

УДК 697.7

**МЕТОДИЧНЕ ТА ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ  
ТРУБЧАСТИХ ГАЗОВИХ НАГРІВАЧІВ З ПРИРОДНИМ РУХОМ  
ТЕПЛОНОСІЯ**

**К. В. Дудкін, здобувач, В. В. Данішевський, д. т. н., проф.,  
В. В. Ткачова, к. т. н., доц.**

*ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»*

Головний технологічний елемент трубчастого газового нагрівача - це гріюча труба, по якій рухається повітря з продуктами згорання газу, а з боку нагріваємого середовища - відкритий простір опалювального приміщення. Традиційно теплоносій всередині труби переміщається вентилятором, який встановлюється на вході або виході гріючої труби [1].

Представляє інтерес побудова трубчастих газових нагрівачів, у яких в класифікації [2] під типом 1 (а) переміщення теплоносія здійснюється за рахунок природної циркуляції без застосування вентилятора. Для цього важливо правильно вибрати основні параметри нагрівача, які б забезпечили достатню тягу для циркуляції теплоносія і повноту використання теплового потоку для цілей опалення.

У 2002 році у Державних будівельних нормах «Газопостачання»[3] з'явився такий термін як інфрачервоні трубчасті газові обігрівачі (ІТГО). Це обладнання було охарактеризовано у загальних рисах. Інших загальнодержавних стандартів не було і зараз немає.

У положеннях [3], ІТГО повинні бути обладнанні повною автоматизацією процесу спалювання газового палива з блокуванням подачі газу на пальник випромінювача, якщо відсутнє розрідження в камері змішування газу з повітрям, тобто припинена робота витяжного вентилятора.

Трубчасті газові нагрівачі з природною циркуляцією теплоносія не мають вентилятору і тому положення [3], щодо автоматизації процесу спалювання, не розповсюджуються на ці нагрівачі.

У статті викладається методичне забезпечення для побудови трубчастих газових нагрівачів з природним рухом теплоносія, а також вказується на можливість такої комплектації автоматики безпеки для таких нагрівачів, яка відповідає вимогам з автоматизації щодо пальників газових промислових [4].

Перш за все, експериментально доведено, що при використанні трубчастих газових нагрівачів з природним рухом теплоносія можливо забезпечити усі вимоги Держстандарту [4]. Експериментальне дослідження виконувалось на спеціальному стенді, схема якого представлена на рис. 1.

У якості пальника використовувався газовий пальник ДВМ-25м виробництва КНВП «Енергокомплекс» згідно ТУ У 29.2-13440098-001-2002.

Стенд представляє собою вертикальну трубу 1 внутрішнім діаметром 210 мм і висотою 10,7 м. В кільцеве дно труби 2 приварений патрубок 3 діаметром 160 мм і висотою 160 мм, по осі якого на кронштейні встановлюється пальник ДВМ-25м.

## Строительство, материаловедение, машиностроение

Стенд оснащений контрольно - вимірювальною апаратурою, що дозволяє визначити характеристики пального.

При проведенні випробувань заміряють витрати газу, температуру газу, тиск газу перед соплом, розрідження в патрубку 3 (в гирлі пального) і в корпусі пального, температуру і склад продуктів згоряння на відстані 1,7 і 2,2 м від пального. Склад продуктів згоряння:  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $NO_x$  визначається газоаналізатором testo-33 фірми Testoterm (Німеччина).

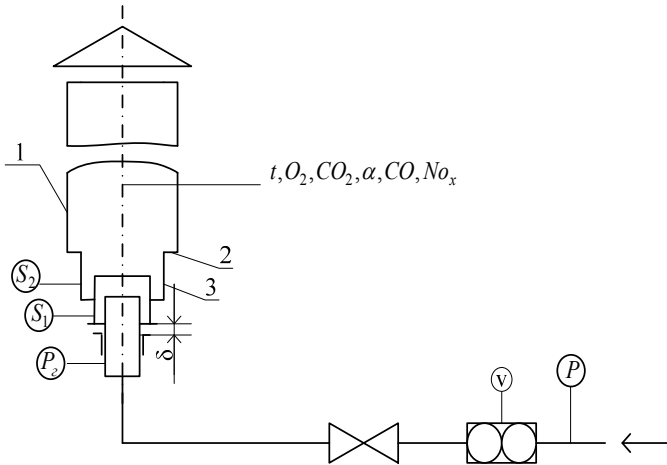


Рис.1. Схема випробувального стенду

Випробування проводилися на природному газі, який має наступні характеристики: паливо - природний газ; густина газу –  $0,690 \text{ кг/м}^3$ ; об'ємна нижча теплота згоряння -  $33724 \text{ кДж/м}^3$ ; число Воббе -  $44607 \text{ кДж/м}^3$ ; стехіометричний об'єм повітря –  $9,6 \text{ м}^3/\text{м}^3$ ; концентрація компонентів газоподібного палива, % об:  $CH_4 - 97.250$ ;  $C_2H_6 - 0.750$ ;

$CH_4 - 97.250$ ;  $C_2H_6 - 0.750$ ;  $C_3H_8 - 0.728$ ;  $C_4H_{10} - 0.114$ ;  $C_5H_{12} - 0.018$ ;

$N_2 - 1.095$ ;  $CO_2 - 0.045$ .

Випробування проводились при наступних кліматичних умовах: барометричний тиск –  $100,2 \text{ кПа}$ ; температура атмосферного повітря –  $288 \text{ К}$ .

При обробці результатів випробування за нормальні умови [5], були прийняті наступні: тиск –  $101,325 \text{ кПа}$ ; температура –  $293,15 \text{ К}$ .

При проведенні випробувань встановлено, що стійкість горіння і величина хімічного недопалення сильно залежать від величини зазору для проходження первинного повітря між регулювальною шайбою і торцем корпусу пального, погіршуючись з її збільшенням.

Пальник і система автоматики об'єднані в пальниковий блок - корпус прямокутної форми. У торцевій стінці корпусу виконаний отвір для приєднання радіаційної труби. Верхня кришка корпусу встановлена з зазором для надходження повітря для горіння і розведення продуктів згоряння. На корпусі є електричні роз'єднувачі для підключення електроживлення, пульт дистанційного керування і датчики температури повітря.

Технічна характеристика трубчастого газового нагрівача з природною циркуляцією теплоносія за результатами випробувань наведена в таблиці 1.

За результатами експериментального дослідження, викладеними вище, Державний центр по випробуванню та впровадженню паливикористовуючого обладнання зробив висновок, що трубчастий газовий нагрівач з природним рухом теплоносія за якістю спалювання природного газу відповідає вимогам Держстандарту [4,6].

По друге, розроблена математична модель для розрахунку трубчастих нагрівачів з природною циркуляцією теплоносія.

Математичну модель для трубчастого газового нагрівача з природною циркуляцією теплоносія можна представити у вигляді системи звичайних диференціальних рівнянь

$$dy_i / dz = f_i(y_\ell, z), \quad \ell = 1, 2, \dots, u; \quad (1)$$

де  $u$  – загальне число параметрів теплового і гідравлічного режиму;  $z$  – лінійна координата.

Для нагрівача як гідравлічного ланцюга повинен виконуватися другий закон Кірхгофа у формі

$$\int dh - h_{\text{out}} = 0, \quad (2)$$

де під інтегралом – алгебраїчна сума втрат тиску по всьому трубчастому нагрівачу,  $h_{\text{out}}$  - вільний напір при витіканні газоповітряної суміші з нагрівача в навколишнє середовище;  $h_{\text{out}} \geq 0$ .

Сукупність шуканих параметрів вибраних рішень можна звести до набору виду  $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , яке повинно задовольняти математичній моделі газового трубчастого нагрівача (1) при обмеженні у вигляді нерівностей (2), яке можна записати у вигляді  $F(x) \leq 0$ .

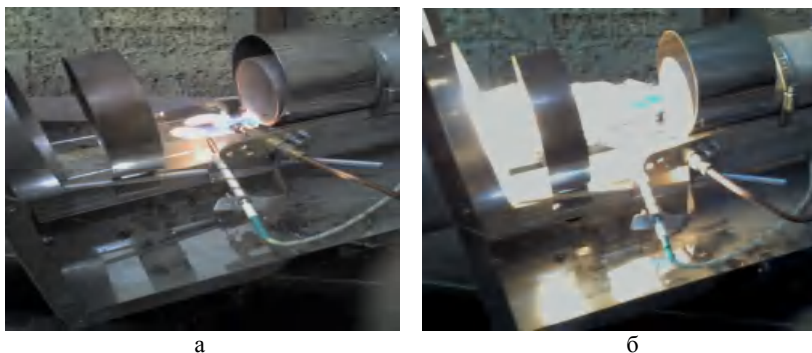
По третє, розроблено технічне рішення з комплектації автоматики безпеки для трубчастого газового нагрівача з природним рухом теплоносія, яке відповідає вимогам з автоматизації [4].

У основі цього технічного рішення – поєднання автоматики безпеки газових пальників з подвійним електромагнітним клапаном з автоматикою безпеки для пілотних пальників.

На рисунку 2 – фото, фіксує роботу пальника з розробленою автоматикою безпеки для трубчастого газового нагрівача з природним рухом теплоносія.

*Технічна характеристика трубчастого газового нагрівача  
з природною циркуляцією теплоносія*

№ пп	Найменування параметра	Одиниця виміру	Величина параметру	
			заявлена (нормована*)	фактична
1	2	3	4	5
1	Теплова потужність - максимальна (max) - мінімальна (min)	кВт	70.0 -	69.4 17.4
2	Тиск газу перед пальником: - на max потужності - на min потужності	Па	456 -	456 27.46
3	Розрідження у гирлі пальника	Па	-	26.48 ÷ 29.42
4	Витрати природного газу - на max потужності - на min потужності	м <sup>3</sup> / год	7.4 -	7.40 1.9
5	Нижча теплота згоряння	МДж / м <sup>3</sup>	-	33.7
6	Коефіцієнт робочого регулювання по тепловій потужності	-	4* [5]	4
7	Коефіцієнт надлишку повітря: - на max потужності - на min потужності	-	4.4 ÷ 15	4.4 15.0
8	Вміст шкідливих домішок в сухих нерозбавлених продуктах згоряння (при $\alpha = 1$ ) на max тепловій потужності: оксидів вуглецю CO оксидів азоту NO <sub>x</sub> оксидів азоту в перерахунку на NO <sub>2</sub>	%	0.05* [5]	0.04
		мг / м <sup>3</sup>	240** [6]	150
		мг / м <sup>3</sup>	-	230
9	Час захисного відключення при запалюванні, не більше при відхиленні параметрів, не більше	с	5 2	4.5 1.8



**Рис. 2.** Работа пильника з розробленою автоматикою безпеки для трубчастого газового нагрівача з природним рухом теплоносія; а – при роботі пілотного пильника, б – при роботі основного пильника

**ВИСНОВКИ.** Для практичного застосування трубчастого газового нагрівача з природним рухом теплоносія виконано наступне:

1. Шляхом експериментального дослідження доведено, що застосування трубчастого газового нагрівача з природним рухом теплоносія може відповідати вимогам з якості спалювання газу для промислових пильників.
2. Розроблена математична модель і алгоритм розрахунку трубчастого газового нагрівача з природним рухом теплоносія.
3. Розроблено технічне рішення з автоматики безпеки трубчастого газового нагрівача з природним рухом теплоносія, яке відповідає вимогам Держстандарту.

#### **Список использованных источников**

1. Дудкин К.В., Хацкевич Ю.В. Параметрическая оптимизация трубчатых газовых нагревателей с естественной циркуляцией теплоносителя // 10 Ювілейна Міжнар. наук.-практ. конф. «Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем mpzis-2012». Дніпропетровськ, 2012. – С. 102 – 103.
2. Sir Wm HERSCHEL. Infrared Handbook // Concepts of Radiant Heating. Roberts Gordon, 1994.-P. 17-35.
3. ДБН. В 2.5 – 20 – 2001. Газопостачання.– К.: Держбуд України, 2001.–286 с.
4. ГОСТ 21204-97. Горелки газовые промышленные. Общие технические требования.
5. ГОСТ 2939-63. Газы. Условия для определения объема.
6. ГОСТ Р 50591-93. Агрегаты тепловые газопотребляющие. Горелки газовые промышленные. Предельные нормы концентраций  $NO_x$  в продуктах сгорания.