

На підставі цього констатуємо:

- критична відстань залежить від виду струмини (кругла, плоска, віяльна) і від розмірів повітровипускного пристрою;
- повітровипускні пристрої в системах повітряного опалення, вентиляції та кондиціонування повітря слід розташовувати на значно більших відстанях, ніж  $x_{кр}$ , врахувавши при цьому далекобійність струмини;
- область робочої (обслуговуваної) зони, охоплювана прямим потоком повітряної струмини при цих умовах, буде максимальною. Це дасть змогу збільшити значення показника ефективності повітророзподілу ADPI [2] і, відповідно, досягнути підвищення соціального ефекту.

1. Ташев В.Н. *Аэродинамика вентиляции*. – М., 1978. 2. Гримитлин М.И. *Распределение воздуха в помещении*. – М., 1982.

УДК 697; 620.9.004.183

Юркевич Ю., Возняк О., Желих В.

ДУ “Львівська політехніка”, кафедра теплогазопостачання і вентиляції

## ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛОВОГО РОЗРАХУНКУ НАСАДКОВОЇ КАМЕРИ КТАНів

© Юркевич Ю., Возняк О., Желих В., 2000

**In this article there is presented effective method of average enthalpy difference (1) calculation in contact heat exchanger. Dependence of 1 from temperature and enthalpy of gasses and water ( table 1 ) has been investigated.**

Для підвищення ефективності енергетичних установок необхідне глибоке охолодження продуктів горіння, що досягається в контактнo-поверхневих теплообмінних апаратах з активною насадкою (КТАН), в яких охолоджуються продукти горіння нижче температури їх точки роси ( 30-40 °С).

Існує ряд методів визначення середньої різниці ентальпій  $\Delta I_{сер}$  при розрахунку контактних теплообмінників. Однак значна різноманітність існуючих методів ускладнює вибір найбільш раціонального, який забезпечував би достатню точність визначення  $\Delta I_{сер}$  і не вимагав значних затрат часу. Тому в цій статті розглянуто створення такого методу розрахунку величини  $\Delta I_{сер}$ , який був би оптимальним як за громіздкістю, так і за забезпеченням максимальної точності результатів.

Як відомо, найточніше величину  $\Delta I_{сер}$  можна отримати, користуючись методом числового інтегрування, прийнявши проміжки температур  $\delta t = t_n - t_{n-1}$  достатньо малими, тобто такими, що прямують до нуля, як ідеальний випадок.

Для виявлення такої аналітичної залежності і створення достатньо точного методу розрахунку величини  $\Delta I_{сер}$ , що дозволяв би використання ЕОМ і зручного в інженерних розрахунках, була складена програма визначення величини  $\Delta I_{сер}$  методом числового інтег-

рування. Розглядали характер змін величин, що входять у розрахункове рівняння (1):

$$\Delta I_{\text{сер}} = \frac{t_{\text{к}} - t_{\text{п}}}{\int_{t_{\text{п}}}^{t_{\text{к}}} \frac{dt}{I - I_{\text{w}}}} \quad (1)$$

Зміна ентальпії продуктів горіння має лінійний характер і може бути подана у вигляді рівняння (2):

$$I = I_{\text{к}} + \frac{I_{\text{п}} - I_{\text{к}}}{t_{\text{wk}} - t_{\text{wп}}}(t_{\text{w}} - t_{\text{wп}}), \quad (2)$$

де  $I$  і  $t_{\text{w}}$  – поточні значення відповідно ентальпії продуктів горіння і температури води.

Залежність ентальпії насичених продуктів горіння  $I_{\text{w}}$  від температури  $t_{\text{w}}$  має складний характер. Тому для виразу залежності  $I_{\text{w}} = f(t_{\text{w}})$  у формі, зручній для інтегрування, інтервал зміни температури води розбили на два діапазони - в першому температура води змінюється від 5 до 60 °С, а в другому діапазоні – від 60 до 80 °С. У першому діапазоні крива  $I_{\text{w}} = f(t_{\text{w}})$  апроксимується рівнянням:

$$I_{\text{w}} = \frac{4,19 t_{\text{w}} - 20,95}{2,48 - 0,032 t_{\text{w}}}, \quad (3)$$

а в другому – рівнянням:

$$I_{\text{w}} = 465 + 11,5(t - 60)^{1,5}. \quad (4)$$

Із урахуванням залежностей (2)-(4) вираз (1) набирає вигляду:

$$\Delta I_{\text{сер}} = \frac{t_{\text{wk}} - t_{\text{wп}}}{\int_{t_{\text{wп}}}^{60} \frac{dt}{I - \frac{4,19 t_{\text{w}} - 20,95}{2,48 - 0,032 t_{\text{w}}}} + \int_{60}^{t_{\text{wk}}} \frac{dt}{I - 465 + 11,5(t - 60)^{1,5}}}, \quad (5)$$

продуктів горіння, що визначається з рівняння (2).

Для розв'язання цієї задачі запропоновано замінити інтеграл на визначену скінченну суму доданків, в яких величина  $\delta t$  є скінченно малою величиною

$$\Delta I_{\text{сер}} = \sum_{k=1}^n \frac{\delta t}{I_{[(n-1)-n]} - I_{w[(n-1)-1]}} \quad (6)$$

і виконати числове інтегрування (обчислення вказаної суми) за допомогою ЕОМ, отримавши при цьому найточніший результат для будь-яких початкових заданих значень.

При цьому отримують складну  $\Delta I_{\text{сер}}$  – функція 4-х незалежних аргументів  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_{\text{w1}}$ ,  $I_{\text{w2}}$ . Слід зауважити, що в кожній точці ентальпія продуктів горіння в основному потоці повинна перевищувати їх ентальпію, взяту при будь-якій температурі води, тобто  $I_1 > I_{\text{w1}}$  і  $I_2 > I_{\text{w2}}$ .

Виходячи з реальних умов роботи контактено-поверхневих водонагрівачів, прийнято, що початкова ентальпія продуктів горіння змінюється в межах від 500 до 2000 кДж/кг, а кінцева – від 100 до 1100 кДж/кг. Відповідно початкова температура води – від 10 до 40 °С, а кінцева – від 40 до 80 °С. Значення ентальпій змінювались з кроком 50 кДж/кг, а температури води – з кроком 5 °С.

Запропонований метод дозволяє визначити величину  $\Delta I_{\text{сер}}$  як при протитечійній, так і при прямотечійній схемі руху теплообмінних середовищ. Математична модель процесу дає змогу розглядати випадок, коли  $I_{\text{п}} = I_{\text{к}}$ , однак при цьому втрачається фізичний зміст, оскільки такий процес буде мати місце, коли коефіцієнт зрошення прямує до нуля.

Отримані результати, обчислені на ЕОМ, подані в табличному вигляді (див.таблицю). Є доцільним навести лише фрагмент таблиці розрахунків на ЕОМ, оскільки кількість точок  $N$  при заданих вихідних даних є значною і становить  $N = 28800$ , а таблиця, відповідно, доволі громіздкою. У зв'язку з тим доцільно виразити величину  $\Delta I_{\text{сер}}$  графічно, а саме за допомогою 4-факторної номограми.

**Результати розрахунку величини  $\Delta I_{\text{сер}}$   
методом числового інтегрування на ЕОМ**

ч/ч	$t_1$	$t_2$	$I_1$	$I_2$	$\Delta I_{\text{сер}}$
1	2	3	4	5	6
1	40	75	1300	1000	850
2	40	75	1300	100	180
3	40	75	500	100	10
4	40	45	1300	1000	950
5	40	45	1300	100	285
6	40	45	500	100	90
7	0	75	1300	1000	960
8	0	75	1300	100	315
9	0	75	500	100	100
10	0	35	1300	1000	1085
11	0	35	1300	100	450
12	0	35	500	100	220

Побудована номограма апроксимована такою формулою:

$$\Delta I_{\text{сер}} = 340 - 2t_{\text{п}} - 35t_{\text{к}} + 0,4221 \cdot I_{\text{к}}^{0,35} (I_{\text{п}} - 500). \quad (7)$$

Отримана формула (7) є доволі проста, зручна в користуванні і дає добру узгодженість результатів.

Отже, запропоновано ефективний метод визначення середньої різниці ентальпій  $\Delta I_{\text{сер}}$  в контактних теплообмінниках при будь-яких заданих вихідних величинах із вказаного проміжку, який дає можливість вести обчислення як графічним, так і аналітичним способом.

1. Аронов И.З. Контактный нагрев воды продуктами сгорания природного газа. – Л., 1978. 2. Соснин Ю.П. Контактные водонагреватели. – М., 1974.