

*А.І. Ковальов, к.т.н., с.н.с., Ю.А. Отрош, д.т.н., проф., НУЦЗ України, Р.Р. Пурденко,
Приватне підприємство «ПроектБудСтар»*

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ВОГНЕЗАХИЩЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН

Забезпечення безпеки людей і матеріальних цінностей необхідно виконувати з урахуванням усіх стадій життєвого циклу об'єктів, таких як науковий супровід та моніторинг, проектування, будівництво, експлуатація, а також виключати виникнення пожеж.

Запобігти виникненню пожежі дозволяють технічні засоби та організаційні заходи, за яких ймовірність виникнення та розвитку пожежі не перевищує унормованого допустимого значення.

Одним з факторів, на якому ґрунтується пожежна безпека під час проектування, будівництва, реконструкції, та зміни функціонального призначення будівель та споруд різного призначення є забезпечення вогнестійкості будівельних конструкцій. Умовою зниження незворотних наслідків пожеж на об'єктах різного призначення є збереження несучої здатності будівельних, конструкцій технологічних споруд і комунікацій.

Зазначені вимоги стійкості забезпечуються комплексом заходів, що передбачаються як технологією виробництва, так і застосуванням ефективних вогнезахисних покриттів будівельних конструкцій.

Тому в умовах глобалізації та збільшення загроз для людини перше місце відіграє саме збереження стійкості будівель та споруд в умовах пожеж, а також збереження їх функціонального призначення після таких впливів.

Створення методу оцінювання вогнестійкості вогнезахисних залізобетонних будівельних конструкцій з науково обґрунтованими параметрами вогнезахисних покриттів є актуальною проблемою. Розв'язання проблеми призведе до підвищення точності розрахунку при нестационарному прогріву вогнезахисних залізобетонних колон з достатньою для інженерних розрахунків точністю.

Існуючі підходи до оцінювання вогнестійкості залізобетонних конструкцій опираються на експериментальні та частково розрахункові процедури [1]. Очевидно, що подібні підходи дозволяють знаходити прийнятні рішення тільки в тому випадку, якщо кожного разу проводити експериментальні випробування одного типу та розмірів залізобетонної колони. Для розрахункового методу це діє, якщо відомі з заданою точністю параметри теплової моделі та відомий математичний опис процесу в системі «залізобетонна колона-вогнезахисне покриття». Із цього випливає, що порушення вказаних умов не дасть можливості для отримання оптимальних рішень для теплотехнічного розрахунку вогнезахисної залізобетонної колони.

Таким чином, проблема може бути розв'язана шляхом розробки скінченно-елементної моделі для оцінювання вогнестійкості вогнезахисних залізобетонних колон з науково обґрунтованими параметрами вогнезахисних покриттів. Розроблена модель повинна базуватися на отриманні результатів з достатньою для інженерних розрахунків точністю як з використанням даних експериментальних досліджень, так і за результатами чисельного моделювання в сучасних програмних комплексах [2].

Використовуючи результати випробувань на вогнестійкість виконано чисельне моделювання прогріву залізобетонної колони в програмному комплексі ЛПА-САПР (ліцензія № 1/8583 від 16.02.2022). Було змодельовано поперечний переріз залізобетонної колони в 15-й ознаці схеми в програмному середовищі ЛПА-САПР. Розроблена модель враховує радіаційно-конвективний теплообмін у газовому середовищі від джерела теплового впливу до поверхні конструкції та теплообмін теплопровідністю у залізобетонній колоні.

В результаті чисельного моделювання були отримані розподіли температур у залізобетонній колоні на 120 хвилині вогневого впливу за стандартним температурним режимом пожежі при обігріві колоні з чотирьох поверхонь (рис. 1).

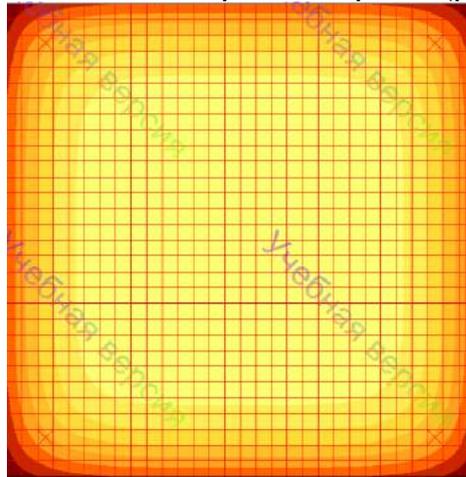


Рис. 1. Розподіл температур в незахищеній залізобетонній колоні на 120 хвилині випробування

За 120 хвилин прогріву за стандартним температурним режимом пожежі арматурні стержні колоні прогрілися до 400°C.

Наступним кроком побудови моделі було проектування вогнезахисту у вигляді пасивного вогнезахисного покриття відповідної товщини (в даному випадку 11 мм) з заданими параметрами арматури і бетону. На рис. 2 зображено теплотехнічний розрахунок вогнезахисненої залізобетонної колоні на 120 хвилині випробування.

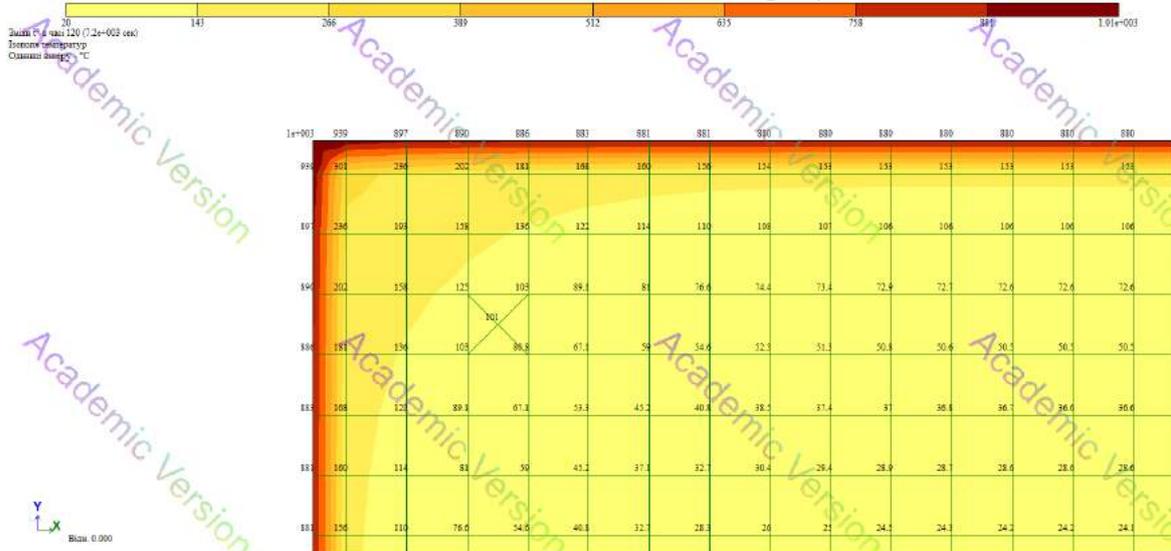


Рис. 2. Розподіл температур у вогнезахисненій залізобетонній колоні на 120 хвилині випробування

Як видно із рис. 2, товщина пасивного вогнезахисного покриття 11 мм дозволяє знизити температуру прогріву арматурних стержнів на 120 хвилині вогневого впливу в 4 рази. Ця обставина вказує на ефективність використання вогнезахиснених залізобетонних конструкцій і дозволяє проектувати вогнезахист залізобетонних колон в залежності від умов забезпечення необхідних меж вогнестійкості конструкцій [3].

Підтвердженням адекватності розробленої моделі є задовільна збіжність експериментальних та розрахункових температур. Найбільше відхилення температури спостерігалось на 20 хвилині розрахунку і становило 39°C.

Особливістю розробленої скінченно-елементної моделі є можливість теплотехнічного розрахунку вогнезахисених залізобетонних колон з урахуванням їх геометрії, характеристик матеріалів, з яких складається конструкція, класу бетону, теплофізичних характеристик вогнезахисних покриттів, умов випробувань. Як недолік слід відмітити, що розрахунку піддається окремо взята залізобетонна конструкція (колона) без урахування зв'язку з іншими конструкціями [4].

Неможливість зняти названі обмеження в рамках даного дослідження породжує потенційно цікавий напрям подальших досліджень. Вони, зокрема, можуть бути орієнтовані на розробку скінченно-елементної моделі конструктивної схеми будівлі з використанням вогнезахисених будівельних конструкцій, виготовлених з різних матеріалів, із науково обґрунтованими параметрами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kovalov A., Otrosh Y., Kovalevska T., Safronov S. Methodology for assessment of the fire-resistant quality of reinforced-concrete floors protected by fire-retardant coatings. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2019. 708. 012058. doi:10.1088/1757-899X/708/1/012058.
2. Kovalov A., Otrosh Y., Surianinov M., Kovalevska T. Experimental and computer researches of ferroconcrete floor slabs at high-temperature influences. *In Materials Science Forum*. 2019. Vol. 968. P. 361–367. Trans Tech Publications Ltd.
3. Sadkovyi, V., Andronov, V., Semkiv, O., Kovalov, A., Rybka, E., Otrosh, Y., Udianskyi, M., Koloskov, V., Danilin, A., Kovalov, P. Fire resistance of reinforced concrete and steel structures: monograph / V. Sadkovyi, E. Rybka, Yu. Otrosh and others. – Kharkiv: PC TECHNOLOGY CENTER, 2021. – 180 p.
4. Kovalov A., Otrosh Y., Poklonskyi V., Semkiv O. & Tomenko M. Research of Fire Resistance of Fire Protected Reinforced Concrete Structures // Trans Tech Publications Ltd. In *Materials Science Forum*. 2022. Volume 1066. P. 224–232.

Andrii Kovalov, Phd, Senior Research, Yurii Otrosh, Doctor of Technical Sciences, Professor, National University of Civil Defence of Ukraine, Roman Purdenko, private enterprise «ProjectBudStar»

ENSURING FIRE RESISTANCE OF FIREPROOF REINFORCED CONCRETE COLUMNS

A finite-element model for thermal engineering calculation of a reinforced concrete column has been developed. The model allows you to evaluate the fire resistance of both unprotected and fire-protected reinforced concrete columns, take into account the properties of the material and the fire-resistant coating. The evaluation algorithm includes the implementation of experimental and calculation procedures when determining the fire resistance of fire-resistant reinforced concrete columns. With the help of the developed model, the thermal engineering calculation of the fire-resistant reinforced concrete column was carried out at the standard fire temperature regime. The peculiarity of the thermal engineering calculation of a fire-resistant reinforced concrete column is the correct determination of the thermophysical characteristics of the fire-resistant coating when solving the problem of non-stationary thermal conductivity. A feature of the developed finite-element model is the possibility of thermal engineering calculation of fire-resistant reinforced concrete columns taking into account their geometry, material characteristics, concrete class, thermophysical characteristics of fire-resistant coatings, test conditions.