

*Ю.А. Отрош, к.т.н., доцент, доцент каф., НУЦЗУ,
А.В. Рубан, ст. викладач, НУЦЗУ,
А.С. Гапонова, курсант, НУЦЗУ,
Д.М. Морозова, студент, НУЦЗУ*

ПІДХІД ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ СИЛОВИХ І ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ВПЛИВАХ

(представлено д.т.н. Поздєєвим С.В.)

В роботі розглянуто підхід для визначення технічного стану залізобетонних конструкцій, які було піддано дії силових та високотемпературних впливів. Проведений аналіз досліджень вітчизняних і зарубіжних авторів щодо визначення залишкової несучої здатності. Як актуальна науково-технічна проблема розглядається розробка методології оцінювання технічного стану, визначення залишкового ресурсу та продовження термінів експлуатації залізобетонних конструкцій будівель та споруд після силових і високотемпературних впливів. На основі аналізу результатів 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 математичну модель, що дозволила виконати оцінку та прогноз технічного стану конструкцій.

Ключові слова: шатрова плита перекриття, вогнестійкість, залишковий ресурс, високотемпературні впливи, технічний стан.

Постановка проблеми. Виникає необхідність в проведенні робіт із обстеження, оцінювання технічного стану залізобетонних конструкцій та відновлення експлуатаційної придатності існуючих залізобетонних конструкцій після впливів високих температур. При цьому залишається невирішеною проблема із забезпеченням тривалої та надійної експлуатації будівельних конструкцій після силових та високотемпературних впливів за рахунок прийняття відповідних матеріалів або захисних заходів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аспекти довготривалої експлуатації та пожежної безпеки будівельних конструкцій розглядаються в дослідженні [1]. В роботі наводяться перспективи майбутніх досліджень та рекомендації щодо дослідження довговічності будівельних конструкцій при впливах агресивного середовища та пожежі.

Дослідження [2] рекомендують використання повного спектра сучасних методик щодо вивчення властивостей матеріалів та чисельного моделювання. Крім того, технічне обстеження залізобетонних конструкцій повинно також містити прогнозування розвитку наявних або утворення нових пошкоджень та деградацій матеріалу, а також вказівки щодо проведення ремонтно-відновлювальних робіт для забезпечення подальшої безпечної експлуатації конструкцій.

Дослідження зниження властивостей високоміцного бетону після пожежі виконано в роботі [3]. Зменшення механічних властивостей бетону було визначено, починаючи з періоду нагріву бетонних зразків до максимальної температури й охолодження до температури навколишнього середовища протягом 96 годин після початку охолодження зразків. Дослідження включали визначення міцності на стиск, модуля пружності бетону, а також встановлення залежностей «напруження-деформації» бетонних зразків при впливі температури до 600 °С. Результати дослідження порівнювалися з результатами інших досліджень, EN 1994-1-2 та EN 1992-1-2. Випробування вказують на те, що міцність бетону на стиск продовжує швидко скорочуватися протягом 96 годин після охолодження зразків до температури навколишнього середовища. Рівень зменшення міцності бетону на стиск після пожежі є значним і може суттєво вплинути на несучу здатність конструкцій після пожежі. Отже, механічні властивості бетону мають істотне зниження після впливу високої температури та охолодження.

Відомі роботи по визначенню залишкового ресурсу залізобетонних конструкцій Т.Н. Азізова, К.М. Бабіка, Є.М. Бабича, А.М. Бамбури, З.Я. Бліхарського, О.П. Воскобійник, О.І. Голоднова, В.М. Гордєєва, Є.А. Єгорова, Д.А. Єрмоленка, М.Ю. Ізбаша, Р.І. Кінаша, Є.В. Клименка, В.П. Корякіна, М.Б. Краковського, О.П. Кудзіса, В.М. Куценка, А.І. Лантуха-Лященко, О.І. Лапенка, О.С. Личева, А.В. Махінька, О.В. Нижника, В.А. Пашинського, С.Ф. Пічугіна, Л.І. Стороженка, О.В. Семка, Б.Й. Снарскіса, С.Б. Усаковського, О.В. Шимановського, В.С. Шмуклера.

Аналіз досліджень вітчизняних і зарубіжних авторів виявив, що основна частина робіт присвячена вивченню вогнестійкості залізобетонних конструкцій. У нормативних документах досить повно наведені основні положення щодо розрахунку вогнестійкості залізобетонних конструкцій. Однак експериментальних досліджень, пов'язаних з вивченням залишкової несучої здатності залізобетонних конструкцій після пожежі, відомо небагато. Пропозиції щодо визначення залишкової несучої здатності залізобетонних конструкцій після початку фізичного руйнування і розвантаження, які представлено в зручній формі для залізобетонних конструкцій, що знаходяться в експлуатації, відсутні.

Постановка завдання та його вирішення. Метою роботи є розробка методології оцінювання технічного стану, визначення залишкового ресурсу та продовження термінів експлуатації залізобетонних конструкцій будівель та споруд після силових і високотемпературних впливів.

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. Такий метод прийнято за основу в даній роботі. Саме на основі аналізу результатів 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 математичну модель, що дозволила виконати оцінку та прогноз технічного стану конструкцій. Таким чином, натурні обсте-

ження в даних дослідженнях відіграли роль експерименту.

Прогноз зміни визначальних параметрів технічного стану (наприклад, розвитку тріщини за результатами тривалих спостережень) дозволить виконати моделювання і розрахунки конструкцій із визначенням такого НДС, який відповідатиме роботі реальної конструкції.

Наведено приклад оцінювання технічного стану будівельних конструкцій у квартирі дев'ятиповерхового житлового будинку [4].

Конструктивна схема будинку в обстежуваній частині – безкаркасна з поздовжніми несучими та рідко розташованими поперечними стінами. Несучі та поперечні стіни виконано із монолітної цегляної кладки на цементно-піщаному розчині з включенням великих блоків із цегляної кладки. Перегородки гіпсобетонні прокатні. Перекриття виконано зі збірних залізобетонних шатрових плит розміром на кімнату.

В процесі обстеження було встановлено, що у квартирі виникла пожежа. Внаслідок дії відкритого вогню будівельні конструкції отримали такі пошкодження:

поздовжні та поперечна стіни, які розташовано в спальні, де була пожежа, мають руйнування штукатурного шару і зовнішнього шару цегляної кладки на глибину до 50 мм, в перемичці над віконним прорізом є тріщини, оголення арматури, прогин перемички свідчить про наявність ознак порушення анкеровки арматури;

в полиці шатрової плити перекриття присутні тріщини з різною орієнтацією та шириною розкриття, прогин полиці становить 135 мм, що значно перевищує граничну величину для такого типу конструкцій. Бетон знеміцнений, є ознаки порушення анкеровки арматури;

в ребрах шатрової плити перекриття присутні руйнування захисного шару бетону з оголенням арматури, бетон знеміцнений, є ознаки порушення анкеровки арматури. Прогин ребер становить 40...50 мм.

Відповідно до вимог чинного нормативного документу [5] стан стін і перегородки, які розташовано в межах спальні, де виникла пожежа, оцінюється як непридатний до експлуатації, оскільки мають місце дефекти та пошкодження, які свідчать про зниження несучої здатності.

Відповідно до вимог чинних нормативних документів [5, 6] стан шатрової плити перекриття в спальні, де виникла пожежа, оцінюється як аварійний, оскільки мають місце дефекти та пошкодження, які свідчать про зниження її несучої здатності. На основі аналізу пошкоджень неможливо гарантувати цілісність конструкцій на час підсилення, оскільки можливий «крихкий» характер руйнування.

Стан інших конструкцій, які розташовано в межах квартири, відповідно до вимог [5] оцінюється як задовільний, оскільки мають місце дефекти та пошкодження, які можуть знизити довговічність конструкцій.

На основі отриманих даних було розроблену ускладнену розрахункову схему шатрової плити перекриття (рис. 1). Розроблену модель було використано при розрахунках на характеристичні величини навантажень і високотемпературні впливи [7].

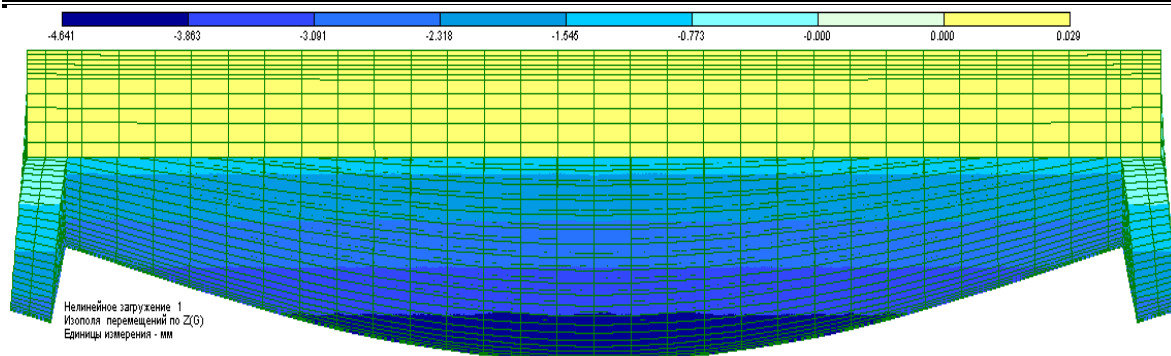


Рис. 1. Деформації плити уздовж осі OZ при силовому і температурному навантаженні

В результаті розрахунків знайдено чисельні величини деформацій конструкцій. Ізополя вертикальних переміщень моделі наведено на рис. 1.

Моделювання високотемпературного впливу було виконано завданням відповідних залежностей «напруження–деформації» для матеріалу об'ємних СЕ. В результаті розрахунків було отримано чисельні величини деформацій конструкцій, а також величини напружень в елементах розрахункової схеми (рис. 2).

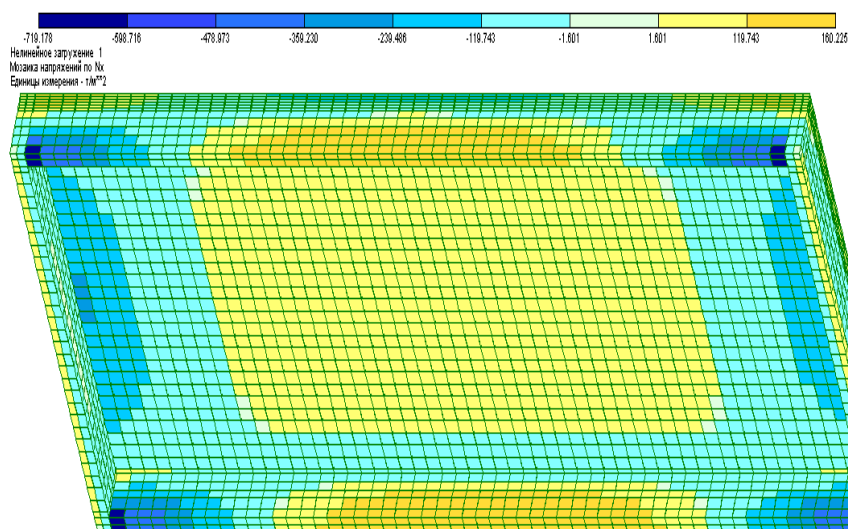


Рис. 2. Напруження в плиті уздовж Nx при силовому і температурному навантаженні

Мінімальна межа вогнестійкості для міжповерхових перекриттів згідно ДБН В.1.1-7-2016 [8] для будівель із ступенем вогнестійкості I становить REI 60. Таким чином, шатрова плита перекриття не відповідає вимогам чинних нормативних документів стосовно забезпечення пожежної безпеки об'єктів будівництва.

Математична модель дає можливість виконати оперативне попереднє прогнозування значень контрольованих параметрів будівельних конструкцій. Результатом оперативного попереднього прогнозу є висновок про експлуатаційну придатність контрольованих будівельних конструкцій з врахуванням можливої тенденції до погіршення їхнього технічного стану. Прогноз виходу реєстрованих значень визначених параметрів будівельних конструкцій за межу заданого критерію є основою для прийняття

рішень щодо можливості подальшої експлуатації будівлі або споруди.

Висновки. Аналіз досліджень вітчизняних і зарубіжних авторів виявив, що основна частина робіт присвячена вивченню вогнестійкості залізобетонних конструкцій. Пропозиції щодо визначення залишкової несучої здатності залізобетонних конструкцій після початку фізичного руйнування і розвантаження, які представлено в зручній формі для залізобетонних конструкцій, що знаходяться в експлуатації, відсутні.

Випробування на вогнестійкість залізобетонних конструкцій із визначенням додаткових параметрів (міцності матеріалів до випробувань і після випробувань) дозволили б отримати експериментальну базу даних, яка б сприяла розробці розрахункових методів оцінювання вогнестійкості в залежності від застосованих матеріалів.

В роботі запропоновано підхід для визначення технічного стану залізобетонних конструкцій, які було піддано дії силових та високотемпературних впливів [9]. На основі аналізу результатів 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 математичну модель, що дозволила виконати оцінку та прогноз технічного стану конструкцій.

Для верифікації даних експерименту буде виконано комп'ютерне моделювання залізобетонних конструкції у програмному комплексі ANSYS та Lira з подальшим розрахунком методом скінчених елементів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Denvid Lau, Qiwen Qiu, Ao Zhou, Cheuk Lun Chow. Long term performance and fire safety aspect of FRP composites used in building structures. *Construction and Building Materials*, 2016, №126, P.573-585. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.09.031>.

2. Piotr Berkowskia, Marta Kosior-Kazberuk. Construction History as a Part of Assessment of Heritage Buildings. *Procedia Engineering*, 2016, №161, P.85-90. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.502>.

3. Torić Neno & Boko Ivica & Peroš Bernardin. Reduction of Postfire Properties of High-Strength Concrete. *Advances in Materials Science and Engineering*. 2013. DOI: 10.1155/2013/712953.

4. Отрош Ю.А. Оцінка технічного стану стін і перекриттів житлових будинків після пожежі. Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. Полтава, 2016. №. 1. С. 212-220.

5. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. ДП «УкрНДНЦ», 2017. 45 с.

6. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. [Чинний від 2009-12-24]. Вид. ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК), 2011.

7. Пат. на корисну модель 132449 Україна, МПК G 01 N 3/24 (2006.01). Визначення температури втрати несучої здатності будівельної конструкції / заявники Отрош Ю.А., Ковальов А.І., Островерх О.О., Удянський М.М., Дивень В.І., Рибка Є.О.; власник Національний університет цивільного захисту України. – № у 2018 09788; заяв. 01.10.18; публ. 25.02.2019, Бюл. №4. – 4 с.

8. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-06-01]. Вид. Український науково-дослідний інститут цивільного захисту УкрНДІЦЗ, 2017. 35 с.

9. Отрош Ю.А. Розробка підходу до визначення технічного стану будівельних конструкцій при дії силових та високотемпературних впливів. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. 2018. № 71. С.54-60.

Отримано редколегією 23.09.2019

Ю.А. Отрош, А.В. Рубан, А.С. Гапонова, Д.М. Морозова

Подход для определения технического состояния железобетонных конструкций при силовых и высокотемпературных воздействиях

В работе рассмотрен подход для определения технического состояния железобетонных конструкций, подверглись действию силовых и высокотемпературных воздействий. Проведен анализ исследований отечественных и зарубежных авторов по определению остаточной несущей способности. Как актуальная научно-техническая проблема рассматривается разработка методологии оценки технического состояния, определения остаточного ресурса и продление сроков эксплуатации железобетонных конструкций зданий и сооружений после силовых и высокотемпературных воздействий. На основе анализа результатов натурных обследований получены важные данные о характерных дефектах и повреждениях конструкций и их влияние на дальнейшую работу; данные об изменении физико-механических характеристик материалов в процессе эксплуатации; разработана математическая модель, которая позволила выполнить оценку и прогноз состояния конструкций.

Ключевые слова: шатровая плита перекрытия, огнестойкость, остаточный ресурс, высокотемпературные воздействия, техническое состояние.

Y. Otrosh, A. Ruban, A. Haponova, D. Morozova

A approach to the determination of the technical state of reinforced concrete structures at force and high-temperature influences

The paper considers the approach to determine the technical condition of reinforced concrete structures that have been subjected to force and high temperature influences. The analysis of studies of domestic and foreign authors on the determination of residual bearing capacity. As an actual scientific and technical problem is considered the development of a methodology for assessing the technical condition, determining the residual life and extending the life of reinforced concrete structures of buildings and structures after power and high-temperature impacts. On the basis of analysis of the results of field surveys important data on characteristic defects and damages of structures and their influence on further work were obtained; data on change of physical and mechanical characteristics of materials during operation; a mathematical model was developed that allowed to evaluate and predict the technical condition of structures.

Keywords: tent floor slab, fire resistance, residual life, high temperature effects, technical condition.