

Б.Г. Демчина, А.П. Половко*, Р.Б. Веселівський*

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра будівельних конструкцій і мостів

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,
кафедра наглядово-профілактичної діяльності

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО ПІНОБЕТОНУ ЯК ВОГНЕЗАХИСНОГО МАТЕРІАЛУ

© Демчина Б. Г., Половко А. П., Веселівський Р. Б., 2010

Виконано дослідження конструктивно-теплоізоляційного пінобетону на вогнестійкість за ознакою втрати теплоізолюючої здатності та можливість його використання як вогнезахисного матеріалу.

Ключові слова: пінобетон, вогнестійкість, вогнезахисний матеріал

The article considers the experiment on the constructive and heat-insulating foam concrete as to the fire resistance for heat-insulating ability loss and the possibility of its usage as the fire-protective material.

Keywords: foam concrete, fire resistance, fire-protective material

Постановка проблеми. У сучасному будівництві все більше застосовуються нові конструктивні схеми будівель на основі раціонального використання міцнісних і теплофізичних властивостей матеріалів. Це приводить до значного полегшення конструктивних елементів, зменшення товщини їх перерізів.

За дії високих температур пожежі такі конструкції, навіть якщо вони виконані з негорючих матеріалів, швидко прогріваються або руйнуються, тобто не мають достатньої вогнестійкості.

Для обмеження зменшення міцності металевих конструкцій в умовах пожежі необхідно зменшити швидкість їх нагрівання. З цією метою використовують спеціальний вогнезахист. Для металевих конструкцій використовують два методи вогнезахисту – тепловідвід і теплоізоляцію.

Для вогнезахисту методом теплоізоляції, як правило, застосовують три способи:

- облицювання металу негорючими матеріалами;
- встановлення теплоізолюючих облицювань (екранів);
- нанесення вогнезахисних покриттів.

Традиційним способом вогнезахисту металевих конструкцій є облицювання їх негорючими будівельними матеріалами – цеглою, бетоном, цементно-піщаними або іншими штукатурками.

Незахищені металеві конструкції залежно від товщини елементів перерізу і діючих напружень мають межу вогнестійкості 6–24 хв. Метали є неспалимими матеріалами, але мають високу теплопровідність та втрачають міцність при нагріванні до 500 °С. Їхній вогнезахист полягає в створенні на поверхні металевих елементів конструкцій теплоізолюючих екранів, що витримують дію вогню або високих температур. Наявність екранів дає змогу конструкціям при пожежі зберігати свої функції протягом заданого часу. Такі теплоізолюючі екрани можуть бути створені за допомогою оббетонування, плитних і штучних матеріалів, покриттів, фарб.

Сферу застосування різноманітних засобів вогнезахисту визначають з урахуванням необхідної межі вогнестійкості металеві конструкції, її типу й орієнтації у просторі (колони, стійки, ригелі, балки, зв'язки), виду навантаження, що діє на конструкцію (статичне, динамічне), температурно-вологісного режиму експлуатації і виконання робіт із вогнезахисту (сухі, мокрі процеси), ступеня агресивності навколишнього середовища, збільшення навантаження на конструкцію за рахунок вогнезахисту, естетичних вимог тощо.

Авторами виконана спроба як зовнішній захист металевих конструкцій від дії високих температур пожежі використати пінобетон, який є добрим теплоізолятором та дуже легким, що не призведе до перевантаження конструкцій.

Пінобетон є одним із найефективніших сучасних будівельних матеріалів з дуже широкою сферою використання. Ефективність пінобетону зумовлена: простотою устаткування для виготовлення пінобетонної суміші; мобільністю установок; можливістю варіювання властивостей пінобетону від теплоізоляційного з маркою за середньою густиною D150 до конструкційного з маркою за середньою густиною D1200; низькою матеріаломісткістю, оскільки заповнювачем є повітря; високою економічністю.

Пінобетон є порівняно однорідним, якщо порівнювати його зі звичайним бетоном, оскільки він не містить великого заповнювача, однак проявляє змінні властивості. Властивості пінобетону залежать від його мікроструктури (системи порот і стінок) та складу, від виду в'язучого, методу поризації і догляду під час тужавіння. Хоча пінобетон спочатку вважався лише добрим теплоізолюючим матеріалом, нещодавно знову зацікавились його конструкційними властивостями з огляду на його меншу вагу, економію матеріалів та можливість масштабної утилізації відходів, таких як зола виносу.

Перше значне дослідження пінобетону як матеріалу на міцність тощо виконав Валор [1, 2], детальні випробування – Рундаї [3] та Шорт і Кіннібург [4]. Поведінка пінобетону в умовах високих температур пожежі є питанням маловивченим і потребує експериментальних досліджень.

Експериментальні дослідження. Для експериментальних досліджень використовувався пінобетон конструктивний з маркою за середньою густиною D900. Габаритні розміри дослідних зразків 950x650 мм (2 шт.), а його конструкція наведена на рис. 1.

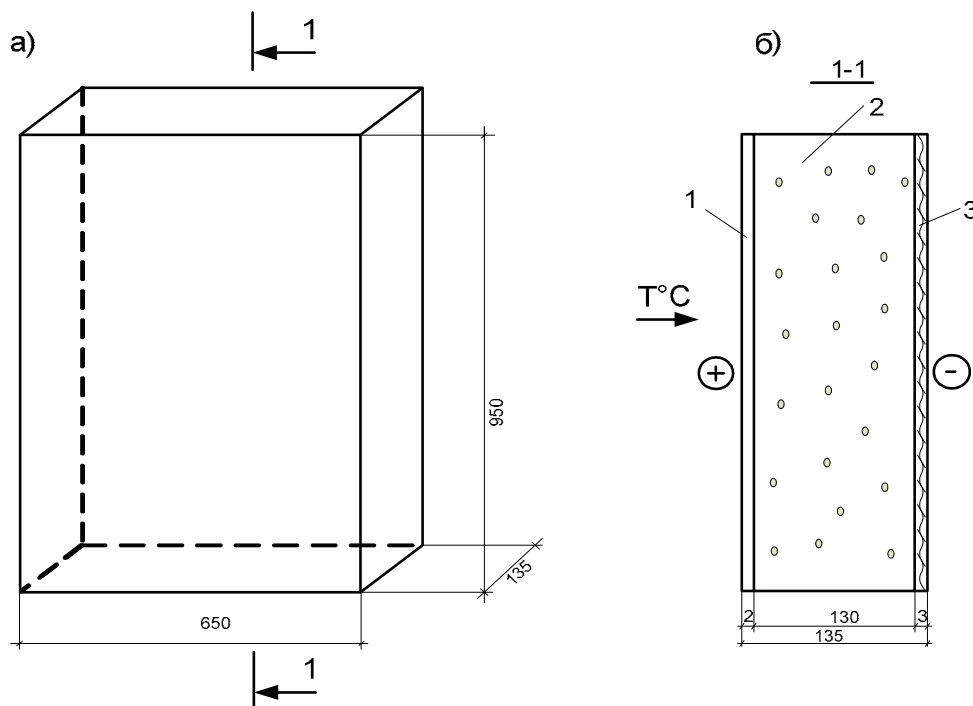


Рис. 1. Конструкція дослідного зразка марки СП-1,2:
а – габаритні розміри; б – переріз; 1 – будівельний гіпс;
2 – пінобетонна плита; 3 – склосітка з будівельним гіпсом

Для забезпечення цілісності дослідних зразків в процесі їх монтажу у дослідну піч під час їх виготовлення у них встановлювалась конструктивна арматура – кладочна сітка.

Відповідно до ДСТУ Б В. 1. 1-4-98 [5] сутність методів випробування будівельних конструкцій на вогнестійкість полягає у визначенні проміжку часу від початку вогневого випробування до настання одного з нормованих граничних станів з вогнестійкості в умовах, що регламентуються стандартами.

Випробування зразків здійснювалось за раніше запропонованою методикою [6, 7] у спеціальній вогневій камері-печі. Схеми розташування термопар у зразку наведені на рис. 2.

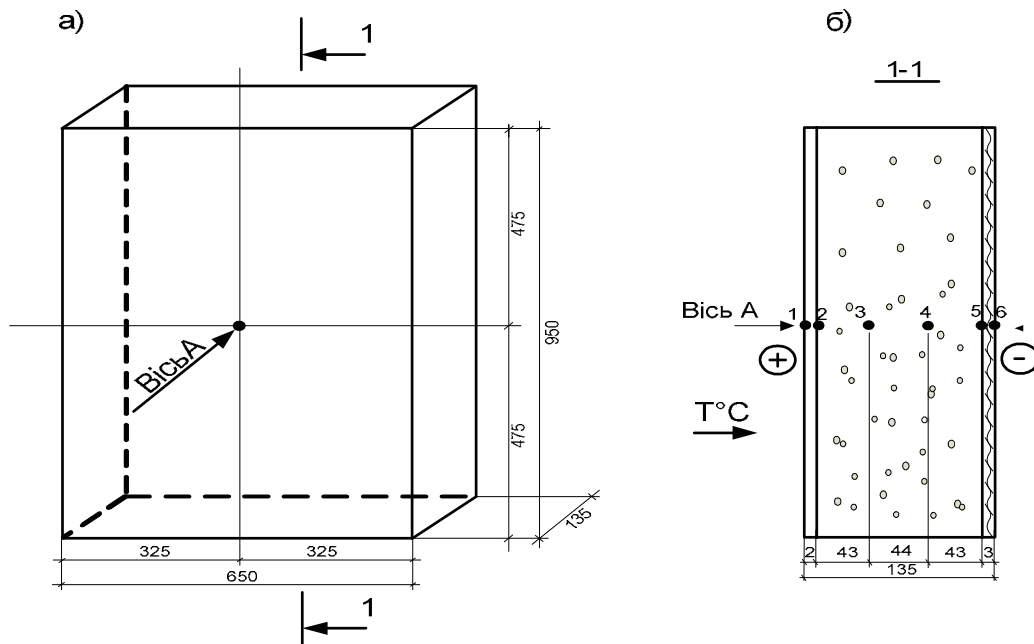


Рис. 2. Схема розташування термопар у зразках СП-1, 2: 1–6 термопар

Результати експериментальних досліджень прогрівання двох зразків з пінобетону подані на рис. 3, 4. На 60-й хвилині стандартної пожежі обидва експерименти були зупинені. За результатами вогневого випробування пінобетону марки D900 можна зробити висновок, що критична температура у термопарі № 3, розміщеній на віддалі 45 мм від обігрівної поверхні, не досягнута, оскільки критична температура для металевих конструкцій (нелеговані сталі) не перевищує $T_{кр}=500\text{ }^{\circ}\text{C}$.

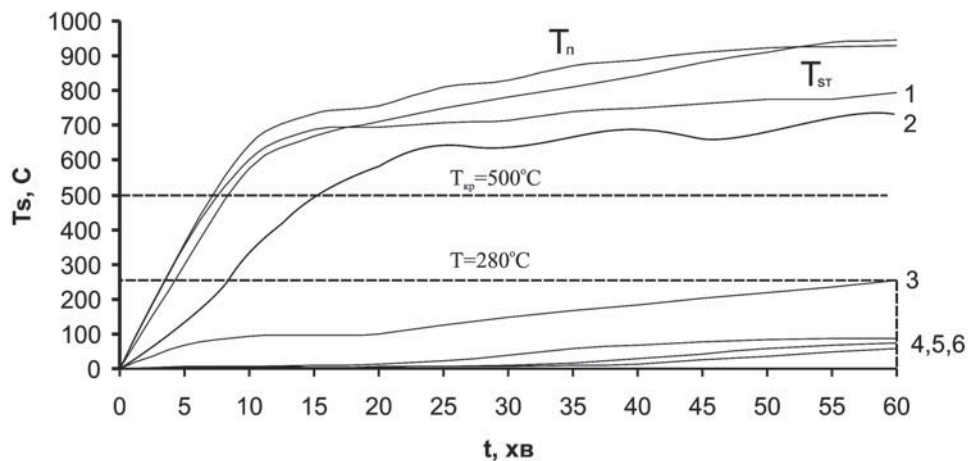


Рис. 3. Графіки зміни температури по товщині зразка СП-1:
1–6 – покази за відповідними термопарами; T_n – середнє арифметичне значення за показами двох термопар у печі; T_{st} – графік стандартного температурного режиму;
 $T_{кр}$ – критична температура на необігріваній поверхні

Встановлено, що у термопарі № 3 температура досягла значення $T=280\text{ }^{\circ}\text{C}$ у зразку СП-1, а у зразку СП-2 $T=285\text{ }^{\circ}\text{C}$ на 60-й хвилині вогневого експерименту. Це може наштовхнути на висновок про те, що пінобетон марки D900, товщина якого 45 мм може застосовуватись як ефективний вогнезахист з мінімальною межею вогнестійкості R60 і використовуватись у вигляді облицювальних пінобетонних плит або легких перегородок.

Після завершення експериментальних досліджень здійснювали демонтаж дослідних зразків з пінобетону з метою візуальної оцінки їх стану (рис. 5).

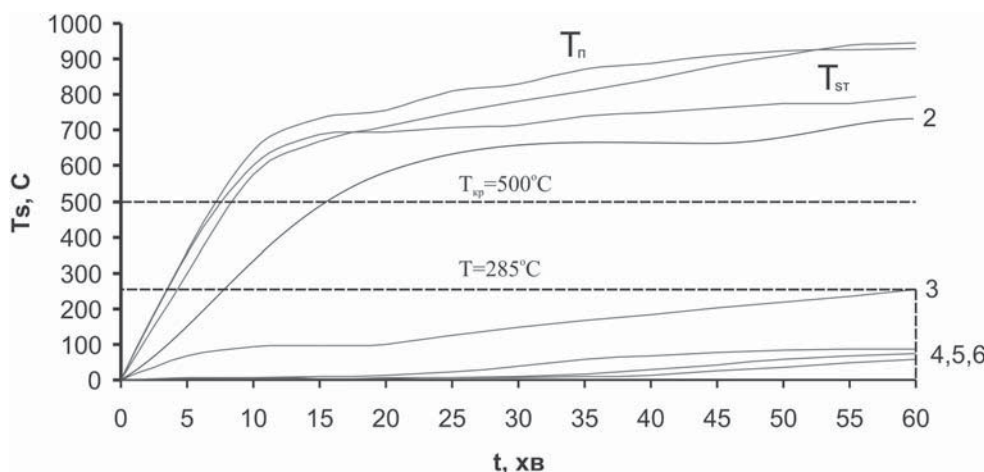


Рис. 4. Графік зміни температури по товщині зразка СП-2:
 1–6 – покази за відповідними термопарами; T_n – середнє арифметичне значення за показами двох термопар у печі; T_{st} – графік стандартного температурного режиму;
 $T_{кр}$ – критична температура на необігріваній поверхні



Рис. 5. Вигляд дослідного зразка марки СП-1 після випробування

За результатами візуального огляду можна також стверджувати, що межа вогнестійкості за ознакою втрати цілісності у дослідних зразках становила не менше ніж 60 хв, тобто Е60, оскільки у них не було виявлено жодних наскрізних тріщин чи отворів.

Теоретичні дослідження фрагментів стіни марки СП-1,2 здійснювали числовим та аналітичним методами, за допомогою яких можна було виконати розрахунок температурної задачі.

Виконано порівняльний аналіз результатів теоретичних та експериментальних досліджень прогрівів для дослідних зразків марки СП-1,2.

На рис. 6 показано графіки порівняння розподілу температурного поля по товщині дослідного зразка марки СП-1,2 за середньоарифметичними значеннями.

У табл. 1 наведено результати порівняння теоретичних (числового та аналітичного методу) та експериментальних досліджень, виконаних по товщині зразка на 60-й хвилині експериментальної пожежі.

**Розбіжність температурних полів по товщині фрагмента
конструкції стіни марки СП на 60 хв**

τ , хв	P_1	P_2
60	9,1	12,5

Примітка: P_1 – розбіжність між аналітичним (запропонованим авторами) та експериментальним методами дослідження; P_2 – розбіжність між числовим (ПК КОЛДЕМ) та експериментальним методами дослідження.

За результатами порівняльного аналізу можна зробити висновок, що розбіжність отриманих значень температурного поля між аналітичним та експериментальним методами становить 9,1 % на 60-й хвилині. При порівнянні числового та експериментального методів розбіжність значень температурного поля на 60 хв значення досягає 12,5 %. Як бачимо, аналітичний метод дає ближчі до експериментальних значення температурного поля по товщині розглянутих фрагментів стін, ніж числовий.

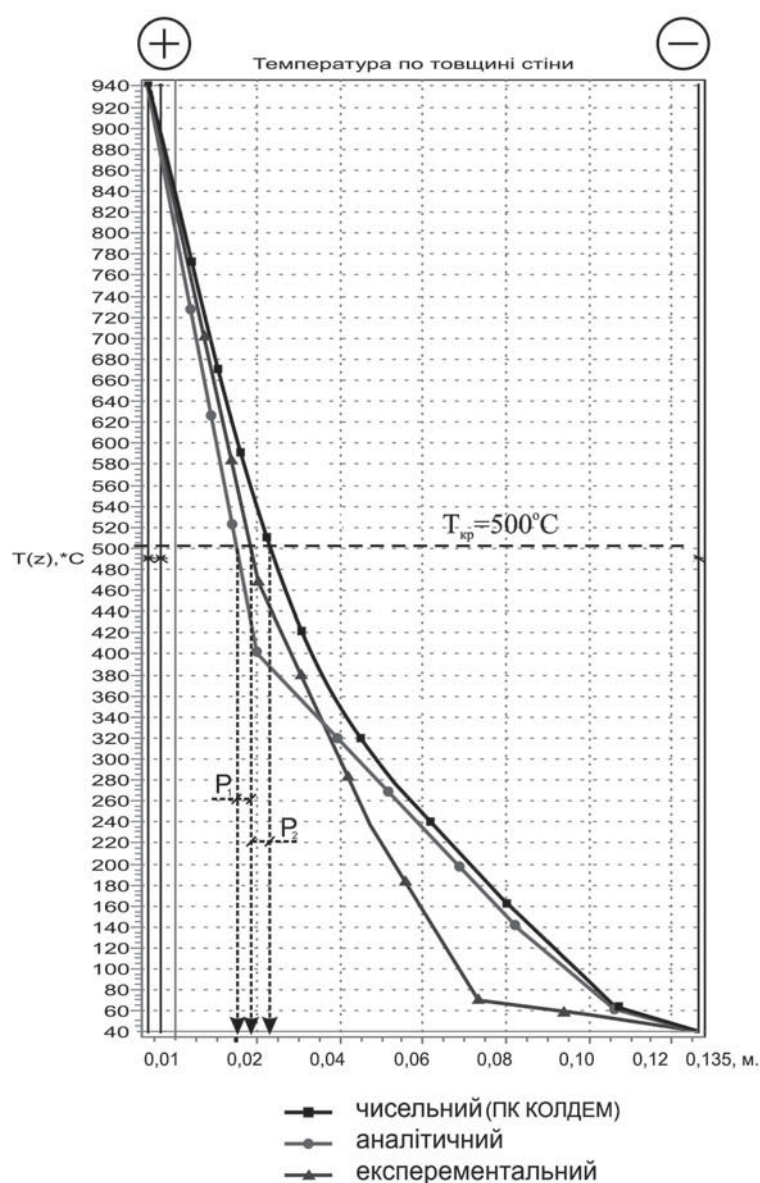


Рис. 6. Графіки порівняння теоретичних та експериментальних досліджень дослідних зразків марки СП-1,2 на 60-й хвилині

Висновки. 1. Враховуючи високі теплофізичні властивості пінобетону та результати цього дослідження, можна стверджувати, що пінобетон доцільно використовувати як вогнезахисний матеріал, адже порівняно із традиційними у нього є переваги: простота виготовлення пінобетонної суміші; можливість варіювання властивостей пінобетону за густиною; низька матеріаломісткість; висока економічність.

2. Плити з пінобетону марки D900 завтовшки 45 мм можуть забезпечити межу вогнестійкості металевих конструкцій не менше ніж R60.

3. Перегородки з пінобетону марки D900 завтовшки 135 мм забезпечують межу вогнестійкості RE 60.

1. *Valore RC. Cellular concretes-composition and methods of preparation. J Am Concr Inst 1954;25:773-95.* 2. *Valore RC. Cellular concretes-physical properties. J Am Concr Inst 1954;25:817-36.* 3. *Rudnai G. Light weight concretes / Rudnai G. – Budapest : Akademi Kiado, 1963.* 4. *Short A, Kinniburgh W. Light weight concretes. Asia Publishing House, 1963.* 5. ДСТУ Б.В.1.1-4-98 *Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Метод випробування на вогнестійкість. Загальні вимоги.* – К.: Держбуд України, 1999. 6. *Половко А.П., Демчина Б.Г., Фіцик В.С. Дослідження вогнестійкості фрагмента огорожувальної конструкції із застосуванням енергозберігаючих технологій // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. Теорія і практика будівництва. – № 600. – 2007. – С. 251–254.* 7. *Деклараційний патент на корисну модель № 17160. Бюл. № 9 від 15 вересня 2006 року.*

УДК 624.074.04

Б.Г. Демчина, М.І. Сурмай, А.Б. Пелех
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра будівельних конструкцій та мостів

ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ МЕЖ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ВЕРТИКАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

© Демчина Б.Г., Сурмай М.І., Пелех А.Б., 2010

Запропоновано нові критерії та методи визначення межі вогнестійкості вертикальних конструкцій. Ці методи реалізовані при дослідженні дерев'яних дощатоклесних колон.

Ключові слова: межа вогнестійкості, високотемпературний локальний нагрів, критичний вигин.

This article proposes a new criteria and methods for determining the limits of fire resistance of vertical structures. These methods are realized at research of wooden columns, made with plankglue elements.

Keywords: border of fire-resistance, high temperature local heating, critical bend.

Постановка проблеми. Сьогодні зростає кількість аварійних ситуацій на підприємствах внаслідок ускладнення технологічних процесів, нерівномірності режимів температурних впливів на будівельні конструкції і підвищення технологічних температур.

Локальне нагрівання вертикальних конструкцій, що виникає внаслідок пожеж, а також внаслідок високих технологічних температур, призводить до виникнення температурних зусиль та зміни напружено-деформованого стану конструкцій і фізико-механічних властивостей матеріалів, з яких виготовлені ці конструкції. Урахування усіх цих факторів можна виконати під час натурного або лабораторного дослідження вогнестійкості конструкцій.