

М.М. Козяр, д.пед.н., доцент, В.В. Ковалишин, к.т.н. с.н.с., Т.В. Бойко
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ГЕНЕРУВАННЯ ПІНИ ПОТОКОМ ПАРОГАЗОВОДАЯНОЇ СУМІШІ

Встановлені параметри для експериментального дослідження генерації піни потоком парогазоводяної суміші

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 приводить 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 пінової плівки, що деформується на сітці генератора, визначається залежно від концентрації розчину, розміру отворів в сітці і швидкості газу, який проходить через сітку [3]:

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

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;

$C_{\text{пар}}$ – 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 пінової 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 (3.1) ускладнений зважаючи на відсутність конкретних даних з досліджуваного 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]

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

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

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

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

де 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 газоміст і завдяки зростанню внутрішнього тиску відбувається укрупнення бульбашок піни.

Таким чином, зміна температури парогазоводяної суміші впливає практично на всі найбільш важливі параметри піни. Тому здатність піноутворних 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 газозводної суміші, а і кількість рідини в ньому. У цьому сенсі вираз 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 спадає аж до повного руйнування піни, а кратність практично залишається сталою [7].

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

- за швидкістю парогазозводної суміші – від 2 до 11 м/с (верхня межа зумовлена 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 регульовані чинники число 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 необхідно провести експериментальні дослідження метою є встановлення закономірностей процесу генерування піни потоком парогазозводної суміші, встановлення взаємозв'язків визначальних параметрів цього процесу, отримання емпіричних залежностей, що дозволяють розраховувати раціональні режими генерування піни потоком парогазозводної суміші і основні конструктивні характеристики піногенеруючих пристроїв.

В ході експериментальних досліджень необхідно встановити:

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

ЛІТЕРАТУРА

1. 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.
2. Первушин Ю.В. Устойчивость пен и анализ экспериментальных возможностей ее исследования. Журнал прикладной химии, Л.: Наука, 1978, С.856-860.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Кругляков П.М. Определение устойчивости пены по увеличению концентрации раствора ПАВ, вытекающего из нее, Коллоидный журнал, 1982, 44, № 2, С.348-351.
7. 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.
8. 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.
9. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. М.: Химия, 1983, 262 с.
10. 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.
11. Первушин Ю.А. Определение нижнего и верхнего температурного предела газа для устойчивого пенообразования на сетках. – В сб.: Горноспасательное дело, 1976, № 12, С. 13-14.

УДК 614.84

*Б.В.Болібрух, к.т.н., Т.В.Окрепкий., А.І.Шурин
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

ВПЛИВ ЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СПОРЯДЖЕННЯ РЯТУВАЛЬНИКА НА ТАКТИКУ ВЕДЕННЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ ПІД ЧАС ГАСІННЯ ПОЖЕЖ

В даній роботі пропонується ввести зміни в план пожежогасіння щодо порядку розробки оперативних документів, в поданні інформації про горюче навантаження, можливу густину теплового потоку та інших небезпечних фізико-хімічних параметрів. Завдяки чому можемо визначити на момент прибуття першого підрозділу необхідний вид захисного одягу пожежника відповідного рівня, що буде мати безпосередній вплив на ефективність проведення аварійно-рятувальних робіт під час гасіння пожежі.

Забезпечення безпечних умов роботи рятувальників є пріоритетною тактичною задачею, рішення якої сприяє підвищенню ефективності діяльності підрозділів оперативно-