

І.С. Балінський, О.О. Кашина, В.С. Латик, Ю.В. Банахевич\*  
Національний університет “Львівська політехніка”  
кафедра теплогазопостачання і вентиляція,  
\*“Львівтрансгаз”

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО РОЗДІЛЬНИКА ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОЇ СТАНЦІЇ

© Балінський І.С., Кашина О.О., Латик В.С., Банахевич Ю.В., 2004

*Встановлена залежність ефективності нагрівання природного газу перед дроселюванням на газорозподільній станції за допомогою енергетичного роздільника залежно від ефективності відділення нагрітого потоку за умови відбору частини його і подачі у розподільний газопровід.*

**Постановка проблеми.** При будівництві нових і експлуатації існуючих газорозподільних станцій (ГРС) особливої уваги заслуговує нагрівання природного газу, тому що внаслідок дросель-ефекту відбувається значне зниження температури потоку, що супроводжується утворенням кристалогідратів і, як наслідок, відбувається обмерзання регуляторів тиску. Для запобігання цим небажаним явищам необхідно увесь потік газу нагрівати перед регуляторами тиску. Для цього використовуються кожухотрубні теплообмінники, вогневі та місцеві нагрівники корпусу регулятора. Внаслідок значних експлуатаційних затрат, небезпечності під час нагрівання виникла необхідність у розробленні ефективнішого, надійнішого методу нагрівання з використанням енергетичного роздільника (вихрова труба) [1–4].

**Аналіз останніх досліджень.** Суть методу в розділенні вхідного потоку газу, що надходить із магістрального газопроводу в енергетичний роздільник на два: один – з температурою, вищою, ніж вхідний, який проходить через регулятор тиску, інший – з нижчою, в розподільний газопровід. На основі визначення максимальних відборів газу, встановлених для років з найбільшим споживанням природного газу, проектної прив’язки і випробувань, був змонтований енергетичний роздільник на діючій ГРС, який зображений на рис. 1.

Роздільник використовується в опалювальний період при максимальних відборах та можливих замерзаннях регулятора тиску [5, 6, 7]. Попередні дослідження показали енергетичну роздільну ефективність. Однак провести повноцінні дослідження на діючій ГРС практично неможливо. Для ефективнішої роботи роздільника запропоновано додатково передбачити трубопровід з краном, що сполучає нагрітий потік на виході з роздільника зі змішаним потоком після регулятора тиску газу [8].

**Мета роботи.** Для подальшого вдосконалення роздільника і його використання на інших ГРС необхідно встановити залежність ефективності нагрівання природного газу  $\Delta t_{\text{H}}^{\text{r}}$  на основі літературних даних та власних досліджень для ефективності нагрівання стисненого повітря  $\Delta t_{\text{H}}^{\text{п}}$  залежно від ефективності відділення нагрітого потоку.



Рис. 1. Енергетичний роздільник діючої ГРС

Дослідження проводили на моделі, яка розрахована на енергетичне розділення стисненого повітря із формули:

$$f_c = \frac{G_{\text{вх}} \cdot a}{K \cdot p_{\text{кр}} \cdot p_{\text{вх}}}, \quad (1)$$

де  $f_c$  – площа поперечного перетину сопла,  $m^2$ ,  $G_{\text{вх}}$  – секундна витрата стисненого повітря,  $kg/s$ ;  $a$  – критична швидкість,  $m/s$ , при абсолютній температурі вхідного потоку  $T_{\text{вх}}$ , газовій сталій  $R$ , показнику адиабати  $K$ :

$$a = \sqrt{\frac{2K}{K+1}} R \cdot \sqrt{T_{\text{вх}}}, \quad (2)$$

де  $p_{\text{кр}}$  – критичний відносний тиск,  $p_{\text{вх}}$  – тиск вхідного потоку.

Схема експериментальної установки дослідження енергетичного розділення стисненого повітря показана на рис. 2.

Установка складається із повітропроводів: вхідного стисненого повітря, гарячого і холодного потоків. На кожному повітропроводі були змонтовані регулюючий пристрій, манометр  $0 \div 10 \text{ кгс/см}^2$ , рідинний термометр  $0 \div 100 \text{ }^\circ\text{C}$ , лічильник ротаційний РЛ – 40. Максимальна витрата стисненого повітря  $75 \text{ м}^3/\text{год}$ . Тиск після роздільника створювався за допомогою регулюючих пристроїв, а також зміною положення клапану роздільника. Попередньо покази термометрів, манометрів, лічильників звірялися з достовірними показами. Дослідження проводилися для різних режимів із заміром температур вхідного, гарячого, холодного потоків, тисків, витрат. Витрати приводилися до нормальних умов.

Була визначена  $\Delta t_{\text{н}}^{\text{п}}$  залежно від відношення площ поперечного перетину сопла і діафрагми, тобто  $f_c/f_d = \bar{f}$ , довжини труби, тисків із замірюванням витрат і температур потоків. Із значень  $\bar{f} = 0,3; 0,6; 0,9; 1,2; 2$  оптимальним виявилось  $\bar{f} = 0,9$ , тобто при цьому значенні досягнувся найбільший ступінь нагрівання повітря. При цьому встановлено, що ефективність нагрівання повітря  $\Delta t_{\text{н}}^{\text{п}}$  зменшується при збільшенні ефективності відділенні нагрітого потоку  $\varepsilon$  в діапазоні значень  $\varepsilon$  для відділення гарячого потоку природного газу на ГРС.

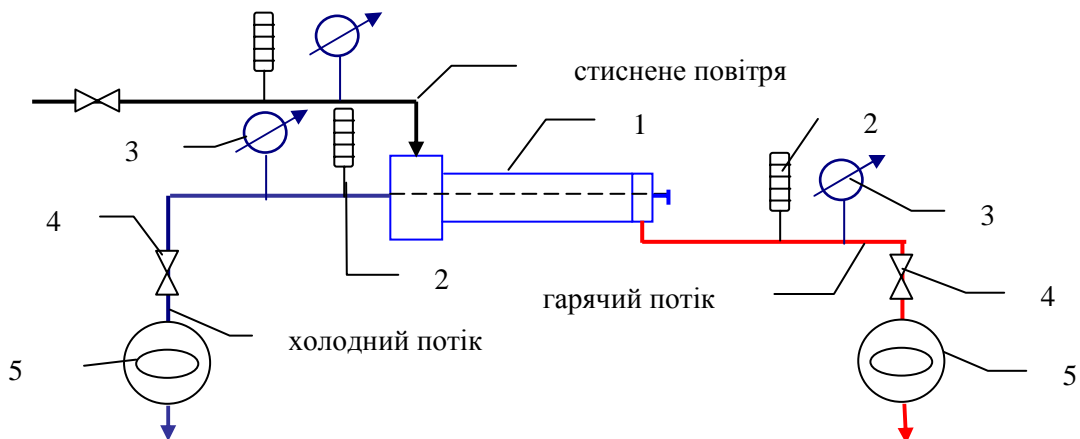


Рис. 2. Схема експериментальної установки для дослідження енергетичного роздільника

На рис. 2 такі позначення: 1 – енергетичний роздільник, 2 – термометр, 3 – манометр, 4 – регулюючий пристрій, 5 – ротаційний лічильник.

Для оптимальних параметрів роздільника встановлена залежність  $\Delta t_{\text{н}}^{\text{п}} = f(p_{\text{вх}})$ . На основі цієї залежності обчислені значення комплексу величин  $A$  для повітря, із якого визначений комплекс  $B$  для природного газу і встановлена функціональна залежність  $\Delta t_{\text{н}}^{\text{п}} = f(\varepsilon)$ , тобто від ефективності відділення нагрітого потоку [9,10], і показана на рис. 3 (крива 1).

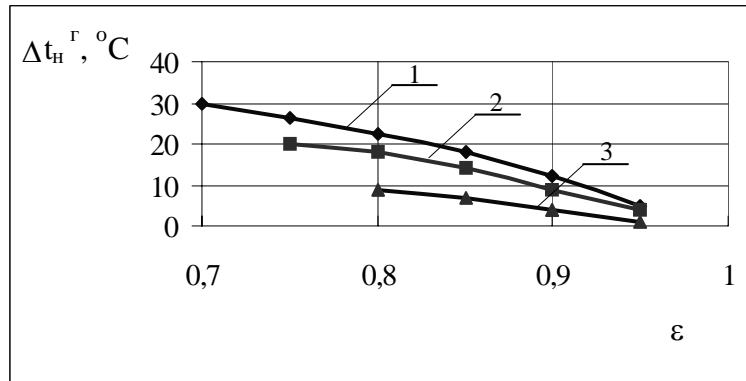


Рис. 3. Залежність ефективності нагрівання природного газу від коефіцієнта ефективності відділення нагрітого потоку: 1 – розрахована залежність, 2 – прогнозована залежність згідно із патентом, 3 – дослідна залежність для діючого роздільника

Наступним етапом розробки було встановлення ефективності змонтованого раніше енергетичного роздільника ГРС. Дослідження проведені при різних тисках настроювання регулятора із замірюванням температур  $t_{вх}$  і тисків  $p_{вх}$  на вході в ГРС, перед регулятором  $t_p$ ,  $p_p$ , тобто нагрітого потоку після енергетичного роздільника. Результати досліджень зображено на рис. 3 у вигляді залежності  $\Delta p = (p_{вх} - p_p)$ , МПа, від ефективності нагрівання газу в енергетичному роздільнику  $\Delta t_H^r = (t_p - t_{вх})$ , °С.

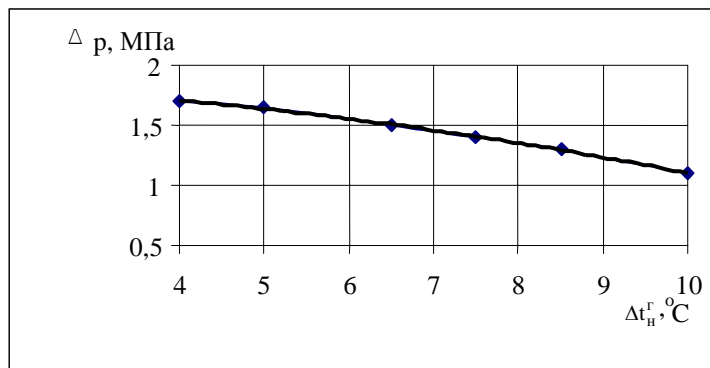


Рис. 4. Залежність ступеня нагрівання газу від різниці тисків

Як видно із рис. 4, роздільник забезпечує нагрівання газу в діапазоні  $\Delta p = 1,1 \div 1,7$  МПа, причому ефективність нагрівання газу сягала  $4 \div 10$  °С. Враховуючи значення дросель-ефекту –  $5,5$  °С / 1МПа, можна зробити висновок про зменшення  $\Delta t_H^r$  при збільшенні відборів газу.

Крива за допомогою комп'ютерної програми апроксимується залежністю:

$$\Delta p = -0,006\Delta t^2 - 0,0164\Delta t + 1,8689. \quad (3)$$

Для встановлення значень  $\epsilon$  знаходились витрати змішаного потоку за показами витратомірної установки АГРС, а холодного – за формулою:

$$p_n^2 - p_k^2 = 1,4 \cdot 10^{-5} \left( \frac{n}{d} + 1922 \frac{vd}{Q} \right)^{0,25} \frac{Q^2}{d^5} \rho \cdot l \cdot z, \quad (4)$$

де  $p_n$ ,  $p_k$  – початковий і кінцевий тиски, МПа, на ділянці газопроводу завдовжки  $l$ , м;  $n = 0,1$  – коефіцієнт шорсткості;  $d$  – внутрішній діаметр, см;  $v$  – коефіцієнт кінематичної в'язкості, м<sup>2</sup>/с;  $\rho$  – густина газу, кг/м<sup>3</sup>;  $Q$  – витрата газу, м<sup>3</sup>/год;  $z$  – коефіцієнт стисливості.

Подальше збільшення відборів газу призводить до переходу роздільника із режиму нагрівання газу в режим дроселювання із від'ємними значеннями температури газу. Для даної ГРС на основі формули (4) розрахований внутрішній діаметр такого газопроводу 20 мм, завдовжки 2 м для максимальної витрати газу на ГРС 10 000 м<sup>3</sup>/год. Залежно від ступеня відкривання крану на (рис. 3, крива – 2) встановлена залежність  $\Delta t_H^r$  від  $\epsilon$ , тобто збільшення ефективності нагрівання газу в роздільнику за рахунок зменшення ефективності відділення нагрітого потоку без впливу відборів газу на ГРС. Як видно із рис. 3 ефективність нагрівання природного газу  $\Delta t_H^r$  можна майже вдвічі збільшити за рахунок зменшення ефективності відділення нагрітого потоку  $\epsilon$ , тобто за рахунок пропуску частини потоку нагрітого після роздільника газу в розподільний газопровід.

**Висновки.** Встановлена залежність ефективності нагрівання природного газу від ефективності енергетичного розділення на основі експериментальних залежностей визначення ефективності нагрівання повітря від ефективності енергетичного розділення стисненого повітря, а також проведених досліджень ефективності енергетичного роздільника природного газу на діючій ГРС. Ефективність нагрівання можна майже вдвічі збільшити за рахунок відбору частини нагрітого в енергетичному роздільнику потоку газу і подачі її в розподільний газопровід.

1. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. – М.: Машиностроение, 1969. – 183 с. 2. Fulton C.D. Ranque's Tube // Refr. Eng. – 1950, Vol. 58. – № 5. – Р. 473–479. 3. Мартынов А.В., Бродянский В.М. Что такое вихревая труба? – М.: Энергия, 1976. 4. Балінський І., Кашина О., Коваль Р., Банахевич Ю. Газорозподільна станція з енергетичним розділювачем для нагрівання природного газу // Нафта і газ України. Зб. наук. пр.: Матеріали 6-ї МНПК “Нафта і газ України – 2000”. – Івано-Франківськ, 31 жовтня – 3 листопада 2000 р. – Івано-Франківськ, Факел. – 2000. – Том 3. – С.48 – 49. 5. Балінський І.С. Дослідження енергетичного розділювача стиснутих газів // Вісн. ДУ “Львівська політехніка” “Теплоенергетичні системи та пристрої”. – 1994. – №282. – С.4 – 6. 6. Балінський І.С. Дослідження ефективності енергетичного розділювача природного газу // Вісн. ДУ “Львівська політехніка”. – 1995. – № 291. – С.5 – 7. 7. Балінський І.С. Дослідження ефективності діючого енергетичного роздільника природного газу // Вісн. ДУ “Львівська політехніка” “Теплоенергетика, інженерія довкілля. Автоматизація”. – 1997. – № 318. – С. 5 – 7. 8. Патент України на винахід №43673А. Газорозподільна станція. Балінський І.С., Коваль Р.І., Банахевич Ю.В., Кашина О.О. Бюл. №11 від 17.12.2001р. 9. Кашина О., Балінський І. Ефективність енергетичного розділення стиснутих природного газу і повітря // Вісн. НУ “Львівська політехніка”. – 2001. – №432. – С.106 – 109. 10. Кашина О.О., Балінський І.С. Підвищення ефективності процесів нагрівання при будівництві газових мереж // Вісн. НУ “Львівська політехніка”. – 2002. – № 462. – С. 66–68.

УДК624.012

В.В. Білозір

Львівський державний аграрний університет,  
кафедра будівельних конструкцій

## ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗГІНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ З ШАРОМ СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ

© Білозір В.В., 2004

*Розглянуто підходи до підвищення несучої здатності сталевібробетонних конструкцій з шаром сталевібробетону в розтягнутій зоні. Результати досліджень можуть бути використані при проектуванні нових та підсиленні конструкцій, які експлуатуються.*

**Постановка проблеми.** Зниження матеріаломісткості будівельних конструкцій є важливим питанням, яке особливо актуальне для сталевібробетонних конструкцій, де металомісткість за інших однакових умов більша порівняно зі звичайними залізобетонними. Однак сталевібробетонні конструкції можуть бути конкурентоспроможними, адже працездатність таких конструкцій на 25...30 % менша порівняно з залізобетонними [1]. Вважається, що до 70 % типових залізобетонних