УДК 624.015.5 DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.160.2016.70236

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВИРОБНИЧИХ БУДІВЕЛЬ ПІСЛЯ ПОЖЕЖІ

Канд. техн. наук Ю.А. Отрош

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ ПОСЛЕ ПОЖАРА

Канд. техн. наук Ю.А. Отрош

METHOD OF DETERMINING TECHNICAL CONDITIONS OF BUILDING STRUCTURES OF INDUSTRIAL BUILDINGS AFTER FIRES

PhD, Associate Professor Y.A. Otrosh

Незадовільний технічний стан багатьох будівельних об'єктів внаслідок впливу високих температур потребує вжиття заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій.

Запропоновано методику визначення технічного стану будівельних конструкцій виробничих будівель після високотемпературних впливів внаслідок пожежі. Методика базується на відомих пропозиціях і дає змогу враховувати специфіку впливу високих температур на зміну фізико-механічних властивостей матеріалів конструкцій. Розроблені рекомендації щодо забезпечення тривалої та безпечної експлуатації будівельних конструкцій, які зазнали впливу пожежі.

Ключові слова: *виробничі будівлі, пожежа, високотемпературні впливи, технічний стан, регулювання, безпечна експлуатація.*

Неудовлетворительное техническое состояние многих строительных объектов в результате воздействия высоких температур требует принятия мер по предотвращению возникновения чрезвычайных ситуаций.

Предложена методика определения технического состояния строительных конструкций промышленных зданий после высокотемпературных воздействий в результате пожара. Методика базируется на известных предложениях и позволяет учесть специфику влияния высоких температур на изменение физико-механических свойств материалов конструкций. Разработаны рекомендации по обеспечению длительной и безопасной эксплуатации строительных конструкций, подвергшихся воздействию пожара.

Ключевые слова: *промышленные здания, пожар, высокотемпературные воздействия, техническое состояние, регулирование, безопасная эксплуатация.*

Unsatisfactory technical condition of industrial constructions due to the high temperature impact requires taking precautions to prevent emergencies. The method of determining the technical conditions of building constructions of industrial buildings after fire high temperature impact is represented. The technique is based on the known proposals and takes into account the specific character of high temperature impact on physical and mechanical properties change of structures. Recommendations to prolonged and safe operation of building structures after fire are developed.

The proposed method was created and tested for evaluation of technical conditions of industrial buildings damaged after fire. Under fire impact building structures get damages that are

established by visual and instrumental examination. The most typical damages of building structures are established. Inconsistencies identification can cause structures reinforcement or replacement, not affected by fire, but has dangerous defects for further operation and damages. Technical condition evaluation is performed by comparing the monitored parameters identified during the inspections, due to relevant design parameters or determinable calculations.

According to the analysis of technical documentation, visual and tool inspection the preliminary technical evaluation of building constructions in general is done. The necessity about mathematical modeling of stress-strain state or simplified calculation of constructions is analyzed

Keywords: *industrial buildings, fire, high- temperature impact, technical condition, safe operation.*

Вступ. Незадовільний технічний стан багатьох будівельних об’єктів виникає внаслідок їхнього зносу, а також з інших причин, серед яких може бути вплив високих температур. Така обставина потребує вжиття захисних заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій. Висока температура в будівлі або споруді при пожежі призводить до часткового або повного руйнування будівельних конструкцій. Специфіка стану конструкцій після пожежі вимагає проведення додаткових робіт з метою підготовки висновку про технічний стан, можливість і методи відновлення.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв’язок із важливими науковими та практичними завданнями. Віднесення окремих конструкцій, будівель і споруд у цілому до кожного із технічних станів базується на методі експертних оцінок і має розпливчастий характер. Віднесення до того чи іншого технічного стану здійснюється не на підставі формалізованих розрахунків, а на аналізі сукупності певних (визначених нормативними документами) дефектів та пошкоджень (або їх відсутності). Такий підхід досить примітивний, має необґрунтований характер і не може служити достовірним критерієм оцінювання технічного стану будівельних конструкцій. Визначення технічного стану будівель і споруд у цілому нормативні документи [1-4, 11, 12] рекомендують виконувати за найгіршим технічним станом окремих несучих чи огороджувальних конструкцій. Це часто призводить до необґрунтованого заниження експлуатаційних властивостей будівлі чи споруди у цілому та передчасного припинення її експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз проведених в Україні та за кордоном досліджень, які направлено на оцінювання технічного стану та його прогнозування, показує, що в даний час є досить багато напрацювань у даному напрямку [13, 14]. Нормами встановлено кількість технічних станів та критерії віднесення конструкцій до кожного з них. Однак для конструкцій із різних матеріалів і навіть для різних видів конструкцій технічні стани визначаються по-різному. Норми не дають рекомендацій щодо прогнозування технічного стану.

Перелік додаткових робіт, які необхідно виконати після ліквідації пожежі, регламентовано чинними нормами [5]. Ще за часів СРСР на допомогу організаціям і фахівцям, які проводять обстеження будівельних конструкцій, НДІЗБ розроблені відповідні «Рекомендації щодо обстеження будівель та споруд, які пошкоджено пожежею» [6].

Детальне обстеження будівельних конструкцій рекомендується проводити у такій послідовності:

– вивчити всю наявну документацію;

– ознайомитися з постраждалим об'єктом;

– виконати обстеження конструкцій з метою з'ясування їхнього технічного стану після пожежі;

– виконати обстеження конструкцій, які найбільш постраждали від високотемпературного впливу під час пожежі;

– скласти та передати адміністрації підприємства, де відбулася пожежа, висновок і рекомендації щодо усунення дефектів та пошкоджень конструкцій.

Визначення мети та задачі дослідження. Мета роботи – для конструкцій виробничих будівель удосконалити методику визначення технічного стану і розробки рекомендацій щодо забезпечення їхньої тривалої та безпечної експлуатації після пожежі, доповнивши їх сучасними розрахунковими процедурами, що врахують специфіку впливу високих температур на зміну фізико-механічних властивостей матеріалів конструкцій. Розроблена методика дозволить на основі аналізу технічної та нормативної документації встановити параметри та критерії технічного стану, проаналізувати можливі відмови та пошкодження, провести обстеження конструкцій і зробити висновок про технічний стан обстежуваних конструкцій.

Основна частина дослідження. Для вирішення поставленої задачі за результатами досліджень [7-10] було удосконалено методику визначення технічного стану будівельних конструкцій після пожежі і розробки рекомендацій щодо забезпечення їх подальшої тривалої та безпечної експлуатації. Методика включає комплекс робіт, виконуваних у такій послідовності:

- аналіз наявної проектної, виконавчої й експлуатаційної документації;
- попередній огляд об’єкта обстеження;
- візуальне обстеження стану будівельних конструкцій перекриття, покриття і прилеглих стін, оцінка їхнього технічного стану за зовнішніми ознаками і вибір конструкцій для інструментального обстеження;
- інструментальне обстеження стану будівельних конструкцій (вимірювання геометричних параметрів будівлі та конструктивних елементів, визначення міцності бетону та цегляної кладки);
- аналіз результатів візуального й інструментального обстеження стану вище зазначених будівельних конструкцій;
- виконання перевірних розрахунків;
- підготовлення висновку про технічний стан вищезазначених будівельних конструкцій;
- розроблення рекомендацій щодо забезпечення тривалої і безпечної експлуатації вищезазначених будівельних конструкцій, а також технічних рішень щодо підсилення конструкцій.

Методику апробовано на прикладі будівель, які розташовані на території ДО Комбінат “Прогрес” за адресою бульвар Івана Лепсе, 24, м. Київ, що зазнали впливу пожежі (рис. 1).

Визначення технічного стану здійснювалось на основі обстеження стану конструкцій перекриття та покриття, прилеглого стінового огородження приміщень першого та другого поверхів. Обстеження проводилось на підставі чинних нормативних документів з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд [1-4]. При детальному обстеженні будівельних конструкцій необхідно було визначати не тільки дефекти та руйнування конструкцій, які стали наслідком пожежі, а також будь-які невідповідності конструкцій вимогам чинних нормативних документів. Виявлення всіх невідповідностей служить основою для прийняття рішення щодо підсилення або заміни конструкцій, які не постраждали під час пожежі, але мають небезпечні для подальшої експлуатації дефекти та пошкодження.

Оцінку технічного стану конструкцій цієї будівлі визначено на основі аналізу технічної документації та візуально-інструментального обстеження. Двоповерхова будівля і холодильник побудовані на початку 50-х років XX століття. За час експлуатації виконувалися ремонтні та

оздоблювальні роботи. Стіни будівлі цегляні товщиною 510 мм, перегородки до пожежі були дерев'яні. Перекриття над першим поверхом згідно з проектом ребристе залізобетонне. Товщина плити мала бути 70 мм. Розміри ребер становили 250х400 мм з урахуванням товщини плити. Крок ребер – 2000 мм. За результатами виконаного обстеження було встановлено, що насправді виконано сталезалізобетонне перекриття з несучими металевими балками, які встановлено з кроком 920-950 мм. Як балки використано рейку КР-38 згідно з ГОСТ 3542-47. Між металевими балками виконано монолітне залізобетонне перекриття товщиною 50-80 мм. Зверху плити встановлено дерев'яні лаги з брусу та виконано дерев'яну підлогу.

У приміщеннях другого поверху прибудованої будівлі між рядами 7-8 та осями В-Е сталася пожежа (рис. 1), під час якої згоріли дерев'яні перегородки, заповнення віконних прорізів, підлога, оздоблювальні матеріали, офісне обладнання (меблі, комп'ютери), документи. Внаслідок пожежі та її гасіння водою найбільших пошкоджень зазнали цегляні стіни другого поверху, несучі конструкції та елементи перекриття і покриття.

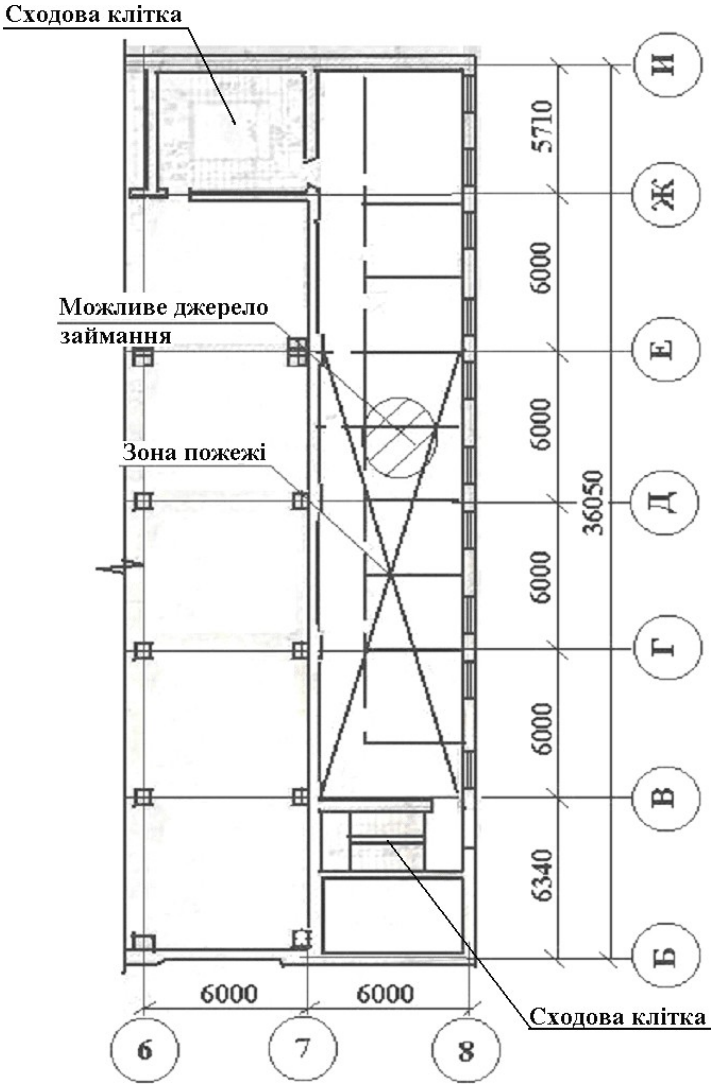

Рис. 1. Схема розвитку пожежі у приміщеннях другого поверху

Під час виконання роботи було проведено візуально-інструментальне обстеження будівельних конструкцій, у ході якого проводились фотофіксація виявлених дефектів, вимірювання геометричних параметрів будівлі та конструктивних елементів, визначення міцності бетону та цегляної кладки. Візуальним методом виявлено видимі дефекти будівельних конструкцій, а також визначено явні та передбачувані причини їхньої появи. Остаточно причини появи дефектів уточнено після вивчення технічної документації, а також у ході інструментального обстеження.

Під час обстеження виявлено найбільш характерні пошкодження конструкцій у приміщеннях другого поверху:

- згоріли поперечні та поздовжня дерев'яні перегородки у приміщеннях, які розташовані між осями В-Е;
- мають руйнування цегляна кладка та шар штукатурки (шар штукатурки майже весь зруйновано); зруйновано зовнішній шар цегли на глибину до 30 мм; виникли порушення зв'язку зовнішнього шару кладки з основним матеріалом; цегляна стіна холодильника по ряду 7 має вигин у бік прибудованого приміщення; є тріщини у місцях спирання балок на стіну, що межує з холодильником (рис. 2, 3);
- прогин окремих залізобетонних балок покриття має величину 170 мм, що складає 1/35 частки прогону (рис. 2, 3);
- наявність вертикальних та похилих тріщини в залізобетонних балках покриття (рис. 2, 3);
- є тріщини у залізобетонних плитах покриття у поздовжньому та поперечному напрямках, відколи бетону, оголення арматури (рис. 3, 4);
- руйнування шару штукатурки і захисного шару бетону в залізобетонних балках покриття, місцями з повним оголенням арматури (рис. 3, 4);
- тріщини в поперечній стіні біля входу у приміщення (рис. 5).

Найбільш характерні пошкодження у приміщеннях першого поверху, які утворилися внаслідок замочування водою під час гасіння пожежі водою:

- тріщини у перекритті між металевими двотавровими балками і залізобетонними плитами, сліди намокання;
- деструктивні ділянки у залізобетонній плиті перекриття на стелі першого поверху.

Рис. 2. Вигляд тріщин у місцях спирання балок на стіну по ряду 7

Рис. 3. Тріщини в місцях спирання балок на стіни

Рис. 4. Порушення захисного шару бетону із оголенням робочої арматури

Інструментальне обстеження проводилося з метою збору інформації для остаточної оцінки технічного стану конструкцій. Під час інструментального обстеження стану будівельних конструкцій використовувалися лінійка вимірювальна (ГОСТ 427-75), штангенциркуль (ГОСТ 166-89), прилад ультразвуковий УК-14ПМ.

Вимірювалися:

- у залізобетонних балках покриття – розміри перерізу та діаметр робочих арматурних стержнів;
- на стелі першого поверху – відстань між тріщинами та ширина їх розкриття.

Проводилися ультразвукові випробування:

➢ бетону в ребрах залізобетонного ребристого покриття;

➢ бетону плити перекриття на стелі першого поверху.

Були відібрані зразки цегли та розчину з кладки для механічних випробувань.

Результати вимірювань:

➢ у середньому розміри перерізу балок покриття: ширина – 230 мм; висота до низу плити – 260 мм; діаметр робочих арматурних стержнів – 18 мм;

➢ у середньому крок сталевих балок перекриття становить 900 мм;

➢ відстань між тріщинами на стелі першого поверху – 750 мм і 1500 мм; ширина розкриття тріщин – 1,5-2 мм.

Рис. 5. Тріщини в поперечній стіні біля входу у приміщення другого поверху

За результатами аналізу технічної документації, візуального й інструментального обстеження виконано попередню оцінку технічного стану конструкцій, будівель та споруд у цілому та зроблено висновок про необхідність проведення математичного моделювання напружено-деформованого стану або спрощених розрахунків конструкцій. Попередню оцінку технічного стану проведено на основі критеріїв оцінки. Прогноз зміни технічного стану при подальшій експлуатації виконано на основі аналізу деградаційних процесів і виявлення відповідності фактичних параметрів технічного стану вимогам проектної та нормативної документації.

Оцінку технічного стану проведено шляхом зіставлення контрольованих параметрів, які визначено в ході проведення обстежень, з відповідними проектними параметрами або визначеними в результаті розрахунків. Перехід конструкцій у 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.

Оцінку технічного стану будівельних конструкцій оформлено у вигляді висновку про технічний стан будівельних конструкцій. На основі проведених досліджень розроблено проект реконструкції будівлі з підсиленням пошкоджених конструкцій.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку

1. Запропоновано методику визначення технічного стану конструкцій виробничих будівель та споруд після пожежі. Методика базується на відомих пропозиціях і дає змогу враховувати специфіку впливу високих температур на зміну фізико-механічних властивостей матеріалів конструкцій.

2. Під час апробації методики на будівлях ДО Комбінат «Прогрес» встановлено, що утворення пошкоджень у будівельних конструкціях зумовлено такими причинами:

– незадовільною якістю виконання будівельних робіт з бетонування конструкцій;

– заміною конструкції перекриття;

– дією високої температури, що виникла внаслідок пожежі;

– різким охолодженням конструкцій, що були у зоні пожежі, під час гасіння.

3. Технічний стан будівельних конструкцій покриття та стін обстежуваної будівлі після пожежі, відповідно до [4], визначено як непридатний до експлуатації. Подальшу експлуатацію конструкцій без виконання робіт з підсилення визнано неможливою.

4. Для забезпечення надійної та безпечної експлуатації конструкцій прибудованої до холодильника двоповерхової будівлі розроблено проект реконструкції та виконано підсилення конструкцій перекриття і стін шляхом влаштування монолітної залізобетонної плити та посилення конструкцій покриття шляхом улаштування металевої балкової клітки, яку було підведено під залізобетонні несучі конструкції. Виконано підсилення стін шляхом нанесення шару штукатурки з цементно-піщаного розчину по металевій сітці.

Список використаних джерел

1. СОУ ЖКГ 75.11–35077234.0015:2009. Правила визначення фізичного зносу житлових будинків [Текст]: стандарт житлово-комунального господарства України. – К.: ЖКГ України, 2009. – 49 с.

2. ДБН В.1.2-5:2007. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. Норми проектування [Текст] / Мінрегіонбуд України. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 16 с.

3. ДБН В. 2.6-98:2009. Державні будівельні норми України. Конструкції будинків і споруд. Бетонні і залізобетонні конструкції. Основні положення [Текст] / Мінрегіонбуд України. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.

4. ДБН В.2.6-162:2010. Державні будівельні норми України. Конструкції будинків і споруд. Кам’яні та армокам’яні конструкції. Основні положення [Текст] / Мінрегіонбуд України. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 98 с.

5. ДБН В.1.2-1-95. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Положення про розслідування причин аварій (обвалень) будівель, споруд, їх частин та конструктивних елементів [Текст]. – К.: Держбуд, 1995. – 23 с.

6. Рекомендации по обследованию зданий и сооружений, поврежденных пожаром [Текст] / НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1987. – 80 с.

7. Голоднов, А.И. Определение остаточного ресурса железобетонных конструкций в условиях действующих предприятий [Текст] / А.И. Голоднов // Буд. конструкції: міжвідом. наук.-техн. зб. / НДІБК. – К.: НДІБК, 2005. – Вип. 62. – Т. 2. – С. 138-143.

8. Голоднов, А.И. Обоснование продления эксплуатации конструкцій бескаркасных зданий [Текст] / А.И. Голоднов, К.А. Голоднов // Вісник Одеської держа. акад. будівництва та архітектури: зб. наук. праць. – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2007. – Вип. 28. – С. 90-96.

9. Отрош, Ю.А. Актуальність забезпечення безпеки об'єктів будівництва [Текст] / Ю.А. Отрош, В.Г. Дагіль, Г.О. Малигін // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, 2012. – Вип. 70. – С.457-462.

10. Отрош, Ю.А. Комплекс взаємопов'язаних заходів щодо визначення параметрів напружено-деформованого і технічного стану конструкцій при різних впливах [Текст] / Ю.А. Отрош, А.П. Іванов, О.І. Голоднов // Зб. наук. праць Укр- ін-ту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського. – К. : Вид-во «Сталь», 2011. – Вип. 8. – С. 98-109.

11. Design of composite steel and concrete structures – Part 1-2: General rules - Structural fire design. EN 1994-1-2 (2005): Eurocode 4: – Brussels. – 2004, November. – 109 p.

12. Design of concrete structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design EN 1992-1-2 (2004): Eurocode 2: – Brussels. – 2004, June. – 97 p.

13. Ding, J. Realistic modelling of thermal and structural behaviour of unprotected concrete filled tubular columns in fire / J. Ding, Y.C. Wang // Journal of Constructional Steel Research, 2008 – Vol.64. – pp. 1086-1102.

14. Dai, X.H. A numerical study on the effect of concrete infill and intumescent coating to fire-resistant behaviour of stub elliptical steel hollow sections under axial compression / X.H. Dai, D. Lam // Advanced Steel Construction, 2014 –Vol. 10, No. 3. – pp. 310-324.

Рецензент д-р техн. наук, професор Г.Л. Ватуля

Отрош Юрій Анатолійович, канд. техн. наук, доцент кафедри будівельних конструкцій Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України. Тел.: (098) 214-63-75. E-mail: otrosh@i.ua.

Otrosh Yuriy Anatolievych PhD, Associate Professor department of building structures Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes National University of Civil Protection of Ukraine. Tel.: (098) 214-63-75. E-mail: otrosh@i.ua.

Прийнята 25.03.2016 р.