

6. Корольченко А.Я., Горшков В.И., Щебеко Ю.М., Шамонин В.Г. Механизм огнетушащего действия средств газоаerosольного пожаротушения. //Пожаровзрывобезопасность, 1996, – т.5, – С.57-61.

7. Коростыльёв В.Г. Aerosольгенерирующие пожаротушащие составы. Основные типы составов и оптимальные условия их применения// Пожаровзрывобезопасность, 2002, №1, – С.61-66.

8. Тарадайко В. Особенности aerosольного пожаротушения// Бюлетень пожежної безпеки, 1999, – №1, – С.24-36.

УДК 614.845

В.В.Ковалишин, к.т.н., с.н.с., А.Д.Кузик, к.ф-м.н., С.М.Чернов (Львівський інститут пожежної безпеки МНС України)

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПОШИРЕННЯ ПОЛУМ'Я ПО ВЕРТИКАЛЬНІЙ ПОВЕРХНІ ГОРЮЧОГО МАТЕРІАЛУ І ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ В ПРОТИПОЖЕЖНОМУ НОРМУВАННІ

Розроблено математичну модель поширення полум'я по вертикальній поверхні однорідного горючого матеріалу, яка дозволяє визначити час спрацювання димових пожежних сповіщувачів у приміщенні і параметри небезпечних факторів на початковій стадії розвитку пожежі.

Постановка проблеми. Як відомо [1,2], швидкість поширення полум'я по вертикально орієнтованій поверхні горючих матеріалів у 6-8 разів перевищує швидкість поширення полум'я по горизонтально орієнтованій поверхні горючих матеріалів. Таким чином, при незначній площі пожежі [1], площа горіння може досягати значних розмірів. Тоді від швидкості зростання площі горіння буде залежати час спрацювання автоматичної пожежної сигналізації, а також час досягнення небезпечними факторами пожежі критичних для організму людини параметрів. Відтак, визначення площі горіння на початковій стадії розвитку пожежі в приміщенні стає дуже важливим.

Мета роботи. Змоделювати розвиток початкової стадії пожежі, що поширюється по вертикально орієнтованій поверхні однорідного горючого матеріалу.

Розв'язок проблеми. Для розв'язання поставленої мети, приймаємо, що полум'я поширюється зі сталими швидкостями в вертикальному і горизонтальному напрямках, як наведено на рис.1.

Розглянемо проміжок часу розвитку пожежі $[0;t]$. Розіб'ємо його на n рівних проміжків

$$\Delta t = \frac{t}{n}$$

Знайдемо площу кожного з прямокутників, в межах якого поширюється полум'я за кожен з цих проміжків часу.

$$S_k = 2 \cdot \Delta a \cdot \Delta b \cdot k, \text{ де } 1 \leq k \leq n$$

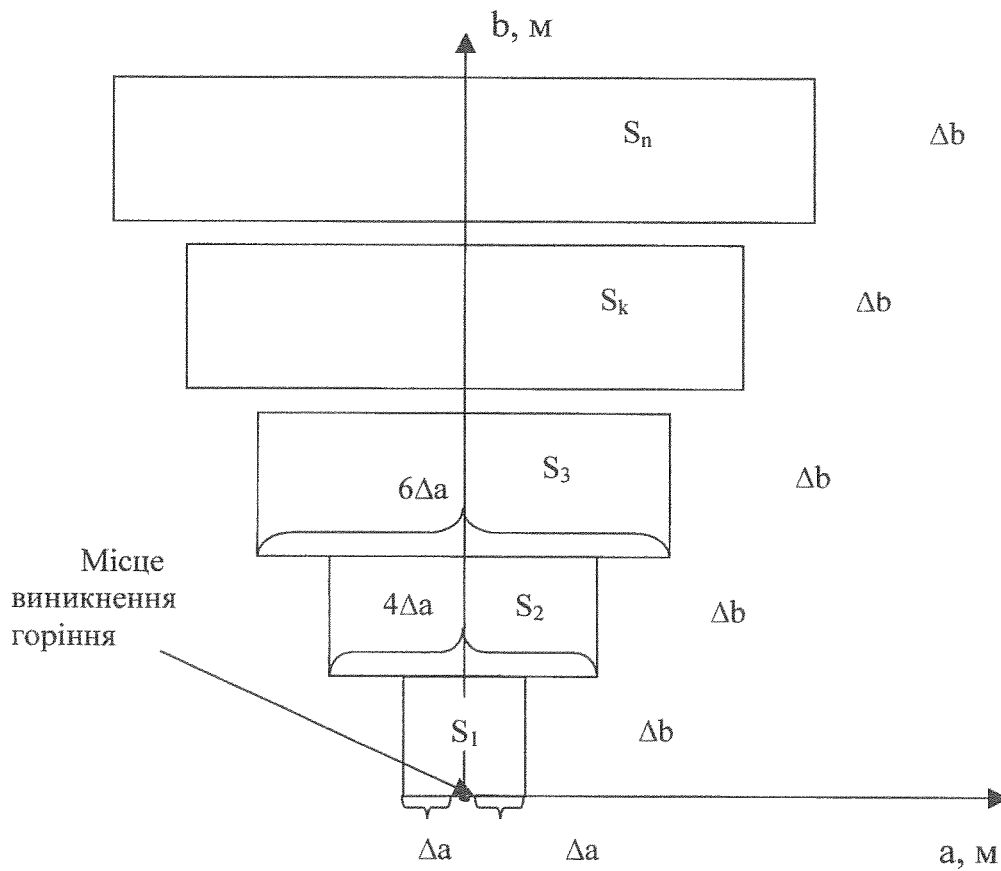
Враховуючи, що $\Delta a = v_d \cdot \Delta t$, а $\Delta b = 8v_d \cdot \Delta t$,

де v_d – лінійна швидкість поширення полум'я по горизонталі, м·с⁻¹;

Δt – проміжок часу поширення полум'я, с,

площа прямокутника становитиме

$$S_k = 16 \cdot v_n^2 \cdot \Delta t^2 \cdot k$$



Δa – відстань поширення полум'я по горизонталі, м;

Δb – відстань поширення полум'я по вертикалі, м;

Рис. 1. Поширення полум'я поверхнею вертикально орієнтованого однорідного горючого матеріалу

Знайдемо сумарну площу горіння

$$\sigma_n(t) = \sum_{k=1}^n S_k = 16 \cdot v_n^2 \cdot \sum_{k=1}^n \Delta t^2 \cdot k$$

Виберемо $t_k = k \cdot \Delta t$, де $1 \leq k \leq n$. Тоді $k = \frac{t_k}{\Delta t}$ і

$$\sigma_n(t) = 16 \cdot v_n^2 \cdot \sum_{k=1}^n \Delta t^2 \cdot \frac{t_k}{\Delta t} = 16 \cdot v_n^2 \cdot \sum_{k=1}^n t_k \cdot \Delta t$$

Перейдемо до границі при $n \rightarrow \infty$ при фіксованому $t > 0$.

Зрозуміло, що $\Delta t \rightarrow 0$. Тоді шукана площа становитиме

$$S(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \sigma_n(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} 16 \cdot v_n^2 \sum_{k=1}^n t_k \cdot \Delta t = 16 \cdot v_n^2 \int_0^t t \cdot dt$$

Звідки отримуємо

$$S(t) = 8v_n^2 \cdot t^2 \quad (1)$$

Визначимо час спрацювання автоматичної пожежної сигналізації. Для димових пожежних сповіщувачів, що є найпоширенішими і які працюють за принципом контролю оптичної густини навколишнього середовища, основним показником швидкості спрацювання є чутливість, яка вимірюється у дуже широкому діапазоні: від 0,05 до 0,2 дБ·м⁻¹[3].

Приймаємо найбільший показник чутливості димового пожежного сповіщувача і приведемо його до показника ослаблення видимості.

Тоді, чутливість димового пожежного сповіщувача у 0,2 дБ·м⁻¹ буде відповідати показнику ослаблення видимості в зоні встановлення сповіщувача, що дорівнює 0,023 Нп·м⁻¹.

Динаміка задимленої зони на початковій стадії розвитку пожежі в приміщенні визначається рівнянням балансу маси в процесі вигорання пожежного навантаження [4]:

$$\frac{V \cdot d\mu}{dt} = D \cdot \psi \cdot S(t), \quad (2)$$

де V – об'єм задимленої зони, м³;

μ – показник ослаблення видимості в задимленій зоні, Нп·м⁻¹;

D – димоутворювальна здатність матеріалу, Нп·м²·кг⁻¹;

Ψ – приведена масова швидкість вигорання матеріалу, кг·м⁻²·с⁻¹;

S – площа горіння, м².

Підставимо отриману формулу (1) у рівняння (2) і проінтегруємо його. Маємо

$$\begin{aligned} \frac{V \cdot d\mu}{dt} &= D \cdot \psi \cdot 8 \cdot v_n^2 \cdot t^2, \\ \int V \cdot d\mu &= \int 8 \cdot D \cdot \psi \cdot v_n^2 \cdot t^2 \cdot dt, \\ V \cdot \mu &= 8 \cdot D \cdot \psi \cdot v_n^2 \cdot \frac{t^3}{3} + C. \end{aligned}$$

При $t = 0$, показник ослаблення видимості $\mu = 0$ і тому $C = 0$.
Тоді

$$V \cdot \mu = \frac{8}{3} \cdot D \cdot \psi \cdot v_n^2 \cdot t^3,$$

звідки

$$t = \sqrt[3]{\frac{0,375 \cdot V \cdot \mu}{D \cdot \psi \cdot v_n^2}}$$

З врахуванням інерційності димового пожежного сповіщувача, кінцева формула для визначення часу від моменту виникнення пожежі до її виявлення матиме вигляд

$$t_{\text{визн.}} = \sqrt[3]{\frac{0,375 \cdot V \cdot \mu}{D \cdot \psi \cdot v_n^2}} + t_{\text{інерц.}} \quad (3)$$

де $t_{\text{інерц.}}$ – інерційність димового пожежного сповіщувача, що використовується у системі протипожежного захисту, с.

З робіт [5-13] відомо, що основними небезпечними факторами пожежі в приміщенні є токсичність газового середовища і недостатня кількість кисню. А в роботах [7,12,14-17] відзначається, що серед усіх небезпечних газів, які утворюються в процесі горіння органічних матеріалів, найбільшу небезпеку і загрозу для життя людини становить окис вуглецю (II).

Зміна концентрації окису вуглецю в приміщенні, де виникла пожежа, описується рівнянням [18]:

$$\frac{V \cdot dx_{co}}{dt} = L_{co} \cdot \psi \cdot S(t), \quad (4)$$

де V – об'єм вільного простору приміщення, м³;

x_{co} – середньооб'ємна концентрація окису вуглецю, кг·м⁻³;

L_{co} – масовий вихід окису вуглецю при згоранні одиниці маси горючого матеріалу, кг·кг⁻¹;

Ψ – приведена масова швидкість вигорання матеріалу, кг·м⁻²·с⁻¹;

S – площа горіння, м².

Підставимо формулу (1) у рівняння (4) і проінтегруємо його.

$$\begin{aligned} \frac{V \cdot dx_{co}}{dt} &= L_{co} \cdot \psi \cdot 8 \cdot v_n^2 \cdot t^2, \\ \int V \cdot dx_{co} &= \int 8 \cdot L_{co} \cdot \psi \cdot v_n^2 \cdot t^2 \cdot dt, \\ V \cdot x_{co} &= 8 \cdot L_{co} \cdot \psi \cdot v_n^2 \cdot \frac{t^3}{3} + C. \end{aligned}$$

При $t = 0$, середньооб'ємна концентрація окису вуглецю $x_{co} = 0$ і тому $C = 0$.

Тоді

$$V \cdot x_{co} = \frac{8}{3} \cdot L_{co} \cdot \psi \cdot v_n^2 \cdot t^3,$$

звідки

$$t = \sqrt[3]{\frac{0,375 \cdot V \cdot x_{co}}{L_{co} \cdot \psi \cdot v_n^2}}$$

Критичні для організму людини умови виникають коли

$$x_{co} = x_{co}^{кр}.$$

Тоді кінцеве рівняння для визначення часу створення в приміщенні небезпечної для людини концентрації окису вуглецю набуде вигляду:

$$t_{co}^{KP} = \sqrt[3]{\frac{0,375 \cdot V \cdot x_{co}^{KP}}{L_{co} \cdot \psi \cdot v_l^2}} \quad (5)$$

Аналогічно рівнянню (4), зміна концентрації кисню в приміщенні, де виникла пожежа, описується рівнянням:

$$\frac{V \cdot dx_{o_2}}{dt} = L_{o_2} \cdot \psi \cdot S(t), \quad (6)$$

де V – об'єм вільного простору приміщення, m^3 ;

x_{o_2} – середньооб'ємна концентрація кисню, $kg \cdot m^{-3}$;

L_{o_2} – кількість кисню, що витрачається для згорання одиниці маси горючого матеріалу, $kg \cdot kg^{-1}$;

ψ – приведена масова швидкість вигорання матеріалу, $kg \cdot m^{-2} \cdot c^{-1}$;

S – площа горіння, m^2 .

З врахуванням критичної для організму людини концентрації кисню - $x_{o_2}^{KP}$, рівняння (6) після інтегрування набуде вигляду:

$$t_{o_2}^{KP} = \sqrt[3]{\frac{0,375 \cdot V \cdot (x_{o_2} - x_{o_2}^{KP})}{L_{o_2} \cdot \psi \cdot v_l^2}} \quad (7)$$

Висновки

Отримана математична модель поширення полум'я по вертикально орієнтованій поверхні однорідного пожежного навантаження дає можливість встановити параметри небезпечних факторів на початковій стадії розвитку пожежі в приміщенні і використати їх при розробці протипожежних вимог.

ЛІТЕРАТУРА

1. Абдурагимов И.М., Говоров В.Ю., Макаров В.Е. Физико-химические основы развития и тушения пожаров. – М.: ВИПТШ, 1980. – 256с.
2. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров: Пер. с англ. / Под ред. Ю.А.Кошмарова, В.Е.Макарова. – М.: Стройиздат, 1990. – 424 с.
3. Воробйов О.І. Проектування, монтаж, технічне обслуговування установок пожежної сигналізації: Навчальний посібник. – Львів: СПОЛОМ, 2003. – 138 с.
4. Зотов Ю.С. Расчёт времени потери видимости при задымлении помещений // Безопасность людей при пожарах: Сборник научных трудов. – М.: ВНИИПО, 1986. – С. 45-50.
5. Щеглов П.П., Иванников В.Л. Пожароопасность полимерных материалов. – М.: Стройиздат, 1992. – 110 с.
6. Климушин Н.Г., Кононов В.М. Тушение пожаров в зданиях повышенной этажности. – М.: Стройиздат, 1983. – 96 с.

7. Батчер Е., Парнэлл А. Опасность дыма и дымозащита: Пер. с англ. / Под ред. В.М.Есина. – М.: Стройиздат, 1983. – 152 с.
8. Смирнов Н.В. Прогнозирование пожарной опасности строительных материалов. Совершенствование методологии исследований и испытаний, классификации и нормирования // Пожарная безопасность. – 2002. – № 3. – С.58-68.
9. Сивенков А.Б., Серков Б.Б., Асеева Р.М., Сахаров А.М., Сахаров П.А., Скибида И.П. Огнезащитные покрытия на основе модифицированных полисахаридов. Часть 2. Дымообразующая способность и токсичность продуктов горения // Пожаровзрывоопасность. – 2002. – № 2. – С. 21-26.
10. Ковалишин В.В., Чернов С.М. Вибір переносного вогнегасника в залежності від параметрів можливої надзвичайної ситуації // VI Всеукраїнська науково-практична конференція рятувальників „Актуальні проблеми цивільного захисту”. 27-28 жовтня 2004 р., м. Київ. – Київ: Чорнобильінтерінформ, 2004. – С.79.
11. Сопенко С.І., Кавецький В.В. Визначення норм належності вогнегасників розрахунковим методом з урахуванням можливого впливу на оператора небезпечних факторів пожежі. // Науковий вісник УкрНДДПБ. – 2003. – № 2. – С. 123-130.
12. Воробьёв В.А., Андрианов Р.А., Ушаков В.А. Горючесть полимерных строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1978. – 224 с.
13. Асеева Р.М., Зайков Г.Е. Горение полимерных материалов. – М.: Наука, 1981. – 280 с.
14. Польш К.Д. Естественно-научная криминалистика. – М.: Юридическая литература, 1985. – 304 с.
15. Ройтман М.Я. Противопожарное нормирование в строительстве. – М.: Стройиздат, 1985. – 590 с.
16. Тиунов Л.А., Кустов В.В. Токсикология окиси углерода. – М.: Медицина, 1980. – 164 с.
17. Иличкин В.С., Васильев Г.А., Гусев Н.В. О значении окиси углерода в токсическом эффекте продуктов горения полимерных материалов // Безопасность людей при пожарах: Сборник научных трудов. – М.: ВНИИПО, 1979. – С.3-11.
18. Меркушкина Т.Г., Зотов Ю.С. Изменение газового состава в помещении с естественным газообменом на начальной стадии пожара // Безопасность людей при пожарах: Сборник научных трудов. – М.: ВНИИПО, 1986. – С. 50-54.

УДК 614.842

В.М.Жартівський, д.т.н., професор, Ю.В.Цапко, к.т.н., К.І.Соколенко, Д.М.Откідач
(Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки МНС України)

ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ ЗАСТОСУВАННЯ “МЕМБРАННОГО” АЗОТУ ДЛЯ ФЛЕГМАТИЗУВАННЯ ГОРЮЧИХ ГАЗОВИХ СЕРЕДОВИЩ

Наведено результати досліджень в разі флегматизування азотом, отриманим за мембранною технологією, сумішей повітря з парами окремих горючих рідин. Обґрунтовано ефективність та доцільність застосування “мембранного” азоту в системах протипожежного захисту об'єктів.

Забезпечення пожежної безпеки є невід'ємною частиною державної діяльності щодо охорони життя та здоров'я людей, національного багатства і навколишнього природного середовища [1].

У 2000-2003 роках в Україні зареєстровано 9899 пожеж та загорянь у спорудах виробничого призначення, цехах, торгівельно-складських спорудах, 257 осіб загинуло, прямі збитки склали більше 61739 тис. грн.