

УДК 624.042.5.

ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ ПОЖЕЖНОГО НАВАНТАЖЕННЯ В ПРИМІЩЕННЯХ

A REVIEW ON RESEARCH OF FIRE LOAD IN ROOMS

**Пасічник Р.В., к.т.н., доцент, Пасічник О.С., к. арх., доцент,
Войтович П.О. студент (Луцький НТУ, м. Луцьк)**

**Pasichnyk R.V. Candidate of technical science, associate professor,
Pasichnyk O.S. Candidate Architecture, associate professor,
Voytovich P.O. Student (Lutsk national technical university)**

У статті проведено огляд сучасних методів розрахунку дослідження впливу пожежного навантаження на розвиток пожежі в приміщеннях, та визначення необхідної межі вогнестійкості конструкції перекриття даних приміщень під впливом розрахункової пожежі. Досліджено найбільш поширені методи прогнозу температурного режиму.

This article provides an overview of current research methods for calculating the fire load impact on the development of a fire in the premises and determine the required fire resistance design of these overlap areas influenced by the estimated fire. Investigated the most common methods of forecasting temperature. For more in-depth understanding of the processes that occur during fires in buildings and investigation of their effects on structures, studies used different software systems which is based finite element method.

Ключові слова: метод скінченних елементів, вогнестійкість
Keywords: finite element method, fire resistance

Забезпечення пожежної безпеки будівель та споруд є однією з основних вимог, які необхідно виконати на етапі їх проектування, для подальшої їх безпечної експлуатації.

Забезпечення пожежної безпеки залежить від межі вогнестійкості будівельних конструкцій, які використовуються в будівлях та спорудах.

В Україні нормативно затвердженим методом визначення вогнестійкості будівельних конструкцій за ДБН В. 1.1.7-2002 [2] є визначення межі вогнестійкості розрахунковими методами. Першим етапом виконання розрахунків на вогнестійкість є проведення теплотехнічного розрахунку у перерізах будівельних конструкцій з метою визначення розподілу температур. Основні інженерні методи визначення розподілу температур в перерізах залізобетонних конструкцій, що реалізовані в “Рекомендациях по расчету пределов огнестойкости бетонных и железобетонных конструкций [6] ” не враховують багатьох факторів: залежності теплофізичних характеристик матеріалів від температури конструкцій, а саме теплопровідності і теплоємності, можуть використовуватись тільки для стандартного температурного режиму [1, 2], який не відображає реального режиму розвитку пожежі у приміщенні.

Для більш поглибленого розуміння процесів, які відбуваються підчас пожежі в приміщеннях та дослідження їх впливу на будівельні конструкції, застосовуються різноманітні програмні комплекси в основу яких входить метод скінчених елементів. Щоб детально визначити температурне поле в перерізі будівельних конструкцій в умовах розрахункової пожежі потрібно розглядати невід’ємно від процесів конвективного та променевого обміну загальний теплообмін у приміщенні.

Основною перевагою польових моделей розвитку пожеж є можливість з їх допомогою визначити поля температур, швидкостей, тиск, компоненти газового середовища, частинок диму по всьому об’ємі приміщення в довільний момент часу. Вона також дає змогу найбільш точно описати фізичні властивості пожежного навантаження та адекватно оцінити його вплив на розвиток пожежі.

В якості прикладу програмних комплексів, що реалізують польовий метод моделювання, які дають досить велику точність розрахунків можна привести такі програмні продукти, як PHOENICS, JASMINE, SOFIE, FDS.

Основним законом який використовується при визначенні температури в приміщенні підчас пожежі є закон збереження енергії. Збереження енергії для кожної зони, яка розглядається виражається в тому, що енергія, яка добавляється в досліджувану зону, рівна енергії, яка витрачається даною зоною.

Оскільки енергія, яка виділяється при пожежі і температура в приміщенні змінюються з часом, то використання закону

збереження енергії приводить до утворення диференціальних рівнянь. З метою дослідження компонентів рівняння збереження маси, використовується стаціонарне вираження енергії для зони нагрітого газу. Принцип стаціонарного збереження енергії для зони нагрітого газу в приміщенні може бути виражений наступним чином: енергія, яка виділяється при пожежі додається в цю зону, рівна енергії, яка втрачається зоною через радіацію та конвекцію, плюс енергія, втрачена зоною через прорізи приміщення.

Температурні режими пожежі в приміщеннях різних за призначенням споруд та будівель, можуть значною мірою відрізнятися одне від одного (рис. 1.1).

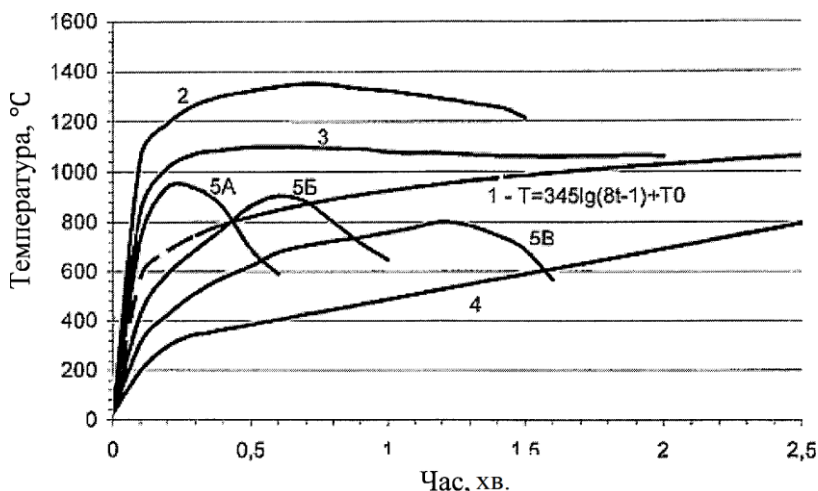


Рис. 1.1. Температурні режими пожеж в приміщеннях будівель та споруд різного призначення [8,9]: 1-режим “стандартної” пожежі; 2-режим пожежі в тунелях; 3 -режим пожежі, характерний для будівель та споруд нафтопереробної та нафтохімічної промисловості; 4 -режим пожежі в підвальному приміщенні; 5 - режим пожежі в житловому приміщенні з різною площею прорізів F (5А - $F = 2,0 \text{ м}^2$; 5Б- $F = 7,5 \text{ м}^2$; 5В - $F = 1,0 \text{ м}^2$;) при пожежному навантаженні $q = 58 \text{ кг/м}^2 (986 \text{ МДж/м}^2)$.

Найбільш “потужні” температурні режими пожежі можуть спостерігатись в дорожніх та залізничних тунелях, шахтах, лініях метро. На відміну від пожеж в звичайних будівлях, при виникненні пожежі в тунелі, відвід тепла від джерела пожежі утруднений, в

результаті чого температура пожежі може досягати величини до 1350°C . На об'єктах нафтопереробки та нафтохімії температурні режими пожежі також характеризуються швидким підвищенням температури до 1100°C та більше. Криві на рис. 1.1 дають уявлення про можливі температурні режими пожежі в приміщеннях житлових та адміністративних будівель при різних площах прорізів.

В [3] приведені результати вогневого випробування фрагменту житлової будівлі. Фрагмент житлового приміщення представляв собою частину збірної будівлі і включав житлову кімнату розмірами $6,0 \times 3,5 \times 7,5$ м. та міжповерховий коридор довжиною 6 м. Коридор зв'язаний з житловою кімнатою дверним прорізом (П2), розмір дверного прорізу - $2,0 \times 0,8$.

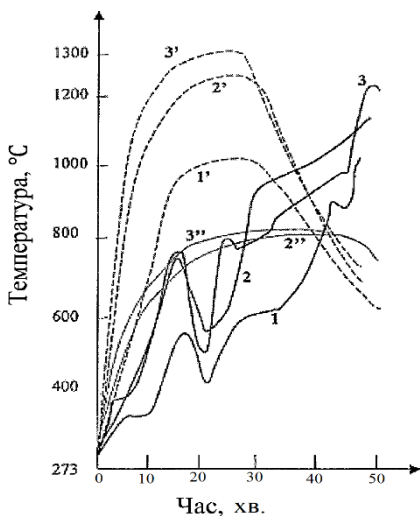


Рис. 1.2. Залежність температури від часу: 1- температура на поверхні міжкімнатної перегородки; 2 - температура на поверхні міжповерхового перекриття; 3 - середньо об'ємна температура; 1,2,3 - по експерименту; 1', 2', 3' - по [3] при $P=16\%$; 1'', 2'', 3'' - по [8] при $P=7,6\%$.

Житлова кімната мала віконний проріз розмірами $1,24 \times 1,4$ м. з потрійним склінням. В якості пожежного навантаження використовувались: два столи; шафи, встановлені вздовж бокової стіни приміщення, дерев'яні бруски, складені у вигляді штабелів.

Загальна маса горючих матеріалів склала 1050 кг. (50 кг. На 1 м підлоги). В ході проведення вогневого випробування. Результати випробування та чисельного моделювання по методу викладеному в [3], представлені на рис. 1.2.

На рис 1.3 приведені результати дослідження температурного режиму пожежі в приміщеннях житлової будівлі в м. Іркутськ.

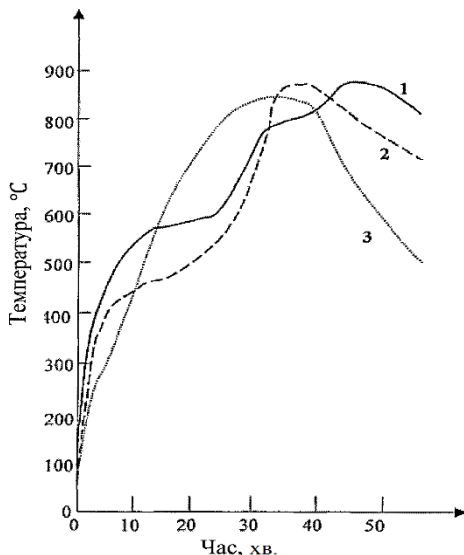


Рис. 1.3. Залежність температури від часу: 1,2,3 - дані експериментального дослідження відповідно для випробувань 1,2,3.

Вогневі випробування проводились в 6... 10 поверховому блоці будівлі в 10-ти поверховій частині. В плані 10-ти поверхова частина будівлі має розміри 84,0x12,6 м. На відстані 60,0 м. одна від одної в будівлі розміщені дві сходові клітки. Вогневі випробування проводились з метою дослідження температурного режиму пожежі. Пожежа створювалася в однокімнатній квартирі 5,0x2,3 м на 1-му і 4-му поверхах. Відношення площі прорізів до площі підлоги складало 27%. Вогневі випробування розпочинались при закритих віконних прорізах. Перший дослід проводився з джерелом займання на 1-му поверсі з верхнім надмірним тиском в одній із сходових кліток. Другий дослід проводився з джерелом займання на 4-му поверсі при роботі системи підпору повітря в обидві сходові клітки і видаленні продуктів згоряння з внутрішньої сходової клітки. Третє

випробування проводилось з джерелом займання на 4-му поверсі при роботі системи підпору повітря в коридорі та видалення продуктів згоряння з внутрішньої сходової клітки. В всіх випробуваннях в якості пожежного навантаження використовувались бруски деревини розмірами 5,0х5,0х80,0 см., відносною вологістю не більше 10%, пожежне навантаження складало 37,5 кг/м.

Характер зміни значень середньо об'ємних температур не має істотних відмінностей для трьох випробувань і відповідає звичайній збіжності крупномасштабних натурних випробувань. Середнє значення максимальної середньооб'ємної температури для цих випробувань складає 870°C.

В Національному бюро стандартів США було проведено 16 вогневих випробувань в сучасних приміщеннях житлових будівель різноманітних розмірів та типовим пожежним навантаженням [4]. Чотири експерименти проведені в приміщеннях 3,3х3,3х2,4 м. з пожежним навантаженням із стандартної мебелі в кількості 23 кг/м, відношення площі прорізів до площі підлоги складало 14,5%. Максимальне значення середньооб'ємної температури із чотирьох випробувань склало: $T=1012, 1019, 991, 1022^{\circ}\text{C}$. Експерименти показали, що швидкість розвитку та інтенсивність пожежі в перші 20 хвилин можуть бути значно вищими ніж по стандартній кривій. Після чого температура газу розпочинає знижуватись і досягає приблизно 350°C.

Для прогнозу температурного режиму найбільш часто використовуються шведський метод [5], метод ВНИИПО-ВИПТШ МВД СССР [7] та методи приведені в [3].

Шведський метод [5] ґрунтується на аналізі та узагальненні великої кількості експериментальних випробувань температурних режимів пожежі в реальних приміщеннях, з різним пожежним навантаженням. Результати цих випробувань були систематизовані і отримані узагальнені графіки-монограми "температура-час" процесу розвитку пожежі (рис. 1.4) в приміщеннях, в яких матеріали будівельних огорожуючих конструкцій мають "нормальні" теплові властивості.

Використання шведського метода реалізується наступним чином:

Визначається значення площі вертикальних A_0 прорізів в приміщенні, площу поверхні огороження A_1 , середню висоту вертикальних прорізів H_0 , пожежне навантаження Q_1

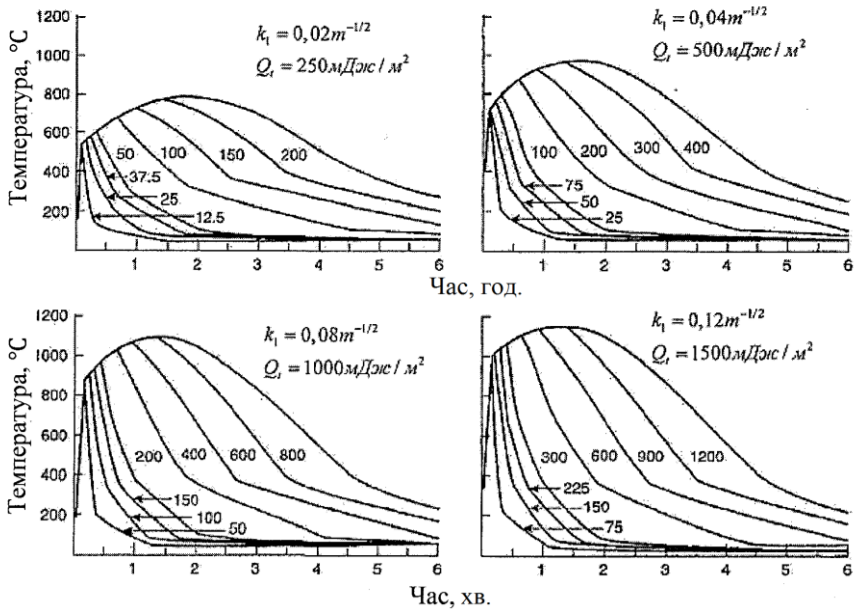


Рис. 1.4. Розрахункові графіки температурно-часової залежності середньооб'ємної газового середовища приміщень від пожежного навантаження та коефіцієнта прорізів [5].

Визначається значення коефіцієнта прорізів:

$$k_1 = A_0 \cdot \sqrt{\frac{H_0}{A_1}}$$

Визначається температурний режим пожежі в приміщенні, в залежності від значення пожежного навантаження Q_1 і коефіцієнта k_1 із графіків (рис. 1.4), та інших даних приведених в [5].

Метод ВНИИПО-ВИПТШ [7] - інженерний розрахунок температурного режиму при пожежі в приміщенні, складається з наступних етапів: аналізу конструктивно-планувальних

характеристик приміщень і визначення виду, кількості та розміщення пожежного навантаження; визначення виду можливої пожежі; вибір визначальних характеристик пожежі; вибір методу розрахунку та проведення самого розрахунку; розрахунку можливих характеристик пожежі; з рішення практичних задач пожежної профілактики.

Розрахунок середньооб'ємної температури по цьому методі [7] виконується наступним чином:

Значення максимальної температури T_{\max} визначається:

$$T_{\max} = 940 \cdot e^{4.7 \cdot 10^{-3} (g - 30)}, ^\circ \text{C}$$

Отже на даний час найбільш оптимальним шляхом для отримання детального опису процесів теплообміну в умовах розрахункової пожежі є застосування польових, або диференціальних математичних моделей. Разом з тим польові моделі найбільш складні щодо їх математичного опису та як правило складаються із системи нестационарних диференціальних рівнянь в часткових похідних, що вимагає застосування потужного обчислювального обладнання для їх використання. Найбільш поширене програмне забезпечення: FEMAP, ПК ЛИРА, SCAD, ANSYS, Nastran

1. ДСТУ Б В. 1.1-4 “Пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги” - Київ: Держбуд України, 2005 - 15с.
2. ДБН В. 1.1.7-2002 “ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ОБ’ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА” - Київ: Держбуд України, 2003 - 33с.
3. Астапенко В.М., Кошмаров Ю.А., Молчадский И.С. и др. Термогазо-динамика пожаров в помещениях. / - М.: Стройиздат, 1988. - 448 с.
4. Fang J. B., Repeteability of Zarge - Scale room Fire test. - The Technology. -V. 17. -№1.-1981 . - P. 5 - 16.
5. ISO 5657. Fire Tests-reaction to fire-ignitability of building materials.
6. СТО 36554501-006-2006. Привила по обеспечению огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций. -М.:,2006. - 81с.
7. Методи расчета температурного режима пожара в помещениях различного на-значения (рекомендации). / Под ред. И.С. Молчадского. - М.: ВНИИПО МВД РФ, 1988.-56с.
8. Шалумов А.С., Ваченко А.С., Фадеев О.А., Багаев Д.В. “Введение в ANSYS. Прочностной и тепловой анализ. Учебное пособие”. - Ковров: КГТА, 2002. - 33с.
9. Конюхов А.В. “Основы анализа конструкций в ANSYS”. - Казань: Казанский государственный университет, 2001. - 101с.