

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Heckbert P., Garland M. *Survey of polygonal surface simplification // SISGRAPH. – 1997. – Course 25.*
2. Luebke, David P.A. *Developer's Survey of Polygonal Simplification Algorithms. IEEE Computer Graphics & Applications, 2001.*
3. Sophie Jarlier, HyungSeok Kim, Stephane Garchery, Nadia Magnenat-Thalmann *Reduction: State-of-the-Art // MIRALab, University of Geneva, May 2005.*
4. Скворцов А.В. *Триангуляция Делоне и её применение. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. – 128 с.*
5. M. Hussain, Y.Okada, K.Nijima1 *Efficient and Feature-Preserving Triangular Mesh Decimation Journal of WSCG, Vol.12, No.1-3., ISSN 1213-6972 WSCG'2004, February 2-6, 2004, Plzen, Czech Republic.*
6. Мельник А.О., Акимшин О.І. *Прорідження триангуляційних сіток тривимірних об'єктів комп'ютерної томографії // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 2006. - №573. – С. 131–137.*

УДК 614.8

Т.В.Бойко, В.В.Ковалишин, к.т.н., с.н.с., Р.Я.Лозинський, к.т.н., доц. (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕНЕРУВАННЯ ПІНИ ПАРОГАЗОВОДОЯНОЮ СУМІШШЮ

Встановлені параметри для експериментального дослідження генерації піни потоком парогазоводяної суміші.

В роботах [1, 3] досліджувалось використання АГВГ для гасіння парогазовими сумішами.

Для розробленої модернізованої установки АГВГ-100М найбільш прийнятна камера охолодження з ступінчастим введенням охолоджуючої води і виводом конденсату і води, що не випарувалася, з кожної ступені. Це дуже важливо при формуванні піни.

На основі типових технологій дистанційного гасіння пожеж розроблена тактико-технологічна схема дистанційного об'ємного гасіння пожеж на небезпечних виробництвах парогазовою сумішшю активним способом. Ця ж схема може бути удосконалена для подачі піни. Подача піни в закриті об'єми буде мати порівняно з парогазовими сумішами такі переваги: витіснення кисню, охолодження зони горіння, ізоляція і т.д.

Блок-схема тактико-технологічного застосування установки АГВГ-100М представлена на рис. 1.

Дистанційне об'ємне гасіння активним способом припускає безпосередню активну дію на осередок пожежі на аварійному об'єкті шляхом заміщення повітря інертною парогазовою сумішшю і провітрювання парогазовою сумішшю зони горіння протягом часу, достатнього для припинення полум'яного горіння і подальшого охолодження матеріалів і конструкцій, що горять, до температури, що виключає рецидив пожежі при припиненні подачі вогнегасної речовини.

При цьому звичайно виходять з того, що небезпека вибуху виключається, коли об'ємна частка кисню на аварійному об'єкті не перевищує 12 %, а полум'яне горіння припиняється при зниженні об'ємної частки кисню до 8 %.



Рис. 1. Блок схема тактико-технологічного застосування удосконаленої установки для гасіння пожежі парогазовою сумішшю на аварійній ділянці (приміщенні) виробничого об'єкта

При подачі газоводяної суміші в аварійне приміщення відбувається турбулентне перемішування суміші, що подається, з повітряним середовищем. Перемішане газове вогнегасне середовище частково видаляється з приміщення через нещільність (отвори). Для гасіння осередку пожежі в таких умовах необхідно зберігати рівність масової витрати газоводяної суміші і газової суміші, що видаляється з приміщення (газоводяна суміш + повітря) за допомогою компенсації втрат газового складу або його підживлення. За наявності в приміщенні осередку пожежі на процес газозмішування додатково впливатимуть теплові конвективні потоки, що приведе до більш інтенсивного перемішування газоводяної суміші і збільшення витоку газової вогнегасної речовини (з урахуванням різниці тиску усередині аварійного приміщення і атмосферного тиску).

З аналізу питання процесів генерування піни виходить, що основними характеристиками цього процесу є стійкість і дисперсність генерованої піни.

Специфічною особливістю процесу генерування піни потоком парогазоводяної суміші на основі продуктів згоряння авіаційного палива в турбореактивному двигуні є підвищена температура газів.

З літературних джерел і експериментальних даних виходить, що температура такої суміші може змінюватися в широкому діапазоні від 350 К до 520 К.

Дослідження процесу піноутворення в такому широкому діапазоні температур парогазоводяної суміші пояснюється тим, що, як показано в роботі [1], дрібнодисперсний піноутворюючий склад, що потрапляє в область підвищених температур, переходить в пароподібний стан близький до насичення, коли починають з'являтися ефекти конденсації пари з виділенням теплоти фазових переходів. Це приводить до зниження інтенсивності тепломасового обміну між краплями води і газовою фазою. У результаті за час знаходження крапель піноутворюючого складу в завислому стані в потоці парогазоводяної суміші вони не встигають прогрітися до температур, відповідних рівноважному стану. У зв'язку з цим, завдяки високій рухливості піни і її здатності тривалий час знаходитися в потоці парогазоводяної суміші в завислому стані, раціональне охолодження водою газів призводить до температури, при якій процес піноутворення на сітках протікає стійко.

В процесі отримання піни відбувається інтенсивне формування поверхні розділу розчин-повітря. При цьому може припинитися процес піноутворення, якщо швидкість підведення і адсорбції піноутворювача з розчину не компенсуватиме зниження його вмісту в поверхневому шарі внаслідок деформації поверхні розділу [2].

Величина динамічної адсорбції на поверхні пінної плівки, що деформується на сітці генератора, визначається залежно від концентрації розчину, розміру отворів в сітці і швидкості газу, який проходить через сітку [3]:

$$\Theta = \frac{1}{t_1 + \frac{9}{4}t} \left[\Theta_1 \frac{9}{4}t - \frac{C_p}{\Gamma_{\max}} \sqrt{\frac{3}{2}} \frac{D \cdot t}{\pi} \cdot \frac{5}{2}t + \frac{C_{\text{нав}}}{\Gamma_{\max}} \sqrt{\frac{D(t_1 + \frac{3}{2}t)}{\pi}} \left(\frac{3}{2}t_1 + \frac{5}{2}t \right) \right], \quad (1)$$

де Θ – відносна динамічна адсорбція, моль/м²;

Γ_{\max} – максимальна величина адсорбції, моль/м²;

t – час, с;

Θ_1, t_1 – початкові умови, відповідно, динамічної адсорбції і часу, с;

$C_{\text{нав}}$ – концентрація ПАР в об'ємі розчину %;

D – коефіцієнт дифузії ПАР, м²/с.

Залежність Θ від t проходить через мінімум. Якщо значення Θ_{\min} виявиться меншим Θ_1 , при якому зберігається стійкість пінної плівки Θ_2 , то відбудеться припинення піногенерування. Величина швидкості, при якій $\Theta_1 = \Theta_2$ буде критичною швидкістю піногенерування.

Розрахунок процесу генерування піни потоком парогазоводяної суміші за формулою (1) ускладнений зважаючи на відсутність конкретних даних по досліджуваному процесу.

У зв'язку з цим питання впливу швидкості на процес піноутворення на сітках необхідно досліджувати експериментально, варіюючи швидкість потоку парогазоводяної суміші в реально можливих на практиці межах, а саме від 2 до 11 м/с.

У потоці парогазоводяної суміші на поверхні розділу фаз протікають процеси випаровування плівок і конденсації пари.

Швидкість зменшення товщини плівки в піні через випаровування вологи можна представити у вигляді [4]

$$\left(\frac{dh}{dt}\right)_\alpha = -\frac{DC_{nae}}{\sigma} \cdot \frac{\Delta P}{P_0}, \quad (2)$$

де h – в'язкість дисперсного середовища, Па·с;

σ – поверхневий натяг розчину, Н/м;

ΔP – пониження парціального тиску водяної пари, Па;

P_0 – тиск насиченої пари, Па.

Для товстих плівок, в яких розклинюючий тиск малий в порівнянні з капілярним тиском P_σ в оточуючому плівку каналі Гіббса-Плато, швидкість «дифузійного» стоншення плівки слід зіставляти із швидкістю стоншування через в'язке витікання дисперсного середовища, яке приблизно описується рівнянням Рейнольдса

$$\left(\frac{dh}{dt}\right)_v = \frac{2}{3} \cdot \frac{h^3 \cdot P_\sigma}{r_0^2}, \quad (3)$$

де $\left(\frac{dh}{dt}\right)_v$ – швидкість стоншування плівки, м/с;

P_σ – капілярний тиск, Па;

r_0 – радіус пінної бульбашки, м.

При цьому капілярний тиск визначається співвідношенням

$$P_\sigma = \frac{\sigma}{\rho}, \quad (4)$$

де ρ – радіус кривизни поверхні каналу Гіббса-Плато, м.

У зв'язку з цим для вивчення процесу піногенерування необхідно експериментально вивчити вплив температури парогазоводяної суміші на якість піни, що генерується. Значення максимальної температури димових газів, при якій забезпечується стійкий процес піноутворення, визначається перш за все складом, властивостями і концентрацією ПАВ в розчині. Незалежно від вищесказаного для всіх типів промислово освоєних піноутворювачів при збільшенні температури газової фази:

- зменшується адсорбція ПАР, що приводить до зниження стабільності піни;
- посилюються теплові коливання адсорбційних молекул, внаслідок чого ослабляється механічна міцність поверхневого шару, утвореного молекулами ПАР;
- збільшується швидкість закінчення рідини з піни і знижується міцність гідратних шарів, що зменшує стійкість піни;
- збільшується газовміст і завдяки зростанню внутрішнього тиску відбувається укрупнення бульбашок піни.

Таким чином, зміна температури парогазоводяної суміші робить вплив практично на всі найбільш важливі параметри піни. Тому здатність піноутворювальних розчинів генерувати стійку піну в умовах підвищених температур газової фази характеризує піноутворну

ефективність ПАР, кількісним виразом якої є стійкість піни. Вона визначається або за часом 50 % руйнування піни (найбільш поширений метод), або за кінетикою синерезису (коефіцієнт β), або за динамікою зміни кратності в часі (коефіцієнт α). Параметри β і α визначаються співвідношеннями [5, 6]:

зміна кратності в часі

$$K = K_0 e^{\alpha t}; \quad (5)$$

кінетика синерезису

$$V_t' = V_0' e^{-\beta t}, \quad (6)$$

де K, K_0 – кратність піни і початкова кратність відповідно;

t – час, с;

V_t', V_0' – кількість рідини в піні на одиницю площі за час t і кількість рідини в початковий момент відповідно, $\text{м}^3/\text{м}^2$;

α, β – емпіричні коефіцієнти.

Оскільки наші дослідження спрямовані на пошук шляхів інтенсифікації процесів тепловідбору, представляє інтерес не тільки об'ємна кількість піни в потоці газоводяної суміші, а і кількість рідини в ньому. У цьому сенсі вираз (5) забезпечує комплексну оцінку стійкості піни в часі, що дає можливість визначення параметрів пінного потоку в динаміці при русі його по трубопроводу.

Відомо, що процес витікання рідини з піни в часі характеризується початковим періодом, протягом якого кратність практично не змінюється, проміжним, коли швидкість витікання рідини з піни наростає і завершальним, де швидкість убуває аж до повного руйнування піни, а кратність практично залишається постійною [7]. У зв'язку з цим представляється коректнішим описати зміни кратності піни в часі виразом вигляду

$$K = K_0 + \frac{at}{b + (at)^2}, \quad (7)$$

де a, b – емпіричні коефіцієнти.

Оскільки залежність кратності і стійкості піни від основних параметрів режиму роботи піногенеруючого пристрою (швидкості газу, його температури і концентрації ПАР в розчині піноутворювача) носить параболічний характер [8, 9], то для характерних моделей необхідно в експериментах варіювати регульовані параметри на трьох рівнях:

- за швидкістю парогазоводяної суміші – від 2 до 11 м/с (верхня межа обумовлена максимальною швидкістю потоку);
- за температурою – від 370 до 500 К (верхня межа зміни температури встановлена за наслідками попередніх випробувань нових типів стійких до високої температури піноутворювачів [10] на основі алкілсульфатів первинних спиртів);
- за концентрацією ПАР в розчині піноутворювача – від 3 до 7 % (верхня межа зміни концентрації ПАР обґрунтована результатами досліджень [11] з генерування піни високотемпературним газом).

Окрім цих параметрів в експериментальну модель слід ввести як регульований чинник кількість піногенеруючих сіток – для встановлення впливу дисперсності піни і щільності зрошування сіток розчином піноутворювача і для встановлення впливу вмісту рідкої фази на теплообмін в потоці піни при незмінній витраті газу.

З вище викладеного видно, що метою експериментальних досліджень є встановлення закономірностей процесу генерування піни потоком парогазоводяної суміші, встановлення взаємозв'язків визначальних параметрів цього процесу, отримання емпіричних залежностей,

що дозволяють розраховувати раціональні режими генерування піни потоком парогазоводяної суміші і основні конструктивні характеристики піногенеруючих пристроїв.

В ході експериментальних досліджень необхідно встановити:

1. вплив температури парогазоводяної суміші на параметри і режими роботи піногенеруючого пристрою;
2. закономірності зміни в часі кратності і стійкості піни, що генерується;
3. закономірності зміни реологічних властивостей піни, що генерується.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лозинський Р.Я., Дікеништейн І.Ф. Експериментальні дослідження процесу охолодження парогазової суміші дрібнорозпиленою водою // Пожежна безпека: Зб. наук. праць/ ЛШБ МНС України. – 2005. - № 6. – С. 178-185.
2. Лозинский Р.Я. Условия применения парогазовой смеси при пожаре// Пожарная безопасность многофункциональных зданий и сооружений: Материалы XIX научно-практической конференции. – Москва, ФГУ ВНИИПО, 2005. – Ч.1.– С 93-95.
3. Лозинський Р.Я. Визначення параметрів подачі газоводяної суміші для ліквідації пожежі на об'єктах підвищеної небезпеки // Пожежна безпека: Збірник наукових праць ЛШБ МНС України. - 2004.- № 5.- С. 39-44.
4. Макаренко В.Л., Жукова Н.Е., Карягина Н.В. Исследование ПАВ для охлаждения продуктов сгорания генератора инертных газов. В кн.: Физико-химические основы применения поверхностно активных веществ: Тез. докладов республ. конф. ДонГУ, 1981.– С.112.
5. Первушин Ю.В. Устойчивость пен и анализ экспериментальных возможностей ее исследования. Журнал прикладной химии.– Л.: Наука, 1978.– С.856-860.
6. Файнерман В.Б., Погарский В.К., Левитасов Я.М., Лылык С.В. Исследование процесса генерирования пены. Журнал прикладной химии.– Т.15, № 7, 1982.– С.1550-1655.
7. Перцов А.В., Борачук В.Ф., Чистяков Б.Е., Щукин Е.Д. Испарение дисперсионной среды и устойчивость пен. Доклады академии наук СССР, 1980, т. 250, № 4.– С.906-909.
8. Чарков В.П., Шецер Г.М. Исследование реологических свойств воздушно-механической пены. В сб.: Горючесть веществ и химические средства пожаротушения. –М.: ВНИИПО, 1979.– Вып. 6.– С. 26 – 29.
9. Кругляков П.М. Определение устойчивости пены по увеличению концентрации раствора ПАВ, вытекающего из нее, Коллоидный журнал, 1982, 44, № 2.– С.348-351.
10. Каин К.Б. Исследование вытекания жидкости из пен (синерезис). В кн.: Пены, их получение и применение (Тез. докладов II-й Всесоюзной конференц.), Шебекино, 1979.– С.34-36.
11. Гришин Н.В., Мутрисков А.Я., Маминов О.В. О структуре динамической пены в присутствии поверхностно-активных веществ в жидкой фазе / Журнал прикладной химии, 1976.– Т. 49.– Вып. 11.– С. 2546 – 2547.
12. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения.– М.: Химия, 1983.– 262 с.
13. Макаренко В.Л., Горб В.Ю., Карягина Н.В. Пенное охлаждение парогазоводяной смеси в генераторах инертного газа / Методы и средства ведения горноспасательных работ: Сб. науч. трудов // ВНИИГД, 1980.– С. 46 - 50.
14. Первушин Ю.А. Определение нижнего и верхнего температурного предела газа для устойчивого пенообразования на сетках.– В сб.: Горноспасательное дело, 1976, № 12.– С.13-14.