



ROLE OF SCIENCE AND EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Monograph

Katowice 2021



ROLE OF SCIENCE AND EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Edited by Magdalena Wierzbik-Strońska
and Iryna Ostopolets

Series of monographs
Faculty of Architecture,
Civil Engineering and Applied Arts
University of Technology, Katowice
Monograph 44

Publishing House of University of Technology, Katowice, 2021

Editorial board :

Nataliia Khlus – PhD, Oleksandr Dovzhenko Hlukhiv National Pedagogical University, Ukraine

Paweł Mikos – University of Technology, Katowice

Aleksander Ostenda – Professor WST, PhD, University of Technology, Katowice

Iryna Ostopolets – PhD, Associate Professor, Donbas State Pedagogical University (Ukraine)

Yurii Otrosh – Doctor of Technical Science, Professor, National University of Civil Defence of Ukraine (Ukraine)

Viktoriia Overchuk – Doctor of Economic Science, Vasyl` Stus Donetsk National University (Ukraine)

Nataliia Svitlychna – PhD, National University of Civil Defence of Ukraine (Ukraine)

Magdalena Wierzbik-Strońska – University of Technology, Katowice

Reviewers :

Tetyana Nestorenko – Professor WST, PhD, Associate Professor, Berdyansk State Pedagogical University (Ukraine)

Sławomir Śliwa – PhD, the Academy of Management and Administration in Opole

Series of monographs Faculty of Architecture, Civil Engineering and Applied Arts, University of Technology, Katowice

Monograph · 44

The authors bear full responsible for the text, data, quotations and illustrations

Copyright by University of Technology, Katowice, 2021

ISBN 978 – 83 – 960717 – 0 – 5

Editorial compilation

Publishing House of University of Technology, Katowice
43 Rolna str. 43 40-555 Katowice, Poland
tel. 32 202 50 34, fax: 32 252 28 75

4.3. EXPERIMENTAL DETERMINATION OF RESIDUAL RESOURCE OF REINFORCED CONCRETE BEAMS AFTER FORCE AND HIGH TEMPERATURE INFLUENCES

4.3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ПІСЛЯ СИЛОВИХ І ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ВПЛИВІВ

В наш час виникає необхідність в проведенні робіт із обстеження, оцінювання технічного стану залізобетонних конструкцій та відновлення експлуатаційної придатності існуючих залізобетонних конструкцій після впливів високих температур¹⁰⁵¹.

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 заходів¹⁰⁵².

Актуальним питанням залишається створення такої системи нагляду за окремими конструкціями, будівлями та спорудами в цілому, яка б враховувала основні параметри процесу експлуатації та дозволила б виконати оптимізацію за критерієм мінімуму загальних витрат. Система, що базується на накопиченні експериментально отриманих даних, повинна бути порівнянною при різних рівнях обстежень та мати властивості накопичення отримуваних даних для аналізу технічного стану та його прогнозування після різних впливів¹⁰⁵³.

Практика інженерних обстежень залізобетонних конструкцій після пожеж показує, що 50-80% конструкцій технічно можливо і економічно доцільно використовувати для подальшої експлуатації.

Основні наукові результати стали складовою частиною науково-дослідної роботи кафедри наглядово-профілактичної діяльності Національного університету цивільного захисту України (м. Харків) «Прогнозування залишкового ресурсу будівельних конструкцій після силових, деформаційних і високотемпературних впливів» № ДР 0119U001003¹⁰⁵⁴.

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.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аспекти довготривалої експлуатації та пожежної безпеки будівельних конструкцій розглядаються в дослідженні¹⁰⁵⁵. В роботі наводяться перспективи майбутніх досліджень та рекомендації щодо дослідження довговічності будівельних конструкцій при впливах агресивного середовища та пожежі.

¹⁰⁵¹ Отрош Ю. А. Використання системи моніторингу для оцінки технічного стану будівельних конструкцій. *Промислове будівництво та інженерні споруди*. 2018. № 3. С. 3-7.

¹⁰⁵² Отрош Ю. А., Рубан А. В., Гапонова А. С., Морозова Д. М. Підхід для визначення технічного стану залізобетонних конструкцій при силових і високотемпературних впливах. *Проблеми пожежної безпеки: Сб. науч. тр.* Харків, 2019. Вып. 46. С.148-154.

¹⁰⁵³ ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. [Чинний від 2019-01-01]. Вид. ДП «Укрархбудінформ», 2018. 30 с.

¹⁰⁵⁴ Прогнозування залишкового ресурсу будівельних конструкцій після силових, деформаційних і високотемпературних впливів будівельних конструкцій при дії силових, деформаційних та високотемпературних впливів. / Національний університет цивільного захисту України; керівник теми Ю. А. Отрош. № ДР 0119U000001003. Харків, 2019.

¹⁰⁵⁵ 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>.

Дослідження¹⁰⁵⁶ 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 роботі¹⁰⁵⁷. 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.

У роботі¹⁰⁵⁸ проведено моделювання дослідження властивостей залізобетонних конструкційних елементів при високотемпературних впливах. Термічний аналіз здійснювався за допомогою чисельного моделювання з використанням пакету ABAQUS. Здійснено порівняння результатів досліджень з урахуванням впливу граничних умов, тобто температури, конвекції та випромінювання. Задання конвективних і радіаційних граничних умов надало можливість отримати більш точні результати. Зменшення розбіжності між моделюванням та експериментальними результатами спостерігалось при використанні теплофізичних характеристик згідно з Eurocode2, що враховувало вміст вологи.

У роботі¹⁰⁵⁹ розглядаються результати інженерної оцінки пошкоджених пожежею збірних попередньо напружених залізобетонних елементів. Дослідження складалося з двох етапів: етап інженерної обробки матеріалів, включаючи лабораторні випробування бетонних зразків, і перевірка несучої здатності пошкоджених вогнем елементів. Для теоретичного розрахунку використовувалася аналітична модель, яка враховувала втрату жорсткості при високотемпературних впливах. Аналітична модель слугувала перевіркою результатів експериментальних досліджень і підвищила рівень довіри до технічних рекомендацій.

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.

¹⁰⁵⁶ 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>.

¹⁰⁵⁷ 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.

¹⁰⁵⁸ Lakhani Hitesh, Kamath Praveen, Bhargava Pradeep, Sharma Umesh Kumar, Reddy G Rami. Thermal Analysis of Reinforced Concrete Structural Elements. *Journal of Structural Fire Engineering*, 2013, № 4, P. 227-244. DOI:10.1260/2040-2317.4.4.227.

¹⁰⁵⁹ M. Reis Engin, A. Mata Luis, Dilek Ufuk. An analytical model for estimating load-test deflections in fire-damaged precast, prestressed concrete members. *PCI Journal*, 2009, №5 4, P. 129-142. DOI:10.15554/pci.06012009.129.142.

Об'єктом, несуча здатність якого визначалася при впливі високих температур в даному дослідженні, прийнята залізобетонна балка-стінка прямокутного перерізу¹⁰⁶⁰.

Межа вогнестійкості за ознакою втрати несучої здатності залежить від виду і статичної схеми обпирання конструкції. Однопрогонові вільно оперті балки при дії пожежі руйнуються в результаті нагрівання поздовжньої нижньої робочої арматури до граничної критичної температури. Межа вогнестійкості залежить від товщини захисного шару нижньої робочої арматури, класу арматури, робочого навантаження і теплопровідності бетону. У балок межа вогнестійкості залежить також від ширини перерізу.

При одних і тих же конструктивних параметрах межа вогнестійкості балок менша, ніж плит, оскільки під час пожежі балки обігріваються з трьох боків (з боку нижньої і двох бічних граней), а плити – тільки з боку нижньої поверхні.

Статично невизначені балки при нагріванні втрачають несучу здатність в результаті руйнування опорних і пролітних перерізів. Перерізи в проліті руйнуються в результаті зниження міцності нижньої поздовжньої арматури, а опорні перерізи – внаслідок втрати міцності бетону в нижній стиснутій зоні, що нагрівається до високих температур. Швидкість прогріву цієї зони залежить від розмірів поперечного перерізу, тому вогнестійкість статично невизначених балок залежить від ширини й висоти перерізу. При великих розмірах поперечного перерізу межа вогнестійкості статично невизначених балок значно вище, ніж статично визначених, і в ряді випадків практично не залежить від товщини захисного шару у поздовжньої нижньої арматури.

Метою даної роботи є експериментальне дослідження залізобетонних балок при силових та високотемпературних впливах, комп'ютерне моделювання процесу з подальшим порівнянням результатів в контрольних точках з метою оцінювання технічного стану і визначення залишкового ресурсу.

Основна частина. Під час проектування будинків із монолітним залізобетонним каркасом (висотних та підвищеної поверховості) необхідно перевіряти розрахунком його конструкції на силові та високотемпературні впливи, тобто впливи, які викликані надзвичайною ситуацією (у т.ч. пожежею). Розрахунки виконуються відповідно до вимог чинних нормативних документів^{1061, 1062}.

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.

В роботі наведені експериментальні дослідження залізобетонних балок-стінок прямокутного перерізу 600x700 мм довжиною 2000 мм.

Визначення межі вогнестійкості балок здійснюється за ДСТУ Б В.1.1-4-98*¹⁰⁶³ та ДСТУ Б 13.1.1-13:2007¹⁰⁶⁴.

Метод полягав у нагріві в стандартному температурному режимі зразків балок, які встановлюються на стіни вогневої печі, та визначенні проміжку часу від початку

¹⁰⁶⁰ Otrosh, Y., Surianinov, M., Golodnov, A., & Starova, O. Experimental and Computer Researches of Ferroconcrete Beams at High-Temperature Influences. *Trans Tech Publications Ltd. In Materials Science Forum*, 2019, Vol. 968, pp. 355-360. <https://doi.org/10.4028/www.scientist.net/MSF.968.355>.

¹⁰⁶¹ 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.

¹⁰⁶² 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.

¹⁰⁶³ ДСТУ Б В.1.1-4-98*. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. [Чинний від 1998-10-28]. Вид. Держбуд України, 2005. 18 с.

¹⁰⁶⁴ ДСТУ Б В.1.1-13:2007. Захист від пожежі. Балки. Метод випробування на вогнестійкість (EN 1365-3:1999, NEQ). [Чинний від 2008-01-01]. Вид. Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки (УкрНДІПБ) МНС України, 2007. 6 с.

випробування до настання нормованого граничного стану за ознакою втрати несучої здатності (ознака R).

Випробуванням піддавалися два зразки конструкції (Рис. 1). Зразки мали розміри, які відповідають проектним розмірам цих будівельних конструкцій. У випадку, якщо зразки таких розмірів випробувати неможливо, допускається використання зразків-фрагментів конструкції. При цьому довжина частини зразка, яка підлягає вогневому впливу у печі, має бути не менше ніж 4000 мм для зразків, які випробовуються під навантаженням, та не менше ніж 1000 мм – для зразків, які випробовуються без навантаження.

Граничним станом за ознакою втрати несучої здатності (ознака R) є обвалення конструкції або виникнення граничних деформацій, що складають:

- граничне значення прогину в міліметрах (D) перевищує значення

$$D = L^2/400b \text{ мм}; \quad (1)$$

- граничне значення швидкості наростання деформації в міліметрах за хвилину (dD/dt) перевищує значення

–

$$dD/dt = L^2/9000b \text{ мм/хв}, \quad (2)$$

де L - проліт, м; b - розрахункова висота перерізу конструкції, мм.

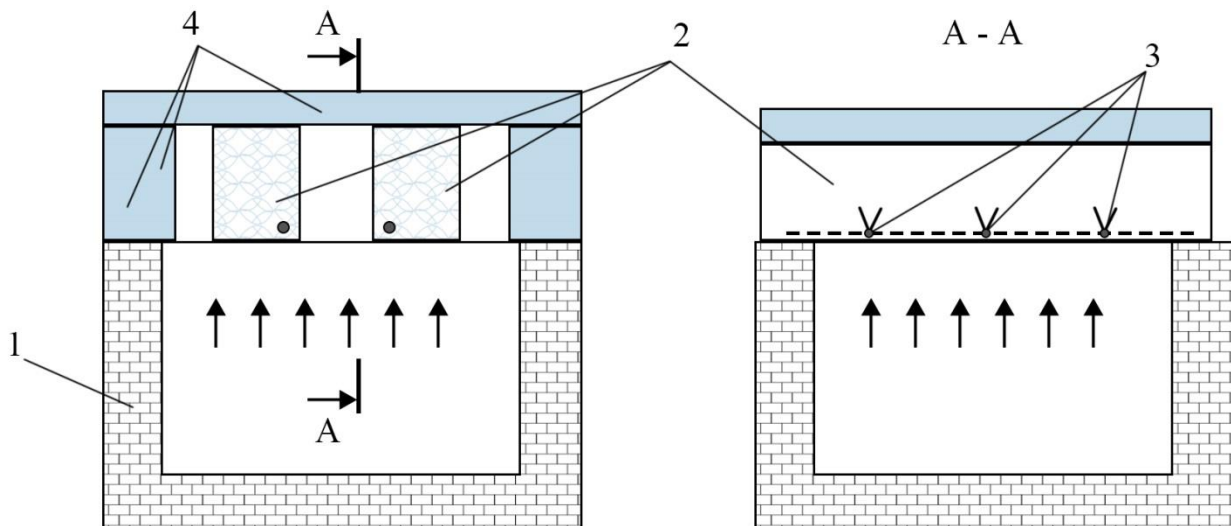


Рис. 1. Схема розташування зразків в печі: 1-печ, 2 – зразки балки, 3 – термопари, 4 – огорожувальні елементи

Якщо значення прогину не більше L/30, то граничною деформацією є тільки граничне значення прогину (D).

Для залізобетонних балок, які випробовуються без навантаження, граничний стан за ознакою втрати несучої здатності може бути визначений за часом перевищення середньої температури нижньої поздовжньої несучої арматури її початкового значення на 480°C.

Межа вогнестійкості визначалась за формулою:

$$t_{fr} = t_{mes} - \Delta t, \quad (3)$$

де t_{fr} – межа вогнестійкості, хв; t_{mes} – найменше значення часу від початку випробування до досягнення граничного стану з вогнестійкості, хв; Δt – похибка випробування, хв.

Значення похибки Δt визначалося за формулою:

$$\Delta t = (0,015t_{mes} + 3)(A_s - A_f)/(A_s - A_{min}), \quad (4)$$

де A_s , A_f , A_{min} – інтегральні значення (площі, що знаходяться під кривими) стандартної температури, середньої температури в печі та мінімальної допустимої температури в печі, відповідно, °С·хв. Якщо $A_f > A_s$, то $\Delta t = 0$.

Зразки для випробування. Випробуванням піддавалися два зразки залізобетонної балки-стілки прямокутного перерізу розміром 600x700 мм, довжиною 2000 мм (Рис. 2).

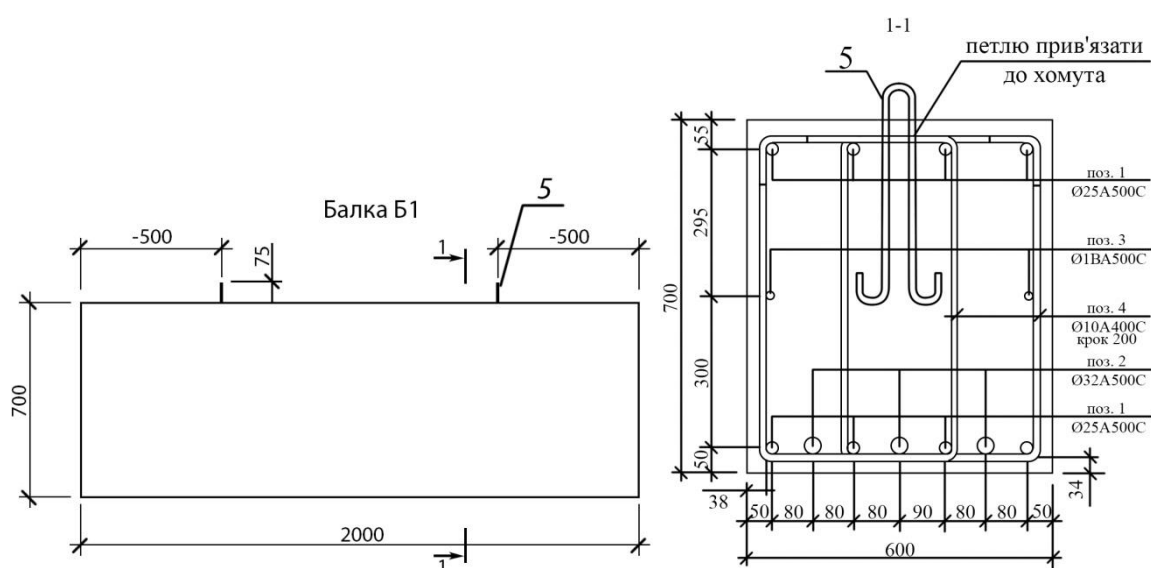


Рис. 2. Конструктивна схема балки-стілки

Зразки мали арматурний об'ємний каркас. Основна несуча арматура (нижня повздовжня) Ø25 мм А500С (3 шт.) та Ø32 мм А500С (3 шт.). Значення товщини захисного шару бетону до нижніх повздовжніх арматур 34 мм. Бетон С25/30.

Кожний зразок встановлювався обпиранням з двох сторін на отвір печі через базальтові плити ROCKMIN (густина 50 кг/м³) з можливістю вогневого впливу на нього з трьох сторін (знизу та боків).

Для визначення температури нижньої несучої повздовжньої арматури Ø25 мм А500С (яка більш наближена до кутів), було встановлено по три теропари (ТХА) Т1-Т3 на кожному зразку балки.

Температура повітря складала 7°С, відносна вологість повітря – 56%.

Для випробувань використовувалась спеціальна випробувальна піч та засоби вимірювальної техніки, які наведено в Таблиці 1.

Згідно з ДСТУ Б.В.1.1-4-98* (п. 7.1.4) зразки були витримані у “Приміщенні для кондиціонування зразків”.

Результати вимірювань температур у вогневій печі та несучої повздовжньої кутової арматури наведено на графіках (Рис. 3, 4).

Під час проведення випробувань температура та надлишковий тиск у печі відповідали вимогам, що регламентовані стандартом. Надлишковий тиск у печі на 5-й хв склав 8 Па, а з 10-ї хв – 11 Па.

Випробування тривали 62 хв. Втрати несучої здатності зразків під час випробувань не відбулося.

Значення A_s , A_f , A_{min} для часу випробувань 62 хв склали 49675, 49863, 46297 оС·хв, відповідно.

Похибка випробувань (Δt) під час випробувань склала 0 хв.

Таблиця 1. Засоби виміральної техніки

№ н/п	Найменування обладнання або приладу	Заводський номер	Діапазон вимірювання	Похибка вимірювань
1	Лінійка металева	–	від 0 до 1000 мм	± 1 мм
2	Секундомір	8825	від 0 до 60 с, від 0 до 60 хв.	$\pm 0,4$ с ± 1 с
3	Прилад контролю надлишкового тиску в печі ТНЖ- Н.	24723	від 0 до 100 Па	Кл. 1,5
4	Термопари ТХА, 12 одиниць	-	від 0 до 334 °С від 334 °С до 1250 °С	$\pm 2,5$ °С $\pm 0,0075 \times T_{\text{вим}}$, °С
5	Психрометр аспіраційний МВ-4М	18358	від 10 до 100 % від -25 до 50 °С	± 3 % $\pm 0,2$ °С
6	Штангенциркуль	5205755	від 0 до 250 мм	ц.п. 0,05 мм
7	Вимірально-реєструючий комплекс "TEST-SERT"	1	від 0 до 1250 °С	$\pm(0,5+0T0009T)$ °С ± 1 с

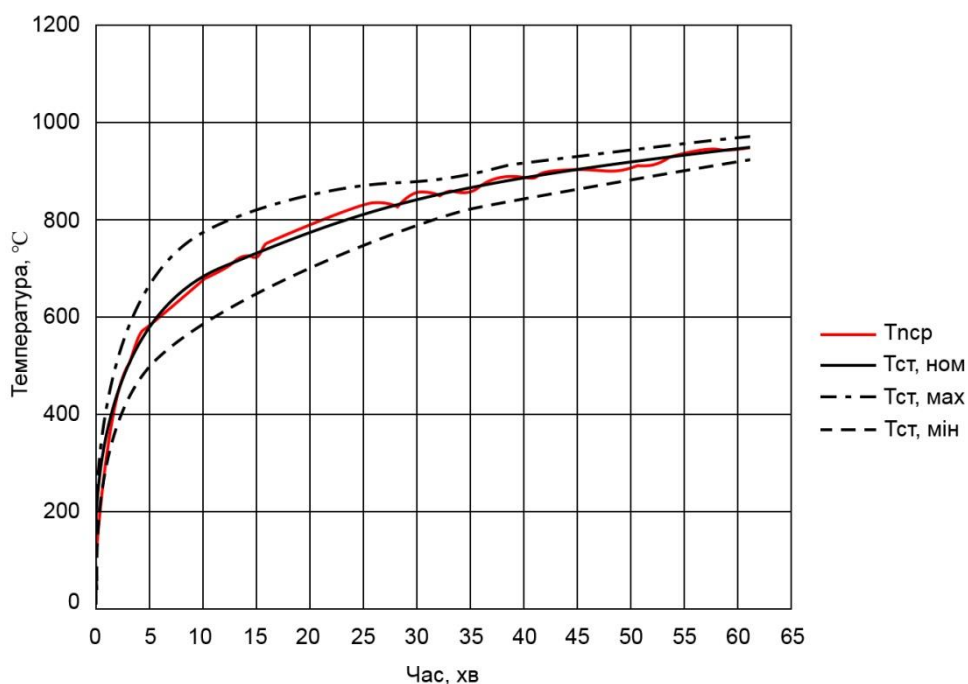


Рис. 3. Температура в вогневій печі:

- середнє значення;
- стандартний температурний режим номінальний;
- - - - - максимальне відхилення стандартного температурного режиму;
- · - · - · мінімальне відхилення стандартного температурного режиму.

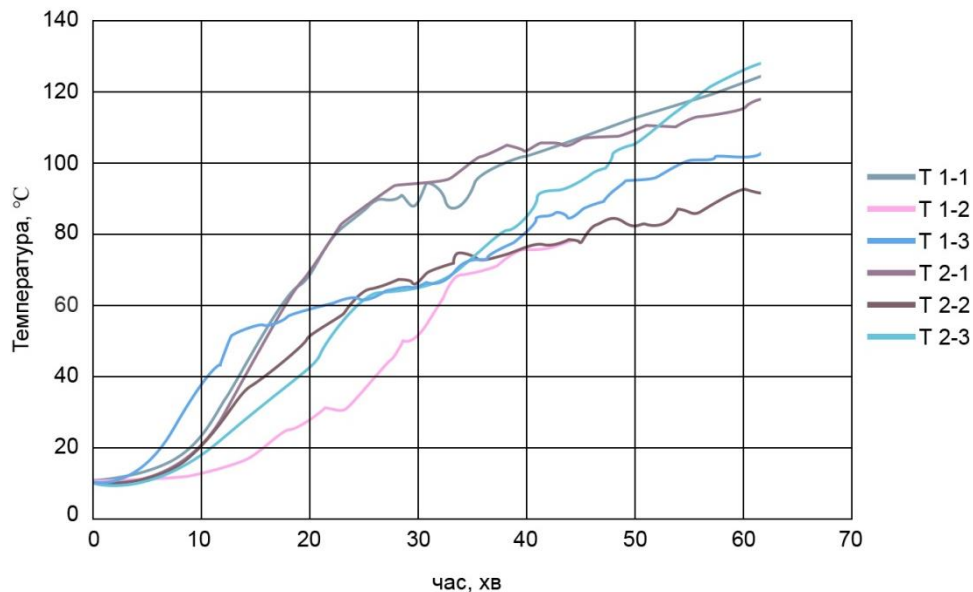


Рис. 4. Температура несучої кутової арматури досліджуваних зразків (T1-1, T1-2, T1-3, T2-1, T2-2, T2-3 – показники встановлених термопар)

Межа вогнестійкості залізобетонної балки-стілки прямокутного перерізу 600x700 мм становить не менше 62 хв. Клас вогнестійкості R60. Результати експериментальних досліджень надалі дозволили перевірити основні положення розроблених розрахункових методик.

Для оцінювання вогнестійкості конструкцій можливо використання двох підходів: розгляд поведінки конструкцій в умовах реальної пожежі (тобто фрагмента будинку при реальному пожежному навантаженні) та в умовах умовної пожежі (тобто оцінювання вогнестійкості окремої конструкції у стандартному температурному режимі у випробувальній печі). Випробування конструкцій в умовах умовної пожежі регламентовано чинними нормативними документами й дозволяє виконати випробування з подальшим висновком про достатню вогнестійкість.

Сучасні методики випробувань залізобетонних конструкцій на вогнестійкість не вимагають отримання побічних даних, які характеризують технічний стан конструкцій після випробувань. Випробування на вогнестійкість залізобетонних конструкцій із різних бетонів 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.

Конструкції, які зазнали пошкодження під час дії високих температур при пожежі, необхідно обов'язково підсилити або замінити. Експлуатація таких конструкцій неможлива внаслідок локальних змін характеристик міцності та деформативності бетону.

Висновки.

1. 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^{1065, 1066}.

¹⁰⁶⁵ 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.

¹⁰⁶⁶ Отрош Ю. А., Голоднов О. І., Іванов А. П. Комплекс взаємозв'язаних заходів щодо визначення параметрів напружено-деформованого і технічного стану конструкцій при різних впливах. *Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського*. 2011. № 8. С. 98-109.

2. В роботі запропоновано підхід для визначення технічного стану залізобетонних конструкцій, які було піддано дії силових та високотемпературних впливів¹⁰⁶⁷. На основі аналізу результатів експерименту отримано важливі дані про характерні дефекти та пошкодження конструкцій та їхній вплив на подальшу роботу; дані про зміну фізико-механічних характеристик матеріалів. Межа вогнестійкості залізобетонної балки-стілки прямокутного перерізу 600x700 мм становить не менше 62 хв. Клас вогнестійкості R60. Результати експериментальних досліджень надалі дозволили перевірити основні положення розроблених розрахункових методик.

3. Сучасні методики випробувань залізобетонних конструкцій на вогнестійкість не вимагають отримання побічних даних, які характеризують технічний стан конструкцій після випробувань. Випробування на вогнестійкість залізобетонних конструкцій із різних бетонів 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.

Література

1. Отрош Ю. А. Використання системи моніторингу для оцінки технічного стану будівельних конструкцій. *Промислове будівництво та інженерні споруди*. 2018. № 3. С. 3-7.
2. Отрош Ю. А., Рубан А. В., Гапонова А. С., Морозова Д. М. Підхід для визначення технічного стану залізобетонних конструкцій при силових і високотемпературних впливах. *Проблеми пожежної безпеки: Сб. науч. тр.* Харків, 2019. Вып. 46. С. 148-154.
3. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. [Чинний від 2019-01-01]. Вид. ДП «Укрархбудінформ», 2018. 30 с.
4. Прогнозування залишкового ресурсу будівельних конструкцій після силових, деформаційних і високотемпературних впливів будівельних конструкцій при дії силових, деформаційних та високотемпературних впливів. / Національний університет цивільного захисту України; керівник теми Ю.А. Отрош. № ДР 0119U000001003. Харків, 2019.
5. 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>.
6. 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>.
7. 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.
8. Lakhani Hitesh, Kamath Praveen, Bhargava Pradeep, Sharma Umesh Kumar, Reddy G Rami. Thermal Analysis of Reinforced Concrete Structural Elements. *Journal of Structural Fire Engineering*, 2013, № 4, P. 227-244. DOI:10.1260/2040-2317.4.4.227.
9. M. Reis Engin, A. Mata Luis, Dilek Ufuk. An analytical model for estimating load-test deflections in fire-damaged precast, prestressed concrete members. *PCI Journal*, 2009, № 54, P. 129-142. DOI:10.15554/pcij.06012009.129.142.
10. Otrosh, Y., Surianinov, M., Golodnov, A., & Starova, O. Experimental and Computer Researches of Ferroconcrete Beams at High-Temperature Influences. *Trans Tech Publications Ltd. In Materials Science Forum*, 2019, Vol. 968, pp. 355-360. <https://doi.org/10.4028/www.scientist.net/MSF.968.355>.

¹⁰⁶⁷ 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.

Part 4. EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT: AN INTERDISCIPLINARY APPROACH

4.1. Natalia Panhelova – Doctor of Science in Physical Education and Sport, Associate Professor, Pereiaslav-Khmelnytskyi Hryhorii Skovoroda State Pedagogical University, Pereiaslav, Ukraine

Tatiana Trotsenko – PhD of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Pereiaslav-Khmelnytskyi Hryhorii Skovoroda State Pedagogical University, Pereiaslav, Ukraine

Tatiana Kravchenko – PhD of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Pereiaslav-Khmelnytskyi Hryhorii Skovoroda State Pedagogical University, Pereiaslav, Ukraine

4.2. Valentina Podshyvalkina – Doctor in Sociology, Professor, Odesa I. Mechnikov National University, Odesa, Ukraine

4.3. Artem Ruban – PhD in Public Administration, Senior Lecturer, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

Olexandra Tkachenko – Student, National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

Victoria Otrosh – National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

4.4. Yuliia Semeniako – PhD of Pedagogical Sciences, Senior Lecturer, Berdyansk State Pedagogical University, Berdyansk, Ukraine

4.5. Halyna Synorub – PhD in Social Communication, Associate Professor, Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ternopil, Ukraine

Natalia Dragan-Ivanets – PhD in Social Communication, Associate Professor, Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ternopil, Ukraine

4.6. Iryna Sitak – PhD of Pedagogical Sciences, Associate Professor, The Institute of Chemical Technologies East Ukrainian Volodymyr Dahl National University, Rubizhne, Ukraine

Sergii Volkov – Senior Lecturer, The Institute of Chemical Technologies East Ukrainian Volodymyr Dahl National University, Rubizhne, Ukraine

Tetiana Mateiko – Senior Lecturer, The Institute of Chemical Technologies East Ukrainian Volodymyr Dahl National University, Rubizhne, Ukraine

4.7. Olena Sotska – PhD of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Berdyansk State Pedagogical University, Berdyansk, Ukraine

4.8. Kateryna Stepaniuk – PhD of Pedagogical Sciences, Associate Professor, South Ukrainian National Pedagogical University named after K. D. Ushynsky, Odesa, Ukraine

4.9. Yuri Tarasenko – PhD of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, University of Customs and Finance, Dnipro, Ukraine

Iurii Savchenko – PhD of Technical Sciences, Associate Professor, University of Customs and Finance, Dnipro, Ukraine

Victoria Klym – PhD of Technical Sciences, Associate Professor, University of Customs and Finance, Dnipro, Ukraine