

**РОЗРОБКА ПІДХОДУ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ
БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ДІЇ СИЛОВИХ
ТА ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ВПЛИВІВ**

Отрош Ю. А., к.т.н., доцент,
Національний університет цивільного захисту України
yuriyotrosh@gmail.com

Анотація. Більшість надзвичайних ситуацій виникають через незадовільний технічний стан споруд, конструкцій, обладнання і інженерних мереж та їх значну зношеність унаслідок закінчення нормативного строку експлуатації. З метою реконструкції й підвищення безпеки експлуатації будівель та споруд виконують оцінювання технічного стану конструкцій. Запропоновано новий підхід оцінки технічного стану будівельних конструкцій після високотемпературних впливів внаслідок пожежі.

Ключові слова: аварійний стан, технічний стан, житловий фонд, контрольовані параметри, безпека експлуатації, надійність, високотемпературні впливи.

**РАЗРАБОТКА ПОДХОДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ СИЛОВЫХ
И ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ**

Отрош Ю. А., к.т.н., доцент,
Национальный университет гражданской защиты Украины
yuriyotrosh@gmail.com

Аннотация. Большинство чрезвычайных ситуаций возникают из-за неудовлетворительного состояния сооружений, конструкций, оборудования и инженерных сетей и их значительный износ вследствие истечения нормативного срока эксплуатации. С целью реконструкции и повышения безопасности эксплуатации зданий и сооружений выполняют оценку технического состояния конструкций. Предложен новый подход оценки технического состояния строительных конструкций после высокотемпературных воздействий в результате пожара.

Ключевые слова: аварийное состояние, техническое состояние, жилой фонд, контролируемые параметры, безопасность эксплуатации, надежность, высокотемпературные воздействия.

**APPROACH TO THE DETERMINATION OF THE TECHNICAL STATE
OF BUILDING STRUCTURES UNDER FORCE AND HIGH-TEMPERATURE INFLUENCES**

Otrosh Y. A., PhD, Associate Professor,
National University of Civil Protection of Ukraine
yuriyotrosh@gmail.com

Abstract. The analysis of literary sources and statistical data is carried out. Most of the emergencies arise due to the unsatisfactory technical condition of structures, equipment and engineering networks and their significant deterioration as a result of the expiration of the normative period of operation, failure to comply with regulatory volumes of planned preventive repairs, violation of the operating regulations and insufficient reliability of operation in conditions of extreme natural phenomena. The paper proposes a new approach to the determination of the technical state of structures

under force and high-temperature influences. The approach will allow, based on the analysis of the technical and regulatory documentation, to establish parameters and criteria of the technical condition, analyze possible failures and damages, conduct a survey of structures and draw conclusions about the technical condition in which the structures are located.

It is advisable to determine the technical condition of the used building designs on the basis of the results of the survey, with the subsequent use of the results obtained for the simulation of the technical condition with the software ANSYS and verification of the calculation of the system «base – foundation – upper structure».

Calculations should be made taking into account possible combinations of power, deformation and high-temperature influences with the use of calculation schemes and models that fully reflect the specifics of the deformation of all elements of the system.

Keywords: emergency condition, technical condition, housing, controlled parameters, safety of operation, reliability, high-temperature influences.

Вступ. За статистичними даними житловий фонд країни становить 1094.2 млн. м² загальної площі, з якого 64.0% (700.7 млн. м²) – житловий фонд міських поселень. Житловий фонд налічував 10179.9 тис. будинків, включаючи будинки (10.8 тис.), що знаходились на балансі підприємств-банкрутів та тих, що припинили свою діяльність.

В експлуатації знаходилось 4.9 млн. м² ветхого та аварійного житлового фонду, або 0.4% від усього житлового фонду, в якому проживало 117.5 тис. осіб.

За матеріалами досліджень аналітичного центру асоціації міст України на сьогодні в державі налічується 25.5 тисяч будинків, побудованих за проектами перших масових серій великопанельних, блочних і цегляних будинків, загальною площею 72 млн м², тобто 23% міського житлового фонду потребує відновлення через реконструкцію і модернізацію.

У багатьох регіонах експлуатується житло, вік якого становить понад півстоліття. Так у Черкаській, Харківській, Запорізькій, Миколаївській областях близько 30% складають житлові будинки, побудовані в 1950-х роках і раніше. 18-20% такого житла припадає на АР Крим, Закарпатську, Івано-Франківську області.

Визначення межі вогнестійкості будівельних конструкцій стандартними випробуваннями практично неможливо. На основі аналізу випробувань на вогнестійкість розроблено методи розрахунку меж вогнестійкості різних типів залізобетонних конструкцій, які складаються з тепло-технічного і статичного розрахунку. Межу вогнестійкості окремої залізобетонної конструкції можна визначити розрахунково по таблицях і рекомендаціях, які отримано на основі аналізу великої кількості випробувань залізобетонних елементів по стандартній методиці.

Більшість надзвичайних ситуацій виникають через незадовільний технічний стан споруд, конструкцій, обладнання і інженерних мереж та їх значну зношеність унаслідок закінчення нормативного строку експлуатації – нормативного ресурсу, невиконання нормативних обсягів планово-попереджувальних ремонтів, порушення регламенту експлуатації та недостатня надійність функціонування в умовах екстремальних природних явищ.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. До теперішнього часу поняття «безпека будівельних об'єктів» чітко не сформульовано. У документі [1] під безпекою розуміється відсутність неприпустимого ризику, пов'язаного з можливістю завдання будь-якої шкоди для життя, здоров'я та майна громадян, а також для навколишнього природного середовища. У даному та інших документах [2, 3] до об'єктів пред'являються не тільки звичні вимоги збереження експлуатаційних якостей протягом терміну служби, але й вимоги із обмеження можливих наслідків експлуатації. Можливі наслідки можуть бути пов'язані не тільки із загрозою для здоров'я та життя людей і небезпекою для навколишнього середовища, але й з серйозним економічним і моральним збитком.

Слід зазначити, що такий підхід широко застосовується для аналізу безпеки об'єктів. Останніми роками у зв'язку з тенденцією зростання кількості аварій і руйнувань, які викликані головним чином вичерпанням залишкового ресурсу, а також з широким розвитком саме соціально-економічного аспекту оцінки відмов конструкцій [4-6], виникла необхідність у

створенні та введенні в практику процедури оцінки безпеки. Для створення процедури, яка окрім імовірності появи несприятливої події (аварії, руйнування) дозволяла б оцінити і можливий збиток, необхідно мати в своєму розпорядженні інформацію про необхідні показники конструктивної безпеки та методику оцінки ризиків несприятливих подій.

В роботі [7] розглянуто проблеми експлуатації будівель та споруд. В загальній теорії експлуатації складних систем та чинних нормах з цього питання [8-10] технічний стан характеризується як відповідність в певний момент часу, за певних умов зовнішнього середовища, певних параметрів (показників експлуатаційної придатності) значенням, попередньо встановленим на даний об'єкт.

Незадовільний технічний стан багатьох будівельних об'єктів, що є наслідком їх зносу, потребує вжиття запобіжних заходів щодо запобігання виникнення надзвичайних ситуацій. Вважається, що до таких заходів, в першу чергу, слід віднести оцінювання технічного стану конструкцій з метою реконструкції й підвищення безпеки експлуатації будівель та споруд.

Чинні нормативні документи щодо питань обстежень та визначення технічного стану [10-12] поширюються на широкий клас виробничих, громадянських і житлових будівель та споруд. В цих нормативних документах визначено чотири технічних стани: нормальний, задовільний, непридатний до нормальної експлуатації та аварійний. Однак, віднесення окремих конструкцій та будівель і споруд у цілому до кожного із цих станів базується на методі експертних оцінок та носить розпливчастий характер. В них віднесення до того чи іншого технічного здійснюється не на підставі формалізованих розрахунків, а на аналізі сукупності певних (визначених цими нормативними документами) дефектів та пошкоджень (або їх відсутності). Такий підхід досить примітивний, необґрунтований характер та не може служити достовірним критерієм оцінювання технічного стану будівельних конструкцій.

Визначення технічного стану будівель та споруд у цілому нормативні документи рекомендують виконувати за найгіршим технічним станом окремих несучих чи огорожуючих конструкцій. Це часто призводить до необґрунтованого заниження експлуатаційних властивостей будівлі чи споруди у цілому та передчасному припиненню її експлуатації.

Також можна відзначити, що вивчення проблеми спільної роботи конструкцій будівель в умовах пожежі ведеться більше трьох десятиліть. До теперішнього часу накопичено значний досвід експериментального вивчення даної проблеми шляхом моделювання в лабораторних умовах спільної роботи конструкцій в будівлях при пожежі. Проведено ряд великомасштабних випробувань на натурних фрагментах, що дозволило отримати цінну наукову інформацію. Разом з тим, проведені дослідження підтвердили необхідність подальшого вивчення даної проблеми, оскільки багато важливих питань, особливо аналітичної оцінки вогнестійкості будівель, ще не вирішено.

Мета та завдання. Мета роботи – розробка нового підходу до визначення технічного стану конструкцій при силових і високотемпературних впливах для забезпечення безпеки експлуатації. Підхід дозволить на основі аналізу технічної та нормативної документації встановити параметри та критерії технічного стану, проаналізувати можливі відмови та пошкодження, провести обстеження конструкцій та зробити висновок про технічний стан, в якому перебувають конструкції.

Результати досліджень. Функції визначення несучої здатності для залізобетонних конструкцій приймаються за ДБН В.2.6-98:2009 [13]. Допускається застосовувати прямі обмеження наступного типу на зміну конструктивних, характеристик міцності або інших визначальних параметрів [14]:

$$\delta_{\min} \leq \delta, \quad (1)$$

$$R_{\min} \leq R, \quad (2)$$

де δ_{\min} – мінімально допустима величина параметра перетину залізобетонного елемен-

та (висота, ширина, площа арматури тощо); δ – дійсна величина параметра перетину; R_{\min} – мінімально допустимий розрахунковий опір матеріалу (бетону, арматури); R – дійсний розрахунковий опір матеріалу.

Нормативні документи з надійності та безпеки рекомендують розглядати три види розрахункових ситуацій [4]:

- стабільні ситуації, що мають тривалість того ж порядку, що й термін експлуатації об'єкту (наприклад, від постійних навантажень);
- перехідні ситуації, що мають невелику в порівнянні з терміном експлуатації об'єкту тривалість (наприклад, стадія прояву короткочасного стану – землетрусу, поривів вітру й інших явищ не екстремальної природи);
- аварійні ситуації, що мають малу імовірність появи та невелику тривалість, але вони бувають небезпечними внаслідок можливих відмов (наприклад, при прояві екстремальних висхідних подій, проектних і поза проектних аварій.)

У всіх випадках визначення показників надійності конструкцій зводиться до зіставлення показників двох основних груп: параметрів міцності (характеристики, які стосуються особливостей конструкції) і параметрів навантаження (характеристики зовнішніх впливів на конструкцію).

Традиційно завдання забезпечення надійності вирішується в рамках детерміністичного підходу, який покладено в основу нормативних розрахунків, і складається з двох етапів. На першому етапі виконується розрахунок конструкції, яким визначаються параметри НДС, що викликаються впливом детерміністичних моделей зовнішніх навантажень. Другий етап полягає в зіставленні отриманих параметрів НДС з нормативними значеннями з урахуванням деякого коефіцієнта запасу.

Для будівель та споруд одним з головних та традиційних методів вивчення питань експлуатаційної придатності та надійності роботи систем є постійне спостереження за поведінкою об'єктів, що досліджуються, під час їх експлуатації та вивчення самих умов експлуатації [15, 16]. Такий метод прийнято за основу в даній роботі. Саме на основі аналізу результатів численних натурних обстежень отримано важливі дані про характерні дефекти та пошкодження конструкцій та їхній вплив на подальшу роботу; дані про зміну фізико-механічних характеристик матеріалів в процесі експлуатації; розроблено математичні моделі, що дозволили виконати оцінку, прогноз та регулювання технічного стану конструкцій, будівель та споруд в цілому. Таким чином, натурні обстеження в даних дослідженнях відіграють роль експерименту.

Були проведені натурні обстеження будівельних конструкцій після пожежі в магазині промислових товарів в м. Алчевськ по вул. Металургів, 22 (рис. 1).

Роботи з обстеження проводилися з метою визначення технічного стану будівельних конструкцій, які зазнали впливу відкритого вогню і високої температури під час пожежі.

Будівля, в якому розташовувалися приміщення магазину, представляла собою 9-ти поверхову, безкаркасну конструктивну систему з поздовжніми несучими стінами. Зовнішні та внутрішні несучі стіни першого поверху товщиною 510 мм виконані із силікатної цегли. Внутрішні перегородки – з пінобетону. Перекриття над першим поверхом – залізобетонні багатопустотні плити з круглими пустотами шириною 1,5 м. Проектна документація на момент обстеження відсутня.

Обстеження конструкцій і оцінка технічного стану будівельних конструкцій будівлі в районі розташування магазину включали в себе наступні етапи [17]:

- вивчення загальної ситуації, обстеження внутрішнього планування приміщень, технічного стану конструкцій будівель, виявлення дефектів і пошкоджень, опис результатів обстеження;
- оцінка технічного стану основних несучих конструкцій будівлі, підготовка висновку про їх технічний стан і рекомендацій щодо забезпечення безпечної експлуатації;
- детальним обстеженням піддавалися конструкції стін і перекриттів в рівні першого поверху, розташовані в зоні пожежі.



Рис. 1. Наслідки пожежі в магазині промислових товарів

В результаті обстеження плит перекриття було встановлено наступне (рис. 2):

– плити перекриття мають пошкодження: тріщини з шириною розкриття більше 1 мм., відколи бетону, руйнування по похилим перерізам, порушення зчеплення арматури і бетону, зменшення величини попереднього напруження;

– прогини плит перекриттів знаходяться в межах 30-40 мм, що перевищує гранично допустиму величину для даного типу конструкцій, рівню 27,5 мм;

– є тріщини в швах між плитами перекриття.

Технічний стан плит перекриття в приміщенні пожежі незадовільний, відноситься до 3 категорії – непридатність до нормальної експлуатації.



Рис. 2. Пошкоджені будівельні конструкції

Технічний стан зовнішньої стіни незадовільний, відноситься до 3 категорії – непридатність до нормальної експлуатації. У внутрішній несучій стіні є металева рама для влаштування дверного отвору. В результаті вогневого впливу в стійках рами є прогин до 5 мм. Технічний стан металевої рами незадовільний, відноситься до 3 категорії – непридатність до нормальної експлуатації. Для нормалізації роботи стійок рами слід забезпечити її спільну роботу з цегляною кладкою стіни шляхом установки пластин і анкерів. Стан конструкцій інших ділянок стін і пінобетонної перегородки задовільний.

Основними причинами появи пошкоджень в несучих і огорожувальних конструкціях будівлі в районі розташування магазину є тривалий вплив відкритого вогню на будівельні конструкції під час пожежі.

Аналіз дефектів і пошкоджень основних несучих і огорожувальних будівельних конструкцій будівлі дозволив зробити наступні висновки:

- плити перекриття над 1 поверхом в приміщенні пожежі непридатні до нормальної експлуатації і вимагають посилення;
- кам'яна кладка і надвіконні перемички зовнішньої стіни мають численні пошкодження поверхневого шару, непридатні до нормальної експлуатації і вимагають посилення;
- перегородка з пінобетону між кабінетами знаходиться в задовільному стані;
- металева рама в дверному отворі в стіні вимагає посилення;
- внутрішні несучі стіни та плити перекриття над підвалом знаходяться в задовільному стані;
- стінові панелі верхніх поверхів знаходяться в задовільному стані і вимагають тільки косметичного ремонту;
- потрібна заміна віконних блоків в приміщеннях спалень квартир друго-го і третього поверхів;
- будівельні конструкції в приміщеннях, що примикають до обстежує-мого, істотних дефектів і пошкоджень, викликаних пожежею не мають.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

1. В роботі запропоновано новий підхід до визначення технічного стану конструкцій при силових і високотемпературних впливах для забезпечення безпеки експлуатації. Підхід дозволить на основі аналізу технічної та нормативної документації встановити параметри та критерії технічного стану, проаналізувати можливі відмови та пошкодження, провести обстеження конструкцій та зробити висновок про технічний стан, в якому перебувають конструкції.

2. Технічний стан експлуатованих конструкцій будівель доцільно визначати на основі результатів виконаного обстеження з подальшим використанням отриманих результатів для моделювання технічного стану в програмному забезпеченні ANSYS і перевірочного розрахунку системи «основа–фундамент–верхня будова». При цьому розрахунки необхідно проводити з урахуванням можливих комбінацій силових, деформаційних і високотемпературних впливів із застосуванням розрахункових схем і моделей, які найповніше відображають специфіку деформації всіх елементів системи. Пропозиції щодо врахування чинних навантажень і впливів, властивостей матеріалів елементів системи і контактних умов, які представлено в зручній формі для конструкцій, що знаходяться в експлуатації, відсутні.

3. Складність вирішення задач проектування з можливістю високотемпературних впливів під час пожежі обумовлено невизначеністю початкової інформації, невизначеністю та різноманітністю структур споруд, мінливістю впливів, властивостей будівельних матеріалів, недостатньо вивченим їхнім граничним станом.

4. Визначення меж вогнестійкості всіх будівельних конструкцій стандартними випробуваннями практично неможливо. На основі аналізу випробувань на вогнестійкість розроблено методи розрахунку меж вогнестійкості різних конструкцій, які складаються з теплотехнічного і статичного розрахунку. Разом з тим, проведені дослідження підтвердили необхідність подальшого вивчення даної проблеми, оскільки багато важливих питань, особливо аналітичної оцінки вогнестійкості будівель, ще не вирішено.

Література

1. 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. – Уведено вперше (зі скасуванням в Україні ГОСТ 27751, СТ СЭВ 3972-83, СТ СЭВ 3973-83, СТ СЭВ 4417-83, СТ СЭВ 4868-84). – К: Мінрегіонбуд України, 2009. – 32 с.

2. ДСТУ 2860–94. Надійність техніки. Терміни та визначення. – Введено вперше. – К.: Держстандарт України, 1995. – 92 с.
3. ДБН В.1.2-5:2007. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. Норми проектування / Мінрегіонбуд України. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 16 с.
4. Бабик К.Н. Оценка сейсмической безопасности зданий, сооружений и конструкций с применением теории риска: Дисс... канд. техн. наук: Специальність 05.23.01; Захищена 26.02.2008; Затв. 02.07.2008. – К., 2007. – 238 с.: іл. – Бібліогр.: 182–201 с.
5. Горохов Е.В. Определение порядка страхования техногенных рисков при оценке технического состояния и паспортизации строительных конструкций зданий и сооружений / Е.В. Горохов, Е.В. Шелихова // Буд. конструкції: Міжвідом. наук.-техн. зб. / НДІБК. – К.: НДІБК, 1999. – Вип. 51. – С.144–149.
6. Мельников П.Г. Некоторые аспекты истории развития статистической динамики и теории надежности конструкций / П.Г. Мельников // Будівництво України. – 2001. – №3. – С. 42–45.
7. Клименко С.В. Технічний стан будівель та споруд / С.В. Клименко. – Одеса: ОДАБА, 2010. – 284 с.
8. ВСН 58-88(р). Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения / Госкомархитектуры СССР. – М.: Стройиздат, 1990. – 32 с.
9. Прогнозування технічного стану будівельних конструкцій при дії силових, деформаційних та високотемпературних впливів: Звіт про НДР (заключ.) / Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля; Керівник теми О.І. Голоднов. – № ДР 0113U004019. – Черкаси, 2014. – 181 с.
10. ДСТУ Б В.2.6-210:2016. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються. – К.: Мінрегіон України, 2016. – 53 с.
11. ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016. Настанова щодо науково-технічного моніторингу будівель і споруд. Надано чинності 01.04.2017, наказ від 20.06.2016 №185 / Мінрегіон України. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 45 с.
12. 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.
13. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Мінрегіон України, 2017. – 35 с.
14. Голоднов А.И. Определение остаточного ресурса железобетонных конструкций в условиях действующих предприятий / А.И. Голоднов // Буд. конструкції: Міжвідом. наук.-техн. зб. / НДІБК. – К.: НДІБК, 2005. – Вип. 62. – Т. 2. – С. 138–143.
15. Отрош Ю.А. Оцінка технічного стану стін і перекриттів житлових будинків після пожежі / Ю.А. Отрош // Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. – 2016. – №. 1. – С. 212-220.
16. Отрош Ю.А. Методика визначення технічного стану будівельних конструкцій виробничих будівель після пожежі / Ю.А. Отрош // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – 2016. – №. 160. – С. 111-119.
17. Отрош Ю.А. Комплекс взаємопов'язаних заходів щодо визначення параметрів напружено-деформованого і технічного стану конструкцій при різних впливах / Ю.А. Отрош, А.П. Иванов, О.І. Голоднов // Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського. – К.: Вид-во «Сталь», 2011. – Вип. 8. – С. 98-109.

Стаття надійшла 20.04.2018