

В.В. Ковалишин, Я.Б. Кирилів, М.П. Сорочич
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
Е.М. Улинець
Державна інспекція техногенної безпеки України

МОДЕЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРУ ВПЛИВУ НА ОСЕРЕДОК ПОЖЕЖІ ВОГНЕГАСНОГО ПОРОШКУ СУКУПНО З РЕЦИРКУЛЯЦІЄЮ ПРОДУКТІВ ГОРІННЯ

При розгляді процесів гасіння пожеж в кабельних тунелях рециркуляцією продуктів горіння використовується метод підрахунку циклів або кратності обміну повітря в зоні пожежі без урахування часу процесів тепломасообміну [1], а при вивченні гасіння пожежі порошками головним завданням є їх доставка в осередок горіння у вогнегасних концентраціях [2, 3]. Проте, для правильного прогнозу цих процесів необхідно розробити таку математичну модель, яка враховувала б піроліз твердих горючих матеріалів, вступ в хімічні реакції з киснем газоподібних продуктів, які розкладаються, їх вплив на температуру з урахуванням надходження повітря з низьким вмістом кисню на осередок пожежі і характеру впливу на осередок вогнегасного порошку в замкнутому контурі.

Зазвичай вважається, що флегматизуючий вплив на осередок пожежі полягає в припиненні хімічних реакцій продуктів горіння з киснем і в утворенні плівки на поверхні горючих матеріалів, що перешкоджає проникненню кисню вглиб твердої речовини [4].

Для встановлення ефективності гасіння пожеж в кабельних тунелях вогнезахисним порошком застосоване математичне моделювання. Вплив на осередок горіння здійснювали окремо (спочатку рециркульованими продуктами горіння, а потім порошком одночасно з рециркульованими продуктами горіння).

Отримано замкнуту систему рівнянь на основі рівнянь тепломасопереносу [5], що дає змогу чисельними методами розв'язувати задачі виникнення і розповсюдження теплоти в потоці повітря під час пожеж з урахуванням динаміки концентрації кисню.

У результаті отримано таку систему рівнянь [6]

$$\begin{aligned}\bar{C}_m^{n+1} &= \frac{[1 - (Cu + \bar{q}_m^n)/2]\bar{C}_m^n + CuZ_m^n}{1 + (Cu + \bar{q}_m^n)/2}, \\ \bar{T}_m^{n+1} &= \frac{[1 - (Cu + St)/2]\bar{T}_m^n + St\bar{\theta}_m^n + B\bar{q}_m^n(\bar{C}_m^n + \bar{C}_m^{n+1})/2}{1 + (Cu + St)/2}, \\ \bar{\theta}_m^{n+1} &= \frac{(1 - \bar{a}_2/2)\bar{\theta}_m^n + \bar{a}_2\bar{T}_m^n}{1 + \bar{a}_2/2}.\end{aligned}\tag{1}$$

де C – концентрація кисню, об. частки; q – інтенсивність вигорання продуктів піролізу горючих матеріалів, кВт/м³; T – температура повітря, К; θ – температура навколишнього масиву, К; a_2 – коефіцієнт теплопровідності навколишнього масиву, м²/с; B – ширина поверхні піролізу горючого матеріалу, м; St – критерій Стантона теплообміну потоку повітря з навколишнім масивом; Cu – число Куранта.

Тут параметр \bar{Z}_m^n означає відносну концентрацію кисню перед осередком

пожежі. У замкнутому контурі при рециркуляції параметр \bar{Z}_m^n знаходиться з використанням ще одного рівняння

$$V_1 \frac{dZ}{d\tau} = -(Z - C)Q + (C_0 - C)Q_1, \quad (2)$$

де V_1 – об’єм зони рециркуляції пожежних газів за винятком зони горіння, м^3 ; Q – витрата пожежних газів, $\text{м}^3/\text{с}$; Q_1 – підсмоктування повітря, $\text{м}^3/\text{с}$.

Аналіз рівняння (2) показує, що зміна концентрації кисню в часі в зоні рециркуляції за межами осередку пожежі буде відбуватися завдяки надходженню в цей об’єм концентрації кисню з осередку і концентрації кисню із зовнішнього середовища. Рівняння (2) в кінцевих різницях має вигляд

$$\bar{Z}_m^{n+1} = (1 - Cu_1)\bar{Z}_m^n + (1 - \bar{Q}_1)Cu_1\bar{C}_m^n + Cu_1\bar{Q}_1, \quad (3)$$

де $Cu_1 = Q\Delta\tau/V_1$ – число Куранта перед зоною горіння; $\bar{Q}_1 = Q_1/Q$ – відносна величина підсмоктування повітря.

Отримана система рівнянь (1) і (3) дозволяє моделювати процеси горіння в кабельному каналі як без рециркуляції пожежних газів, так і при їх рециркуляції.

Пожежі в кабельних тунелях на відміну від пожеж у приміщеннях, у вугільних шахтах і на інших об’єктах мають свою специфіку. Для дослідження таких процесів, а також процесів гасіння пожеж різними засобами сконструйована фізична модель, що представляє собою установку або камеру для визначення ефективності горіння кабельної продукції та ефективності її гасіння різними засобами в замкнутому об’ємі.

Розрахунки за формулами (1) і (3) в розімкнутому контурі при горінні в кабельному тунелі, і при рециркуляції показали, що їх результати добре узгоджуються з даними експериментів.

Таким чином, на основі експериментів у лабораторних умовах встановлено, що короткочасне гасіння пожежі порошком не дає позитивних результатів, тому що через деякий час знову виникає полум’яне горіння. У зв’язку з цим необхідно вдаватися до повторної подачі порошку і рециркуляції пожежних газів. Звідси випливає, що гасіння осередку горіння порошком, як і при великомасштабних пожежах, повинно проводитися тривалий час до зниження температури до $100 - 200$ $^{\circ}\text{C}$, після чого необхідно перейти на режим рециркуляції пожежних газів або використовувати інші засоби пожежогасіння.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дмитровский С. Ю. Динамика температуры в кабельных тунелях при рециркуляции продуктов горения / С. Ю. Дмитровский, А. В. Ревякин // Горноспасательное дело: Сб. науч. тр. – Донецк: НИИГД, 2006. – Вып. 43. – С. 90 – 96.
2. Король А. А. Дистанционное тушение подземных пожаров тонкодисперсным порошком / А. А. Король // Пожежна безпека: Зб. наук. праць. – Львів: Сполом, 2001. – С. 213 – 215.
3. Пашковский П. С. Математическая модель переноса тонкодисперсного огнетушащего порошка в проветриваемой горной выработке / П. С. Пашковский, А. А. Король // Науковий вісник. – Київ: УкрНДІПБ МНС України, 2002. – №1 (5). – С. 43 – 48.
4. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров / Д. Драйздейл. – М.: Стройиздат, 1990. – 424 с.
5. Лыков А. В. Тепломассообмен (Справочник) / А. В. Лыков. – М.: Энергия, 1980. – 580 с.
6. Самарский А. А. Численные методы / А. А. Самарский, А. В. Гулин. – М.: Наука, 1989. – 432с.