

## ПАРАМЕТРИ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ В ІЗОЛЬОВАНИХ КАНАЛАХ ПІНОЮ НА ОСНОВІ ПРОДУКТІВ ЗГОРАННЯ

Розроблена математична модель і отримані аналітичні залежності витрати піни, висоти пінного потоку, кратності піни, концентрації кисню в осередку пожежі, часу комплексного впливу на осередок і очікуваної температури в зоні горіння в результаті гасіння відображають тепломасообмінні процеси. Математична модель перевірена на адекватність та підтверджена натурними випробуваннями. Отримані залежності можуть використовуватися для розрахунків очікуваної температури в осередку пожежі і знаходити розрахунковий час гасіння пожежі.

Основними вимогами до сучасних методів і засобів гасіння пожеж в ізолюваних та напівізолюваних об'єктах середньої і великої протяжності, а також в підземних комунікаціях і спорудах є мобільність, автономність і висока інтенсивність гасіння осередків горіння в короткі терміни. Цим вимогам в більшій мірі відповідають способи і засоби ліквідації пожеж шляхом водяного, порошкового, пінного впливу на осередок пожежі. До цих способів належить також інертизація ізолюваних об'ємів інертними газами або шляхом рециркуляції пожежних газів.

Найбільш часто пожежі виникають на об'єктах електроенергетики в кабельних тунелях. І не дивлячись на використання в даний час нових типів кабелів з ізоляцією, яка трудно горить кількість пожеж не зменшується. Тут, при пожежах в кабельних тунелях характерним є дуже швидкий їх розвиток. За 10-12 хвилин температура в зоні горіння може сягати 700-800 °С. Особливістю профілактики і гасіння пожеж на таких об'єктах є труднодоступність для огляду стану кабельної системи [1].

Відомі установки газоводяного пожежогасіння типу, наприклад, АГВГ добре себе зарекомендували при гасінні фонтанів газу, які горять, однак вони не придатні для створення інертного середовища в ізолюваних підземних об'єктах, які знаходяться на відстані від установки більше ніж на 15-25 м.

Пінні засоби гасіння пожеж також не завжди є ефективними при високій кратності піни більше ніж 1000 біля осередку пожежі. Запропонований спосіб рециркуляції пожежних газів в ізолюваному об'ємі може інертизувати повітря до певної концентрації кисню, коли залишаються невеликі осередки як горіння, так і тління [2].

В даний час в підрозділах МНС України відсутні високоефективні установки комплексного дистанційного гасіння пожеж в ізолюваних та напівізолюваних приміщеннях.

В зв'язку з цим виникає необхідність в розробці нових високоефективних способів і засобів пожежогасіння. Дослідження процесів генерування піни на

основі пожежних газів, яка стійка до високих температур, встановлення закономірностей її руху до осередку пожежі і одночасного впливу на нього крапельною рідиною та продуктами згорання є актуальною науково-технічною задачею, вирішення якої сприяє безпечному і ефективному гасінню пожеж і проведенню аварійно-рятувальних робіт на об'єктах з підвищеною небезпекою [3].

Аналіз відомих результатів теоретичних досліджень тепломасообміну [4] в ізольованих або не ізольованих каналах показує, що теплові джерела, які наявні в диференціальних рівняннях, задаються або емпірично у вигляді функцій від часу або не пов'язуються з концентрацією кисню, який витрачається на горіння.

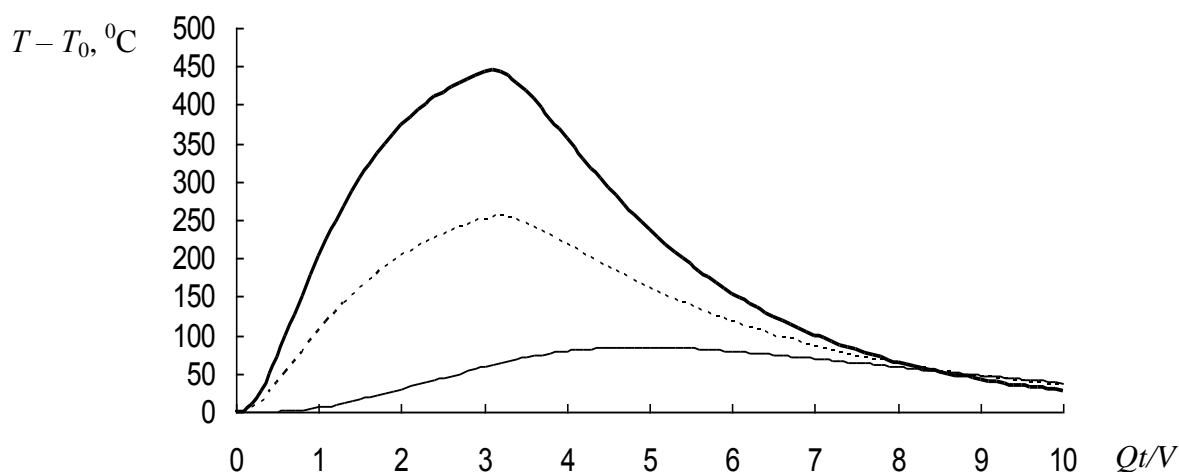


Рис. 1. Результати моделювання динаміки температури в осередку пожежі при його виникненні без затухання і ізоляції при подачі піни на основі продуктів згорання, що починається з  $Qt/V > 3$

Крім того, при розгляді рециркуляції пожежних газів в ізольованому об'ємі виходять з циклів кратності обміну повітря, а не із динаміки в часі процесу газообміну як в зоні горіння, так і за її межами. Все це говорить про відсутність при проведенні теоретичних досліджень обліку жорсткого зв'язку процесів теплообміну і газообміну при пожежах.

Результати моделювання показали (рис. 1), що найбільш суттєвий вплив на осередок пожежі дає комплексна дія піни на основі продуктів згорання.

Із аналізу отриманих результатів виходить, що комплексна дія на осередок пожежі піною з продуктами горіння призводить до швидкого затухання осередку пожежі навіть при постійній інтенсивності витрати кисню.

При моделюванні динаміки температури в осередку пожежі приймалися довільні значення вихідних параметрів, однак отримані результати відображають реальну картину процесів, що відбуваються при спостереженні за пожежами.

При проведенні вогневих експериментів біля бетонітової перемички (рис. 2) розпалювали вогнище. В якості горючого матеріалу використовувалась деревина у вигляді штабелю дров (в одному із них з додаванням вугілля), а в останньому експерименті встановлювалось дерев'яне кріплення. Крім того, у вогнища додавались гумові скати.

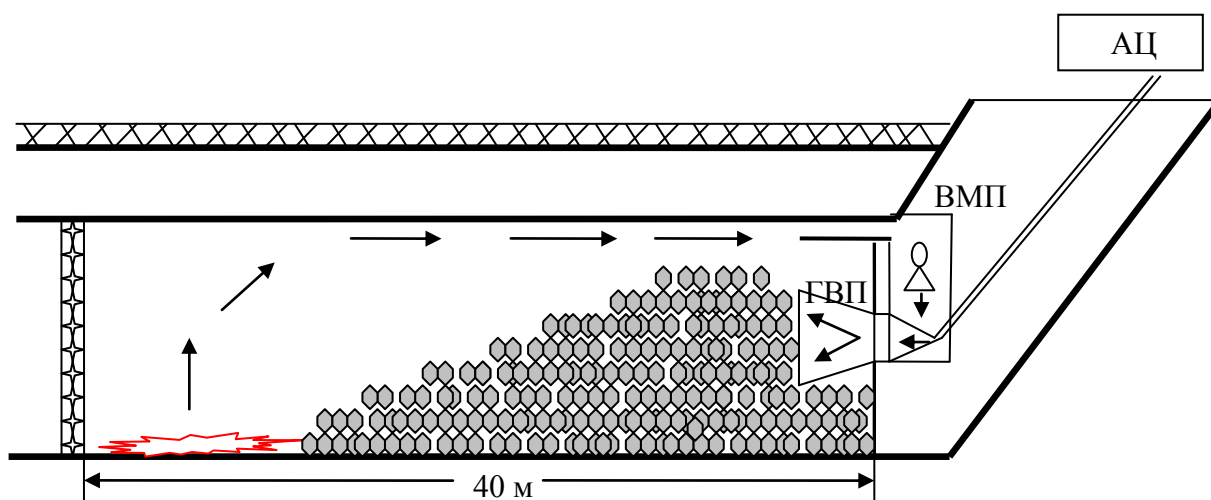


Рис. 2. Схема ізолюваної ділянки дослідної штольні для проведення експериментів по подачі піни на основі продуктів горіння

В залежності від складу матеріалу, що горить час розвитку пожежі складає 15 – 30 хв. Як показали термопар, температура в осередку пожежі піднімалась до 400 – 500 °С, а у місці відбору повітря біля брезентової перемички температура доходила під покрівлю до 60 – 80 °С. Після досягнення максимальної температури горіння двері в бетонітовій перемичці зачинялись. Пожежа, таким чином, ізолювалась, але горіння продовжувалось, так як кисню було достатньо.

В першому експерименті при горінні дерев'яного вогнища низька продуктивність 0,5 м<sup>3</sup>/с піногенератора ГПС – 600, по суті, не дозволила знизити температуру в осередку пожежі до 50 °С. Зниження температури в кінці експерименту відбулося в результаті самовільного догорання вогнища. В наступних експериментах висока продуктивність 1,7 м<sup>3</sup>/с піно генератора дозволила погасити пожежу. Тому продуктивність піногенератора повинна бути не менше 1 м<sup>3</sup>/с.

Встановлена достовірність результатів математичного моделювання динаміки пінних потоків разом з продуктами згорання і їх впливу на осередок пожежі шляхом співставлення розрахункових кривих з експериментальними даними. Встановлено, що використовувати пожежні газы для генерування піни можна в діапазоні температур 293 – 373 К і визначати кратність піни на виході із піногенератора за формулою [5]

$$K_0 = K_0^T + 5(T_2 - T_0) \quad (1)$$

де  $K_0^T$  – початкова кратність піни при нормальній температурі у відповідності з технічною характеристикою піногенератора;  $T_2$  – температура пожежних газів на вході в піногенератор, К;  $T_0$  – нормальна температура, умовно рівна 293 К.

Отримана аналітична залежність, яка дозволяє дати прогноз очікуваної температури в осередку пожежі при комплексній на нього взаємодії

$$T_2 = T_0 + \frac{1300}{\{1 + 0,22S/Q + 0,031 \cdot 10^{-5}[r + c_n(T_1 + T_0)/2]/(Kd_k^2)\}}(Q/Q_1 + Q/q_2) \quad (2)$$

де  $S$  – площа поперечного перерізу каналу, м<sup>2</sup>;  $Q$  – витрата піни, яка поступає в осередок пожежі, м<sup>3</sup>/с;  $r$  – теплота пароутворення, Дж/кг;  $c_n$  – гранична теплосмність пари, Дж/(кг · К);  $T_1$  – температура у брезентовій перемички, К;  $K$  – кратність піни;  $d_k$  – діаметр крапель рідини при руйнуванні піни, мм;  $Q_1$  – витрати пожежних газів в першій фазі, м<sup>3</sup>/с;  $q_2$  – інтенсивність горіння, м<sup>3</sup>/с.

Перевірка адекватності розробленої математичної моделі в лабораторних і натурних умовах показала, що отримані аналітичні залежності витрати піни, висоти пінного потоку, кратності піни, концентрації кисню в осередку пожежі, часу комплексного впливу на осередок і очікуваної температури в зоні горіння в результаті гасіння достовірно відображають тепломасообмінні процеси і можуть бути використані для розрахунків.

Для оперативних розрахунків всіх шуканих параметрів, а також часу гасіння пожежі розроблений комп'ютерний метод розрахунку, який виконується в Excel з використанням всіх отриманих аналітичних залежностей концентрацій кисню, кратності піни і температури в зоні горіння від часу впливу на осередок пожежі піною, отриманою на основі продуктів горіння.

Вихідні дані для розрахунку вводяться в одну таблицю, а результати розрахунків поміщаються в іншу таблицю, крім часу гасіння пожежі. Час активного гасіння пожежі піною на основі продуктів горіння визначається візуально по графіку, де на перетині горизонтальної лінії, яка відповідає температурі 40 °С, з кривою динаміки температури знаходиться час активного гасіння пожежі і заноситься у відповідну графу другої таблиці.

Не дивлячись на досягнення температури 40 °С подачу піни слід продовжити з меншою інтенсивністю з тим, щоб погасити залишкові невеликі осередки особливо у верхній частині каналу.

Розроблена методика розрахунку параметрів КВОП і комп'ютерний розрахунок на ЕВМ в Excel при заданих необхідній кратності піни в осередку пожежі, довжинах ізолюваного об'єму і зони горіння дозволяють визначити необхідну продуктивність піногенератора і необхідну кратність піни і робити про-

гноз очікуваної температури в осередку пожежі при застосуванні піни на основі продуктів горіння і знаходити розрахунковий час гасіння пожежі методом КВОП.

Список літератури:

1. Дмитровський С.Ю. Обґрунтування параметрів гасіння пожеж в кабельному тунелі шляхом рециркуляції продуктів горіння: автореф. дис. ... канд. техн. наук / С.Ю. Дмитровський. – Львів: ЛДУБЖД МНС України, 2008. – 16 с.
2. Лозинський Р.Я. Обґрунтування параметрів установки для дистанційного гасіння пожеж газоводяною сумішшю: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Р.Я. Лозинський. – Львів: ЛПБ МНС України, 2005. – 20 с.
3. Ковалишин В.В. Динаміка газово-пінних потоків в замкнутому об'ємі каналу під час гасіння пожежі / В.В. Ковалишин, Я.Б. Кирилів, Т.В. Бойко // Пожежна безпека. – 2009. – №15. – С. 16 – 24.
4. Лыков А.В. Тепломассообмен. Справочник. / А.В. Лыков – М.: Энергия, 1980. – 580 с.
5. Кирилів Я.Б. Прогноз температури пожежних газів при вільній тепловій конвекції повітря в замкнутому об'ємі / Я.Б. Кирилів. Пожежна безпека: теорія і практика: збірник наукових праць. – Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2010. – №6. – С. 55-61.