

УДК 697:620.9.004.18

## МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ З ТРУБЧАСТИМИ ГАЗОВИМИ НАГРІВАЧАМИ, РОЗТАШОВАНИМИ У БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЯХ

Чорноморець Г.Я., д.т.н., проф. Іродов В.Ф.  
ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

**Постановка проблеми.** Сьогодні альтернативою центральним тепловим мережам є застосування автономних джерел теплопостачання. Одним з ефективних способів децентралізованого теплопостачання є газове променисте або інфрачервоне опалення. Трубчастий газовий нагрівач одночасно є джерелом теплопостачання і опалювальним приладом. Поширення застосування трубчастих нагрівачів – розміщення газоповітряних каналів всередині будівельної конструкції.

**Аналіз останніх досліджень.** Відомі технічні рішення з удосконалення конструкцій і математичного моделювання трубчастих газових нагрівачів [1-4]. На їх підставі у технічному рішенні [5] сформульована математична модель трубчастого газового нагрівача, канали якого розташовані у будівельній конструкції. У роботах [6, 7] для трубчастих газових нагрівачів з розміщенням газоповітряних каналів у будівельних конструкціях приведений вибір раціональних параметрів проектування та розрахунок теплообміну між газоповітряною сумішшю в каналі будівельної конструкції трубчастого нагрівача і опалювальним простором. Але для проектування та конструювання таких систем з розміщенням газоповітряних каналів у будівельних конструкціях необхідні результати їх експериментальних досліджень, що в даних роботах не приведено.

**Постановка завдання.** Розробка методики експериментальних досліджень системи опалення з трубчастими газовими нагрівачами, розташованими у будівельних конструкціях для їх експериментального аналізу.

**Загальні технічні рішення.** Розглядається система опалення з трубчастими газовими нагрівачами розташованими у будівельних конструкціях. Розміщення каналу у конструкції підлоги наведено на рис. 1

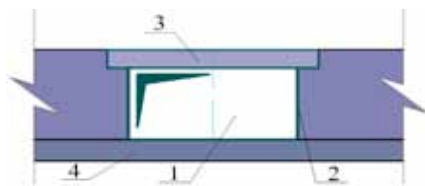


Рис. 1. Канал газоповітряної суміші у просторі підлоги

1 – канал газоповітряної суміші; 2 – короб з важкого бетону марки

М-150 (В 12,5); 3 – пластина з вогнетривкого цементно-піщаного розчину;

4 – теплоізолююча основа.

Для вирішення поставлених задач досліджень запропонована схема експериментальної установки системи опалення з трубчастими газовими нагрівачами у будівельній конструкції (рис. 2).

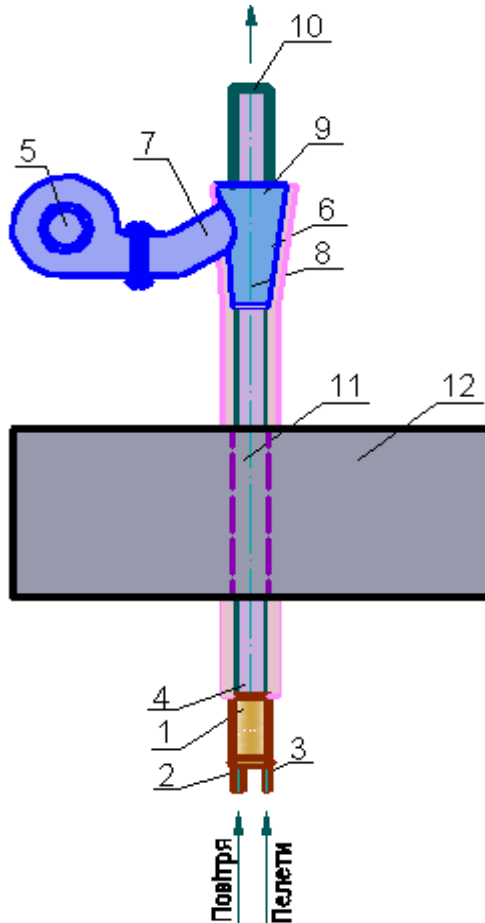


Рис.2. Схема експериментальної установки системи опалення з трубчастим газовим нагрівачем в конструкції підлоги

1- газовий пальник; 2-патрубок для подачі повітря; 3-патрубок для подачі пелет; 4- початкова ділянка лінійного нагрівача в теплоізоляції; 5- витяжний вентилятор; 6- газоповітряний ежектор; 7- патрубок активного середовища ежектора; 8- патрубок пасивного середовища

ежектора; 9- вихідний патрубок; 10- патрубок відводу газоповітряної суміші.

Фізичними величинами, які визначають процес теплообміну між газоповітряною сумішшю в каналі будівельної конструкції і повітряним середовищем опалювального приміщення, виступають:

$P$ – абсолютний тиск в каналі, Па;

$w$ – середня швидкість руху в каналі, м/с;

$T_{г.с.}$ – температура в каналі газоповітряної суміші, К;

$G_{нов}$ – витрата припливного повітря, м<sup>3</sup>/с;

$G_{пел}$  – витрата пелет, кг/с;

$G_{г.с.}$  – витрата газоповітряної суміші, м<sup>3</sup>/с.

Визначити функціональну залежність між фізичними величинами, що описують процес теплообміну можна з (1) та (2).

$$\alpha = f(T_{г.с.}, T_p, T_t, F) \quad (1)$$

$\alpha$ – коефіцієнт тепловіддачі від газоповітряної суміші будівельній конструкції, Вт/(м<sup>2</sup>•К);

$T_p$ – температура будівельної пластини, К;

$T_t$ – температура стінки каналу газоповітряної суміші, К;

$F$  – площа поперечного перерізу каналу, м<sup>2</sup>.

$$w = f(G_{нов}, F) \quad (2)$$

Деякі з цих параметрів в даному процесі можуть бути змінними, інші – постійними.

Для проведення вимірювання обираються стандартні прилади, які випускаються серійно, робота на яких регламентується інструментами, ГОСТ та іншими офіційними документами. Методи вимірювання базуються на законах метрології.

Для вимірювання загальної витрати припливного повітря, що поступає на нагрівання  $G_{пов}$ , м<sup>3</sup>/с, використовується витратомір змінного перепаду тиску на звукуючому пристрої. Принцип дії даного приладу базується на вимірюванні різниці тисків, що створюється стандартною діафрагмою, яка встановлена у повітропроводі на шляху руху припливного повітря від вентилятора в канал.

Залежність між витратою повітря й перепадом тиску ( $P$ ) можна встановити, розв'язуючи рівняння Бернуллі й рівняння нерозривності потоку. Тоді об'ємна витрата визначається з виразу (3).

$$G_{газ} = \alpha \cdot S_0 \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta P}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (3)$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт витрати, що залежить від геометричної форми звукуючого пристрою і фізичних властивостей вимірюваної рідини, Вт/(м<sup>2</sup>•К);

$S_0$  – площа поперечного перерізу звукуючого пристрою, м<sup>2</sup>;

$\rho$  - густина рідини, кг/м<sup>3</sup>.

Для виміру тиску використовується «U»- подібний манометр. Принцип дії цього приладу заснований на компенсації тиску гідростатичним стовпчиком рідини.

Вимірювання температур припливного повітря і вимірювання температури поверхні будівельної конструкції здійснюється за допомогою термоелектричного перетворювача типу ЛТХК– хромель/копелевої термопари. Для уникнення впливу на термопару теплового випромінювання нагрівача вона екранована з боку джерела теплоти.

Швидкість припливного повітря в каналі  $w$  визначимо шляхом прямих вимірювань за допомогою анемометру АГТ-1004.

Для розрахунку витрати газоповітряної суміші необхідно визначити коефіцієнт надлишку повітря для цього за допомогою газоаналізатору визначається склад димових газів.

Коефіцієнти теплопровідності та теплоємності зразків деяких будівельних матеріалів будуть визначені за допомогою водяного калориметру.

Визначення витрати пелет  $G_{пел}$ , кг/год проводиться кількісним методом на експериментальній установці. Завдяки витраті і теплотворній здатності пелет (теплотворну здатність абсолютно сухих пелет можна прийняти рівною теплотворної здатності абсолютно сухої деревини, яка дорівнює 18,9 МДж / кг (4510 ккал/кг)) буде визначено потужність пальника.

На фізичній моделі системи опалення з трубчастими газовими нагрівачами, розташованими у будівельних конструкціях, необхідно визначити точки вимірювання в перетинах нагрівача і провести дослідження режимів його роботи.

Варіюючим фактором буде обрана витрата пелет  $G_{пел}$ .

Вимірюванням підлягають:

– температура поверхні короба  $T_t$  та пластини нагрівача  $T_p$  у різних точках, К;

– швидкість припливного повітря на виході з нагрівача  $w$ , м/с.

За результатами вимірювань розрахувати:

- коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha_{конв}$ , Вт/(м<sup>2</sup>•К);

- критерій Рейнольдса  $Re$ , що визначає гідромеханічну подібність течій теплоносіїв за виразом (4).

$$Re = \frac{w_{с.in} \cdot D}{\nu}, \quad (4)$$

де  $\nu$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості теплоносія, м<sup>2</sup>/с

- критерій Нусельта  $Nu$ , який характеризує інтенсивність процесу конвективного теплообміну за виразом (5).

$$Nu = \frac{\alpha \cdot D}{\lambda}, \quad (5)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу конструкції, Вт/(м•К).

**Обговорення результатів.** Наведена методика експериментальних досліджень системи опалення з трубчастими газовими нагрівачами, розташованими у будівельних конструкціях дозволяє експериментально проаналізувати залежність теплопровідності конструкції та температури на поверхні конструкції нагрівача від будівельного матеріалу та обґрунтувати доцільність даної системи опалення.

**Висновок.** В результаті експериментальних досліджень при різних теплових режимах системи опалення з трубчастими газовими нагрівачами, розташованими у будівельних конструкціях планується отримати:

- фактичні швидкості припливного повітря та розподіли швидкостей в поперечних перерізах нагрівача;
- фактичні температури на поверхні конструкції, що нагрівається від газоповітряної суміші в каналі і їх розподіл вздовж поперечного перетину нагрівача і будівельної конструкції;
- залежність теплопровідності конструкції та температури на поверхні будівельної конструкції нагрівача від будівельного матеріалу;
- експериментальне обґрунтування використання системи опалення з трубчастими газовими нагрівачами, розташованими у будівельних конструкціях.

### ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Патент 63793 Україна (UA), МПК F24D 10/00. Пристрій для газового опалення/ К.В. Дудкін, В.Ф. Іродов, Г.Я. Чорноморець (Україна); заявник ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури». – № 02070772; Заявл. 25.02.2011; Опубл. 25.10.2011. Бюл. № 20. – 4 с.: іл.
2. Дудкин К.В. Многоконтурные трубчатые газовые нагреватели как средства повышения безопасности воздушно-лучистого отопления/ К.В. Дудкин, Ю.В. Хацкевич, Л.В.Солод, Г.Я. Черноморец // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. – 2011. – №62. – С. 161–165.
3. Редько А.Ф. Пути повышения эффективности применения «темных» инфракрасных излучателей/ А.Ф. Редько, Н.Н. Болотских // Наук. вісн. буд-ва: Зб. наук. праць – Харків, 2008. – №49. – С. 172–179.
4. Іродов В.Ф. Математическое моделирование и расчет инфракрасного трубчатого газового обогревателя/ В.Ф. Іродов, Л.В. Солод // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. – 2010. – №52. – С. 130–132.
5. Чорноморець Г.Я. Математичне моделювання трубчастих газових нагрівачів, розташованих у будівельних конструкціях/ Г.Я. Чорноморець, В.Ф. Іродов // Науковий вісник будівництва: Зб. наук. праць. – Харків, 2012. – №68. – С. 395–399.
6. Чорноморець Г.Я. Выбор параметров проектирования трубчатых газовых нагревателей, расположенных в конструкции пола/ Г.Я. Чорноморець, В.Ф. Іродов // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. – Днепропетровск, 2013. – №68. – С. 441–446.
7. Чорноморець Г.Я. О расчете теплообмена между газоздушной смесью в канале строительной конструкции трубчатого нагревателя и отопляемым пространством/ Г.Я. Чорноморець, В.Ф. Іродов// Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. – Днепропетровск, 2013. – №70. – С. 238–243.