

УДК 614.844

С.А. Виноградов, І.М. Грицина, к.т.н. доцент, НУЦЗУ,
С.В. Качкар, к.т.н., С.М. Биченко, к.і.н., АПБ ім. Героїв Чорнобиля

ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ КРАПЕЛЬ, НЕОБХІДНИХ ДЛЯ ГАСІННЯ ГАЗОВОГО ФОНТАНУ

Запропоновано схему розрахунку необхідного діаметра краплі рідини на вході в газовий фонтан. Побудовано залежності радіуса краплі перед факелом від кінцевого радіуса після проходження і дебіту фонтану.

Ключові слова: газовий фонтан, розмір краплі, дебіт фонтану.

Постановка проблеми. При гасінні газового фонтану високошвидкісними струменями рідини здійснюється подвійний вплив на факел – механічний відрив факела від свердловини та охолодження зони горіння розпорошеною водою. Для забезпечення ефективного охолодження необхідно знати, який розмір крапель повинен бути на вході в газовий факел. Ці знання дозволять визначити, які повинні бути початкові параметри струменя.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботі [1] наведено методику визначення зміни розміру крапель, що проходять в зоні нагрітих продуктів згоряння, за якою

$$r'_e = \sqrt{\left(r_e^i\right)^2 - \frac{2\lambda_{\bar{a}}(\bar{O}_{\bar{a}} - T_e)}{I_{\bar{a}e} \rho_e} \tau_{\bar{O}}}, \quad (1)$$

де $\tau_{\bar{O}}$ – час польоту краплі у зоні горіння, під час якого відбувається процес випаровування, с;

r_e^0 – початковий радіус краплі, м; r'_k – радіус краплі на момент часу τ_t , м; T_k і T_g – температура краплі та газу, відповідно, К; $\Delta H_{\text{вип}}$ – питома теплота пароутворення води, Дж/кг; λ_g – коефіцієнт теплопровідності газового середовища, Вт/(м·К); ρ_k – густина краплі, кг / м³.

Ця залежність може бути використана для розрахунку необхідного розміру крапель на вході в газовий факел.

Постановка задачі та її вирішення. Час τ_t польоту краплі в факелі залежить від швидкості руху краплі V_t у газі, що горить та відстані, що пройшла крапля S_t .

Для визначення часу τ_t зробимо деякі припущення:

- швидкість руху краплі залишається постійною на всій ділянці руху у факелі;
- відстань, що проходить крапля в палаючому газі визначається з моменту попадання її у видиму зону горіння і до моменту виходу з неї;
- траєкторія руху краплі залишається незмінною і на неї не впливають висхідні газові потоки;
- температура факелу на всій ділянці руху краплі приймається постійною.

З урахуванням прийнятих припущень відстань, яку пройшла крапля $S_t = 2r_t$ можна визначити за схемою на рис. 1.

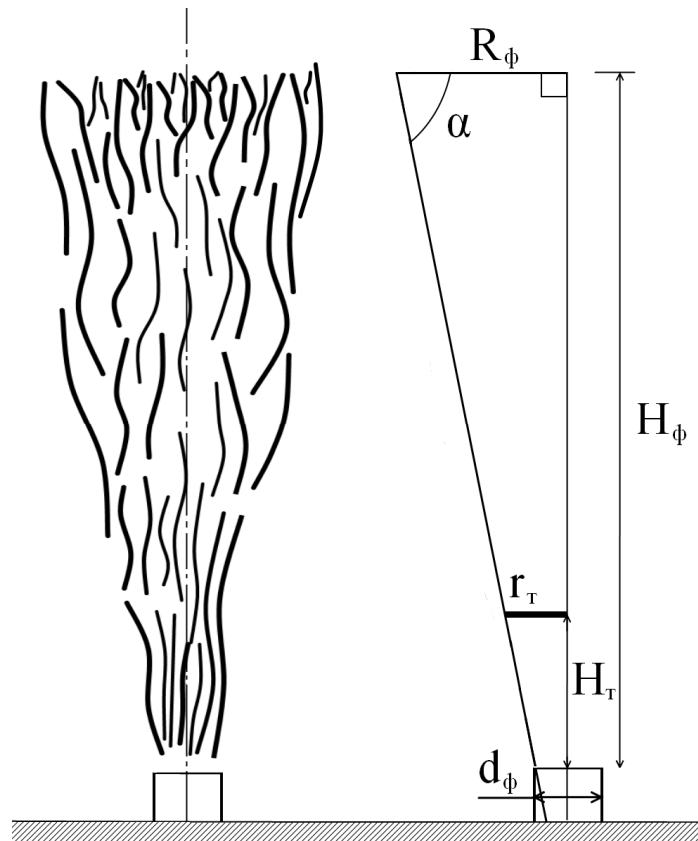


Рис. 1. Схема розрахунку параметрів факелу

Досвід гасіння газових фонтанів показує [2], що для успішного гасіння газового факела водяними стволами, струмені повинні бути спрямовані на відстань H_T від гирла свердловини, яка відповідає

$$H_T = (0,15 \div 0,25) H_\phi, \quad (2)$$

де H_ϕ – висота газового факелу, м.

У свою чергу, висота газового факелу

$$H_\phi = 61,25 Q_\phi^{0,4}, \quad (3)$$

де Q_ϕ – розхід газового факелу, $\text{м}^3/\text{с}$.

Максимальний діаметр верхньої частини турбулентного дифузійного факелу можна визначити

$$R_\phi = 0,06 H_\phi, \quad (4)$$

З рис. 1 видно, що відстань r_T - основа прямокутної трапеції. Виходячи з цього, запишемо

$$r_T = R_\phi - \frac{H_\phi - H_T}{\text{tg} \alpha}. \quad (5)$$

Підставивши (2) - (4) в (5) та виконавши спрощення, отримаємо

$$r_T = 0,735Q_\phi^{0,4} \quad (6)$$

Таким чином, відстань, яку проходить крапля рідини у газовому факелі, дорівнює $S_T = 1,47Q_\phi^{0,4}$.

За умови, що швидкість руху струменя перед факелом, при якій забезпечується успішний відрив та гасіння газового факелу $V_{cp}=(70\div 80)$ м/с [3], запишемо формулу, що визначає час проходження краплі струменя рідини через газовий факел

$$\tau_T = (0,018 \div 0,021)Q_\phi^{0,4} \quad (7)$$

Для розрахунків приймаємо середнє значення інтервалу.
З урахуванням (7) вираз (1) приймає вигляд

$$r'_e = \sqrt{(r_e^i)^2 - \frac{0,04\lambda_{\bar{a}}(\dot{O}_{\bar{a}} - T_e)}{\dot{I}_{\bar{a}\bar{e}i}\rho_e} \cdot Q_\phi^{0,4}} \quad (8)$$

Отже, початковий розмір крапель r_K^0 буде визначатися

$$r_e^i = \sqrt{(r'_e)^2 + \frac{0,04\lambda_{\bar{a}}(\dot{O}_{\bar{a}} - T_e)}{\dot{I}_{\bar{a}\bar{e}i}\rho_e} \cdot Q_\phi^{0,4}} \quad (9)$$

За даними [2] максимальна температура газового факелу змінюється в межах (1550÷1650) К.

Результати розрахунків за формулою (9) зображені на рис. 2 і на рис. 3. На рис. 2 представлений графік залежності початкового радіуса краплі r_K^0 від радіуса краплі після проходження факела r'_K , а на рис. 3 - від добового дебіту фонтану ω .

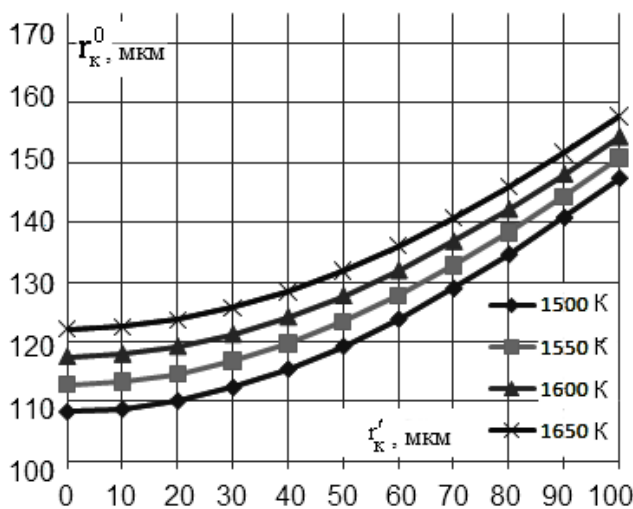


Рис. 2. Залежність r_K^0 від r'_K за різної температури полум'я T_T

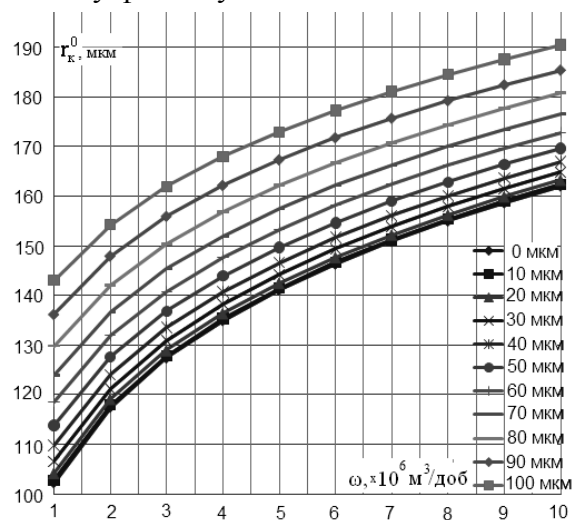


Рис. 3. Залежність r_K^0 від дебіта фонтану ω за різного r'_K при $T_T=1650$ К.

Висновки. Таким чином, якщо на виході з газового фонтану діаметр крапель повинен бути мінімальним $d'_k \leq 20$ мкм, то діаметр краплі на вході в фонтан, при найвищій температурі факелу $T_f = 1650$ К, повинен складати $d_k^0 \approx 20$ мкм для дебіту $\omega = 10$ млн. м³/добу. Враховуючи те, що для України найбільш характерними є газові фонтани з дебітом $\omega \leq 3$ млн. м³/добу, розмір крапель не повинен перевищувати 250 мкм. Тому під час гасіння подібних пожеж та створення нових зразків пожежної техніки необхідно намагатись забезпечити подачу водяних струменів потрібної дисперсності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Тарахно О.В. Фізико-хімічні основи використання води в пожежній справі: навчальний посібник / О.В. Тарахно, А.Я. Шаршанов. - Харків, 2004. – 252 с.
2. Абдурагимов И.М. Физико-химические основы развития и тушения пожаров / Абдурагимов И.М., Говоров В.Ю., Макаров В.Е. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1980. – 255 с.
3. Пат. 27155 України, МПК⁶ А 62 С 3/06, 31/02, 31/03, Е 21 В 35/00. Спосіб гасіння пожежі газового та нафтового фонтана та пристрій для його здійснення / Нода О.О., Свириденко М.Ф. та ін.; заявник та патентовласник Нода Олександр Олександрович. - № 96124654; заявл. 13.12.1996; опубл. 28.02.2000, Бюл. №1.