

**МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНОГО ПРОГРІВУ ВОГНЕЗАХИЩЕНИХ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ***Ковальов А.І.¹, к.т.н., с.н.с.,**Пурденко Р.Р.¹, аспірант,**Тараненко І.С.²,**Семко В.О.³**¹Національний університет цивільного захисту України,**²ГУ ДСНС України у м. Києві,**³Познанський технологічний університет, Познань, Польща*

Визначення меж вогнестійкості вогнезахисних та незахисних будівельних конструкцій можна проводити як розрахунковими методами, так і на підставі експериментальних випробувань на вогнестійкість. Водночас, незважаючи на наявність вимог щодо температурних впливів, на практиці ними часто нехтують, що призводить до значних економічних втрат. При цьому розвиток методів розрахунку вогнестійкості конструкцій, особливо в частині розв'язання теплотехнічної задачі, стало можливим завдяки використанню сучасного комп'ютерного програмного забезпечення [1].

Невирішеною частиною проблеми є відсутність можливості оцінювання вогнестійкості вогнезахисних залізобетонних будівельних конструкцій за допомогою адекватних комп'ютерних моделей, які дозволили б моделювати нестационарний прогрів вогнезахисних залізобетонних конструкцій. При цьому, такі моделі повинні мати можливість визначати температуру в будь-якому перерізі конструкції (в будь-якій точці та момент часу) за умов впливу стандартизованих температурних режимів пожежі та враховувати параметри вогнезахисних покриттів. Розв'язання даної проблеми призведе до можливості оцінювання вогнестійкості вогнезахисних залізобетонних конструкцій з достатньою (до 5 %) для інженерних розрахунків точністю. Розв'язання задачі нестационарної теплопровідності зводилося до визначення температури бетону вогнезахисного залізобетонного перекриття у будь-якій точці поперечного перерізу в заданий час.

Алгоритм розрахунку полягав у визначенні температури у кожному вузлі перерізу розробленої розрахункової моделі. Координатна сітка накладалася так, щоб її вузли розташовувалися не тільки в товщині перерізу, але і по його периметру. Також вузли мали розміщатися у центрі стержнів для конструкцій з гнучкою арматурою, і по довжині полиць і стінки в середині їхньої товщини для конструкцій з жорсткою арматурою. Крок сітки рекомендується задавати в межах 0,01–0,03 м, але обов'язково він повинен бути більшим за максимальний діаметр робочої арматури (12 мм). Одним з найважливіших етапів скінчено-елементного аналізу є побудова сітки кінцевих елементів. Точність розрахунку за допомогою методу кінцевих елементів залежить від правильного вибору типів та розмірів кінцевих елементів. Була обрана прямокутна сітка з чотирма вузлами, що дає точніші результати, ніж сітка з трикутними елементами, що пояснюється наступним чином. Дрібна сітка потрібна там, де очікується великий градієнт деформацій чи напруг (отвір, виточення, тріщина тощо). У той же час, сітка великих розмірів може застосовуватися в зонах з відмінними деформаціями або напруженнями, що мало змінюються, а також в областях, що не становлять особливої цікавості для розрахунків. У зв'язку з цим, перед створенням скінчено-елементної сітки необхідно виділити передбачувані області концентрації напружень. Розмір скінченого елемента плити перекриття задавався більше 1/6 прольоту плити, але не менше ніж 1/15 прольоту плити. Було задано 10 кінцевих елементів на проліт плити перекриття.

Таким чином, сітка скінчених елементів має в основі наближені до квадратів елементи, що є для розрахунку матриці ідеальним варіантом, довжина елементів не перевищує 1/10 розміру поперечного перерізу, що відповідає рекомендації по формуванню сітки кінцевих елементів. Зменшення розмірів призведе до збільшення значної кількості кінцевих елементів, а це призведе до збільшення часу розрахунку і використання більш потужної обчислювальної техніки, а на аналіз результатів впливу не матиме.

Було змодельовано поперечний переріз багатопустотного залізобетонного перекриття, використовуючи 15-у ознаку схеми в програмному середовищі ЛІРА-САПР (рис. 2).

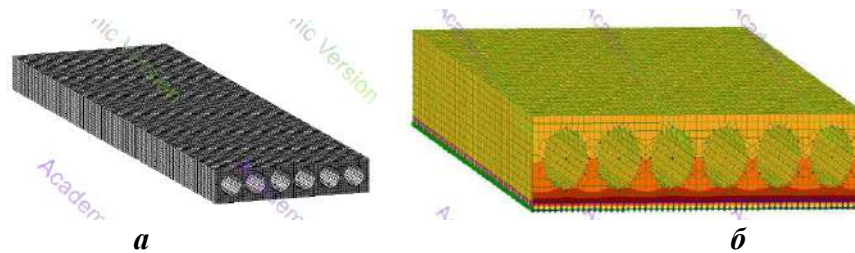


Рис. 1. Модель залізобетонного перекриття в 3D (а, б) постановці: а – залізобетонне перекриття; б – вогнезахищене залізобетонне перекриття.

В результаті чисельного моделювання були отримані розподіли температур у вогнезахищеному багатопустотному перекритті на 120 (а) та 240 (б) хвилини вогневого впливу за стандартним температурним режимом пожежі (рис. 2).

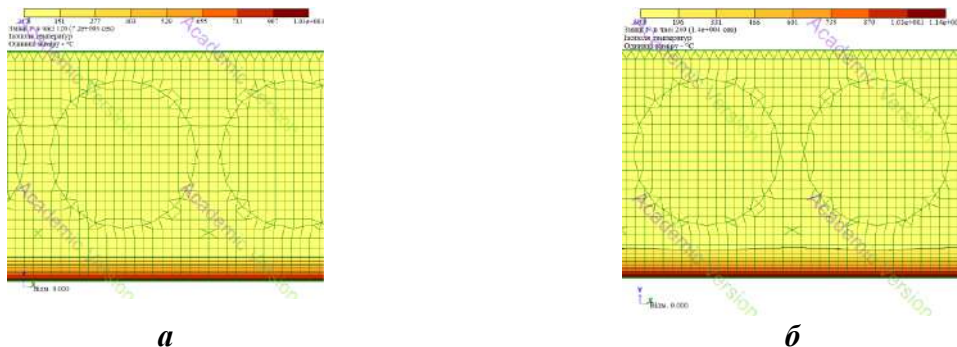


Рис. 1. Розподіл температур у фрагменті вогнезахищеного залізобетонного перекриття на 120 (а) та 240 (б) хвилини випробування.

Таким чином, розроблено скінчено-елементну модель вогнезахищеного багатопустотного залізобетонного перекриття в програмному середовищі ЛІРА-САПР, яка дозволяє моделювати нестационарний прогрів вогнезахищеної залізобетонної конструкції, враховуючи теплофізичні та механічні властивості матеріалів, з яких складається конструкція.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kovalov A., Purdenko R., Otrosh Y., Tomenko V., Rashkevich N., Shcholokov E., Pidhornyy M., Zolotova N., Suprun O. Assessment of fire resistance of fireproof reinforced concrete structures. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 5 (1 (119)). 2022. P. 53–61. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.266219>