

# Запобігання та ліквідація надзвичайних ситуацій

УДК 614.8

С.Е. Важинський<sup>1</sup>, В.М. Гераськін<sup>2</sup>, М.М. Гончаренко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України, Харків

<sup>2</sup>Кам'янець-Подільський Національний університет імені Івана Огієнка,  
Кам'янець-Подільський

## ЗАСТОСУВАННЯ МАСОВИХ ВИТРАТОМІРІВ ПРИ ВИПРОБУВАННІ ВОДОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ НА ВОДОВІДДАЧУ ПІД ЧАС ПОЖЕЖОГАСІННЯ

*У роботі надані результати теоретичних і експериментальних досліджень щодо можливості застосування теплових масових витратомірів для вимірювання витрати води при проведенні випробувань водопровідних мереж на водовіддачу під час пожежогасіння.*

**Ключові слова:** витратометрія, масовий витратомір, пожежогасіння, термоанемометричний метод.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Основним вогнегасячим засобом під час ліквідації пожеж є вода, яка може бути отримана з водопровідних мереж населених пунктів та об'єктів. З метою визначення можливості отримання встановлених нормами витрат води для пожежогасіння проводять випробування водопровідних мереж на водовіддачу. Методика проведення випробувань, розроблена в 50-60 роках минулого століття, передбачає значні витрати ресурсів техніки та кількості води при цьому не забезпечується достатня достовірність отриманих результатів.

В роботах [4 – 6] Нормативними документами регламентовані значення необхідних витрат, які повинен забезпечити водопровід під час пожежогасіння. Величина витрат обумовлює параметри обладнання трубопроводів і водопроводів. Існуючі методики передбачають випробування з використанням мірних ємностей, стовбурів водомірів, трубок Піто, та інших приладів, які забезпечують вимірювання параметрів роботи окремих пожежних стовбурів з наступним перерахунком отриманих проміжних значень напорів або обсягів. При цьому передбачається нарощування кількості задіяної пожежної техніки і стовбурів до досягнення відповідних витрат та залучення значної кількості фахівців [7].

Зміна параметрів міської забудови обумовлює необхідність оперативної перевірки мереж водопроводів на водовіддачу. В ході випробувань параметрів обладнання і трубопроводів водопроводів необхідно отримувати оперативну і точну інформацію про витрату води. Одним із шляхів вирішення такого завдання є використання сучасних засобів вимірювання витрати води.

Відомо, що тепловий метод вимірювання витрати дозволяє врахувати теплофізичні параметри середовища – щільність, динамічну в'язкість, теплопровідність, теплоємність як функції температури і тиску [1].

У статті пропонується обґрунтування можливості використання термоанемометричного методу вимірювання масової витрати води за допомогою теплового масового витратоміра. Викладено принцип дії і призначення теплового масового витратоміра. Наводяться основні розрахункові співвідношення математичної моделі процесу функціонування витратоміра, використовуваної при створенні і подальшому удосконаленні алгоритму обліку теплофізичних параметрів вимірюваних середовищ, а також для модернізації конструкції приладу.

### Основна частина

#### Призначення та принцип дії теплового масового витратоміра

Масові витратоміри призначені для вимірювання масових витрат газів, рідин і їх сумішей в трубопроводах різних діаметрів, а також в якості основного вимірювального засобу локальних або розподілених автоматизованих мереж збору інформації, обліку і контролю.

В даний час створено витратомір, в якому використаний відомий термоанемометричний метод, що передбачає наявність "голої" розігрітої нитки в потоці і визначення витрати рідини або газового середовища за величиною теплозносусу потоку.

Говорячи про переваги термоанемометров, необхідно відзначити великий діапазон вимірюваних швидкостей (починаючи від вельми малих) і високу швидкодію (що дозволяє вимірювати швидкості, що змінюються з частотою в декілька тисяч Герць) [2].

До недоліків термоанемометрів з дротяними чутливими елементами слід віднести крихкість останніх і зміна градування з причини старіння і перекристалізації матеріалу дроту через динамічних навантажень і високої температури нагріву.

Принцип дії теплового масового витратоміра базується на автоматичній підтримці термодинамічної рівноваги між потікочутливою поверхнею первинного перетворювача і потоком що її омиває та в обчисленні масової витрати з використанням відомих розрахункових залежностей з теорії витратометрії і теплообмінних процесів.

Проведено роботи по створенню чутливого елемента вимірювального пристрою, в результаті яких вдалося "голу" розігріту нитку розмістити в стандартному сталевому корпусі, термометра опору (рис. 1) і перетворити його поверхню, яка занурюється в потік, в чутливий елемент [1].

Нитка, розміщена в сталевому корпусі, герметично ізолювана і не контактує з навколишнім середовищем. Отже, вона не піддається окислення і дії агресивних середовищ. В якості нитки використаний мідний мікродріт, минулий "процес старіння D, завдяки чому, з плином часу його властивості практично не змінюються.

На рис. 1 приведено схематичне зображення чутливого елемента первинного перетворювача.

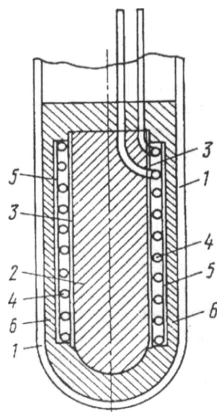


Рис. 1. Схематичне креслення первинного перетворювача теплового витратоміра:  
1 – корпус; 2 – каркас – металевий стрижень;  
3 – перший шар ізоляції, нанесений на каркас 2;  
4 – обмотка нагрівача, яка намотана на перший шар ізоляції 3; 5 – другий шар ізоляції, нанесений на обмотку нагрівача 4; 6 – заповнювач, розташований в простір між шаром ізоляції 5 і внутрішньою поверхнею корпусу 1

Тепловий масовий витратомір має наступні основні технічні характеристики:

- діапазон вимірюваних витрат – 1200/1;
- швидкодія – менше 0,5 с;
- відносна похибка вимірювання – менше 1%;
- прилад дозволяє проводити вимірювання при величині тиску в трубопроводі до 32 МПа і температурі потоку від - 40 до +60° С.

Принцип роботи первинного перетворювача наступний. Високо стабілізований імпульс струму спеціальної форми нагріває нить та поверхню чутливого елемента первинного перетворювача до температури миттєвого імпульсного перегріву  $V_{\text{мп}}$ . Під впливом потоку, поверхня первинного перетворювача охолоджується до визначеної температури перегріву, яка є функцією від температури середовища, яка вимірюється та дорівнює:

$$V_n = V_{\text{cp}} + U,$$

де  $V_{\text{cp}}$  – температура вимірюваного середовища;  $U = \text{const}$  – температура перегріву первинного перетворювача.

При досягненні температури нитки і поверхні первинного перетворювача значення, рівного температурі перегріву  $V_n$  відбувається наступний нагрів, а потім цикл багаторазово повторюється.

Таким чином, вимірювана витрата  $Q$  є функцією потужності (частоти імпульсного нагріву), необхідної для підтримки нитки і поверхні чутливого елемента первинного перетворювача при температурі перегріву  $V_n$ .

#### Результати математичного моделювання процесу функціонування теплового масового витратоміра

Обчисленню підлягав період проходження імпульсів нагріву чутливого елемента первинного перетворювача витратоміра при вимірюванні витрати води і нафти для різних температур потоку. Первинний перетворювач встановлювався в трубопроводі діаметром 150 мм, витрата води змінювалася від 14 до 70 м<sup>3</sup>/год. при температурі 23 – 24°С. При математичному моделюванні враховувалося зміна параметрів середовища від її середньої (по діаметру) температури. У результаті моделювання були отримані тимчасові залежності різниці температури між чутливим елементом і середовищем при різних витратах води (рис. 2). Момент часу  $t = 0$ , відповідає закінчення першого імпульсу нагрівання. Час досягнення (в результаті охолодження чутливого елемента під впливом потоку) встановленої в приладі різниці температур 10°С відповідає моменту подачі наступного імпульсу, що нагріває чутливий елемент до первісної температури  $V_{\text{мп}}$ .

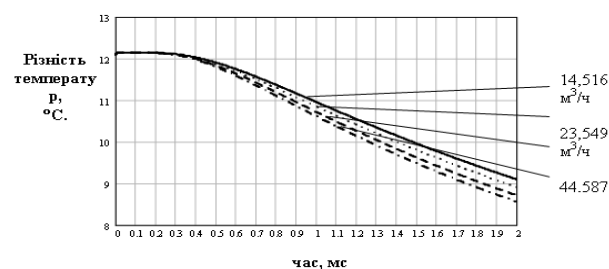


Рис. 2. Залежності різниці температур чутливого елемента і навколишнього середовища від часу при різних значеннях витрати води в трубопроводі період прямування, мс

Як видно з рис. 2, при збільшенні витрати води спостерігається зменшення періоду надходження імпульсу нагрівання, тобто датчик охолоджується швидше. Наприклад, при витраті в  $70 \text{ м}^3/\text{год}$ . охолодження датчика до  $10^\circ\text{C}$  відбувається за  $1,27 \text{ мс}$ , а при  $14 \text{ м}^3/\text{год}$ . – за  $1,48 \text{ мс}$ .

Проведено порівняння результатів розрахунку з експериментальними даними. На рис. 3 наведено графік, який ілюструє залежність періоду проходження імпульсів нагріву від величини витрати води в трубопроводі (суцільна лінія – експериментальні дані, пунктирна – теоретичні). За результатами проведення калібрування математичної моделі (за даними експерименту) отримана величина перегріву чутливого елемента, відповідного впливу одного імпульсу.

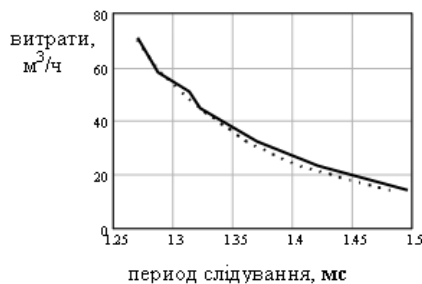


Рис. 3. Порівняння експериментальних (суцільна лінія) та теоретичних (пунктирна лінія) даних

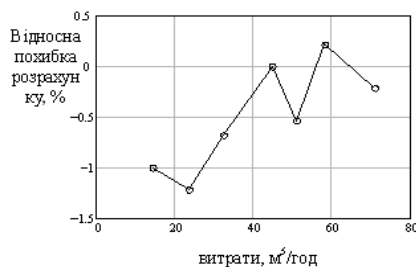


Рис. 4. Відносна помилка розрахунку періоду слідування імпульсів нагріву у порівнянні з експериментальними даними

Результати чисельного моделювання з урахуванням отриманого значення перегріву для ряду еталонних витрат (при різних температурах) показали, що відносна похибка періоду проходження імпульсів в порівнянні з експериментальними даними не перевищує  $1,25\%$  (рис. 4). Такий результат свідчить про те, що розроблена ма-

тематична модель витратоміра адекватна теплообмінним процесам, що відбуваються в системі "чутливий елемент витратоміра – середовище".

Розроблена математична модель функціонування масового витратоміра дозволяє отримати допустимі похибки завдання параметрів вимірюваного середовища за умови, що похибка вимірювання  $< 1\%$ .

## Висновки

Таким чином, тепловий масовий витратомір, при його застосуванні в якості вимірювального пристрою в системі повірки продуктивності водоводів дозволить точно виміряти (похибка вимірювання  $< 1\%$ ) і оперативно обробити (з швидкодією менше  $0,5 \text{ с}$ ) інформацію про витрату води у водоводах. Це дозволить удосконалити методику випробувань водопровідних мереж на водовіддачу під час пожежогасіння, значно зменшити час на проведення випробувань, об'єм витрати води, кількість задіяної для випробувань техніки, знизити витрату експлуатаційного ресурсу техніки.

## Список літератури

1. Спосіб градування витратомірів. Деклараційний патент на винахід від 15.03.04 № 64901А. Державний департамент інтелектуальної власності. Бюл. № 3.
2. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества. Справочник / П.П. Кремлевский. – Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1989. – 701 с.
3. Карлслюу Х.С. Теория теплопроводности; пер. с англ. / Х.С. Карлслюу – М., Л.: ОГИЗ ГИТТЛ, 1977. – 288 с.
4. Кошляков Н.С. Уравнения в частных производных математической физики / Н.С. Кошляков, Э.Б. Глинер, М.М.Смирнов. – М.: Высшая школа, 1970. – 710 с.
5. Лыков А.В. Теплообмен. Справочник. 2-е изд. перераб. и доп. / А.В. Лыков. – М.: Энергия, 1978. – 480 с.
6. Кутателадзе С.С. Справочник по теплопередаче. / С.С. Кутателадзе, В.М. Борисянский. – Л., М.: Госэнергоиздат, 1959. – 414 с.
7. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: Строительные нормы и правила 2.04.02-84\* – М.: Госкомитет по делам строительства, 1985. – 131 с.

Надійшла до редколегії 1.08.2014

Рецензент: д-р тех. наук, проф. І.А Чуб, Харківський національний університет цивільного захисту України, Харків.

## ПРИМЕНЕНИЕ МАССОВЫХ РАСХОДОМЕРОВ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ НА ВОДОУДАЧУ ПРИ ПОЖАРОТУШЕНИИ

С.Э. Важинский, В.Н. Гераскин, М.М. Гончаренко

В работе представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований о возможности применения тепловых массовых расходомеров для измерения расхода воды при проведении испытаний водопроводных сетей на водоотдачу при пожаротушении.

**Ключевые слова:** массовый расходомер, пожаротушение, расходометрия, термоанемометрический метод.

## THE USE OF MASS FLOW METERS IN THE TESTS OF WATER SUPPLY SYSTEMS FOR WATER LOSS DURING FIRE FIGHTING

S.E. Vazhinsky, V.N. Geras'kin, M.M. Goncharenko

The paper presents the results of theoretical and experimental studies on the possible use of thermal mass flow meters to measure the flow of water in the tests of water supply systems for water loss during fire fighting.

**Keywords:** fire fighting, flow meter survey, heat loss anemometer method, mass flow meter.