examination and diagnostics results. Determining the relationship between defects and the causes of their occurrence, predicting the consequences of these defects on the subsequent technical condition of the object is a multifactorial task, therefore, requires detailed study.

This study highlights issues related to the methods of examination and analysis of the causes of detection of damage to the diagnosis 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 that allow experts to make more plausible assessments and



management decisions.

Key words: *examination methods, analysis of the causes of damage, technical condition.*

Стаття відправлена: 25/10/2024

© Терентьев О.О., Горбатьюк Є.В., Тисленко О.Б., Биков В.С.