

На 55-й хвилині пожежі через технічні проблеми експеримент було зупинено. Враховуючи результати вогневого випробування огорожувальної конструкції, із застосуванням енергозберігаючих технологій можна зробити висновок, що граничний стан за теплоізолювальною здатністю, а саме перевищення температури в довільній точці необігріваної поверхні зразка над початковою температурою в цій точці на 180°C тобто $180^{\circ}\text{C}+20^{\circ}\text{C}=200^{\circ}\text{C}$, де 20°C початкова температура, на 55 хвилині не досягнуто.

Висновки. 1. Межа вогнестійкості дослідного фрагмента стіни, який складається із керамічної цегли товщиною 250 мм та утеплювача з ППС товщиною 70мм з тинькованими поверхнями, за теплоізолюючою здатністю становила більше ніж 55 хвилин.

2. Розвиток температур на внутрішній поверхні зразка в часі по осі А був дещо меншим від розвитку температур по осі В, що пояснюється тим, що у верхньому об'ємі печі була вища температура нагріву через те, що факел полум'я виходив з форсунки печі, яка була розміщена внизу, і відбивався від поверхні зразка вгору.

3. Результати досліджень підтвердили ефективність та надійність виконаних досліджень на новій вогневій камері, що споруджена у Національному університеті “Львівська політехніка”.

1. Романенков И.Г., Зигерн-Корн В.Н. Огнестойкость строительных конструкций из эффективных материалов. – М.: Стройиздат, 1984. 2. Бартелеми Б., Крюппа Ж. Огнестойкость строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1985. 3. Милованов А.Ф. Стойкость железобетонных конструкций при пожаре. – М.: Стройиздат, 1998. 4. ДСТУ Б.В.1.1-4-98 Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Метод випробування на вогнестійкість. Загальні вимоги. – К.: Держбуд України, 1999. 5. Деклараційний патент на корисну модель №17160. Бюл. №9 від 15 вересня 2006 року 6. СНиП II-3-79 “Строительная теплотехника” 7. ДБН В.2.6-31-2006 “Теплова ізоляція будівель”.

УДК 621.036.2

О.О. Савченко, І.С. Балінський, О.Т. Возняк
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра теплогазопостачання і вентиляції
79013, м.Львів, вул. С. Бандери, 12

СПРОЩЕНА ІНЖЕНЕРНА МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ СТУПЕНЯ НАГРІВАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ПІСЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО РОЗДІЛЬНИКА

© Савченко О.О., Балінський І.С., Возняк О.Т., 2007

Наведена спрощена методика інженерного розрахунку ступеня нагрівання природного газу на газорозподільних станціях після енергетичного роздільника.

Simply method of engineer calculation of energetic separator for gas distributive installations is presented in this article.

Постановка проблеми. У зв'язку з економією паливно-енергетичних ресурсів нині здійснюється широке впровадження енергетичних роздільників на газорозподільних станціях УМГ “Львівтрансгаз”. Енергетичні роздільники використовуються для нагрівання природного газу перед дроселюванням для запобігання утворення кристалогідратів, які перешкоджають безпечній роботі газотранспортних систем. Проте розрахунок геометричних розмірів та ступеня нагрівання природного газу перед регулятором тиску ускладнюється за рахунок визначення комплексів А і В.

Мета роботи. Метою цієї роботи є спрощення методики інженерного розрахунку енергетичного роздільника для проектування його на газорозподільні станції.

Виклад основного матеріалу. Як показують останні дослідження [1], ступінь нагрівання природного газу визначається із залежності:

$$\Delta t_n^z = \alpha \Delta t_n^n, \quad (1)$$

де Δt_n^n – ступінь нагрівання стисненого повітря; α – коефіцієнт відповідності ефективності розділення природного газу і повітря. Визначається залежно від складу газу, зокрема від показника адіабати природного газу k [1].

Під час транспортування природного газу основними його компонентами є метан, етан та пропан. Тому показник адіабати для природного газу визначається як для суміші газів, тобто за правилом пропорційності:

$$k_z = \sum_{i=1}^n k_i y_i, \quad (2)$$

де $n = 1, 2, 3, \dots$ – кількість компонентів у природному газі, k_i, y_i – відповідно показник адіабати та об'ємна частка i -го компоненту суміші газу.

Для природного газу з різним компонентним складом значення показника адіабати лежать в межах 1,13 – 1,31. За цими даними було побудовано графічну залежність коефіцієнта відповідності від показника адіабати k , яка показана на рис.1.

Графічні дані були апроксимовані аналітичною залежністю у вигляді:

$$\alpha = 1,79k - 1,48. \quad (3)$$

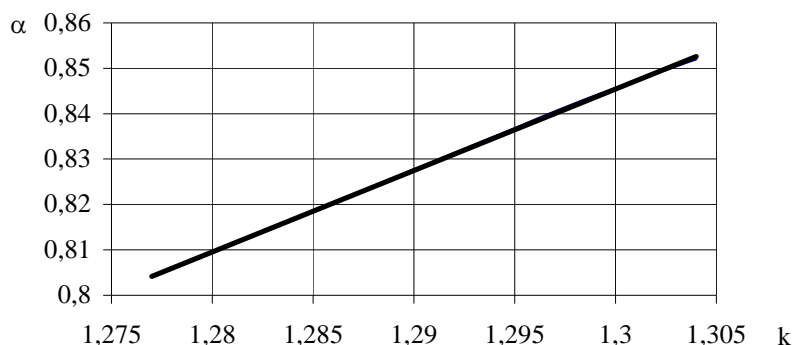


Рис.1. Залежність коефіцієнта відповідності від показника адіабати.

Розрахунок розбіжностей коефіцієнта відповідності α , обчисленого за формулою (3), та графічних даних наведених у табл.1.

Таблиця 1

Розбіжності розрахунків коефіцієнта α

Показник адіабати k	Значення коефіцієнтів відповідності α		Відносна похибка розрахунків $\delta, \%$
	графічні дані	розраховані значення	
1,13	0,465	0,465	0
1,2	0,64	0,639	0,2
1,244	0,740	0,739	0,1
1,277	0,804	0,804	0
1,31	0,852	0,857	- 0,6

Як видно з табл. 1, похибки розрахунків не перевищують 10%, отже, на цьому проміжку значень показника адіабати k вказану формулу можна використовувати для визначення коефіцієнта відповідності α для природного газу.

Для визначення ступеня нагрівання повітря в [1] було використано комплекс А, проте у його визначенні є деякі неоднозначності. Тому для визначення аналітичної залежності ступеня

нагрівання повітря пропонуємо використати літературні дані декількох авторів, зокрема В.С.Мартинівського, В.П. Алексєєва, А.В.Мартінова, В.М.Бродянського.

У цих авторів ступінь нагрівання визначався залежно від частки холодного потоку μ та тиску повітря на вході в енергетичний роздільник $p_{вх}$. Літературні дані зображені у вигляді графічних залежностей на рис.2.

Графічні дані апроксимовані аналітичною залежністю у вигляді:

$$\Delta t_n^n = 58,48 + 63,06 p_{вх} - \varepsilon \cdot (74,30 + 47,52 p_{вх}). \quad (4)$$

Розбіжності між графічними та аналітичними даними зведено у табл. 2.

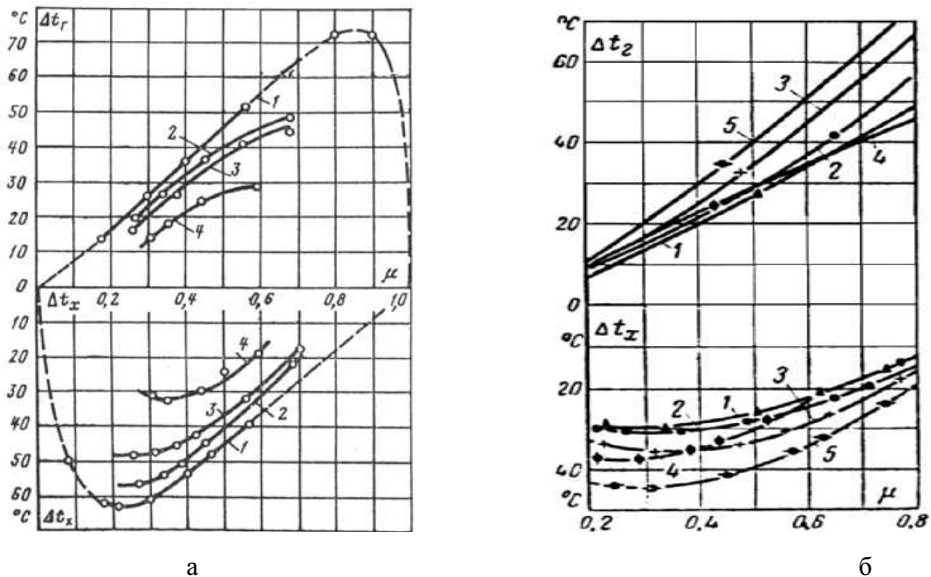


Рис.2. Результати досліджень вихрових труб у вигляді залежності Δt_x та Δt_2 від частки холодного потоку μ : а – В.С.Мартинівський, В.П. Алексєєв, б – А.В.Мартінов, В.М.Бродянський

Таблиця 2

Розбіжності ступеня нагрівання повітря

Тиск на вході в роздільник $p_{вх}$, МПа	Частка нагрітого потоку ε	Ступінь нагрівання повітря Δt_n^n		Відносна похибка розрахунків $\delta, \%$
		графічні дані	розраховані значення	
0,3	0,6	22	24,26	-10,0
0,4	0,5	34	37,05	-8,9
0,5	0,5	44	40,98	6,9
0,6	0,4	57	55,19	3,2

Як видно з табл. 2., похибки розрахунків ступеня нагрівання повітря не перевищують 10%, отже, вказану формулу можна використовувати для аналітичного визначення ступеня нагрівання повітря Δt_n^n .

Отже, маючи відомі значення коефіцієнта відповідності та ступеня нагрівання повітря, за залежністю (1) можна визначити ступінь нагрівання природного газу.

За результатами власних досліджень енергетичного роздільника на стисненому повітрі [2] отримана залежність ступеня нагрівання повітря від геометричних розмірів та частки нагрітого потоку при тиску на вході до 0,6 МПа, а саме:

$$\begin{aligned} \Delta t_n^n = & -5,65 + 10,47\bar{f} - 4,03\bar{f}^2 + \bar{l} \left(0,04 - 0,01\bar{f} + 0,02\bar{f}^2 \right) + \\ & + \varepsilon \left(40,94 - 6,88\bar{f} + 2,35\bar{f}^2 + \bar{l} \left(-6,39 + 17,87\bar{f} - 7,13\bar{f}^2 \right) \right) + \\ & + \varepsilon^2 \left(-45,46 + 14,21\bar{f} - 4,82\bar{f}^2 + \bar{l} \left(6,51 - 18,25\bar{f} + 7,21\bar{f}^2 \right) \right), \end{aligned} \quad (5)$$

де $\bar{f} = \frac{f_d}{f_c}$ – відносна площа, що дорівнює відношенню площі діафрагми f_d до площі поперечного

перетину сопла f_c ; $\bar{l} = \frac{l_{mp}}{d_{mp}}$ – відносна довжина, що дорівнює відношенню довжини камери

енергетичного розділення l_{mp} до діаметра камери енергетичного розділення d_{mp} ; $\varepsilon = \frac{G_n}{G_{вх}}$ – частка

нагрітого потоку, що дорівнює відношенню кількості нагрітого потоку G_n до сумарної кількості повітря, що входить в енергетичний роздільник, $G_{вх}$.

Для визначення ступеня нагрівання стисненого повітря з тиском на вході в енергетичний роздільник до 0,5 МПа можна користуватись залежностями (3) або (4). При тиску більше за 0,5 МПа спостерігається інший характер залежності ступеня нагрівання повітря від тиску на вході в роздільник. Екстрапольована залежність ступеня нагрівання повітря від тиску на вході в роздільник в межах 0,5–3 МПа зображена на рис. 3.

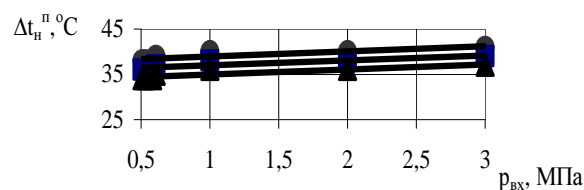


Рис.3. Екстрапольована залежність ступеня нагрівання повітря від тиску на вході в роздільник та частки нагрітого потоку:

● - $\varepsilon = 0,5$ ■ - $\varepsilon = 0,7$ ▲ - $\varepsilon = 0,9$

Як видно з рис.3, при збільшенні тиску на вході в енергетичний роздільник до 3 МПа ступінь нагрівання повітря асимптотично наближається до свого максимуму. Це пов'язано з дросель-ефектом, який виникає в камері енергетичного розділення та впливає на значення ступеня нагрівання повітря. Аналітичний запис залежності ступеня нагрівання повітря від тиску на вході в роздільник $p_{вх}$ та частки нагрітого потоку ε можна здійснити за допомогою формули:

$$\Delta t_n^n = 1,11 p_{вх} - 10\varepsilon + 42,84. \quad (6)$$

Використовуючи ці зміни, послідовність інженерного методу розрахунку [3] енергетичного роздільника та ступеня нагрівання після нього можна скоректувати так. Після визначення геометричних розмірів енергетичного роздільника визначаємо коефіцієнт адиабати природного газу (2), коефіцієнт відповідності енергетичного розділення (3). Задаємося часткою нагрітого потоку, визначаємо ступінь нагрівання повітря. Оскільки на газорозподільних станціях робочий тиску є більшим за 0,5 МПа, то для визначення ступеня нагрівання повітря використовуємо залежність (6). За (1) визначаємо ступінь нагрівання природного газу. Далі виконуємо розрахунок за відомою послідовністю [3].

Висновок. За допомогою цієї методики розрахунку можна проектувати енергетичні роздільники, що використовуються для нагрівання природного газу, зокрема для нових та наявних газорозподільних станцій.

1. Кашина О., Балінський І. Ефективність енергетичного розділення стиснутих природного газу і повітря // Вісник НУ "Львівська політехніка" "Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація" – 2001. – № 432. – С.106 – 109. 2. Савченко О.О., Балінський І.С., Возняк О.Т. Експериментальне дослідження енергетичного розділення стисненого повітря // Вісник НУ "Львівська політехніка" "Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація." – 2004. – № 506. – С.144 – 150. 3. Савченко О.О. Методика інженерного розрахунку енергетичного роздільника для газорозподільчих станцій // Вісник НУ "Львівська політехніка" "Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація." – 2005. – № 537. – С. 58–61.