

УДК 614.841

Д. П. Дубінін, к.т.н., доцент, доц. каф. (ORCID 0000-0001-8948-5240)

А. А. Лісняк, к.т.н., доцент, нач. каф. (ORCID 0000-0001-5526-1513)

С. М. Шевченко, к.т.н., викл. каф. (ORCID 0000-0002-6740-9252)

Є. М. Криворучко, викл. каф. (ORCID 0000-0001-7332-9593)

Ю. І. Гапоненко, викл. каф. (ORCID 0000-0003-0854-5710)

Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ БУДІВЕЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ КОНСТРУКЦІЇ БУДІВЛІ НА РОЗВИТОК ВНУТРІШНЬОЇ ПОЖЕЖІ

Проведені дослідження впливу будівельного матеріалу конструкції будівлі на розвиток внутрішньої пожежі. Запропоновано методика за допомогою якої визначено коефіцієнт теплопровідності та час теплового проникнення в залежності від розвитку пожежі за чотирма варіантами досліджень. В якості будівельного матеріалу стіни використовувалася у I-ому варіанті цегла, II-й варіант – бетон, III-й варіант – газобетон, IV-й варіант – керамзитобетон. З урахуванням запропонованої методики та умов розвитку внутрішньої пожежі побудовані графічні залежності коефіцієнту теплопровідності та часу розвитку пожежі, за якими встановлено, що при використанні в якості будівельного матеріалу – бетону, коефіцієнт теплопровідності максимальний – 0,0823 Вт/(м²·К) на 5 хв. розвитку внутрішньої пожежі та 0,0412 Вт/(м²·К) на 20 хв., а із газобетону, мінімальний – 0,0153 Вт/(м²·К) на 5 хв. та 0,0076 Вт/(м²·К) на 20 хв. При цьому, час теплового проникнення крізь стіну за I-м варіантом складає 81,15 хв., за II-м варіантом – 70,0 хв., III-м варіантом – 148,8 хв., IV-м варіантом – 80,0 хв. Також отримані графічні залежності щодо підвищення температури стіни від швидкості виділення енергії за чотирма варіантами під час розвитку внутрішньої пожежі на 5 хв. та 20 хв. Встановлено, що мінімальне значення температури стіни із бетону в залежності від швидкості виділення енергії на 5 хв. розвитку пожежі складає близько 208 °С, а на 20 хв. – 260 °С. При цьому максимальне значення температури стіни із газобетону та керамзитобетону на 5 хв. розвитку пожежі складає близько 350 °С, а на 20 хв. – 440 °С. Отримані результати проведених досліджень дають змогу підвищити рівень оперативної готовності особового складу пожежно-рятувальних підрозділів під час проведення оперативних дій з гасіння внутрішніх пожеж, а також при визначенні показників пожежної небезпеки будівельних матеріалів.

Ключові слова: внутрішня пожежа, температура, час теплового проникнення, коефіцієнт теплопровідності, швидкість виділення енергії

1. Вступ

В [1] визначено, що при проведенні оперативних дій під час гасіння пожеж в будівлях особовим складом пожежно-рятувальних підрозділів необхідно в першу чергу подати стволи для гасіння пожежі, якщо горіння відбувається на одному або декількох поверхнях, подати стволи на захист вище- і нижчерозташованих поверхів, суміжних приміщень та організувати на них розкривання конструкцій з порожнинами і їх проливання для попередження поширення вогню. Пожежі, що виникають в приміщеннях житлових будівель розповсюджуються назовні через 20–30 хв. при зачинених вікнах та дверях, а при відчинених – протягом декількох хвилин [2, 3]. Розвиток та розповсюдження внутрішньої пожежі в будівлі може відбуватися через комунікаційні отвори або через перегородку (стіну або стелю), що складає каркас приміщення будівлі. Під час розвитку внутрішньої пожежі, накопичення тепла у верхній частині приміщення будівлі значно підвищує температуру на стелі та утворює велику кількість димових гарячих газів. Випромінювання в верхній частині значно підвищують швидкість розповсюдження вогню та виділення тепла в залежності від осередку горіння. У зв'язку з вище наведеним увесь будівельний матеріал конструкції будівлі зазнає впливу підвищеної температури, що в свою чергу відображається на втраті граничних станів з вогнестійкості, а саме: цілісності, несучої спроможності та теплоізоляційної здатності [4–6]. Таким чином, досить актуальною є проблема щодо забезпечення безпеки

Fire safety. DOI: 10.52363/2524-0226-2022-35-13

особового складу пожежно-рятувального підрозділу під час гасіння внутрішніх пожеж в залежності від будівельного матеріалу конструкції будівлі.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Під час розвитку внутрішньої пожежі відбувається вплив полум'я на стіни будівлі і відповідно відбувається підвищення температури стіни та в залежності від будівельного матеріалу пожежа може поширюватися за межі приміщення. Звідси проведення дослідження із розвитку внутрішньої пожежі та поширення її є визначальним під час проведення оперативних дій особовим складом.

Так, в роботі [7] проведені дослідження щодо впливу питомої пожежної навантаги на розвиток пожежі. Під час досліджень встановлено, що час розвитку пожежі варіювався від 5 до 30 хв. в залежності від кількості та типу твердих горючих матеріалів, що знаходяться в приміщенні житлового будинку. За результатами досліджень встановлено, що облицювання стін будівельним матеріалом впливає на розвиток пожежі в приміщенні. Але в дослідженнях не враховано з якого матеріалу побудовані стіни та перегородки, однак, це є визначальним під час проведення оперативних дій особовим складом пожежно-рятувальних підрозділів. В роботі [8] проаналізовано чутливість комп'ютерного моделювання пожежі з використанням результатів симулятора динаміки пожежі (FDS) NIST до набору вхідних параметрів, пов'язаних із розповсюдженням пожежі. Під час проведення досліджень в якості вхідних параметрів задавалося місце виникнення пожежі та її площа, а також конвекція, при цьому відбувалося їх варіювання з метою визначення відповідного ступеня чутливості. Отримані результати дослідження показують, що розвиток пожежі буде відбуватися в залежності від кількості твердого горючого матеріалу та його розміщення в приміщенні житлового будинку. Встановлено, що даний програмний продукт не враховує під час досліджень температуру горючого середовища (димових газів) в приміщенні, а це, насамперед, впливає на стан розвитку пожежі і, відповідно, поширення її за межі приміщення за рахунок займання горючих конструкцій будівлі.

В роботі [9] проведені дослідження динаміки пожеж в висотних будівлях та будівлях підвищеної поверховості із застосуванням відомих моделей. Найбільшу увагу в дослідженнях було приділено умовам розповсюдження полум'я, що викидається із дверей приміщення будівлі, поширення полум'я по теплоізоляційним матеріалам фасаду й характеристики переносу диму по вентиляційним каналам в будівлі. Розглянуті моделі в дослідженнях здійснюють оцінку процесів розвитку пожеж в тривимірному вимірі без урахування деяких вихідних параметрів. А саме: як відбувається поширення полум'я і диму за вікном будівлі та як впливає напрямок вітру на поширення полум'я по теплоізоляційним матеріалам фасаду будівлі. В роботі [10] представлені результати дослідження висоти фасадного полум'я від пожежі в огорожі, що не вентилується та має отвір з бічними стінками. Дослідження проводилися із застосуванням моделі приміщення у формі куба з вертикальною фасадною стіною та двома бічними стінками із розмірами 0,4 м. При цьому температурний профіль всередині корпусу вимірювався термометрами, тоді як для отримання середньої висоти полум'я, що викидається, використовувалася камера CCD. Встановлено, що наявність та відстань між боковими стінками не впливає на критичну швидкість тепловиділення огороження, а також потужність полум'я в залежності від кількості твердих горючих матеріалів та конструкцій є визначальним під час розвитку пожежі із подальшим її розповсюдженням.

В роботі [11] проведені дослідження конструктивних матеріалів з яких побудована будівля. Під час досліджень здійснювався вимір температури газового середовища в середині приміщення та враховувався викид полум'я із приміщення. Встановлено, що при заданій швидкості подачі палива, температура газового

середовища в середині приміщенні нижче, а полум'я, що надходить із приміщення вище в атмосфері пониженого тиску за рахунок зменшеної витрати палива всередині приміщення та наявності окисника. З урахуванням цих змін моделі були сформовані з температурою газового середовища в середині приміщення, а також з полум'ям, що виходить з приміщення відповідно до впливу атмосферного тиску під час розвитку пожежі. В дослідженнях розглянуто питання тільки при поширенні пожежі крізь відкриті отвори, а поширення її за межі приміщенні будівлі, крізь її конструкції, не розглядалося.

Таким чином, невирішеною частиною проблеми є відсутність методів із визначення часу проникнення тепла від пожежі крізь стіну та коефіцієнта теплопровідності під час розвитку внутрішніх пожеж.

3. Мета і завдання дослідження

Метою даної роботи є дослідження розвитку та поширення внутрішніх пожеж в залежності від будівельного матеріалу конструкції будівлі.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

- визначити та обґрунтувати методику для дослідження температури в приміщенні та поширення тепла крізь стіну під час внутрішньої пожежі;
- провести дослідження щодо розрахунку часу теплового проникнення крізь стіну та коефіцієнта теплопровідності в залежності від будівельного матеріалу конструкції будівлі.

4. Розробка методики для визначення температурних параметрів при розвитку внутрішньої пожежі

Для проведення розрахунку стаціонарної температури шару гарячого газу в залежності від швидкості тепловиділення у заданий час у приміщенні під час розвитку внутрішньої пожежі використовуємо наступну систему рівнянь [12, 13].

Під час розвитку внутрішньої пожежі відбувається вплив вогню на стіни будівлі і відповідно відбувається підвищення температури стіни. Параметр, що характеризує теплопровідність або проведення тепла крізь стіну називається часом теплового проникнення і визначається за формулою [12, 13]:

$$\tau_{np} = \frac{\delta^2}{4a}, \quad (1)$$

де a – температуропровідність, визначається в залежності від будівельного матеріалу стіни (m^2/c); δ – товщина стіни (м).

При цьому коефіцієнт теплопровідності ($\text{Вт}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) визначається залежно від умов:

при $\tau_e < \tau_{np}$:

$$h_k = \sqrt{\frac{k\rho c}{\tau_e}}, \quad (2)$$

при $\tau_e \geq \tau_{np}$:

$$h_k = \sqrt{\frac{k}{\delta}}, \quad (3)$$

де c – питома теплоємність будівельного матеріалу стіни ($\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$); ρ – товщи-

на стіни (кг/м^3); k – теплопровідність ($\text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$).

Загальна площа стін приміщення знаходиться за формулою:

$$S_{\text{стін}} = (2LW) + (2LH) + (2WH) - A_0, \quad (4)$$

де L – довжина (м); W – ширина (м); H – висота (м); A_0 – площа отвору (м^2).

Температура гарячого газу визначається за формулою:

$$T_g = 6,85 \times \left(\frac{\dot{Q}_2}{A_0 \sqrt{H_0 h_k A_T}} \right) + T_0, \quad (5)$$

де \dot{Q}_2 – швидкість виділення енергії (кВт); W – ширина (м); H_0 – висота отвору (м); A_T – загальна площа стін приміщення без урахування площі отвору (м^2); T_0 – температура навколишнього середовища (К).

Вихідні умови для проведення розрахунку. Для проведення розрахунку з визначення часу проникнення тепла від пожежі крізь стіну врахуємо параметр пожежі такий як швидкість виділення енергії, що виділяється з матеріалу при горінні під час пожеж, швидкість виділення енергії наведено в табл. 1. Для подальших розрахунків приймаємо, що в приміщенні відбувається горіння м'якого крісла (500 кВт).

Табл. 1. Кількість теплоти, що виділяється з матеріалу при горінні під час пожежі [12, 13]

№ з/п	Найменування матеріалу	Швидкість виділення енергії
1	Кошик для сміття	50–100 кВт
2	Дерев'яний стілець з пінопластовим сидінням	200–500 кВт
3	М'яке крісло	500–1500 кВт
4	Диван м'який	1000–3000 кВт
5	Дзеркало розлитої ЛЗР на площі 1 м^2	2,5 МВт

Для проведення дослідження обираємо приміщення житлової будівлі з розмірами $3 \times 4 \times 3$ м та вентиляційним отвором (дверима) розміром $0,8 \times 2,0$ м. Загальний вид приміщення житлової будівлі та обстановка під час пожежі представлено на рис. 1.



Рис. 1. Загальний вид приміщення житлової будівлі та обстановка під час пожежі

Матеріал стін приймаємо товщиною 100 мм. В якості будівельних матеріалів використаємо найпоширеніші, такі як цегла, бетон, газобетон і керамзитобетон. Фізико-хімічні (теплові) властивості будівельних матеріалів приведені в табл. 2.

Табл. 2. Фізико-хімічні (теплові) властивості будівельних матеріалів

№ з/п	Матеріал	Теплопровідність, Вт/(м·К)	Питома теплоємність, Дж/кг·К	Густина, кг/м ³	Температура провідності, м ² /с
1	Цегла	0,69	840	1600	5,2·10 ⁻⁷
2	Бетон	0,8-1,4	880	1900-2300	5,7·10 ⁻⁷
3	Газобетон	0,14	1000	500	3,0·10 ⁻⁷
4	Керамзитобетон	0,35	840	800	6,2·10 ⁻⁷

З урахуванням рівнянь (1–5) та вихідних даних щодо розміру приміщення, швидкості виділення енергії (табл. 1), проведемо розрахунок часу теплового проникнення крізь стіну та коефіцієнта теплопровідності за чотирма варіантами в залежності від будівельного матеріалу стіни з використання даних наведених у табл. 2. Окрім проведення розрахунку побудуємо залежності температури нагрівання стіни від часу розвитку пожежі.

5. Перевірка працездатності методики визначення температурних параметрів при розвитку внутрішньої пожежі

При проведенні досліджень щодо розрахунку часу теплового проникнення крізь стіну та коефіцієнту теплопровідності за чотирма варіантами в залежності від будівельного матеріалу стін здійснимо з урахуванням часу розвитку пожежі з періодом 5, 10, 15, 20 хв. В якості осередку пожежі приймаємо (рис. 1) горіння м'якого крісла з урахуванням швидкості виділення енергії, що складає 500 кВт. Так, при I-ому варіанті проведення досліджень в якості будівельного матеріалу стіни з табл. 2. використаємо цеглу, II-й варіант – бетон, III-й варіант – газобетон; IV-й варіант – керамзитобетон, відповідно. Отримання графічних залежностей температури нагрівання стіни від часу розвитку пожежі отримаємо в залежності від варіанту проведення досліджень та в кожний період розвитку пожежі на 5, 10, 15, 20 хв. При цьому температуру навколишнього середовища приймаємо 293 К, а загальна площа стін приміщення житлової будівлі складає 64,4 м².

З урахуванням рівнянь (1–5) та вихідних параметрів щодо умов розвитку внутрішньої пожежі проведемо розрахунок коефіцієнта теплопровідності та часу теплового проникнення в залежності від часу розвитку пожежі за чотирма варіантами досліджень. Отримані результати наведені в табл. 3. Використовуючи отримані результати дослідження (табл. 2) побудуємо графічні залежності коефіцієнта теплопровідності та часу розвитку пожежі за чотирма варіантами досліджень [12, 13]. Отримані графічні залежності представлені на рис. 2. З представлених результатів дослідження маємо, що розвиток внутрішньої пожежі та перенесення тепла за межі приміщення залежить, насамперед, від будівельного матеріалу стіни чи перегородки. Так, в табл. 3 та на рис.2 наведені результати дослідження за чотирма варіантами та відповідно розрахунок коефіцієнта теплопровідності в залежності від часу розвитку внутрішньої пожежі. Встановлено, що при використанні в якості будівельного матеріалу із бетону коефіцієнт теплопровідності максимальний – 0,0823 Вт/(м²·К) на 5 хв. розвитку внутрішньої пожежі та 0,0412 Вт/(м²·К) на 20 хв., а із будівельний матеріал із газобетону мінімальний – 0,0153 Вт/(м²·К) на 5 хв. та 0,0076 Вт/(м²·К) на 20 хв.

Табл. 3. Результати розрахунку коефіцієнта теплопровідності та часу теплового проникнення в залежності від часу розвитку пожежі за умов, $\tau_{в} < \tau_{пр}$

I – варіант (цегла)				
Час розвитку пожежі, хв.	5	10	15	20
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м ² ·К)	0,0556	0,0393	0,0321	0,0278
Час теплового проникнення, с	81,15 хв.			
II – варіант (бетон)				
Час розвитку пожежі, хв.	5	10	15	20
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м ² ·К)	0,0823	0,0582	0,0475	0,0412
Час теплового проникнення, с	70,0 хв.			
III – варіант (газобетон)				
Час розвитку пожежі, хв.	5	10	15	20
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м ² ·К)	0,0153	0,0108	0,0088	0,0076
Час теплового проникнення, с	148,8 хв.			
IV – варіант (керамзитобетон)				
Час розвитку пожежі, хв.	5	10	15	20
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м ² ·К)	0,0280	0,0198	0,0162	0,0140
Час теплового проникнення, с	80,0 хв.			

Побудуємо графічні залежності температури підвищення стіни під час розвитку внутрішньої пожежі на 5 хв. та 20 хв. від швидкості виділення енергії за чотирма варіантами. Отримані графічні залежності представлені на рис. 2–б.

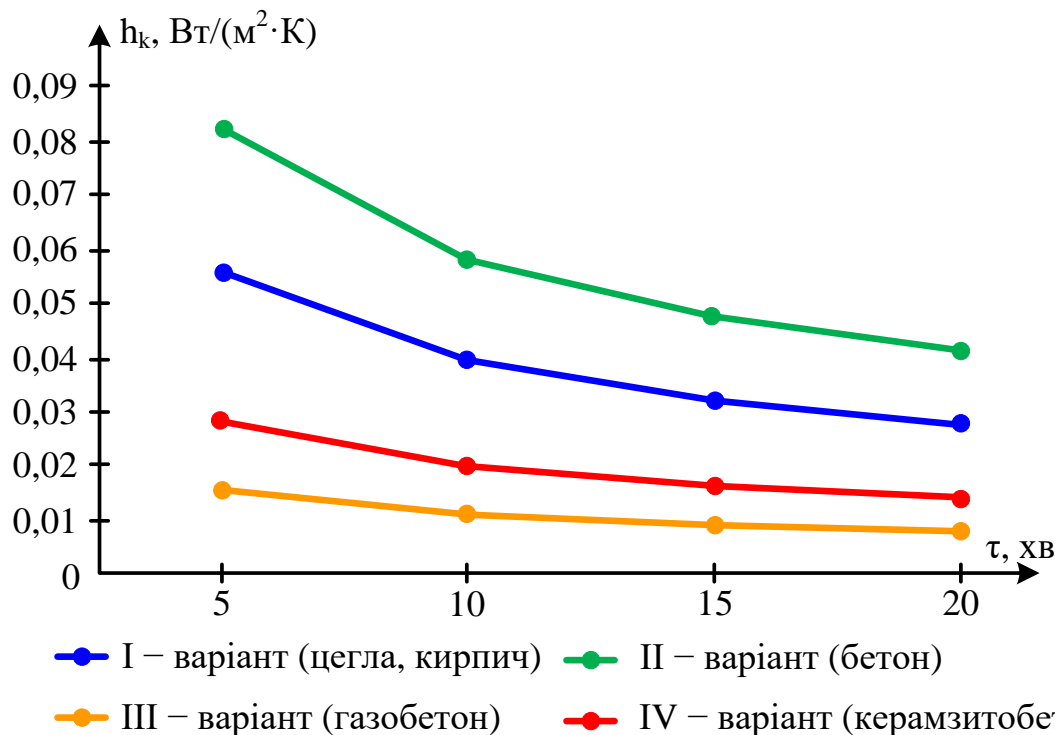


Рис. 2. Залежність коефіцієнта теплопровідності та часу розвитку пожежі за чотирма варіантами досліджень

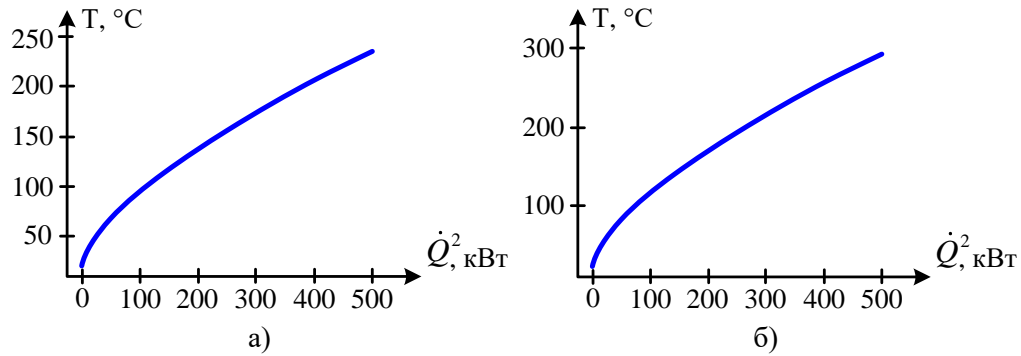


Рис. 3. Залежність підвищення температури стіни від швидкості виділення енергії за I-м варіантом (цегла): а) розвиток внутрішньої пожежі на 5 хв.; б) розвиток внутрішньої пожежі на 20 хв.

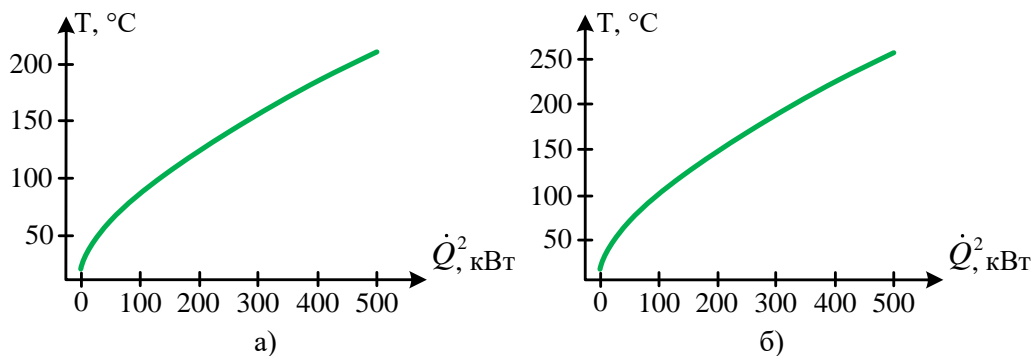


Рис. 4. Залежність підвищення температури стіни від швидкості виділення енергії за II-м варіантом (бетон): а) розвиток внутрішньої пожежі на 5 хв.; б) розвиток внутрішньої пожежі на 20 хв.

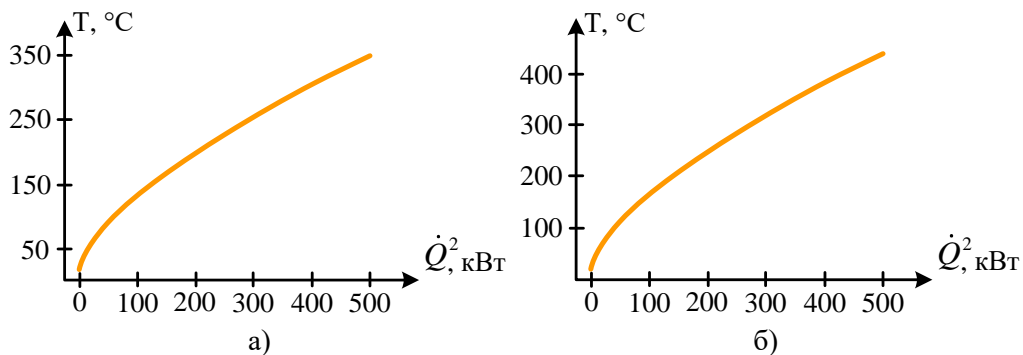


Рис. 5. Залежність підвищення температури стіни від швидкості виділення енергії за III-м варіантом (газбетон): а) розвиток внутрішньої пожежі на 5 хв.; б) – розвиток внутрішньої пожежі на 20 хв.

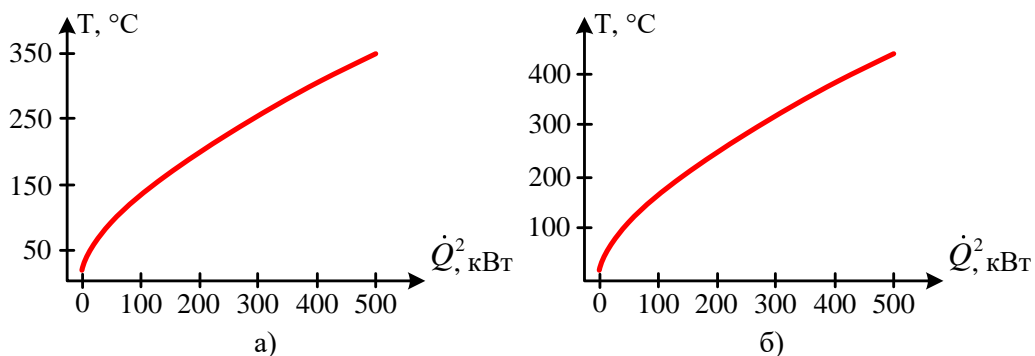


Рис. 6. Залежність підвищення температури стіни від швидкості виділення енергії за IV-м варіантом (керамзитобетон): а) розвиток внутрішньої пожежі на 5 хв.; б) розвиток внутрішньої пожежі на 20 хв.

Отримані графічні залежності дозволяють під час розвитку внутрішньої пожежі виявити залежність тепла на стіну приміщення відносно типу будівельного матеріалу стін, перегородки та твердого горючого матеріалу, що горить. Окрім цього встановлено, що час теплового проникнення крізь стіну за I-м варіантом складає 81,15 хв. (рис. 3), за II-м варіантом – 70,0 хв. (рис. 4) III-м варіантом – 148,8 хв. (рис. 5) IV-м варіантом – 80,0 хв. (рис. 6).

6. Обговорення результатів дослідження процесів, що відбуваються при розвитку внутрішньої пожежі

Під час проведення оперативних дій особовим складом пожежно-рятувальних підрозділів під час гасіння внутрішніх пожеж здебільше відбувається в умовах підвищеного ризику та небезпеки для їхнього життя внаслідок обвалення чи руйнування будівельних конструкцій. Тому, питання безпеки є визначальним. А це, насамперед, стосується оцінки будівельних конструкцій та граничного часу перебування особового складу пожежно-рятувального підрозділу в зоні пожежі. У зв'язку з вище наведеним в роботі проведені дослідження щодо розвитку та розповсюдження внутрішніх пожеж в залежності від будівельного матеріалу стін та перегородок конструкції будівлі. Для проведення досліджень запропоновано та використано методику, за допомогою якої визначено коефіцієнт теплопровідності та час теплового проникнення в залежності від часу розвитку пожежі за чотирма варіантами досліджень, тобто, при I-ому варіанті в якості будівельного матеріалу стіни використовували цеглу, II-й варіант – бетон, III-й варіант – газобетон, IV-й варіант – керамзитобетон. Так, з використанням рівнянь (1–5) та вихідних параметрів розвитку внутрішньої пожежі (табл. 1, 2) отримані розрахункові значення коефіцієнту теплопровідності та часу теплового проникнення в залежності від часу розвитку пожежі, що наведені в табл. 3.

Встановлено, що максимальне значення часу теплового проникнення крізь стіну із газобетону становить 148,8 хв., а мінімальне значення крізь стіну із керамзитобетону становить 80,0 хв. Стосовно коефіцієнту теплопровідності: при використанні в якості будівельного матеріалу стіни із бетону значення його максимальне – 0,0823 Вт/(м²·К) на 5 хв. розвитку внутрішньої пожежі та 0,0412 Вт/(м²·К) на 20 хв., а якщо стіна із газобетону, то значення мінімальне – 0,0153 Вт/(м²·К) на 5 хв. та 0,0076 Вт/(м²·К) на 20 хв. Отримані графічні залежності коефіцієнта теплопровідності та часу розвитку пожежі за чотирма варіантами досліджень, що наведені на рис. 2. При цьому криві на графіку відображають стан та поведінку будівельного матеріалу при розвитку внутрішньої пожежі в приміщенні будівлі.

Також, досліджено залежність підвищення температури стіни від швидкості виділення енергії (500 кВт) за чотирма варіантами розвитку внутрішньої пожежі на 5 хв. та на 20 хв. Отримані графічні залежності наведені на рис. 3–6. Встановлено, що мінімальне значення температури стіни із бетону, в залежності від швидкості виділення енергії на 5 хв. розвитку пожежі, складає близько 208 °С, а на 20 хв. – 260 °С (рис. 4). При цьому максимальне значення температури стіни із газобетону та керамзитобетону на 5 хв. розвитку пожежі складає близько 350 °С, а на 20 хв – 440 °С (рис. 5, 6).

Проведені дослідження розвитку внутрішньої пожежі та безпосередньо вплив на будівельний матеріал стін та перегородок, з яких складається конструкція будівлі, є дуже важливим при проведенні оперативних дій під час гасіння по-

жеж особовим складом пожежно-рятувальних підрозділів. Окрім напрямку гасіння пожеж, проведенні дослідження доцільності використання під час обґрунтування та визначення показників пожежної небезпеки будівельних матеріалів з яких складається конструкція будівлі.

Подальші дослідження потребують продовження за напрямком визначення та обґрунтування параметрів будівельного матеріалу при розвитку внутрішньої пожежі стосовно показників задимленості.

7. Висновки

1. Проведені дослідження впливу будівельного матеріалу конструкції будівлі на розвиток внутрішньої пожежі. Із використанням запропонованої методики визначено коефіцієнт теплопровідності та час теплового проникнення в залежності від часу розвитку пожежі за чотирма варіантами досліджень, а саме: при I-ому варіанті в якості будівельного матеріалу стіни використовували цеглу, II-й варіант – бетон, III-й варіант – газобетон, IV-й варіант – керамзитобетон. При цьому, час розвитку пожежі задавався з періодом 5, 10, 15, 20 хв., швидкість виділення енергії при горіння – 500 кВт, температура навколишнього середовища – 293 К, товщина стін – 100 мм, а загальна площа стін приміщення житлової будівлі – 64,4 м².

2. Проведено розрахунок часу теплового проникнення крізь стіну та коефіцієнта теплопровідності в залежності від будівельного матеріалу конструкції будівлі. Побудовані графічні залежності коефіцієнта теплопровідності та часу розвитку пожежі за чотирма варіантами досліджень за якими встановлено, що при використанні в якості будівельного матеріалу із бетону коефіцієнт теплопровідності максимальний – 0,0823 Вт/(м²·К) на 5 хв. розвитку внутрішньої пожежі, та 0,0412 Вт/(м²·К) на 20 хв., а мінімальне значення відповідає будівельному матеріалу із газобетону – 0,0153 Вт/(м²·К) на 5 хв. та 0,0076 Вт/(м²·К) на 20 хв. При цьому, час теплового проникнення крізь стіну за I-м варіантом складає 81,15 хв., за II-м варіантом – 70,0 хв., III-м варіантом – 148,8 хв., IV-м варіантом – 80,0 хв. Також отримані графічні залежності щодо підвищення температури стіни від швидкості виділення енергії за чотирма варіантами під час розвитку внутрішньої пожежі на 5 хв. та 20 хв. Встановлено, що мінімальне значення температури стіни із бетону в залежності від швидкості виділення енергії на 5 хв. розвитку пожежі складає близько 208 °С, а на 20 хв. – 260 °С (рис. 4). При цьому максимальне значення температури стіни із газобетону та керамзитобетону на 5 хв. розвитку пожежі складає близько 350 °С, а на 20 хв – 440 °С (рис. 5, 6). Отримані результати проведених досліджень дають змогу підвищити рівень оперативної готовності особового складу пожежно-рятувальних підрозділів під час проведення оперативних дій з гасіння внутрішніх пожеж, а також при визначенні показників пожежної небезпеки будівельних матеріалів.

Література

1. Наказ МВС від 26.04.2018 № 340 «Про затвердження Статуту дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0801-18#Text>

2. Дубінін Д. П. Дослідження вимог до перспективних засобів пожежогасіння тонкорозпиленою водою. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2021. № 33. С. 15–29. doi: 10.52363/2524-0226-2021-33-2

3. Дубінін Д. П., Лісняк А. А., Шевченко С. М., Криворучко Є. М., Гапоненко Ю. І. Експериментальне дослідження розвитку пожежі в будівлі. Проблеми надзвичайної безпеки. doi: 10.52363/2524-0226-2022-35-13

чайних ситуацій. 2021. № 34. С. 110–121. doi: 10.52363/2524-0226-2021-34-8

4. Fire Engineering. FDIC International. URL: <https://www.fireengineering.com/>
5. NFPA 921. Guide for Fire and Explosion Investigations, 2017.
6. NFPA 1410. Standard on Training for Initial Emergency Scene Operations, 2020.
7. Kerber S. Analysis of Changing Residential Fire Dynamics and Its Implications on Firefighter Operational Timeframes. Fire Technology. 2012. 48. P. 865–891. doi: 10.1007/s10694-011-0249-2
8. Jahn W., Rein G., Torero J. L. The Effect of Model Parameters on the Simulation of Fire Dynamics. Fire Safety Science. 2008. 9. P. 1341–1352. doi: 10.3801/IAFSS.FSS.9-1341
9. Sun J., Hu L., Zhang Y. A review on research of fire dynamics in high-rise buildings. Theoretical and Applied Mechanics Letters. 2013. 3(4). P. 1–13. doi: 10.1063/2.1304201
10. Lu K., Hu L., Tang F., Delichatsios M., Zhang X., He L. Facade Flame Heights from Enclosure Fires with Side Walls at the Opening. Procedia Engineering. 2013. 62. P. 202–210. doi: 10.1016/j.proeng.2013.08.056
11. Hu L., Tang F., Delichatsios M. A., Wang Q., Lu K., Zhang X. Global behaviors of enclosure fire and façade flame heights in normal and reduced atmospheric pressures at two altitudes. International Journal of Heat and Mass Transfer. 2013. 56. P. 119–126. doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2012.09.050
12. Karlsson B., Quintiere J. Enclosure Fire Dynamics. CRC Press. 1999. № 1. P. 336.
13. Karlsson B., Quintiere J. Enclosure Fire Dynamics. CRC Press. 2018. № 2. P. 382.

D. Dubinin, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department

A. Lisniak, PhD, Associate Professor, Head of the Department

S. Shevchenko, PhD, Lecturer of the Department

I. Krivoruchko, Lecturer of the Department

Yu. Gaponenko, Lecturer of the Department

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

STUDY OF THE INFLUENCE OF BUILDING MATERIAL ON THE STRUCTURE OF BUILDINGS ON THE DEVELOPMENT OF INTERNAL FIRE

Researches of influence of building material of a design of a building on development of an internal fire are carried out. Brick was used as a building material in the first variant, concrete in the second variant, aerated concrete in the third variant, and expanded clay concrete in the fourth variant. Taking into account the proposed method and conditions of internal fire development, graphical dependences of thermal conductivity coefficient and fire development time are constructed, according to which it is established that when using concrete as a building material – maximum thermal conductivity coefficient – 0,0823 W/(m²·K) for 5 min internal fire, and 0.0412 W/(m²·K) for 20 min, and from aerated concrete minimum – 0,0153 W/(m²·K) for 5 min and 0.0076 W/(m²·K) for 20 min. At the same time, the time of thermal penetration through the wall according to the first option is 81,15 minutes, according to the second option – 70,0 minutes, the third option – 148,8 minutes, the fourth option – 80,0 minutes. There are also graphical dependences on the increase in wall temperature on the rate of energy release in four variants during the development of internal fire for 5 minutes and 20 minutes. It is established that the minimum value of the temperature of the concrete wall, depending on the rate of energy release for 5 minutes of fire development is about 208 °C, and for 20 minutes – 260 °C. The maximum value of the temperature of the wall of aerated concrete and expanded clay concrete for 5 minutes of fire development is about 350 °C, and for 20 minutes – 440 °C. The results of the research allow to increase the level of operational readiness of the personnel of fire and rescue units during the operational actions to extinguish internal fires, as well as in determining the fire hazard of building materials.

Keywords: internal fire, temperature, time of thermal penetration, coefficient of thermal conductivity, rate of energy release

References

1. Nakaz MVS № 340. (2018). Pro zatverdzhennja Statutu dij organiv upravlinnja ta pidrozdiliv Operatyvno-rjatuval'noi' sluzhby cyvil'nogo zahystu pid chas gasinnja pozhezh. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0801-18#Text>
2. Dubinin, D. (2021). Doslidzhennja vymog do perspektyvnyh zasobiv pozhezho-gasinnja tonkorozpylenoju vodoju. Problemy nadzvychajnyh situacij, 33, 15–29. doi: 10.52363/2524-0226-2021-33-2
3. Dubinin, D., Lisniak, A., Shevchenko, S., Krivoruchko, I., Gaponenko, Yu. (2021). Eksperymental'ne doslidzhennja rozvytku pozhezhi v budivli. Problemy nadzvychajnyh situacij, 34, 110–121. doi: 10.52363/2524-0226-2021-34-8
4. Fire Engineering. FDIC International. Retrieved from <https://www.fireengineering.com>
5. NFPA 921. (2017). Guide for Fire and Explosion Investigations.
6. NFPA 1410. (2020). Standard on Training for Initial Emergency Scene Operations.
7. Kerber, S. (2012). Analysis of Changing Residential Fire Dynamics and Its Implications on Firefighter Operational Timeframes. Fire Technology, 48, 865–891. doi: 10.1007/s10694-011-0249-2
8. Jahn, W., Rein, G., Torero, J. L. (2008). The Effect of Model Parameters on the Simulation of Fire Dynamics. Fire Safety Science, 9, 1341–1352. doi: 10.3801/IAFSS.FSS.9-1341
9. Sun, J., Hu, L., Zhang, Y. (2013). A review on research of fire dynamics in high-rise buildings. Theoretical and Applied Mechanics Letters, 3(4), 042001. doi: 10.1063/2.1304201
10. Lu, K., Hu, L., Tang, F., Delichatsios, M., Zhang, X., He, L. (2013). Facade Flame Heights from Enclosure Fires with Side Walls at the Opening. Procedia Engineering, 62, 202–210. doi: 10.1016/j.proeng.2013.08.056
11. Hu, L., Tang, F., Delichatsios, M. A., Wang, Q., Lu, K., Zhang, X. (2013). Global behaviors of enclosure fire and façade flame heights in normal and reduced atmospheric pressures at two altitudes. International Journal of Heat and Mass Transfer, 56, 119–126. doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2012.09.050
12. Karlsson, B., Quintiere, J. (1999). Enclosure Fire Dynamics. CRC Press, 1, 336.
13. Karlsson, B., Quintiere, J. (2018). Enclosure Fire Dynamics. CRC Press, 2, 382.

Надійшла до редколегії: 19.04.2022

Прийнята до друку: 14.06.2022