

*М.О. Писарський, курсант, АПБУ,
А.Я. Шаршанов, канд. фіз.-мат. наук, АПБУ*

**МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ НЕБЕЗПЕЧНИХ
ФАКТОРІВ ПОЖЕЖІ У ПРИМІЩЕННІ**
(представлено д-ром техн. наук М.І. Івановим)

Розглянуто питання математичного моделювання процесу розвитку пожежі в приміщенні. Використовується модель інтегрального типу, яка враховує вплив на швидкість вигорання кисневого режиму горіння та процесу утворення перевугленого шару. Крім того, модель враховує потік тепла у огорожуючі конструкції. Розрахункові результати добре узгоджуються із даними експерименту.

З даних статистики відомо, що об'єктами можливої пожежі в основному є будинки (споруди) і транспорт. Саме при таких пожежах гине найбільша кількість людей (у розвинених країнах це приблизно 95% усіх жертв пожеж, а число таких пожеж складає близько 50% від загальної кількості). У зв'язку з цим існує проблема підвищення пожежної безпеки зазначених об'єктів. У сучасних умовах розробка економічно оптимальних і ефективних протипожежних заходів здійснюється за допомогою прогнозу динаміки небезпечних факторів пожежі (НФП), що неможливо без математичним моделювання процесу її розвитку.

Над методами прогнозування небезпечних факторів пожежі працюють багато дослідників [1, 2]. Зокрема цими питаннями займаються в Московській Академії протипожежної служби МВС РФ [3]. Багато розробок існує також за кордоном. Наприклад: модель HAZARD або CFAST (зонна модель пожежі в будинку). Але усі розробки, які у вигляді програмних продуктів можна застосовувати у практичних цілях, є комерційною продукцією. При використанні даних програм, найчастіше, не можливо знати наскільки точно отримані результати будуть відповідати дійсності, оскільки невідомо на яку математичну базу вони опираються. Через це існує потреба в розробці таких програм які можливо в подальшому використовувати для практичних цілей.

При дослідженні динаміки НФП у приміщенні в даній роботі застосувалась інтегральна модель опису пожежі. Основні положення цієї моделі і відповідні рівняння докладно викладену в роботі [3].

У рівняннях пожежі шуканими (невідомими) функціями є середньооб'ємні параметри газового середовища (температура, густина і

концентрації компонент газозовища, оптична густина), а незалежною змінною є час. Крім цих змінних, рівняння містять цілий ряд інших фізичних величин, конкретний вид яких установлюється шляхом залучення даних з теорії конвекційного і променистого теплообміну, теорії аерації, теорії горіння.

В результаті розробки моделі було визначено, що на процес розвитку пожежі в приміщенні (на температурний режим, на режим газообміну, на тепловтрати при горінні) суттєво впливає величина швидкості вигорання (газифікації) горючого матеріалу. Будучи обумовлюючим параметром для усього процесу горіння при пожежі у приміщенні, швидкість вигорання сама залежить від багатьох чинників. Так вона залежить від властивостей горючого матеріалу при горінні на відкритому просторі. При горінні горючого матеріалу в приміщенні швидкість вигорання може відрізнитися від свого значення на відкритому просторі. Можливі два граничних режими горіння матеріалу в приміщенні. Режим вигорання пальних матеріалів, що характеризується наявністю достатньої кількості кисню - пожежа, регульована навантаженням (ПРН). Другий гранично можливий режим вигорання горючого матеріалу, який характеризується тим, що кисню в приміщенні мало і швидкість горіння лімітується кількістю кисню, що надходить ззовні - пожежа, регульована вентиляцією (ПРВ).

У реальних умовах спостерігаються проміжні режими, що наближаються в тім чи іншому ступені до одного з граничних режимів (ПРН чи ПРВ). Нами використана формула, що дозволяє розрахувати швидкість вигорання при обох режимах. Вона має наступний вид:

$$\psi = \psi_{\text{пит}} F_r K \gamma + (1 - K) \frac{x_a G_{\text{п}}}{L_1},$$

де K – безрозмірна функція узгодження, що залежить від середньооб’ємної концентрації кисню в приміщенні (на рис.1 представлено графічне зображення цієї функції); $\psi_{\text{пит}}$ - питома швидкість вигорання (параметр властивий горючому матеріалу при його горінні на відкритій площадці) – [кг/(м² с)]; F_r - площа горіння горючого матеріалу (для твердих горючих матеріалів (ТГМ) змінна величина) – [м²]; x_a - концентрація (масова частка) кисню в зовнішній атмосфері; $G_{\text{п}}$ - витрата повітря, що надходить ззовні у приміщення – [кг/с]; L_1 – маса кисню, яка необхідна для повного згорання одиниці маси пального - [кг/кг]; γ - безрозмірна функція, що враховує утворення перевугленого шару при горінні ТГМ.

Система рівнянь, що описують розвиток пожежі в приміщенні вирішувалася за допомогою програм, що були написані нами у

математичному середовищі Matlab.

Вихідні дані для програмного розрахунку запропонованої математичної моделі вибиралися з орієнтацією на зроблений раніше натурний експеримент [1].

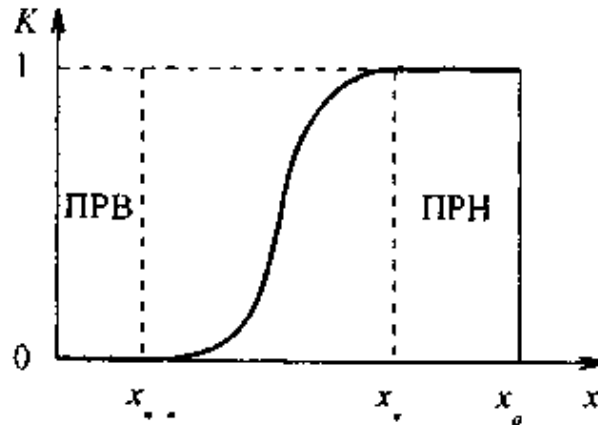


Рисунок 1 – Функція режиму пожежі: x_* - начало переходу від режиму ПРН до режиму ПРВ; x_{**} - кінець переходу від режиму ПРН до режиму ПРВ; x_a - концентрація кисню в зовнішній атмосфері

На рис. 2 - 3 відображено результати чисельного вирішення системи в порівнянні із результатами експериментальних досліджень (на графіках час відображено у безрозмірних одиницях, які у даному випадку приблизно дорівнюють 6 с).

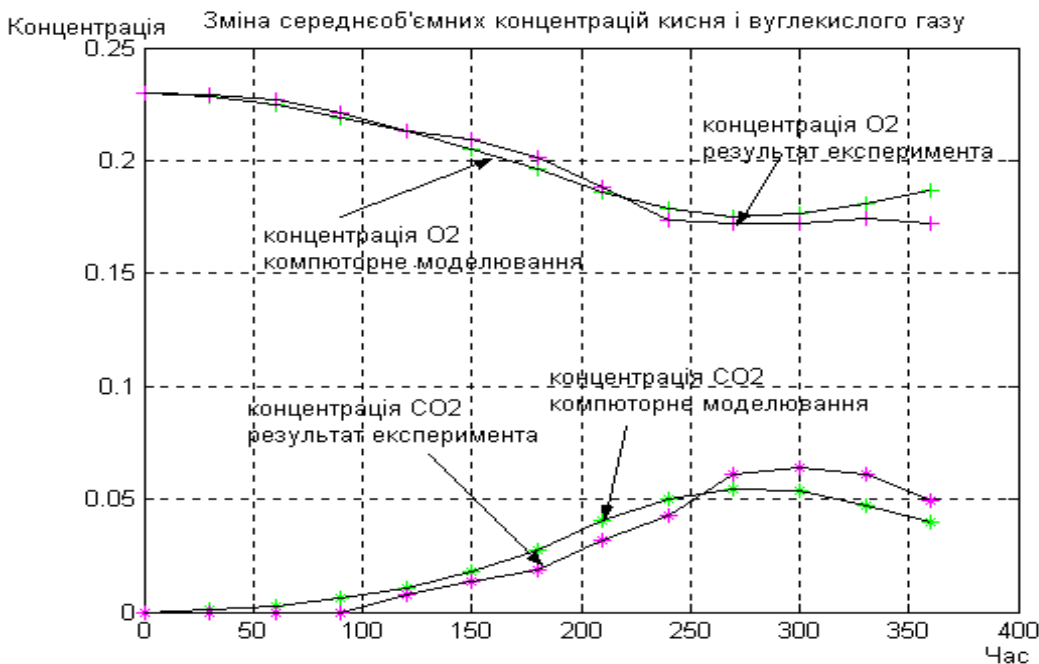


Рисунок 2 – Порівняння розрахункових та експериментальних даних зміни у часі середньооб'ємних концентрацій кисню та вуглекислого газу

Як видно із даних на приведених графіках, запропонована модель з достатньою точністю для інтегрального рівня моделювання та для вирішення поставлених завдань описує процеси динаміки НФП у приміщенні. Теоретичні дані добре узгоджуються з результатами експерименту, що є підтвердженням адекватності.

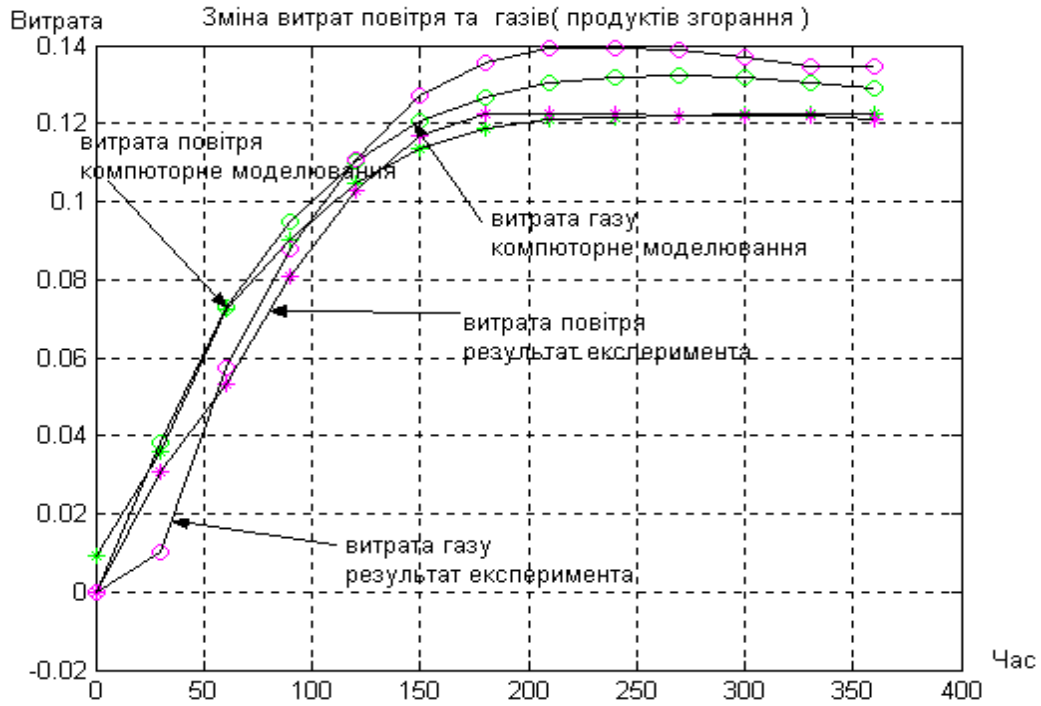


Рисунок 3 – Порівняння розрахункових та експериментальних даних зміни у часі витрат повітря $G_{\text{п}}$ та продуктів горіння $G_{\text{г}}$

Зараз ведеться робота по удосконаленню запропонованої моделі для використання її при вирішенні практичних питань.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Астапенко В.М., Кошмаров Ю.А., Молчадский И.С., Шевляков А.Н. Термогазодинамика пожаров в помещениях. – М.: Стройиздат, 1988. – 448 с.
- 2 Драйздел Д. Введение в динамику пожаров .Пер. с английского. – М.:Стройиздат, 1990. – 421 с.
- 3 Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении. – М.: Академия ГСП МВД России, 2000. – 118 с.

Стаття надійшла до редакції 20.02.2002 р.