

# Дослідження та методи аналізу

УДК 622.691.4:536.2

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛООБМІНУ РОБОЧОГО ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩ ПРИ ОБЛІКУ ГАЗУ В ПОБУТІ

<sup>1</sup>І. С. Петришин, <sup>2</sup>М. В. Кузь, <sup>3</sup>М. І. Гончарук

<sup>1</sup>Державний центр стандартизації, метрології та сертифікації, 76007, Івано-Франківськ, вул. Вовчинецька, 127, тел. (03422) 30200, e-mail: nick@sert.il.if.ua

<sup>2</sup>ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42195  
e-mail: public@ifdtung.if.ua

<sup>3</sup>НАК "Нафтогаз України", 01001, Київ-1, вул. Б.Хмельницького, 6, тел. (044) 4612537,  
e-mail: spas@ugp.viaduk.net

*Исследовано воздействие температуры окружающей и рабочей среды на изменение температуры газа на выходе счетчика.*

*The influence of environmental and operating temperature on the gas temperature at the exit of counter.*

В роботі [1] авторами було досліджено рух реального газу в газопроводі та доведено, що газ в побутове опалювальне приміщення входить з температурою, що дорівнює температурі атмосферного повітря. Це підтверджується і в роботі [2], де для випадку установки лічильника газу поза межами житлового приміщення експериментально доведено, що температура газу на виході з нього (згідно з [3] – характерна температура для розрахунку об'єму газу, що проходить через лічильник) буде менше ніж на 0,5°C відрізнятися від температури атмосферного повітря. У випадку установки лічильника в опалювальному приміщенні температура газу на виході з нього буде також залежати від процесів теплообміну газу через поверхню теплообміну лічильника та газу на ділянці газопроводу між входом в опалювальне приміщення та лічильником з повітрям в приміщенні. В роботі [1] для випадку використання для обліку газу лічильника типорозміру G6 МКМ фірми "Premagas", встановленого в житловому опалювальному приміщенні, були обчислені середньомісячні температури газу та середньозважені річні коефіцієнти для різних обсягів споживання.

Авторами даної роботи були проведені експериментальні та теоретичні дослідження для

визначення температури газу на виході з лічильників, які знайшли найбільше застосування в регіоні, а саме: мембранних типорозмірів G1,6МКМ; G2,5МКМ; G4МКМ-U; G6МКМ-U; G6P6-U виробництва фірми "Premagas", G2,5 виробництва фірми "Samgas", G4 виробництва фірми "Shlumberger" та роторних – РЛ 4 (G4); РЛ 6 (G6) виробництва ВАТ "Івано-Франківський завод "Промприлад", встановлених в опалювальному приміщенні. Схема та порядок проведення експерименту описані в роботі [1]. Метою експерименту було визначення коефіцієнтів теплопередачі газу, що протікає через лічильники, та повітря навколо лічильників за допомогою непрямих вимірювань та визначення аналогічного коефіцієнта для газопроводу, що підводиться до лічильників. Найбільш точним числове значення коефіцієнта теплопередачі  $k$ , згідно з [4], буде визначене експериментально у випадку, коли проімітовані умови проведення експерименту дуже близькі до реальних. За своєю природою  $k$  – величина, яка залежить від технологічних особливостей транспорту газу, теплофізичних характеристик середовищ, умов теплообміну. У формулі В.Г.Шухова, наведеній в [4],

$$T_z = T_c + (T_{noc} - T_c) \cdot \exp\left(-\frac{k\pi D_H x}{GC_p}\right), \quad (1)$$

де:  $T_z$  – температура газу в кінці газопроводу;

$T_{noc}$  – температура газу в точці входу газопроводу в опалювальне приміщення;

$k$  – коефіцієнт теплопередачі від газу до середовища навколо газопроводу;

$D_H$  – діаметр труби газопроводу;

$x$  – довжина газопроводу між входом в опалювальне приміщення та лічильником;

$C_p$  – питома теплоємність газу;

$G$  – масова витрата газу на досліджуваній ділянці газопроводу.

Автор, вводячи поняття узагальненого коефіцієнта теплопередачі  $k$ , зумів обійти чимало невивчених питань нестационарного теплообміну, які враховуються в числовому значенні  $k$ .

У нашому випадку експеримент проводився таким чином: імітувались за допомогою камери тепла і холоду та вимірювались температури повітря на вході лічильника (рівні середньомісячним температурам повітря навколишнього середовища для району Івано-Франківська) та на виході з лічильника, а також температура навколишнього середовища біля лічильника, що підтримувалась на рівні 20°C. З формули, наведеної в [5],

$$T_n = T_c + (T_z - T_c) \cdot \exp\left(-\frac{kF}{\rho C_p Q}\right), \quad (2)$$

де:  $T_n$  – температура газу на вході лічильника;

$T_c$  – температура середовища (повітря в кімнаті);

$k$  – коефіцієнт теплопередачі;

$\rho$  – густина газу;

$Q$  – об'ємна витрата;

$F$  – площа поверхні теплообміну в лічильнику.

Визначався коефіцієнт теплопередачі

$$k = \rho C_p Q \ln\left(\frac{T_z - T_c}{T_n - T_c}\right) / F, \quad (3)$$

де замість даних для газу підставлялись відповідні дані для повітря  $\rho = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>,  $C_p = 0,24$  ккал/кг·°C.

За результатами експериментів та проведених розрахунків коефіцієнт теплопередачі становить: для мембранних лічильників – 4,7 ккал/м<sup>2</sup>·год·°C, для роторних лічильників – 10,2 ккал/м<sup>2</sup>·год·°C.

Аналогічні дослідження були проведені для ділянки трубопроводу діаметром 20 мм та довжиною 1,5 м. Визначений коефіцієнт теплопередачі з формули Шухова (1)

$$k = GC_p \ln\left(\frac{T_{noc} - T_c}{T_z - T_c}\right) / \pi D_H x \quad (4)$$

для трубопроводу становить 7,3 ккал/м<sup>2</sup>·год·°C.

За даними середньомісячних температур для району Івано-Франківська за останні 120 років [1] та отриманими експериментально коефіцієнтами теплопередачі через поверхні теплообміну в лічильниках за формулою (2) та трубопроводах між входом в опалювальне приміщення та лічильником газу (діаметром 20 мм та довжинами 0,5; 1; 2; 3; 4 м) за формулою Шухова (1) для досліджуваних лічильників за умови, що витрата газу дорівнює їхній номінальній витраті, були обчислені середньомісячні температури газу на виході із цих лічильників, а також поправочні температурні коефіцієнти до показів лічильників. Для прикладу, в таблиці 1 наведені отримані результати для одного із досліджуваних лічильників: РЛ-6, виробництва ВАТ "Івано-Франківський завод "Промприлад".

Аналогічні результати отримані для решти досліджуваних лічильників газу.

За результатами розрахунків була розроблена так звана ПКГ-номограма (за першими буквами прізвищ авторів) для визначення поправочних температурних коефіцієнтів до обсягів споживання газу, облікованого в побути мембранними та роторними лічильниками (рис. 1).

Порядок знаходження поправочного коефіцієнта за ПКГ-номограмою такий: з точки А через точку перетину із шкалою температур навколишнього середовища  $T_{noc}$  проводиться пряма в заданому значенні середньомісячної температури; аналогічно проводиться пряма із точки Б до перетину зі шкалою температур робочого середовища  $T_c$  (навколо лічильника, наприклад, повітря в опалювальному приміщенні). На перетині цих прямих отримується точка В. На шкалі довжин трубопроводу (між входом в опалювальне приміщення та лічильником)  $x$  позначається потрібне значення довжини трубопроводу (точка Г). З точки Г проводиться перпендикулярна пряма до перетину із кривою залежностей для устанавленого в побутового споживача типу лічильника; з точки перетину проводиться перпендикуляр до шкали експонент  $\exp$  (значень множника – експоненти, формул (1) та (2)) і отримується точка Д. З точки Д через точку В проводиться пряма до перетину із шкалою коефіцієнтів  $K_T$  і знаходиться відповідне числове значення поправочного температурного коефіцієнта до показів конкретного побутового лічильника газу, устанавленого на певній відстані між входом в опалювальне приміщення та лічильником.

Як бачимо, ПКГ-номограма досить зручна в користуванні і може використовуватись в комерційних цілях газозбутовими організаціями даного регіону для визначення поправочних коефіцієнтів до показів лічильників газу, що знаходяться в експлуатації. Аналогічні номограми можуть бути розроблені авторами для інших регіонів України та будь-яких типорозмірів лічильників, які там використовуються.

Таблиця 1 – Поправочні температурні коефіцієнти до показів роторного лічильника РЛ-6

Середньомісячні температури повітря навколишнього середовища $T_{\text{поч}}, ^\circ\text{C}$		Довжина трубопроводу $x$ , м				
		0,5	1	2	3	4
Поправочні температурні коефіцієнти $K_T$						
Січень	-4,8	1,0596	1,0533	1,0427	1,0342	1,0274
Лютий	-3,2	1,0557	1,0499	1,0399	1,0320	1,0256
Березень	1,4	1,0447	1,0400	1,0320	1,0256	1,0205
Квітень	7,9	1,0291	1,0260	1,0208	1,0167	1,0134
Травень	13,5	1,0156	1,0140	1,0112	1,0090	1,0072
Червень	16,7	1,0079	1,0071	1,0057	1,0046	1,0036
Липень	18,3	1,0041	1,0037	1,0029	1,0023	1,0019
Серпень	17,7	1,0055	1,0049	1,0040	1,0032	1,0025
Вересень	13,5	1,0156	1,0140	1,0112	1,0090	1,0072
Жовтень	8,1	1,0286	1,0256	1,0205	1,0164	1,0131
Листопад	2,3	1,0425	1,0380	1,0305	1,0244	1,0196
Грудень	-2,4	1,0538	1,0481	1,0386	1,0309	1,0247

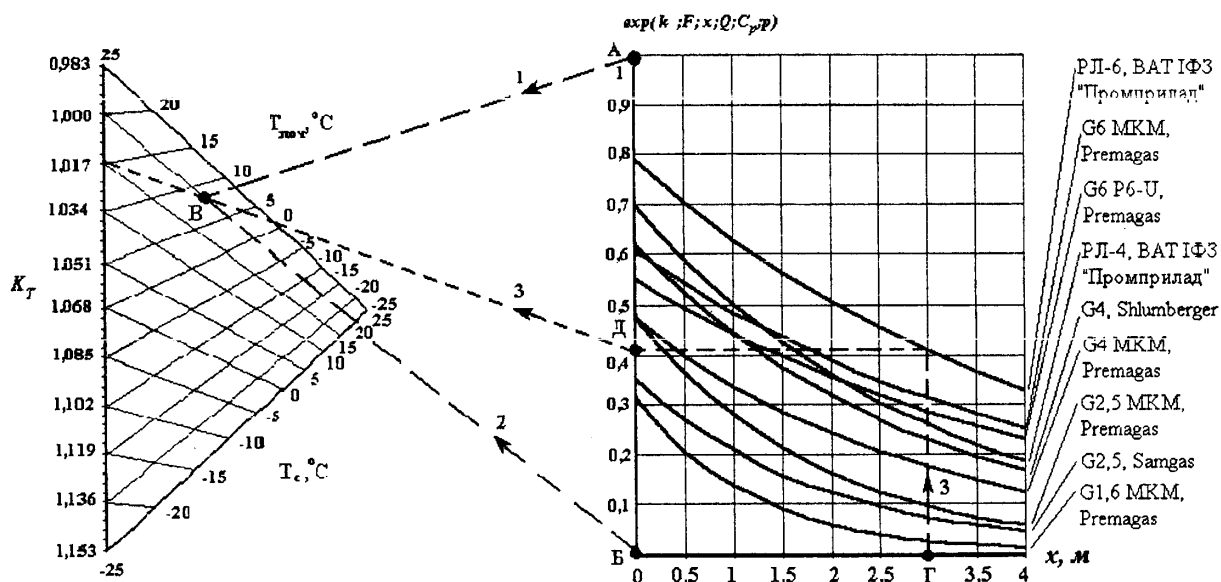


Рисунок 1 – ПКГ-номограма для визначення поправочних коефіцієнтів до обсягів споживання газу

Література

- Петришин І.С., Кузь М.В., Гончарук М.І. Вплив температурного фактора навколишнього та робочого середовища на достовірність обліку газу в комунально-побутовій сфері // Розвідка та розробка нафтових та газових родовищ. – Івано-Франківськ. – 2002. – №1. – С.22-26.
- Dr. Béla BÁTŸI. Why to use gas meters with temperature compensation in households? // 36. стат. конф. "METROLOGIE". 3-4 червня 1998р., 30-44 ст., Чехія.
- Organization Internationale de Metrologie Legale: International recommendation No. 31 Diaphragm Gas Meters, July 1987.
- Ходанович І.Е., Кривошеин Б.Л., Бикчентай Р.Н. Тепловые режимы магистральных газопроводов. – М.: Недра, 1971. – 216 с.
- Уоинг Х. Основные формулы и данные по теплообмену для инженеров. – М.: Атомиздат, 1979. – 216с.