

*Бондаренко С.М., канд. техн. наук, доц.,  
Мурін М.М., канд. техн. наук, доц.*

## **РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВИБОРУ ПАРАМЕТРІВ РОЗПОДІЛЬЧОЇ МЕРЕЖІ СИСТЕМ ВУГЛЕКИСЛОТНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ**

Виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах, зокрема, пожеж приводять до загибелі людей. Тому, питання пожежної безпеки перебувають на постійному контролі не тільки співробітників ДСНС, але й керівництва країни. Для виявлення й гасіння пожеж на ранній стадії застосовуються автоматичні системи пожежогасіння різними вогнегасними речовинами. У нормативних документах сформульовані загальні вимоги до таких систем залежно від способу гасіння. Однієї з таких систем є автоматична система газового пожежогасіння (АСГП) діоксидом вуглецю. Ефективність застосування газових систем при об'ємному пожежогасінні в закритих приміщеннях розглянута в [1]. Однак, у питанні проектування цих систем відсутній єдиний підхід до формування розподільних мереж і визначення оптимальних діаметрів трубопроводів. Тому, застосування науково обґрунтованих методик по визначенню параметрів мереж АСГП, дозволить вирішити проблему підвищення надійності й ефективності засобів і устаткування пожежної безпеки об'єктів.

У роботі [2] розглянуте питання проектування систем газового пожежогасіння стосовно до етапу побудови збалансованої розподільної мережі. У цьому зв'язку актуальним є розробка рекомендацій з вибору параметрів трубопроводної мережі систем вуглекислотного пожежогасіння.

Ціль дослідження сформулювати рекомендації, які дозволять підвищити ефективність проектування автоматичних систем вуглекислотного пожежогасіння шляхом розрахунку параметрів розподільної мережі. Для досягнення поставленої мети необхідно одержати залежності, які дозволять робити оцінку діаметра трубопроводу розподільної мережі АСГП залежно від тиску, витрати вогнегасної речовини (ВГР) й довжини ділянки трубопроводу.

При проектуванні АСГП одним з етапів є розрахунок маси двоокису вуглецю  $M_{CO_2}$ , необхідної для гасіння в просторі, що захищається [2]. Час подачі вогнегасної речовини  $t$  регламентовано нормативним документом і становить 1 хвилину. Таким чином, розрахункове значення витрати ВГР можна визначити за виразом:

$$Q = \frac{M_{CO_2}}{t} \quad (1)$$

З іншого боку, витрата двоокису вуглецю може бути визначений з виразу:

$$Q^2 = \frac{0.8725 \cdot 10^{-5} \cdot D^{5.25} \cdot Y}{L + (0.04319 \cdot D^{1.25} \cdot Z)}, \quad (2)$$

де  $D$  – діаметр ділянки розподільного трубопроводу;  $L$  – довжина ділянки розподільного трубопроводу;  $Y, Z$  – коефіцієнти, які залежать від тиску в резервуарі й у трубопроводі, і можуть бути знайдені з рівнянь:

$$Y = \int_{p_1}^p \rho dp; \quad Z = \int_{\rho_1}^{\rho} \frac{d\rho}{\rho} = \ln \frac{\rho_1}{\rho},$$

де  $p_1$  – тиск при якому зберігається ВГР, бар;  $p$  – тиск на кінці трубопроводної мережі, бар;  $\rho_1$  – щільність при тиску  $p_1$ , кг/м-3;  $\rho$  – щільність при тиску  $p$ , кг/м-3.

Знаючи значення витрати для окремої ділянки трубопроводу, розраховане по формулі (1), представимо вираз (2) у вигляді:

$$\left(\frac{M_{CO_2}}{t}\right)^2 \cdot L + 0,04319 \cdot \left(\frac{M_{CO_2}}{t}\right)^2 \cdot Z \cdot D^{1,25} = 0,8725 \cdot 10^{-5} \cdot Y \cdot D^{5,25}. \quad (3)$$

Перегрупуючи члени в (3) і вводячи позначення, перейдемо до нелінійного рівняння:

$$A \cdot D^{5,25} - B \cdot D^{1,25} - C = 0 \quad (4)$$

$$\text{де } A = 0,8725 \cdot 10^{-5} \cdot Y; \quad B = 0,04319 \cdot \left(\frac{M_{CO_2}}{t}\right)^2 \cdot Z; \quad C = \left(\frac{M_{CO_2}}{t}\right)^2 \cdot L.$$

Або до рівняння виду:

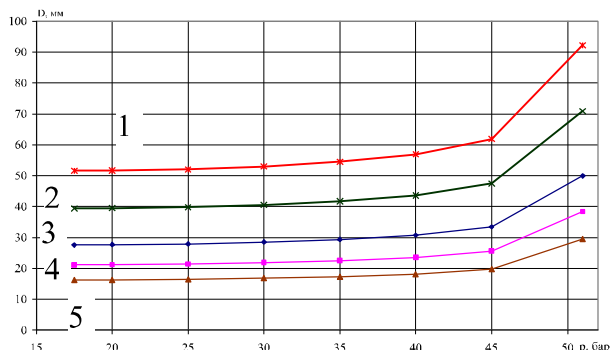
$$A \cdot x^{21} - B \cdot x^5 - C = 0, \quad (5)$$

$$\text{де } x = D^{\frac{1}{4}}.$$

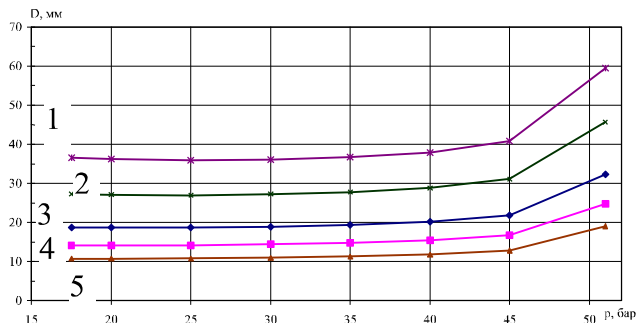
Тому що старша ступінь багаточлена в лівій частині рівняння (5) непарна, то рішення цього рівняння має, щонайменше, один дійсний корінь. Через високий ступінь багаточлена (5) пошук корінь аналітичними методами ускладнений, тому для рішення цього рівняння використовуємо чисельний метод. Ліва частина рівняння (5) має похідні до другого порядку включно, тому для пошуку дійсних коренів рівняння застосуємо метод Ньютона.

Результати розрахунків представимо графічно (рис. 1 і 2). Аналіз залежностей (рис. 1 і 2). дозволяє зробити висновок про те, що для систем з різними способами зберіганням ВГР характерно незначна зміна діаметра трубопроводу при тисках менше 40 бар, що нівелюється тим, що на практиці застосовуються труби з діаметром з нормованого ряду. Однак, при великій масі ВГР, що проходить через трубопроводи довжиною до 100 м, для зменшення втрат тиску, необхідно застосовувати трубопроводи діаметром 60 мм, 80 мм. Для систем обох типів зміна витрати ВГР у два рази приводить до

зміни діаметра трубопроводу на один крок у величині умовного проходу, по існуючому сортаменту. Цей висновок дозволяє спростити процедуру визначення діаметрів трубопроводів збалансованої розподільної мережі шляхом послідовного зменшення діаметра труби при переході через розгалуження (трійник).



**Рис. 1. Залежність діаметра трубопроводу від тиску й витрати ВГР при довжині ділянки 100 м: 1 – Q=1000 кг/хв; 2 – Q=500 кг/хв; 3 – Q=200 кг/хв; 4 – Q=100 кг/хв; 5 – Q=50 кг/хв**



**Рис. 2. Залежність діаметра трубопроводу від тиску й витрати ВГР при довжині ділянки 10 м: 1 – Q=1000 кг/хв; 2 – Q=500 кг/хв; 3 – Q=200 кг/хв; 4 – Q=100 кг/хв; 5 – Q=50 кг/хв**

Отже, у роботі отримане чисельне рішення рівняння потоку для діоксида вуглецю щодо невідомого – діаметра трубопроводу. Отриманий масив даних представлений у вигляді графічних залежностей діаметра трубопроводу від витрати ВГР, тиску й довжини трубопроводу. Дано рекомендації з вибору діаметра що підводить і розподільного трубопроводу для систем з локальним і централізованим зберіганням вогнегасної речовини.

### Цитована література

1. Абрамов Ю.А. Современные средства объемного пожаротушения. [Электронный ресурс] / Ю.А. Абрамов, С.Н. Бондаренко, В.П. Садковой. – Х.: АГЗ Украины, 2005. – 148 с. – Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1493>
2. Мурін М.М. Методика побудови збалансованої розподільчої мережі для установок газового пожежогасіння об'ємним способом діоксидом вуглецю. [Электронный ресурс] / М.М. Мурін Проблемы пожарной безопасности. – 2014. – Вып. 36. – С. 170-173. – Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1087>.