

УДК 69.059.22:699.8

Маладика І.Г., Шкарабура І.М.

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України
(вул. Онопрієнка, 8, Черкаси, 18000, Україна; e-mail: maladyka@gmail.com)*

ДІАГНОСТИКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ І ЗАЛИШКОВИЙ РЕСУРС СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІСЛЯ ПОЖЕЖІ

Досвід експлуатації сталевих конструкцій свідчить про їхній достатній запас несучої здатності за умов відсутності непередбачуваних силових і високотемпературних впливів. Суттєвими причинами підвищеної небезпеки для конструкцій, що експлуатуються, за таких умов, розглядаються перерозподіл внутрішніх зусиль в елементах, нерівномірний нагрів і зміна характеристик міцності та деформативності матеріалу конструкцій (сталі) під час і після пожежі за умови руйнування вогнезахисних покриттів. У зв'язку з цим виникає необхідність в проведенні робіт із обстеження, визначення та регулювання технічного стану для відновлення експлуатаційної придатності конструкцій з урахуванням прогнозу можливої зміни визначальних параметрів технічного стану і можливого руйнування конструкцій після високотемпературних впливів.

Мета досліджень полягає в розробці взаємозв'язаних заходів щодо визначення параметрів технічного стану сталевих конструкцій будівель та споруд після силових і високотемпературних впливів, визначенні можливості продовження терміну експлуатації або необхідності регулювання технічного стану шляхом ремонту, підсилення або заміни конструкцій.

У ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016 наведено настанови щодо розрахунку та прийняття заходів для забезпечення вогнестійкості конструкцій, але не наведено вимоги щодо визначення технічного стану сталевих конструкцій будівель та споруд і необхідності його регулювання після впливу високих температур при пожежі.

У зв'язку з цим необхідно розробити методи оцінки технічного стану та можливості його регулювання для подальшої експлуатації конструкцій будівель та споруд після силових і високотемпературних впливів шляхом ремонту, підсилення або заміни.

Ключові слова: сталеві конструкції, вогнестійкість, високотемпературні впливи, технічний стан, залишковий ресурс.

Вступ. В сучасній практиці будівництва сталеві конструкції мають широке використання. Це пояснюється тією обставиною, що сталь має високу міцність, надійно працює при різних видах навантаження, відповідає вимогам довговічності (за умов використання надійних засобів захисту). Сталеві конструкції індустріальні, тобто виготовляються на спеціалізованих заводах. Окремі елементи, конструкції (відправні марки) транспортуються до місця будівництва, монтуються та встановлюються у проектне положення з використанням підйомно-транспортних засобів.

Непроникливість для рідин і газів матеріалів конструкцій та вузлів дозволяє виконувати водонепроникні та газонепроникні конструкції.

Висока міцність, надійність, індустріальність виготовлення з урахуванням принципів уніфікації, стандартизації їхніх елементів, можливість транспортування на великі відстані, малі строки монтажу, відносна легкість, у порівнянні із залізобетон-

ними конструкціями, складають економічність використання сталевих конструкцій у будівництві.

Крім того, сталеві конструкції зручні в експлуатації, оскільки легко ремонтуються та можуть бути легко підсилені під час проведення робіт з реконструкції при збільшенні навантажень. Але сталеві конструкції мають і недоліки: схильність до корозії, що потребує спеціальних заходів щодо захисту; мала вогнестійкість при температурах, які перевищують 400 °С, що також потребує проведення відповідних заходів щодо захисту конструкцій від впливу високих температур.

Широке застосування сталеві конструкції отримали при будівництві одноповерхових виробничих будівель, несучих каркасів висотних будівель, великопрольотних будівель громадського призначення, будівель спеціального призначення тощо.

Досвід експлуатації сталевих конструкцій свідчить про їхній достатній запас несучої здатності за умов відсутності непередбачуваних силових і високотемпературних впливів [1-4]. Суттєвими причинами

підвищеної небезпеки для конструкцій, що експлуатуються, за таких умов, розглядаються перерозподіл внутрішніх зусиль в елементах, нерівномірний нагрів і зміна характеристик міцності та деформативності матеріалу конструкцій (сталі) під час і після пожежі за умови руйнування вогнезахисних покриттів. У зв'язку з цим виникає необхідність в проведенні робіт із обстеження, визначення та регулювання технічного стану для відновлення експлуатаційної придатності конструкцій з урахуванням прогнозу можливої зміни визначальних параметрів технічного стану і можливого руйнування конструкцій після високотемпературних впливів [5-16].

Матеріали та методи досліджень

Технічний стан елементів залежно від здатності їх виконувати впродовж прогнозованого терміну усі функції, які передбачено проектною та нормативною документацією, можна класифікувати як [1, 2]:

- «1» – нормальний, коли фактичні зусилля в елементах та перерізах не перевищують допустимих за розрахунком, відсутні дефекти та пошкодження, які знижують несучу здатність та довговічність або перешкоджають нормальній експлуатації;
- «2» – задовільний, коли за експлуатаційними якостями конструкція відповідає категорії «1», але мають місце часткові відхилення від вимог проекту, дефекти або пошкодження, які можуть знизити довговічність конструкції або частково порушити вимоги другої групи технічних станів, що в конкретних умовах експлуатації не обмежує використання об'єкта за прямим призначенням;
- «3» – не придатний для нормальної експлуатації, коли конструкція не відповідає категоріям «1», «2» щодо несучої здатності або нормальної реалізації захисних функцій, але аналіз дефектів і пошкоджень з перевірними розрахунками виявляє можливість забезпечення її цілісності до проведення ремонту, підсилення або заміни;
- «4» – аварійний, коли конструкції по виду дефектів знаходяться в стані 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 і конструкції з самого початку своєї експлуатації упродовж усього життєвого циклу в міру старіння та деградації можуть послідовно знаходитися у 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 [1, 2, 13-15].

Відповідно до вимог нормативної, проектної та експлуатаційної документації встановлюються критерії (кількісні та якісні показники) оцінки технічного стану конструкцій і елементів (параметри перерізу, площа арматури, характеристики матеріалів, характер і ширина розкриття тріщин, прогини тощо).

Вказані критерії потрібні для порівняння з ними фактичних значень визначальних параметрів, що отримуються в процесі робіт за оцінкою технічного стану конструкцій.

Хоча металеві (сталеві) конструкції виконані з матеріалу, що не згорає, фактична межа їхньої вогнестійкості в середньому складає 15 хв. Це пояснюється досить швидким зниженням характеристик міцності та деформативності металу при підвищених температурах під час пожежі. При обрушенні або отриманні значних прогинів металеві конструкції вибувають з експлуатації, псується устаткування, сировина, готова продукція, а також утруднюють вирішення питань евакуації людей, організації гасіння пожежі тощо [12, 16].

Інтенсивність нагріву металоконструкцій залежить від ряду чинників, до яких відносяться характер нагріву конструкцій і способи їхнього захисту. У разі короткочасної дії температури при реальній пожежі, після займання горючих матеріалів метал

піддається нагріву повільніше і менш інтенсивно, ніж нагрів доквілля. При дії «стандартного» режиму пожежі температура доквілля не перестає підвищуватися і теплова інерція металу, що обумовлює деяку затримку нагріву, спостерігається тільки протягом перших хвилин пожежі. Потім температура металу наближається до температури середовища [12], що нагрівається. Захист металевого елемента й ефективність цього захисту також впливають на нагрів металу.

Висока теплопровідність металу дозволяє припускати, що теплоперенос в масі металевих конструкцій є рівномірним і миттєвим, тому для металу можна не використовувати поняття температурного градієнта ні по перерізу, ні по довжині елементів металоконструкцій. Міра нагріву металевих конструкцій при пожежі залежить від розмірів їх елементів і величини поверхні їх обігріву. При збільшенні об'єму металу і зменшенні поверхні його обігріву температура елемента знижується. Нині мало вивчено поведінку зварних, болтових і заклепувальних з'єднань в умовах пожежі. Існуючу думку, що поведінка зварного шва при пожежі аналогічна поведінці металу елементів, що сполучаються, не можна визнати вдалою. Так, у 80% випадків відмова листових конструкцій, які використовуються при будівництві циліндричних резервуарів для зберігання нафтопродуктів, відбувається внаслідок руйнування вертикальних зварних швів, що сприймають кільцеві зусилля розтягування [12].

Зниження міцності на зріз сталевих болта або заклепки, що знаходяться в умовах пожежі, призводить до руйнування з'єднання, а зниження міцності сталі елементів, що сполучалися, на змінання, збільшує його деформативність. На поведінку болтових і заклепувальних з'єднань в умовах пожежі впливає значення коефіцієнта температурного розширення сталі конструктивних елементів, а також болтів і заклепок [12].

Найбільшою небезпекою при пожежі є утеплені захисні конструкції, оскільки в якості утеплювача часто використовуються

полімерні горючі матеріали: пінополістирол, пінополіуретан, пінопласт тощо [12].

Значення загальної деформації сталевих елементів при пожежі залежить від деформації температурного розширення, зміни модуля пружності, а також деформації повзучості. Під поняттям «температурна повзучість» мається на увазі зміна деформацій в часі постійних значень температури та прикладеного навантаження. Основними чинниками, які впливають на величину та швидкість повзучості, вважаються величини напружень, температура, а також тривалість їхніх дій. З цих чинників основним залишається рівень напружень, що впливає на швидкість повзучості при певній температурі. Із збільшенням величини напружень швидкість температурної повзучості зростає [12, 13, 16].

Визначення характеру деформування, міцності та текучості бетону арматури та конструкційної сталі при високотемпературних впливах являє собою дуже складну задачу, що потребує розробки відповідних методик [13].

Для проведення обстеження конструкцій, які отримали пошкодження внаслідок пожежі, необхідно встановити наступні відомості про пожежу:

- час виявлення пожежі, початку інтенсивного горіння;
- тривалість інтенсивного горіння під час пожежі;
- засоби гасіння пожежі;
- місце знаходження осередку займання;
- максимальну температуру середовища під час пожежі.

На основі вищевикладеного можна зробити наступний висновок: вимоги конструктивної безпеки після високотемпературних впливів на конструкції після пожежі тісно пов'язані з вимогами забезпечення надійності, тобто властивості об'єкту зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування. Надійність є комплексною властивістю, яка може включати безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і

збереженість або певні поєднання цих властивостей. Надійність об'єктів залишається не визначальною, але безумовною вимогою безпеки.

Основна мета оцінки технічного стану (діагностики) сталевих конструкцій - визначення можливості подальшої їхньої експлуатації при реалізованих режимах і умовах. Оцінка здійснюється в такій послідовності [1, 2, 12-16]:

- аналіз технічної документації;
- візуальне обстеження стану конструкцій;
- інструментальне обстеження стану конструкцій;
- аналіз результатів візуального і інструментального обстеження;
- виконання перевірочних розрахунків (при необхідності);
- оцінка технічного стану;
- висновки про можливість подальшої експлуатації і рекомендації по приведенню конструкцій в придатний для експлуатації стан;
- визначення залишкового ресурсу.

Для оцінки технічного стану сталевих конструкцій використовуються:

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

За результатами аналізу технічної документації, візуального й інструментального обстежень технічного стану конструкцій приймається рішення про необхідність виконання перевірконого розрахунку.

Критеріями для ухвалення рішення про необхідність виконання перевірочних розрахунків сталевих конструкцій і споруд в цілому являються:

- наявність дефектів, що впливають на зниження несучої здатності конструк-

цій (прогинів, вигинів з площини, загальної або місцевої втрати стійкості елементів тощо);

- зниження характеристик міцності та деформативності конструкційної сталі несучих елементів після пожежі в порівнянні з проектними (встановлюються шляхом проведення обстеження конструкцій методами руйнівного і неруйнівного контролю, вилучення фрагментів матеріалу з конструкцій, які розташовано як в зоні впливу високих температур, так і в зонах, де такого впливу не було);
- зменшення площі робочого перерізу елемента;
- перевищення фактичних експлуатаційних навантажень їх проектних значень;
- технологічні впливи, які не передбачено проектом;
- розвиток нерівномірних деформацій основи (в т ому числі і після гасіння пожежі).

В ході виконання перевірочних розрахунків передбачається:

- математичне моделювання конструкцій методом скінчених елементів з урахуванням встановленого деформованого стану [13, 15, 16 та ін.];
- розрахунок конструкцій і визначення зусиль і деформацій в елементах розрахункової схеми;
- порівняння характеру деформації реального об'єкту та математичної моделі й уточнення, в разі потреби, характеристик жорсткості матеріалів елементів моделі;
- розрахунок уточненої моделі, визначення зусиль і переміщень;
- перевірка дотримання умов, що забезпечують несучу здатність і деформативність сталевих конструкцій, оцінка їхнього технічного стану;
- розробка (за необхідності) пропозицій щодо підсилення конструкцій, які знаходяться в непридатному для подальшої експлуатації або аварійному стані;

- коригування розрахункової схеми конструкції (споруди) з урахуванням встановлення елементів підсилення та розрахунок нової моделі;
- проектування підсилення.

Оцінка технічного стану конструкцій (споруди) робиться шляхом зіставлення контрольованих параметрів, які визначено в ході проведення обстеження, з відповідними проектними параметрами, а також з результатами перевірочних розрахунків.

Як відомо, відповідно до чинних нормативних документів [9, 10] встановлено дві групи граничних станів :

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

Технічний стан конструкцій за відсутності дефектів може вважатися нормальним або задовільним, якщо не виконуються [15, 16]:

- 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, яку встановлено нормами проектування [3, 15, 16];

- 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 і граничне, яке встановлено нормами проектування [11, 15, 16].

Параметрами граничних станів другої групи, досягнення яких розглядається як відмова-перешкода, є досягнення граничних величин прогинів, вигин з площини колон і балок, місцева втрата стійкості елементів.

Граничні стани цієї групи викликають тимчасове припинення або часткове порушення умов нормальної експлуатації, але в той же час чітка межа переходу в граничний стан відсутня.

Оцінка технічного стану робиться зіставленням контрольованих параметрів, які визначено 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 і бетону), міцність сталі (внаслідок різних чинників, в тому числі і високих температур), а вузли сполучення й елементи кріплення зруйновано або пошкоджено.

Мінімально допустимі величини контрольованих параметрів встановлюються за результатами розрахунків будівельних конструкцій відомими методами будівельної механіки і опору матеріалів для визначення несучої здатності та порівняння її з максимальним чинним зусиллям [15, 16]:

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

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

Як параметри $x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t)$ приймаються розміри поперечного перерізу та міцність сталі як функції часу та високих температур. Визначення величини чинного зусилля F для статично визначних конструкцій не представляє утруднень з принципової точки зору. Для статично невизначних конструкцій величина F визначається за результатами математичного моделювання технічного стану, який встановлено за результатами обстеження, в послідовності, яку було викладено вище.

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

Таким чином, граничний стан для конструкції вважається не досягнутим, якщо для контрольованих параметрів виконуються нерівності [15, 16]

$$\delta > \delta_{\min}; \quad (4)$$

$$R > R_{\min}, \quad (5)$$

де δ_{\min}, δ - відповідно мінімально допустимий і чинний розмір (ширина, висота, товщина, діаметр тощо) поперечного перерізу сталевих елементів; R_{\min}, R - відповідно мінімально допустима і фактична міцність сталі.

Граничний стан конструкції за контрольованими параметрами вважається досягнутим, якщо нерівності типу (4), (5) перетворюються на рівність.

Розрахунок залишкового ресурсу виконується в такій послідовності.

1. Виконується обстеження конструкцій і встановлюються контрольовані параметри: розміри поперечного перерізу, характеристики міцності матеріалів, уточнюються величина і характер навантаження.

2. Визначається несуча здатність конструкції за даними проведених обстежень $F_{cr}[x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t)]$. За результатами розрахунку встановлюються максимальні зусилля F . Порівнюються

$$F_{cr} \geq F. \quad (6)$$

Якщо нерівність виконується, несучу здатність не вичерпано.

3. Визначають залишковий ресурс t_R з використанням допущення відносно лінійної залежності зміни контрольованих параметрів від часу

$$t_R = \Delta t \cdot \frac{F_{cr} - F}{F_{pr} - F_{cr}}; \quad (7)$$

$$\Delta t = t_1 - t_0, \quad (8)$$

де t_0 - дата початку експлуатації конструкції (після виготовлення, посилення або заміни) або попереднього обстеження, рік; t_1 - дата виконання обстеження і встановлення змін контрольованих параметрів, рік; F_{pr} - несуча здатність елемента за проектними даними.

Якщо нерівність (6) не виконується, елемент знаходиться в стані, який непридатний для нормальної експлуатації або аварійний.

Висновки

1. Вимоги конструктивної безпеки після високотемпературних впливів на конструкції після пожежі тісно пов'язані з вимогами забезпечення надійності, тобто властивості об'єкту зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування.
2. Надійність є комплексною властивістю, яка може включати безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збереженість або певні поєднання цих властивостей. Надійність об'єктів залишається не визначальною, але безумовною вимогою безпеки.
3. У ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016 [7] наведено настанови щодо розрахунку та прийняття заходів для забезпечення вогнестійкості конструкцій, але не наведено вимог щодо визначення технічного стану сталевих конструкцій будівель та споруд і необхідності його регулювання після впливу високих температур при пожежі.
4. Основною метою проведених досліджень є розробка методики оцінки технічного стану сталевих конструкцій після високотемпературних впливів, визначення можливості подальшої їхньої експлуатації при реалізованих режимах і умовах, залишкового ресурсу.

ЛІТЕРАТУРА:

1. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану / Мінрегіон України. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 45 с.
2. ДСТУ Б В.2.6-210:2016. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються. – К.: Мінрегіон України, 2016. – 53 с.
3. ДБН В.2.6-198:2014. Державні будівельні норми України. Сталеві конструкції. Норми проектування / Мінрегіон України. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 199 с.
4. ДСТУ Б В.2.6-193:2013. Державний стандарт України. Захист металевих конструкцій від корозії. Вимоги проектування / Мінрегіон України. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 46 с.

5. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Мінрегіон України, 2017. – 35 с.
6. ДБН В.1.2-7-2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Пожежна безпека. Основні вимоги до будівель і споруд. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 30 с.
7. ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016. Пректування сталевих конструкцій. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість. – Прийнято та надано чинності: наказ Мінрегіону України від 14.06.2016 року № 155. Набрання чинності з 01.04.2017 р. – К.: Мінрегіон України, 2016. – 147 с.
8. ДСТУ Б В.1.1-4-98*. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги / Держбуд України. – К.: Держбуд України, 2005. – 19 с.
9. ДБН В.1.2-14-2009. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ / Мінрегіонбуд України. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 32с.
10. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування / Мінбуд України. – К.: Мінбуд України, 2006. – 60 с.
11. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогини і переміщення. Вимоги проектування. – Введ. вперше; Введ. 01.01.2007. – К.: Мінбуд України, 2006. – 10 с.
12. Мосалков И.Л. Огнестойкость строительных конструкций [Текст] / И.Л. Мосалков, Г.Ф.Плюснина, А.Ю.Фролов. – М.: Спецтехника, 2001. – 484 с.
13. Голоднов О.І. Визначення характеристик міцності бетону й арматури при проведенні досліджень вогнестійкості залізобетонних колон [Текст] / О.І. Голоднов, Ю.А. Отрош, І.А.Ткачук, М.М. Семиног // Пожежна безпека: теорія і практика: Збірник наукових праць. – Черкаси; АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2011. – С. 37-43.
14. Стан та залишковий ресурс фонду будівельних металевих конструкцій в Україні [Текст] / А.В. Перельмутер, В.М. Гордеев, С.В. Горохов та ін.; За ред. д-ра техн. наук А.В. Перельмутера. – К.: Вид-во «Сталь», 2002. – 166 с.
15. Голоднов А.И. Определение остаточного ресурса изгибаемых элементов после различных воздействий [Текст] / А.И. Голоднов, Н.П. Гордиюк, И.А. Ткачук, Н.Н. Семиног // 36. наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – 2015. – №151. – Т. 2. – С.94-102.
16. Маладыка І.Г. Визначення технічного стану будівель зі сталевим каркасом після силових і високотемпературних впливів [Текст] / І.Г.Маладыка, І.М. Шкарабура // Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського. – К.: Вид-во «Сталь», 2016. – Вип. 17. – С. 27–33.

Маладыка І.Г., Шкарабура І.М. ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОСТАТОЧНЫЙ РЕСУРС СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОСЛЕ ПОЖАРА

Опыт эксплуатации стальных конструкций свидетельствует об их достаточном запасе несущей способности при условии отсутствия непредсказуемых силовых и высокотемпературных воздействий. Существенными причинами повышенной опасности для эксплуатируемых конструкций при таких условиях рассматриваются перераспределение внутренних усилий в элементах, неравномерный нагрев и изменение характеристик прочности и деформативности материала конструкций (стали) во время и после пожара при условии разрушения огнезащитных покрытий. В связи с этим возникает необходимость в проведении работ по обследованию, определению и регулированию технического состояния для возобновления эксплуатационной пригодности конструкций с учетом прогноза возможного изменения определяющих параметров технического состояния и возможного разрушения конструкций после высокотемпературных воздействий.

Цель исследований заключается в разработке взаимосвязанных мероприятий относительно определения параметров технического состояния стальных конструкций зданий и сооружений после силовых и высокотемпературных воздействий, определении возможности продолжения срока эксплуатации или необходимости регулирования технического состояния путем ремонта, усиления или замены конструкций.

В ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016 приведены рекомендации по расчету и мероприятиям для обеспечения огнестойкости конструкций, но не приведено требование относительно определения технического состояния стальных конструкций зданий и сооружений и необходимости его регулирования после влияния высоких температур при пожаре.

В связи с этим необходимо разработать методы оценки технического состояния и возможности его регулирования для дальнейшей эксплуатации конструкций зданий и сооружений после силовых и высокотемпературных влияний путем ремонта, усиления или замены.

Ключевые слова: стальные конструкции, огнестойкость, высокотемпературные воздействия, техническое состояние, остаточный ресурс.

Maladyka I.G., Shkarabura I.M. DIAGNOSTICS OF THE TECHNICAL STATE AND REMAINING RESOURCE OF STEEL CONSTRUCTIONS AFTER FIRE

Experience of exploitation of steel constructions testifies to their sufficient supply of bearing strength on conditions of absence of unforeseeable power and high temperature influences. For on-the-road constructions on such conditions examined substantial reasons of enhanceable danger redistribution of internal efforts in elements, uneven heating and change of descriptions of durability and deformability of material of constructions

(steel) under time and after a fire on condition of destruction of fireproof coverages. In this connection there is a necessity for realization of works on an inspection, determination and adjusting of technical state for proceeding in service ability of constructions taking into account the prognosis of possible change of qualificatory parameters of the technical state and possible destruction of constructions after high temperature influences.

The aim of researches consists in development of associate measures in relation to determination of parameters of the technical state of steel constructions of buildings after power and high temperature influences, determination of renewal of term of exploitation or necessity of adjusting of the technical state option by repair, strengthening or replacement of constructions.

In DSTU-H Б В. 2.6-211:2016 there are recommendation upon settlement and measures for providing fire-resistance of constructions, but there are no requirements in relation to determination of the technical state of steel constructions of buildings and necessity of it's adjusting after influence of high temperatures at a fire. In this connection it is necessary to work out the methods of estimation of the technical state and possibility of his adjusting for further exploitation of constructions of building and building after power and high temperature influences by repair, strengthening or replacement.
Keywords: steel constructions, fire-resistance, high temperature influences, technical state, remaining resource.

УДК 69.04

Семененко Н.В., Албатов А.Ю.

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры
(ул. Сумская, 40, Харьков, 61002, Украина; e-mail: semenenko_n@ukr.net)*

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ГЛАДКОЙ ОРТОТРОПНОЙ ТОРОВОЙ ОБОЛОЧКИ ПРИ ПОСТОЯННОМ ДАВЛЕНИИ

Задача определения напряженно-деформированного состояния ортотропной торовой оболочки под действием внутреннего давления и радиальных сил приложенных по внешнему и внутреннему экватору является актуальной, имеет практическое значение. Решается в постановке на основе безмоментной теории осесимметричной деформации оболочек с использованием дифференциальных уравнений краевого эффекта. Получены значения внутренних усилий и деформаций. Определены соответствующие напряжения, которые позволяют аналитически определить запас прочности рассматриваемой такого вида комбинированной конструкции.

Ключевые слова: торовая оболочка, постоянное давление, безмоментная теория, метод Власова

Решение этой задачи для безмоментного напряженно-деформированного состояния (НДС) имеет особенность в осевых перемещениях вдоль линии нулевой Гауссовой кривизны [1]. Для получения корректного решения в мембранной теории оболочки [1], напряженное состояние разделялось на основное и дополнительное. В основном, усилия определялись по уравнениям равновесия без учета деформированной схемы, в дополнительном усилия определялись по уравнениям равновесия, зависящих для деформированного состояния. В практике также известен хороший опыт численной реализации данной задачи в условиях безмоментности [2]. Ниже излагается процедура применения одного из вариантов метода возмущений с использованием идеи полуобратного метода решения задач теории упругости для расчета торовых оболочек.

На рис. 1 а изображена оболочка в начальном и деформированном состоянии y, r, φ – координаты недеформированного состояния, y_1, r_1, γ – координаты деформированного состояния. Рассмотрим геометрические соотношения оболочки ω – осевое перемещение, направленное вдоль оси вращения оболочки. U – радиальное перемещение, направленное по нормали к оси вращения (рис. 1, а).

Из рис. 1, а очевидно

$$y_1 = y + \omega$$

Дифференцируя это соотношение по дуге $ds = R d\varphi$ и учитывая, что

$$\frac{dy}{ds} \sin\varphi, \quad \frac{dy_1}{ds_1} \sin\gamma$$

В результате получим

$$\frac{d\omega}{R d\varphi} = \lambda, \sin\gamma - \sin\varphi. \quad (1)$$