

ДІАГНОСТИКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Семиног М.М.

Броварське управління ГУ МНС України в Київській обл.

Голоднов О.І.

ВАТ Укрндіпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського, Київ

Технічний стан елементів залежно від здатності їх виконувати протягом прогнозованого терміну всі функції, передбачені проектною (ПД) і нормативною (НД) документацією, можна класифікувати як [1, 2 та ін.]:

- стан конструкцій I – нормальний. Фактичні зусилля в елементах та перетинах не перевищують допустимих за розрахунком. Відсутні дефекти та пошкодження, які перешкоджають нормальній експлуатації або знижують несну здатність або довговічність;
- стан конструкції II – задовільний. За несною здатністю та умовами експлуатації відповідають стану I. Мають місце дефекти та пошкодження, які можуть знизити довговічність конструкції. Потрібні заходи щодо захисту конструкції;
- стан конструкції III – непридатний для експлуатації. Конструкція перевантажена або мають місце дефекти та пошкодження, які свідчать про зниження її несної здатності. Але на основі перевірних розрахунків та аналізу пошкоджень можливо забезпечити її цілісність на час підсилення;
- стан конструкції IV – аварійний. Те саме, що і за станом конструкції III. Але на основі перевірних розрахунків та аналізу дефектів і пошкоджень неможливо гарантувати цілісність конструкцій на період підсилення, особливо якщо можливий "крихкий" характер руйнування. Необхідно вивести людей із зони можливого обвалення, виконати негайне розвантаження, вжити інших заходів безпеки.

Передбачається, що елементи та конструкції з самого початку своєї експлуатації впродовж всього життєвого циклу в міру старіння та деградації можуть послідовно знаходитися в будь-якому з чотирьох технічних станів. При цьому окремі елементи конструкції або споруди можуть опинитися в різних станах, тому стан конструкції або споруди в цілому приймається по гіршому стану елементів.

Відповідно до вимог НД і ПД встановлюються критерії (кількісні й якісні показники) оцінки технічного стану конструкцій і елементів (параметри перетину, площа арматури, характеристики матеріалів, характер і ширина розкриття тріщин, прогини).

Вказані критерії необхідні для порівняння з ними фактичних значень визначальних параметрів, що отримуються в процесі робіт із оцінки технічного стану конструкцій.

Основна мета оцінки технічного стану – визначення можливості подальшої експлуатації конструкцій при реалізованих режимах і умовах. Оцінка здійснюється в такій послідовності [1, 2, 3, 4 і ін.]:

- аналіз технічної документації;
- візуальне обстеження стану конструкцій;
- інструментальне обстеження стану конструкцій;

- аналіз результатів візуального й інструментального обстеження;
- виконання перевірних розрахунків (при необхідності);
- оцінка технічного стану;
- висновки про можливість подальшої експлуатації та рекомендації щодо приведення конструкцій в придатний для експлуатації стан;
- визначення залишкового ресурсу.

Для оцінки технічного стану конструкцій використовуються:

- критерій відповідності конструкції (споруди) робочій документації (розміри, армування, конструктивні особливості);
- критерій відповідності конструкції (споруди) визначальним параметрам технічного стану (наявність або відсутність неприпустимих дефектів, відповідність застосованих матеріалів вимогам проекту тощо) і дотримання вимог розрахунку за граничними станами першої та другої груп.

За наслідками аналізу технічної документації, візуального й інструментального обстежень конструкцій приймається рішення щодо необхідності виконання перевірного розрахунку.

Як критерії для прийняття рішення про необхідність виконання перевірних розрахунків конструкцій і споруд в цілому розглядаються:

- наявність дефектів, що впливають на зниження несної здатності конструкцій;
- зниження характеристик міцності матеріалів у порівнянні з проектними (встановлюються шляхом проведення обстеження конструкцій методами руйнівного і неруйнівного контролю);
- зменшення площі робочого перетину елемента;
- перевищення фактичних експлуатаційних навантажень проектних значень;
- технологічні впливи, не передбачені проектом (в т.ч. дія високої температури під час пожежі);
- розвиток нерівномірних деформацій основи.

В ході виконання перевірних розрахунків передбачається:

- математичне моделювання конструкцій методом скінченних елементів (МСЕ) з урахуванням встановленого деформованого стану [3, 4 та ін.];
- розрахунок конструкцій і визначення зусиль і деформацій в елементах розрахункової схеми;
- порівняння характеру деформації реального об'єкту та математичної моделі й уточнення, у разі потреби, характеристик жорсткості матеріалів елементів моделі;
- розрахунок уточненої моделі, визначення зусиль і переміщень;
- перевірка дотримання умов, що забезпечують несну здатність і деформативність будівельних конструкцій, будівель і споруд, оцінка їхнього технічного стану;
- коригування розрахункової схеми споруди з урахуванням встановлення елементів підсилення і розрахунок нової моделі;
- проектування підсилення.

Оцінка технічного стану конструкцій (споруди) проводиться шляхом зіставлення контрольованих параметрів, визначених в ході проведення візуального й інструментального обстежень, з відповідними проектними параметрами, а також за результатами перевірних розрахунків.

Як відомо, відповідно до ГОСТ 27751-88 (СТ СЕВ 384-87) встановлено дві групи граничних станів:

- перша група включає граничні стани, які ведуть до повної або часткової втрати несної здатності конструкцій, а також до повної непридатності для експлуатації конструкцій, основи, будівель та споруд в цілому;
- друга група включає граничні стани, які ускладнюють нормальну експлуатацію конструкцій, основи або зменшують довговічність будівель і споруд.

Технічний стан конструкцій за відсутності дефектів може вважатися нормальним або задовільним, якщо не виконуються [3]:

- умова відмови конструкцій:

$$F > F_u, \quad (1)$$

де F, F_u – величини відповідно найбільш можливого за час експлуатації зусилля в елементі від розрахункових навантажень і найменшої несучої здатності;

- умова досягнення конструкцією граничних станів II групи

$$f > f_u, \quad (2)$$

де f, f_u – характерне переміщення конструкції (прогин, кут повороту, крен тощо), відповідно визначене в результаті розрахунку або обстеження, та граничне, встановлене нормами.

Як параметри граничних станів другої групи, досягнення яких розглядається як відмова-перешкода, розглядаються надмірне або тривале розкриття тріщин в залізобетонних конструкціях, а також досягнення граничних величин прогинів.

Граничні стани цієї групи викликають тимчасове припинення або часткове порушення умов нормальної експлуатації, але разом з тим чітка межа переходу в граничний стан відсутня.

Оцінка технічного стану проводиться зіставленням контрольованих параметрів, визначених в ході проведення обстежень, з відповідними проектними параметрами або визначеними в результаті розрахунків. Перехід конструкцій в граничний стан можливий, якщо досягли граничних величин такі параметри як геометричні розміри (зменшення внаслідок корозійного зносу арматури та бетону), міцність бетону, а вузли сполучення, закладні деталі й елементи кріплення зруйновано або пошкоджено.

Мінімально допустимі величини контрольованих параметрів встановлюються за наслідками розрахунків будівельних конструкцій відомими методами будівельної механіки й опору матеріалів для визначення несної здатності і порівняння її з максимальним діючим зусиллям:

$$F_{cr}[x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t)] > F; \quad (3)$$

де $F_{cr}[x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t)]$ – функція несної здатності елементів.

Як параметри $x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t)$ приймаються розміри поперечного перетину та міцність матеріалів як функції часу. Визначення величини діючого зусилля F для статично визначуваних конструкцій не представляє ускладнень з принципової точки зору. Для статично

невизначуваних конструкцій величина F визначається за наслідками математичного моделювання технічного стану, встановленого за результатами обстеження.

Перехід нерівності (3) в рівність свідчить про вичерпання несної здатності (ресурсу) конструкції. Подальша експлуатація можлива після проведення робіт із підсилення (заміни) або ремонту.

Розрахунок залишкового ресурсу виконується в такій послідовності.

1. Виконується обстеження конструкцій і встановлюються контрольовані параметри: розміри поперечного перетину, міцнісні характеристики матеріалів, уточнюються величина і характер навантаження.
2. Визначається несна здатність конструкції за даними проведених обстежень $F_{cr}[x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t)]$. За наслідками розрахунку встановлюються максимальні зусилля F . Порівнюються:

$$F_{cr} \geq F. \quad (4)$$

Якщо нерівність виконується, несна здатність не вичерпано.

3. Визначають залишковий ресурс t_R з використанням припущення щодо лінійної залежності зміни контрольованих параметрів від часу:

$$t_R = \Delta t \cdot \frac{F_{cr} - F}{F_{pr} - F_{cr}}; \quad (5)$$

$$\Delta t = t_1 - t_0, \quad (6)$$

де t_0 – дата початку експлуатації конструкції (після виготовлення, підсилення або заміни) або попереднього обстеження, рік;

t_1 – дата виконання обстеження та встановлення змін контрольованих параметрів, рік;

F_{pr} – несна здатність елемента, яка визначена за проектними даними.

Визначення залишкового ресурсу доцільно виконувати по можливості на більшій базі (6). Точніше рішення щодо величини ресурсу може бути отримане за умови наявності результатів регулярних спостережень і визначень контрольованих параметрів і технічного стану.

Якщо нерівність (4) не виконується, елемент знаходиться в стані, не придатному для експлуатації, або аварійному.

Розроблені пропозиції були використані при проектуванні елементів підсилення ряду об'єктів житлового, громадського та виробничого призначення, зокрема, конструкцій перекриття в кабінеті № 2 СШ № 14 Алчевська, що отримали пошкодження в результаті пожежі.

В результаті обстеження конструкцій було встановлено таке:

- всі плити перекриття мали пошкодження – тріщини, виколи бетону, руйнування по нормальних і похилих перетинах, порушення зчеплення арматури та бетону. Прогини плит становили 40...85 мм, що значно перевищувало гранично допустиму величину, яка дорівнює 30 мм. Поверхневі прошарки бетону були зруйновані на глибину 10...40 мм;
- несні стіни з силікатної цегли мали дефекти у вигляді руйнування поверхневих прошарків кладки на глибину 120...250 мм;

– надвіконні перемички мали нормальні тріщини з шириною розкриття в межах 0,5...1,5 мм.

Окремі перемички мали руйнування поверхневих прошарків бетону на глибину до 10 мм.

За наслідками обстеження були зроблені висновки про аварійний стан цегляної кладки зовнішніх стін і плит перекриття.

Для забезпечення тривалої та безпечної експлуатації будівельних конструкцій був розроблений проект підсилення стін металевими елементами та плит перекриття підведенням металевих елементів (балок) та передаванням навантаження від плит на нижчерозташовані незруйновані конструкції стін.

Включення в роботу елементів підсилення внаслідок наявності залишкового прогину конструкцій здійснене шляхом силової деформації (вигину) елементів підсилення за допомогою гідравлічних домкратів. Після зняття навантаження та фіксації в проектному положенні елементи підсилення отримали вигин і включилися в роботу спільно з плитами перекриття. Загальний вигляд підсиленого перекриття приведений на рис. 1.

Розроблена методика оцінки технічного стану та визначення залишкового ресурсу з розробленням технічних рішень із забезпечення тривалої та надійної експлуатації була використана та регулярно використовується для об'єктів житлового, громадського та виробничого призначення, які розташовані в Луганській обл. та Києві. Це дозволило визначити технічний стан і залишковий ресурс конструкцій та забезпечити подальшу експлуатацію об'єктів після виконання робіт з підсилення конструкцій.



Рис. 1. Загальний вид підсилених будівельних конструкцій стін і перекриття

Висновки

1. В ході виконаних досліджень розроблено методику обстеження, оцінки технічного стану і розрахунку залишкового ресурсу будівельних конструкцій будівель та споруд, що знаходяться в експлуатації. Одним з етапів методики є моделювання технічного стану конструкцій за допомогою сучасних ОК на базі МСЕ.
2. Розроблена методика в частині діагностики технічного стану та визначення залишкового ресурсу була використана при проектуванні підсилення конструкцій будівель та споруд. При цьому ефективність застосування традиційних методів підсилення конструкцій підвищена за рахунок включення елементів підсилення в роботу спільно з підсилюваною конструкцією. Методику апробовано на ряді об'єктів Луганської області та Києва.

Література

1. ДБН 362-92. Оценка технического состояния стальных конструкций эксплуатируемых производственных зданий и сооружений. – К.: Государственный комитет Украины по делам архитектуры, строительства и охраны исторической среды, 1993. – 47 с.
2. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд. – Київ: Держбуд України, 1999. – 152 с.
3. Голоднов А.И. Определение остаточного ресурса железобетонных конструкций в условиях действующих предприятий // Буд. конструкції: Міжвідом. наук.-техн. зб. / НДІБК. – К.: НДІБК, 2005. – Вип. 62. – Т. 2. – С. 138–143.
4. Семиног М.М., Голоднов О.І. Моделювання напружено-деформованого стану для обґрунтування можливості продовження терміну експлуатації будівельних конструкцій, будівель та споруд // Зб. наук. праць Українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій ім. В.М. Шимановського. – К: Вид-во «Сталь», 2009. – № 4. – С. 243–249.