

УДК 624.074.04

ВИЗНАЧЕННЯ ПРОЦЕДУРИ ТА СКЛАДУ ОБСТЕЖЕННЯ З МЕТОЮ РОЗРАХУНКУ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ

Розглянуто задачі з обстеження будівель та споруд. Запропоновано визначення термінів «обстеження» та «огляд». З позиції подальшої експлуатації об'єкта систематизовано склад робіт з обстеження та надано рекомендації з розрахунку залишкового ресурсу.

The tasks of investigation for buildings and structures has defined. Definitions of terms «investigation» and «inspection» are proposed. From future object's operation the investigations works have systematized, and residual life assessment methods have recommended.

Ключові слова: обстеження, залишковий ресурс.

Після виходу Постанови КМУ № 409 від 5 травня 1997 р. «Щодо забезпечення надійної та безпечної експлуатації будівель, споруд та інженерних мереж» [1] в Україні розпочалась активна робота з обстеження існуючого парку будівель і споруд. Були розроблені та впроваджені відповідні нормативні документи: «Нормативные документы по вопросам обследования, паспортизации, безопасной и надежной эксплуатации производственных зданий и сооружений», що потім були затверджені як НПАОП 45.2-1.01-98 «Правила обстежень, оцінки технічного стану та паспортизації виробничих будівель і споруд» та «Положення про безпечну та надійну експлуатацію виробничих будівель і споруд».

Слід зазначити, що з метою більш швидкого реагування щодо необхідності ремонту сталевих конструкцій, особливо тих, що працюють в умовах агресивного середовища та динамічних навантажень, або реконструкції будівлі в цілому було розроблено ДБН 362-92 «Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації», який втратив чинність з 01.01.2017 р. З 2017 року діють оновлені нормативні документи [2, 3] та «Порядок проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва», затверджений Постановою Кабінету Міністрів України № 257 [4].

Наразі для виконання робіт з обстеження залучено значну кількість спеціалізованих та проектних організацій, окремих експертів. Враховуючи, що для будівель та споруд, що експлуатуються, процедура обстеження є обов'язковою [5], якщо потрібна подальша реконструкція, капітальний ремонт або технічне переоснащення, обстеження як окремий вид робіт у будівництві набуває надзвичайно великого значення. Проблемі обстеження присвячена велика кількість публікацій [6, 7, 8], у т.ч. авторів цієї статті [9, 10, 11, 12], але переважно вони стосу-



О.В. Шимановський
генеральний директор
ТОВ «Укрінсталькон
ім. В.М. Шимановського»,
член-кореспондент НАН України,
заслужений діяч науки і техніки
України, д.т.н., професор



С.В. Колесніченко
проректор з наукової роботи
і міжнародних зв'язків
Донбаської національної академії
будівництва і архітектури,
к.т.н., доцент

ються або безпосередньо визначення актуальності обстеження як такого, або проблем обстеження окремих об'єктів.

По суті, виходячи з визначення обстеження [3, 4], за основні його результати приймають наступне:

- фіксація існуючих дефектів та пошкоджень, інструментальне визначення їх параметрів;
- перевірний розрахунок;
- аналіз причин виникнення дефектів та пошкоджень;
- рекомендації з відновлення конструкцій;
- оцінка технічного стану.

На наш погляд, задачі обстеження повинні бути значно ширшими. Власника будівлі (споруди), крім складу відновлювальних робіт, перш за все турбує подальший термін експлуатації об'єкта – залишковий ресурс, для визначення доцільності вкладання коштів на його утримання. Але у відповідності з нормами [2, 3, 4] у технічному звіті зазначається тільки термін до наступного обстеження. Тому, в цій роботі ми ставимо за мету упорядкування самої процедури обстеження з позиції визначення залишкового ресурсу подальшої експлуатації будівельного об'єкта.

Для початку визначимо основні терміни. Що стосується терміна «залишковий ресурс», то згідно з ДСТУ 2860-94 «Надійність техніки. Терміни та визначення» він трактується як «сумарний наробіток об'єкта від моменту контролю його технічного стану до переходу у граничний стан».

Щодо терміна «обстеження» у відповідності з [3] «обстеження технічного стану – комплекс заходів з визначення і оцінювання фактичних значень параметрів, що контролюються, які характеризують експлуатаційний стан, придатність і роботоздатність сталевих конструкцій, що обстежуються, а також можливість їх подальшої експлуатації або доцільність ремонту чи підсилення».

Але обстежити можна саму будівлю (споруду), а не її стан, який потрібно оцінювати шляхом розрахунків. До речі, далі [3, п. 3.5] є і термін «оцінка технічного стану», який трактується як «встановлення ступеня ушкодження сталевих конструкцій чи будівельного об'єкта і категорій їх технічного стану на основі порівняння фактичних значень кількісно визначених ознак зі значеннями цих же ознак, які встановлені проектом або нормативним документом». Таке визначення не пояснює, наскільки можлива подальша експлуатація об'єкта (у роках) і як вона пов'язана із фактичним технічним станом.

У цьому ж документі приводиться визначення таких понять, як «обстеження попереднє», «обстеження основне (детальне)», «обстеження вибіркове», «обстеження спеціальне», «обстеження планове», «обстеження позачергове», що мають за остаточну мету «розроблення рекомендацій щодо подальшої експлуатації об'єкта, проведення наступного обстеження, конструктивних рішень щодо відновлення та підсилення окремих будівельних конструкцій...» [4, п. 11], але без чіткого визначення того, яким чином буде забезпечена «надійність та безпека під час експлуатації об'єктів протягом усього періоду їх існування» [4, п. 1].

Перш за все, виходячи з утримання будівлі як такої, так і з необхідності проведення відновлювальних робіт, проаналізуємо хто і як здійснює ці заходи.

Що стосується утримання будівлі (споруди), то її виконує персонал, який задіяно у технологічному процесі, що існує в будівлі. У відповідності з галузевими правилами утримання

(наприклад, [13, 14]) відповідальною особою є або начальник цеху, або його заступник. Функціями персоналу є сезонний огляд конструкцій та фіксація виявлених пошкоджень. Тобто, утриманням об'єкта, як правило, займаються люди, які не є фахівцями у будівельній галузі. Вони не використовують інструментальних та спеціальних засобів, виконують лише огляд будівлі (що дуже близько за змістом до «обстеження попереднього» [2]). Крім того, вони не можуть скласти кваліфіковану оцінку загальної небезпеки. В цілому, задачею огляду є формування переліку робіт поточного ремонту.

Під оглядом будівлі (споруди) будемо в подальшому вважати наступне: «огляд – вид робіт з утримання будівлі або робіт у складі обстеження, при якому в якості основного методу визначення показників експлуатаційної придатності виконують загальну фіксацію наявних пошкоджень (утримання та етап обстеження), виконують аналіз технічної документації (етап обстеження). Результатом робіт з огляду має бути відомість дефектів та пошкоджень з їх якісними та кількісними характеристиками для визначення необхідності та складу поточних ремонтів та необхідності залучення експертів для виконання обстеження, при роботах з обстеження – попередня оцінка технічного стану об'єкта для формування подальшого плану робіт та визначення їх складності та вартості».

Обстеження виконується після завершення гарантійного ресурсу планово або позапланово у разі можливого капітального ремонту, реконструкції, технічного переоснащення або аварійної ситуації. У будь-якому разі, термін експлуатації, що повинен бути визначений після обстеження, є залишковим ресурсом [15, п. 2.1]. Тоді, якщо за ціль обстеження вважати не тільки оцінку технічного стану будівлі (споруди), а і терміни її подальшої роботоздатності – залишковий ресурс, то пропонується наступне визначення «обстеження».

Обстеження – це самостійний комплексний вид будівельних робіт, що виконується спеціалістами під керівництвом відповідних експертів, для оцінки параметрів технічного стану (ПТС) окремих конструкцій та будівлі/споруди в цілому, розрахунків залишкового ресурсу з відповідним рівнем ризику подальшої експлуатації. На підставі робіт з обстеження визначається необхідність та склад відновлювальних

робіт (поточний ремонт, капітальний ремонт, роботи у складі реконструкції або технічного переоснащення), розробляються пропозиції щодо складу та технічних рішень відновлювальних робіт для подальшої їх реалізації у спеціальних проектах.

Термін «оцінка технічного стану» прийнятий згідно з [3].

Склад робіт з обстеження за етапами:

1. Огляд об'єкта, підготовчі роботи. Підписання договору із власником для виконання обстеження. Узгодження програми, обсягів робіт. Складання технічного завдання. Детально склад робіт приведено у [11].
2. Ознайомлення з наявною технічною документацією.
3. Ознайомлення з наявними інженерними вишукуваннями.
4. Натурний огляд.
 - 4.1 Обміри конструкцій. Розроблення всіх необхідних обмірних креслень, які в подальшому є базою для розробки відповідних проектних рішень;
 - 4.2 Ознайомлення з технологічним процесом. Аналіз його впливу на стан конструкцій;
 - 4.3 Визначення схем та стану інженерних мереж. Аналіз їх впливу на стан конструкцій;
 - 4.4 Аналіз організації роботи з утримання будівлі, споруди. Аналіз наявних організаційних документів;
 - 4.5 Визначення дефектів та пошкоджень – ДП (термінологія – за [2]). Аналіз їх розвитку на підставі робіт із утримання або попереднього обстеження (за наявності).
5. Визначення навантажень та впливів, у т.ч. їх змінення згідно з новими нормативними документами.
6. Визначення фізико-механічних властивостей матеріалів.
7. Уточнення розрахункових схем. Розрахунки конструкцій за групами граничних станів для визначення несучої здатності.
8. Виконання натурального тестування конструкцій (за необхідності).
9. Оцінка технічного стану об'єкта. Стан визначається тільки на підставі розрахунків конструкцій.

10. Визначення необхідності та складу відновлювальних робіт (поточний ремонт, капітальний ремонт, роботи у складі реконструкції або технічного переоснащення).
11. Надання пропозицій щодо складу та технічних рішень відновлювальних робіт для подальшої їх реалізації у спеціальних проектах.
12. Розроблення рекомендацій щодо заходів організаційної безпеки*.
13. Розроблення рекомендацій щодо подальшого моніторингу технічного стану об'єкта.
14. Розрахунок показників рівня технологічної безпеки та загального рівня безпеки (до виконання робіт з обстеження та після відновлювальних робіт)*.
15. Розроблення прогнозних моделей подальшої експлуатації об'єкта на підставі визначення розвитку процесів деградації ПТС та розрахунок його залишкового ресурсу (ЗР) з урахуванням можливого ризику.
16. Призначення терміну наступного планового обстеження. Розроблення рекомендацій щодо утримання та подальших планових оглядів.
17. Складання (або внесення змін до існуючого) технічного паспорта об'єкта (за необхідності).

Після обстеження складається «Технічний звіт за результатами обстеження та визначення технічного стану будівлі (споруди)». Всі роботи за вищезазначеними пунктами (також згідно з додатком А [2]) повністю відображаються у цьому технічному звіті у вигляді креслень та розрахунків. Технічний стан об'єкта підписується усіма виконавцями робіт під керівництвом сертифікованого експерта.

Перелік та обсяги робіт із відновлення конструкцій є обов'язковими для розроблення проектів ремонтів, реконструкції або технічного переоснащення об'єкта.

Визначення залишкового ресурсу (ЗР) здійснюється в залежності від даних, що отримані під час обстеження. Наразі можна надати наступну класифікацію методів визначення:

1. **Детерміновані методи.** Прості у використанні. ЗР визначається на підставі наявних емпіричних залежностей за терміном експлуатації об'єктів-аналогів; за терміном до капітального ремонту, технічного переоснащення або реконструкції та за терміном зменшення окремих ПТС.

* Розрахунки показників безпеки є окремою задачею, що не розглядається у даній роботі.

2. **Змішані або напівімовірнісні методи.** Імовірнісний розподіл ПТС надано середніми значеннями та стандартними відхиленнями. Прийнято узагальнені розподіли ПТС. Сюди можна віднести визначення ЗР за узагальненим фізичним зношенням.

3. **Імовірнісні методи.** Характеризуються найвищою точністю. Враховують точні дані щодо розподілу ПТС.

Детерміновані методи. Визначення ЗР за терміном експлуатації об'єктів-аналогів здійснюється дуже просто за наявності статистики щодо експлуатації однакових або дуже схожих об'єктів. Якщо існує така інформація, то за даними обстежень та з урахуванням швидкості зношення можливе призначення ЗР як для окремої конструкції, так і для будівлі (споруди) в цілому.

Для визначення ЗР за терміном до капітального ремонту, технічного переоснащення або реконструкції можливо використання як наведених узагальнених даних, так і даних підприємства щодо здійснення політики оновлення фондів та виконання технічного переоснащення. Якщо відомий термін експлуатації об'єкта до обстеження, наявні результати обстеження, не існує екстраординарних результатів щодо скорочення терміну можливе призначення ЗР як різниці між терміном капітального ремонту (переоснащення) та терміном експлуатації до обстеження.

Для визначення ЗР за терміном зменшення окремих ПТС всі необхідні ПТС мають бути у наявності після виконання робіт з обстеження, розрахунків та оцінки технічного стану. Для прикладу візьмемо найбільш поширені пошкодження – корозію та цикли навантаження.

Якщо елемент перебуває під впливом рівномірних корозійних пошкоджень, то:

A_n – проектна площа (може розглядатися інший параметр – момент опору, момент інерції, товщина тощо) перерізу елемента, мм^2 ; A_o – площа перерізу під час обстеження, мм^2 ; A_{\min} – мінімально можлива площа перерізу, мм^2 ;

$$\alpha = \frac{A_n - A_o}{t_o}, \quad (1)$$

де α – швидкість рівномірної корозії, $\text{мм}^2/\text{рік}$.

Тоді залишковий ресурс T , роки

$$T = \frac{A_o - A_{\min}}{\alpha}. \quad (2)$$

Враховуючи, що узагальненим параметром є напруження, більш правильно буде оцінювати

ЗР у одиницях напружень, які розраховуються для визначення технічного стану. Тоді:

σ_n – напруження в елементі із проектними параметрами, МПа; σ_o – напруження в елементі, МПа; R_y – розрахунковий опір сталі, МПа; t_o – термін від здачі в експлуатацію до обстеження, роки;

$$\alpha = \frac{\sigma_n - \sigma_o}{t_o}. \quad (3)$$

Тоді $T = \frac{\sigma_o - R_y}{\alpha}. \quad (4)$

Для розрахунку ЗР за циклами навантажень приймаємо:

N_o – кількість циклів навантажень від початку введення об'єкта до експлуатації, що було визначено під час обстеження; N_{\max} – максимальна розрахункова проектна кількість циклів навантажень, у загальному вигляді становить $2 \cdot 10^6$ циклів; t_o – кількість років від дати експлуатації об'єкта до дати обстеження, роки.

Тоді залишковий ресурс T , роки, буде таким, що дорівнює:

$$T = \frac{N_{\max} - N_o}{\beta}; \quad (5)$$

$$\beta = \frac{N_o}{t_o}, \quad (6)$$

де β – кількість циклів навантажень на рік.

Однак, потрібно брати до уваги, що цей термін визначено без урахування можливої зміни режимів роботи та циклів навантажень.

Змішані або напівімовірнісні методи. Визначення ЗР за узагальненим фізичним зносом. У методі використовуються як дискретні значення окремих ДП, що виявлено під час обстеження, так і розрахунок ЗР за експоненціальним законом розподілу, який прийнятий для механічних систем зі зношенням.

Загальна оцінка пошкодження визначається за формулою (7)

$$E_1 = \frac{\alpha_1 \varepsilon_1 + \alpha_2 \varepsilon_2 + \dots + \alpha_n \varepsilon_n}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n}, \quad (7)$$

де $\varepsilon_1 \dots \varepsilon_n$ – значення виявленого ДП у відсотках по відношенню до максимально припустимого значення згідно з нормами [13]. Якщо значення сягає 100 %, ДП виключається з формули, тому що він стає аварійним і потребує негайного усунення під час ремонтних робіт;

$\alpha_1 \dots \alpha_n$ – кількість ДП із відповідним значенням $\varepsilon_1 \dots \varepsilon_n$.

Визначається загальне пошкодження конструкції, будівлі, споруди у %:

$$E = E_1 / 100. \quad (8)$$

Відносна оцінка цілісності конструкції визначається як $y = 1 - E$. (9)

Імовірність відмови за експоненціальним розподілом має такий вид:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}, \quad (10)$$

а імовірність безвідмовної роботи – оцінка цілісності конструкції – складає:

$$\gamma = R(t) = 1 - F(t) = e^{-\lambda t}; \text{ остаточно } \gamma = e^{-\lambda t}. \quad (11)$$

Тоді постійна зношення визначається за формулою

$$\lambda = (-\ln \gamma) / t, \quad (12)$$

де t – термін експлуатації об'єкта – час від моменту здачі в експлуатацію (капітального ремонту, реконструкції, технічного переоснащення, обстеження) до часу обстеження, коли було визначено існуючі ПТС.

Повертаючись до формули (10), можна визначити залишковий ресурс T за формулою

$$T = (-\ln Y) / \lambda. \quad (13)$$

По-перше, потрібно усвідомити що Y у цій формулі є імовірністю безвідмовної роботи R . Тоді, ця величина має призначатись не постійним числом, а числом, яке залежить від рівня відносної оцінки цілісності конструкції за формулою 9 та постійної зношення. Величина Y повинна призначатися в інтервалі $1 < Y < \gamma$.

Зрозуміло, що чим ближче до 1 буде Y , тим менше буде T , чим ближче буде до γ , тим ближче до t – вже відпрацьованого терміну експлуатації об'єкта.

При призначенні Y необхідно враховувати можливі ризики експлуатації та стан загального рівня технологічної безпеки підприємства.

Метод можливо використовувати під час першого обстеження – для створення попередніх теоретичних залежностей (наявна первинна інформація) деградаційних моделей визначених ДП.

Що стосується імовірнісних методів, то їх використання потребує окремої публікації та, враховуючи значну кількість складних розрахунків, реальне їх використання може бути запропоновано тільки як теоретичне для попереднього розрахунку прогнозних моделей, які можуть бути розроблені після виконання першого обстеження з урахуванням даних об'єктів-аналогів.

Висновки.

Запропоновано нове визначення понять «обстеження» та «огляд».

З позиції визначення оцінки технічного стану об'єкта систематизовано склад робіт під час виконання обстеження.

Приведені пропозиції щодо розрахунків залишкового ресурсу на підставі результатів, отриманих під час обстеження.

- | | |
|---|---|
| <p>[1] Постанова КМУ № 409 від 5 травня 1997 р. «Щодо забезпечення надійної та безпечної експлуатації будівель, споруд та інженерних мереж».</p> <p>[2] ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. – Київ. ДП «УкрНДЦ», – 2017 р. – 44 с.</p> <p>[3] ДСТУ Б В.2.6-210:2016. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються. – Київ: 2016. – 80 с.</p> <p>[4] Постанова КМУ № 257 від 12 квітня 2017 р. «Про затвердження Порядку проведення діагностики прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва».</p> <p>[5] ДБН А.2.2-3-2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво.</p> <p>[6] Перельмутер А.В. Стан та залишковий ресурс фонду будівельних металевих конструкцій в Україні. / А.В. Перельмутер, В.М. Гордеев, Є.В. Горохов та ін. – К.: ВІНЦІЗП, 2002. – 92 с.</p> <p>[7] Assessment of Existing Steel Structures: Recommendations for Estimation of the Remaining Fatigue Life. B. Kühn, M. Lukic', A. Nussbaumer, H.-P. Günther, R. Helmerich, S. Herion, M.H. Kolstein, S. Walbridge, B. Androic, O. Dijkstra, O. Bucak. EUR 23252 EN – Joint Research Centre. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. 2007 – 89 pp.</p> <p>[8] Єгоров Є.А. Технічне діагностування і підсилення сталевих резервуарів для зберігання нафти та нафтопродуктів / Дис. на здобуття ступ. д-р техн.наук, 1998 р.</p> | <p>[9] Шимановский А.В. Техническая диагностика и предупреждение аварийных ситуаций конструкций зданий и сооружений. / Шимановский А.В., Гордеев В.Н., Королев В.П., Оглобля А.И., Рухович И.Р., Филатов Ю.В. – К.: Изд-во «Сталь», 2008. – 463 с.</p> <p>[10] Шимановський О.В. Аналіз технічного стану та проблем експлуатації будівельних металевих конструкцій в Україні. / О.В. Шимановський, В.М. Гордеев, М.О. Микитаренко та ін. // Будівельні конструкції. – 2001. – № 3 – С. 18–24.</p> <p>[11] Шимановский А.В. Подготовка и проведение обследований металлических конструкций // Сборник научных работ Украинского института стальных конструкций имени В.М. Шимановского – Вип. 17, 2016. – С. 4–14.</p> <p>[12] Шимановский А.В., Колесниченко С.В. Предупреждение аварийных ситуаций в условиях исчерпания ресурса металлических конструкций // Сборник научных работ УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського – Вип. 5, К.: Вид-во «Сталь», 2010. – С. 140–150.</p> <p>[13] Правила технической эксплуатации производственных зданий и сооружений предприятий горно-металлургического комплекса Украины. – Днепропетровск, 2003. – 92 с.</p> <p>[14] Правила технической эксплуатации коксохимических предприятий / Гипрококс, УХИН, Укркокс. / Утверждены Министерством промышленной политики Украины 5 июля 2002 г., № 305, г. Харьков, 2001 г. – 309 с.</p> <p>[15] ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1994. – 92 с.</p> |
|---|---|

Надійшла 05.03.2018 р.