

УДК 624.131.64

І.П. Данкевич, С.В. Прохоренко, д-р техн. наук, Т.М. Шналь, канд. техн. наук, Т.Б. Юзьків, канд. техн. наук, О.М. Коваль, канд. техн. наук

ДОСЛІДЖЕННЯ НАГРІВУ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІД ЧАС ПОЖЕЖІ У ЖИТЛОВОМУ ПРИМІЩЕННІ

У даній статті описано дослідження нагріву огороджувальних конструкцій під час пожежі. Під час експериментів було використано контактний та безконтактний способи виміру температури, що дало змогу отримати чималий числовий та графічний матеріал. Розглянуто характер прогріву огороджувальних конструкцій із врахуванням розташування отворів у стінах.

Ключові слова: пожежа, вогнестійкість, огороджувальні конструкції, пожежне навантаження.

I. Dankevych, S. Prokhorenko, Doct. of Sc. (Eng.), T. Shnal, Cand. of Sc. (Eng.), T. Yuzkiv, Cand. of Sc. (Eng.), Sen. Lect., O. Koval, Cand. of Sc. (Eng.)

RESEARCH OF THE HEATING PROCESS OF FENCING CONSTRUCTIONS AT THE TIME OF FIRE WITHIN A LIVING SPACE

This work describes researches of the heating process of the fencing constructions at the time of fire. Contact and non-contact methods of the temperature measuring have been realized at the time of the experiments that allowed derivation of large numeric and graphic materials. Heating pattern of the fencing constructions taking into consideration positioning of the penings in the walls is overhauled.

Keywords: fire, fire resistance rating, fencing constructions, fire load.

За звичайних умов експлуатації довговічність конструкцій будівель та споруд може складати десятки років, проте під час пожежі різка зміна температури може призвести до повного руйнування конструкцій за десятки хвилин [1].

Надійність будівлі під час пожежі згідно з ДБН В.1.2–7:2008 забезпечується відповідною межею вогнестійкості її конструктивних елементів. Крім забезпечення загальної стійкості основної конструкції, важливу увагу слід приділити запобіганню та обмеженню поширення пожежі на сусідні будівлі [2].

Українські норми і правила щодо забезпечення пожежної безпеки будівель та споруд містять вимоги меж вогнестійкості для несучих та самонесучих конструктивних елементів, у них подані опис процедури випробувань будівельних конструкцій на вогнестійкість, також визначено умови проведення цих випробувань, прилади та засоби вимірювальної техніки тощо [3].

Згідно з [3] межа вогнестійкості будівельних конструкцій визначається проміжком часу від початку вогневого випробування за стандартним температурним режимом до настання одного з нормованих для даної конструкції граничних станів з вогнестійкості, а саме:

- втрати несучої здатності (R);
- втрата цілісності (E);
- втрата теплоізолювальної здатності (I).

Під втратою несучої здатності розуміють обвалення конструкції або виникнення граничних деформацій. Під втратою цілісності розуміють утворення в конструкції тріщин чи наскрізних отворів, через які можуть проникати полум'я чи дим. Під втратою теплоізолювальної здатності розуміють перевищення середньої температури на необігрівній

поверхні зразка над початковою середньою температурою цієї поверхні на 140 °С або перевищення температури в довільній точці необігрівної поверхні зразка над початковою температурою в цій точці на 180 °С [3].

Згідно з [2] мінімальна межа вогнестійкості (у хвиликах) для огороджувальних (зовнішніх, ненесучих) конструктивних елементів залежно від ступеня вогнестійкості будівлі становить E15 та E30 (тобто відповідно 15 та 30 хв.).

Вплив пожежі на будівельні конструкції буде відрізнятися залежно від властивостей матеріалу, з якого виготовлено конструкції (дерево, метал, залізобетон тощо).

На вогнестійкість конструкцій також впливає вологість матеріалів конструкцій. Нагрівання вологих конструкцій проходить повільніше, ніж сухих за рахунок утворення зони випаровування вологи, при цьому певна кількість тепла витрачається на пароутворення. Ефект сповільненого прогріву є позитивним моментом, проте наявність вологи всередині конструкції в умовах пожежі обумовлює значний градієнт температури, розвиток поля надлишкового тиску, фільтраційні потоки та різкі перепади вмісту вологи по перерізу конструкції. У структурі матеріалу в прилеглих зонах до обігрівальної поверхні різко накопичуються пошкодження у вигляді утворення й розвитку мікротріщин, що призводить до вибухоподібного руйнування конструкції. Таке явище особливо небезпечне для тонкостінних конструкцій [1].

На інтенсивність нагрівання конструкцій впливають наступні теплофізичні характеристики матеріалів конструкцій: коефіцієнт тепло-провідності λ , Вт/м·К; питома теплоємність c , Дж/кг·К; коефіцієнт температуропровідності a , м²/с; а також ступінь чорноти поверхні матеріалу тощо [4].

Визначати вплив пожежі на вогнестійкість конструкцій слід із урахуванням умов їх нагрівання і способу з'єднання конструкцій між собою. Під час пожежі залежно від умов нагрівання виникає одностороннє (характерне для стін, перегородок, плоских конструкцій перекриття і покриття), двостороннє, тристороннє (характерне для стрижневих несучих конструкцій: балки перекриття і покриття, арки, рами, верхні пояси ферм, колони крайнього ряду, а також ребра ребристих панелей) і чотирьохстороннє (характерне для колон середніх рядів) нагрівання конструкцій. Очевидно, що варіант чотиристороннього нагрівання найгірше впливає на несучу здатність конструкції [4].

Окрім високих температур, важливим фактором впливу пожежі на вогнестійкість конструктивних елементів є тривалість її розвитку і загасання. Будівельні конструкції не завжди встигають прогрітися до значень критичних температур при короткотривалій стадії розвитку пожежі. Під час пожежі конструкції можуть вичерпати запас несучої здатності і на стадії загасання, що характерно для залізобетонних конструкцій [4].

Згідно з [5, 6] розвиток пожежі (відповідно і нагрів конструктивних елементів) можна детально описати за допомогою багатозонавої моделі, проте при створенні зональних моделей роблять велику кількість спрощень і допущень, які базуються на структурі потоку.

Мета роботи полягала в дослідженні температурних режимів реальних пожеж у моделях житлових приміщень, зокрема у дослідженні нагріву огороджувальних конструктивних елементів.

Досліджуючи реальні температурні режими пожежі у житлових приміщеннях, ми отримали чималу базу даних, згідно якої можна отримати картину реального температурного режиму, якому піддавалися зокрема огороджувальні конструктивні елементи.

На рис. 1 наведено одну із 5-ти моделей житлових кімнат для дослідження температурних режимів під час пожежі [7]. Треба відмітити, що під час експериментів було застосовано кілька різних комплектів обладнання, зокрема застосували контактний (за допомогою 32-ох термопар) та безконтактний (за допомогою тепловізора Fluke-Ti25) способи вимірів температури.

Розвиток пожежі в часі у моделі приміщення С представлений на рис. 2, де у порівнянні із параметричною та стандартною кривими подані експериментальні криві температура-час як для середньооб'ємних значень, так і для максимальних.

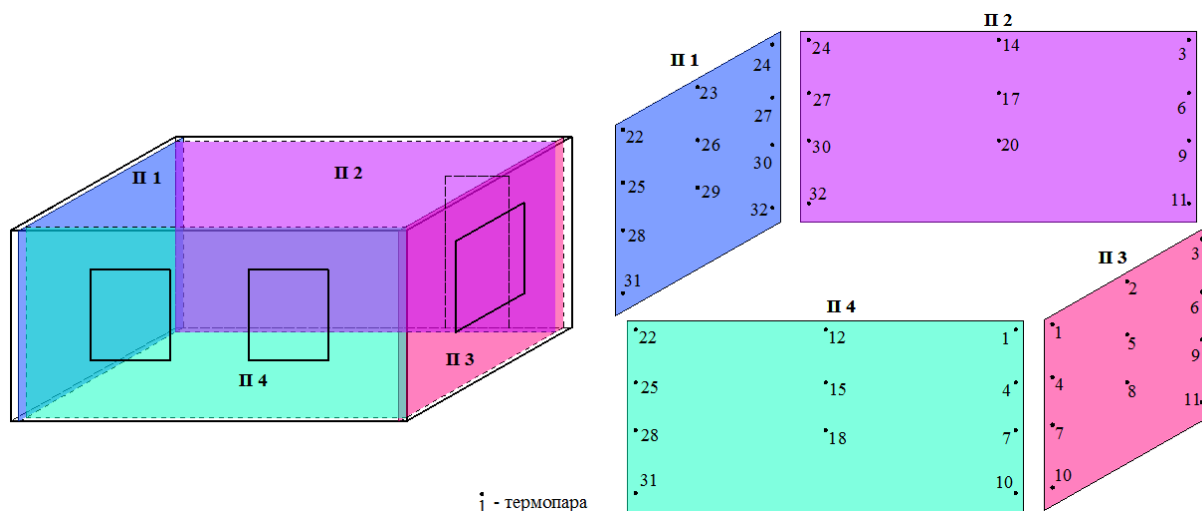


Рисунок 1 – Схема моделі приміщення С та розташування термопар у площинах П1-П4

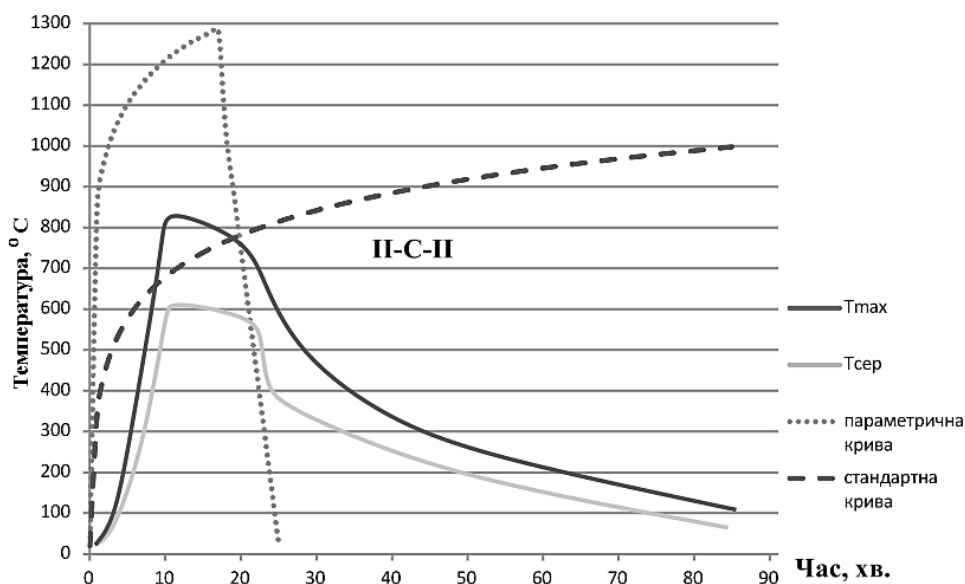


Рисунок 2 – Розвиток пожежі II-C-II в часі у поєднанні зі стандартною та параметричною кривою (МДж/м^2 , $\text{м}^{1/2}$).

Як бачимо із рис. 2, температура досягла максимального значення С на хв.

За допомогою тепловізора -

- С.

У той же час (хв.) всередині об'єму поблизу внутрішніх поверхонь огороджуючих ко -

С порівняно із протилежною площиною П1. Температурні поля площини П2 зумовлені наявністю дверей у відповідній стіні, таким чином вищі температури зафіксовані у лівій частині площини П2 (рис. 4, б)). Цікавим є розподіл тепла поблизу стіни із двома вікнами (рис. 4, в)): максимальні

температури зосереджені у «простінку» між вікнами, причому внизу, а не вгорі. Очевидно, це можна пояснити складним динамічним процесом перемішування гарячих газів та холодного повітря під час пожежі.

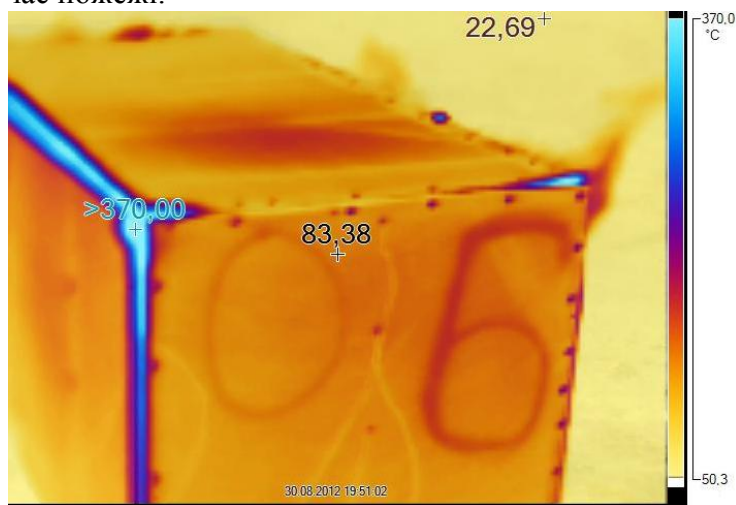


Рисунок 3 – Нагрів зовнішніх поверхонь огорожувальних конструктивних елементів (хв.)

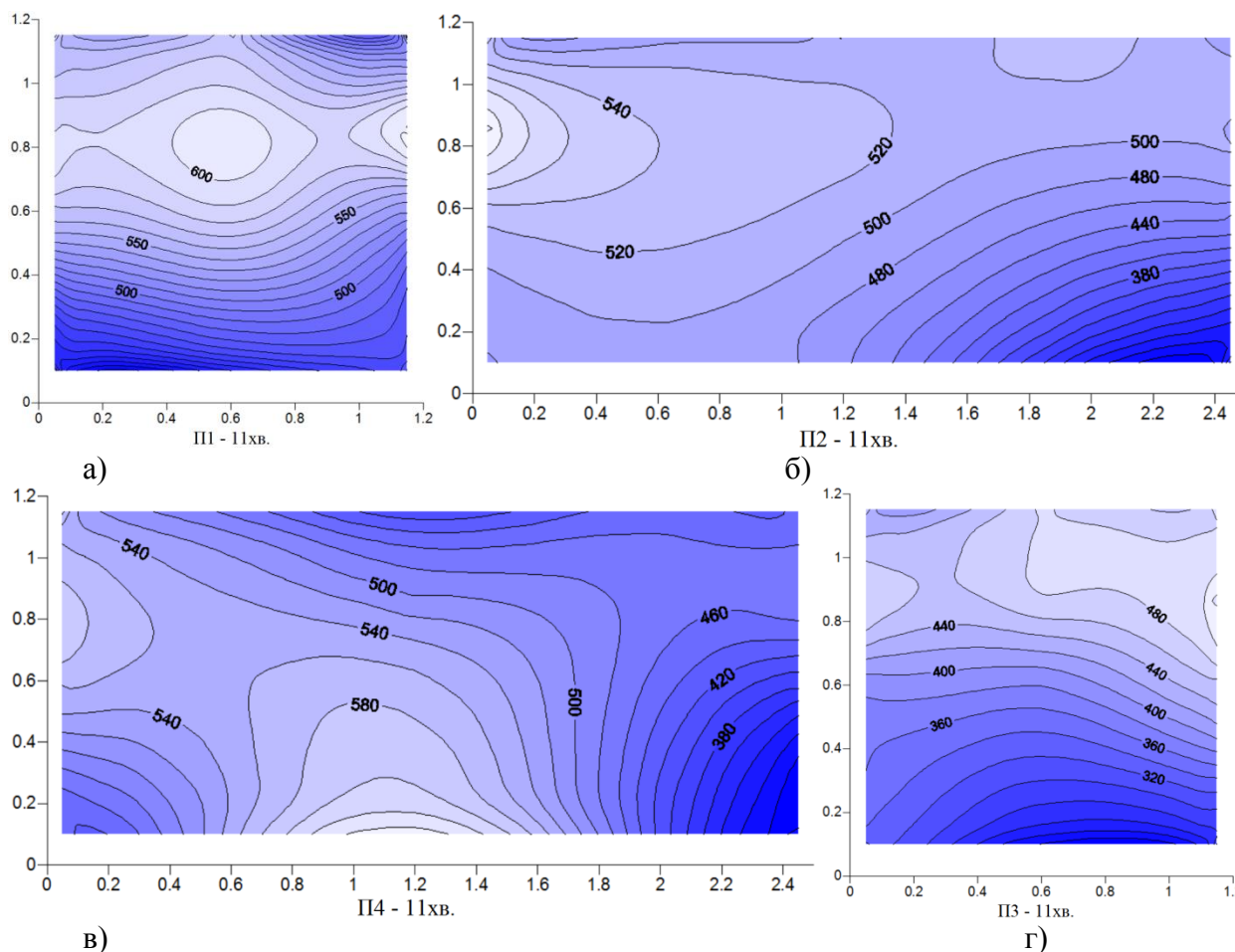


Рисунок 4 – Температурний режим під час пожежі П-С-П: а), б), в), г) відповідно у площинах П1–П4 (хв.)

Для порівняння маємо фото нагріву зовнішніх поверхонь огорожувальних конструкцій на 20-ту хв. (рис. 6): нагрів конструкцій у м С.

У той же час (

- С (рис. 6).

Рис. 6 відповідає стадії повного розвитку пожежі, коли газу всередині приміщення «перемішані», що вплинуло на підвищення температури і в крайніх площинах П1-П4 (порівняно із 11-ою хв., рис. 4). Як бачимо, максимальні температури тепер реєструються здебільшого у верхніх шарах (рис. 6, а).

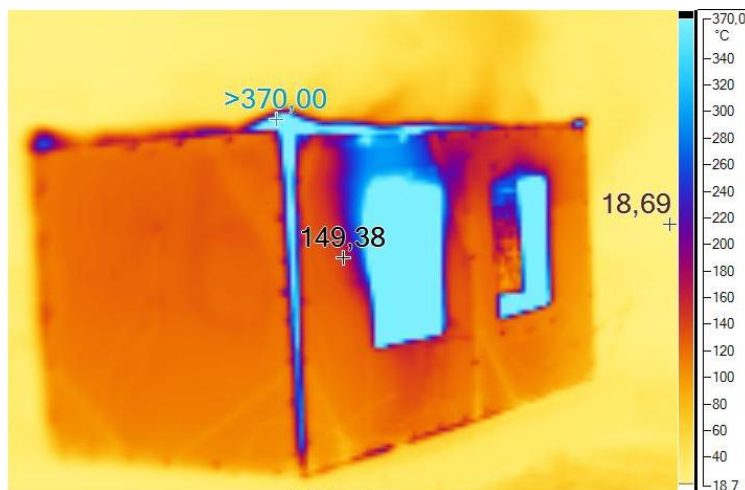
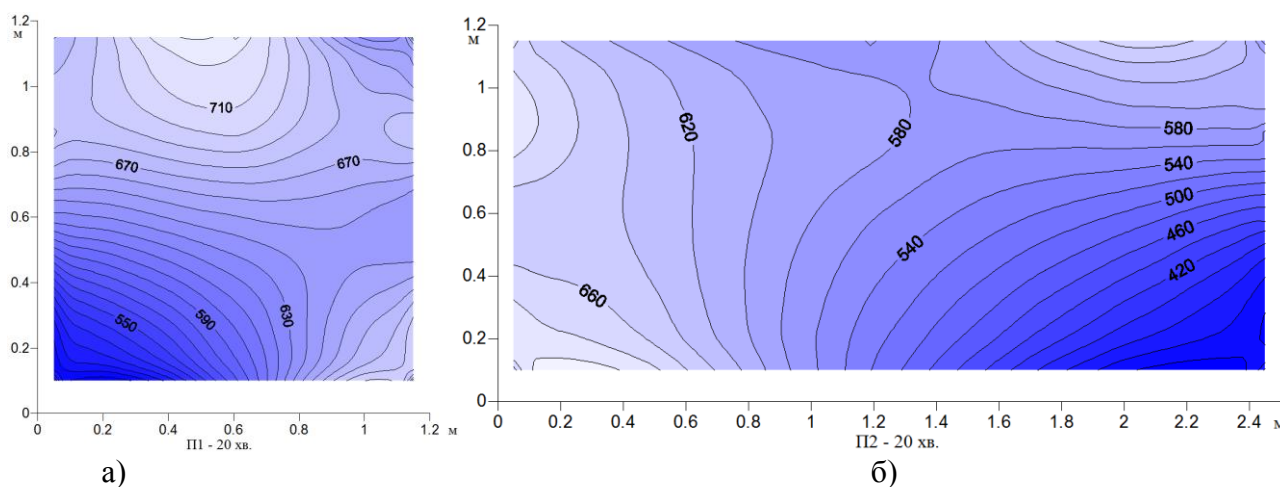
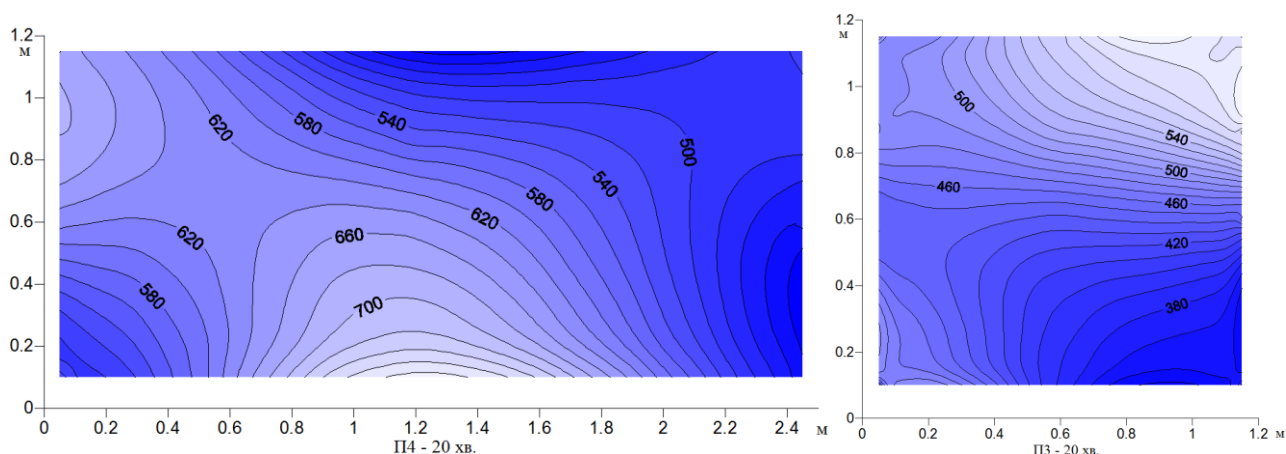


Рисунок 5 – Нагрів зовнішніх поверхонь огорожувальних конструктивних елементів (хв.)

Якщо взяти до уваги опис розвитку пожежі на основі багатозонавої моделі розвитку пожеж [5, 6], та порівняти з рис. 4, рис. 6, то отримаємо наступне:

- якщо ще на початку стадії повного розвитку пожежі на коротких стінах без отворів (рис. 4, а) можна умовно виділити шари по вертикалі, то під час більш внормованого температурного розподілу (рис. 6) ця залежність зникає;
- навіть навпаки: у стадії повного розвитку у глухих кутах (без отворів) проявляються вертикальні шари розподілу температури (рис. 6, б), а не горизонтальні.





в)

г)

Рисунок 6 – Температурний режим під час пожежі П-С-П: а), б), в), г) відповідно у площинах П1–П4 (хв.)

На підставі проведених досліджень зроблено такі **висновки**:

- вплив пожежі на експоновані будівельні конструкції неоднозначний: по-різному нагріваються стіни та конструкції покриття. Характер нагріву конструктивних елементів залежить від умов вентиляції, тобто взаємного розташування отворів в огорожувальних конструкціях, а також від величини пожежного навантаження та його розташування тощо;
- конструктивні елементи нагріваються нерівномірно по висоті та довжині. Наявність холодних та гарячих зон у межах конструкції створює градієнт температури, який негативно впливає на несучу здатність тощо;
- багатозонава модель розвитку пожежі не підтверджується експериментальними даними. Умови вентиляції, створені отворами у стінах, будуть підтримувати рух газів в об'ємі приміщення, який відрізнятиметься від рівномірних прошарків по вертикалі (як це прийнято у багатозонавій моделі).

Наведені експериментальні дані не враховують місцевого затінення конструкцій, що можливе, наприклад, за наявності в об'ємі приміщення певних негорючих чи важкогорючих матеріалів архітектурних форм.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Алексашенко А.А., Кошмаров Ю.А., Молчадский И.С. Тепломассоперенос при пожаре.– М. : Стойиздат, 1982. – 175 с.
2. ДБН В.1.2–7:2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. – 2008. – 31 с.
3. ДСТУ Б В.1.1-4-98*. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. – 2005. – 43 с.
4. Молсаков И.Л., Плюсниа Г.Ф., Фролов А.Ю. Огнестойкость строительных конструкций. – М.: СПЕЦТЕХНИКА, 2001. – 483с.
5. Шналь Т.М. Характеристика моделей розвитку пожеж [Текст] / Т.М. Шналь, І.П. Синенько, М.І. Стасюк // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» «Теорія і практика будівництва». – 2011. – № 697. – С. 252–256.
6. Chen Xiaojun. A multi-layer zone model for predicting fire behavior in a fire room [Text] / Chen Xiaojun, Yang Lizhong, Deng Zhihua, Fan Weicheng // Fire Safety Journal. – 2005. – № 40. – P.p. 267–281.
7. Данкевич І.П. Вплив розташування отворів та пожежної навантаги на температурні режими пожеж у модельних приміщеннях [Текст] / І.П. Данкевич, С.В. Прохоренко, Т.М. Шналь, Т.Б. Юзьків // Науковий вісник УкрНДПБ. – 2012. – № 2 (26). – С. 138–143.