УДК 697.921.452-7:627.481.22

Є.А. Триллєр (канд. техн. наук, доц.),
М.О.Бабенко (старш. викладач),
Красноармійський індустріальний інститут
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ РОЗВОДКИ ТЕПЛОНОСІЯ В КАЛОРИФЕРНИХ УСТАНОВКАХ

Виконані аналітичні дослідження та визначено ступінь впливу горизонтальної розводки теплоносія по стоякам при тупиковій схемі. Доказано, що тупикова схема розводки теплоносія є однією з причин незадовільної роботи калориферних установок вугільних шахт.

Ключові слова: калориферні установки, шахтні стволи, повітронагрівачі, тупикова схема розводки, режим руху теплоносія.

Проблема та її зв'язок з науковими або практичними задачами. Калориферні установки відносяться до життєво важливих об'єктів вугільних шахт. При незадовільній роботі калориферних установок може спостерігатись обмерзання повітроподавальних стволів. Експлуатація підйомних установок в таких умовах ускладнюється, оскільки різко збільшується ймовірність утворення льоду на провідниках, що порушує ритмічність роботи підприємств.

Однією з причин незадовільної роботи калориферних установок є нерівномірний розподіл теплоносія по повітронагрівачам.

Аналіз досліджень та публікацій. В нормативних документах [1] з проектування калориферних установок немає конкретних рекомендацій із застосування тієї чи іншої схеми горизонтальної розводки теплоносія по стоякам повітронагрівачів. В керівництві з технічного обслуговування калориферних установок [2] вказано, що установки «повинні бути обладнанні регулюючою арматурою для плавного змінення розходу енергоносіїв з метою регулювання продуктивності та захисту повітронагрівачів від замерзання в них води». З іншого боку, у цьому ж керівництві вказано, що компоновка повітронагрівачів повинна забезпечувати однакові витрати водяного теплоносія через всі працюючі блоки повітронагрівачів. У вказаних вимогах спостерігаються деякі протиставлення, оскільки зміни витрат теплоносія, характерні вимогам першого випадку, не завжди будуть супроводжуватись позитивними результатами. На думку авторів, для шахт, які мають

© *Триллєр Є.А., Бабенко М.О., 2013*

власні опалювальні котельні, краще регулювати температуру теплоносія, а не його розхід.

Згідно [2] найбільш розповсюдженою схемою горизонтальної розводки теплоносія по стоякам є тупикова схема. Тупикова схема розводки теплоносія аналогічна тупиковій схемі електропостачання споживачів, для якої притаманні значні недоліки. Зокрема, споживачі, які знаходяться безпосередньо у трансформатора, який живить лінію, страждають від перенапруження, а споживачі, які знаходяться в тупику лінії, зазнають нестачу напруження. Аналогічна картина може спостерігатись при тупиковій схемі розводки теплоносія: надлишок теплової енергії спостерігатиметься у повітронагрівачів, розташованих біля входу теплоносія, а нестача теплової енергії – у повітронагрівачів, розташованих в тупику.

Враховуючи той факт, що в калориферній установці протяжність горизонтальних трубопроводів у порівнянні з лініями електропередач незначна та складає не більше 12…18 м, постає питання ступеня впливу відносно малої протяжності горизонтальної розводки на розподіл теплоносія по стоякам повітронагрівачів. Наведені літературні джерела не містять відповіді на поставлене питання.

Постановка задачі. Обґрунтувати більш раціональну схему розводки теплоносія, визначивши недоліки тупикової схеми.

Викладення матеріалу та результати. Виконаємо аналітичні дослідження за розрахунковою схемою (рис. 1), яка за своїми параметрами доволі наближена до існуючих схем калориферних установок повітроподавальних стволів вугільних шахт. Режим руху теплоносія по трубопроводам калориферної установки приймаємо сталим.

Різниця напорів $H_{1,2}$ (між точками 1 і 2) тупикових повітронагрівачів визначається за виразом 1:

$$H_{1,2} = \Delta H_{\text{к}} + \left(\lambda_1 \frac{2l_1}{d_1} + 2\sum \zeta_1 \right) \frac{8(4Q_к)^2}{g \cdot \pi^2 \cdot d_1^4} + \left(\lambda_2 \frac{2l_2}{d_1} + 2\sum \zeta_2 \right) \frac{8(2Q_к)^2}{g \cdot \pi^2 \cdot d_1^4} \quad (1)$$

де $\Delta H_{\text{к}}$ – різниця напорів на вході повітронагрівача, значення якої залежить від типа повітронагрівача та швидкості руху теплоносія в його трубках; λ – коефіцієнт Дарсі, значення якого визначається за відомою формулою А.Д. Альтшуля [3]; $d, l, \sum \zeta$ – відповідно діаметр, довжина та сума коефіцієнтів місцевих опорів ланки трубопровідної мережі, яка розглядається; $Q_{\text{к}}$ – витрата теплоносія через один повітронагрівач.

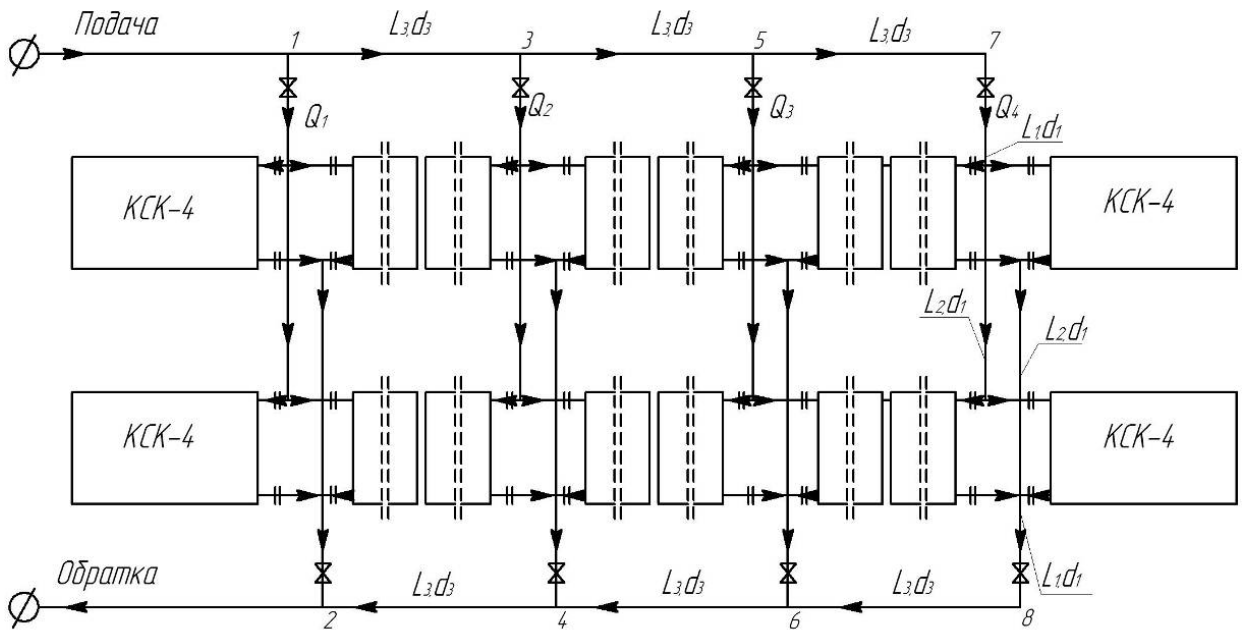

Рис. 1 – Розрахункова схема розходів теплоносія по стоякам калориферної установки

Вираз (1) перетворимо та спростимо після введення додаткових позначень, після чого воно набуде вигляду

$$H_{1,2} = \Delta H_к + aQ_к^2, \tag{2}$$

де a – витратна характеристика трубопроводів стояка повітронагрівачів, значення якої визначається за рівнянням

$$a = \left[\left(\lambda_1 \frac{2l_1}{d_1} + 2\sum\zeta_1\right)\cdot 4 + \left(\lambda_2 \frac{2l_2}{d_1} + 2\sum\zeta_2\right)\right]\frac{32}{g\cdot\pi^2\cdot d_1^4}, \tag{3}$$

Різниці напорів теплоносія між точками 3-4, 5-6 и 7-8 визначаються за виразами:

$$H_{3,4} = H_{1,2} + \left(\lambda_3^{/}\frac{2l_3}{d_3} + \sum\zeta_3^{/}\right)\frac{8(4Q_к)^2}{g\cdot\pi^2\cdot d_3^4}, \tag{4}$$

$$H_{5,6} = H_{3,4} + \left(\lambda_3^{//}\frac{2l_3}{d_3} + \sum\zeta_3^{//}\right)\frac{8(8Q_к)^2}{g\cdot\pi^2\cdot d_3^4}, \tag{5}$$

$$H_{7,8} = H_{5,6} + \left(\lambda_3^{///}\frac{2l_3}{d_3} + \sum\zeta_3^{///}\right)\frac{8(12Q_к)^2}{g\cdot\pi^2 d_3^4} \tag{6}$$

де $\sum\zeta_3^{/}, \sum\zeta_3^{//}, \sum\zeta_3^{///}$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів в трубопроводах горизонтальної розводки між відповідними стояками, в кожну з

яких входять коефіцієнти при розподіленні наверху та з'єднанні потоків внизу, значення яких визначаються за відомими параметрами трубопроводів і розходів [4].

На стояку з різницею напорів $H_{1,2}$ витрата теплоносія складатиме $4Q_к$, а за іншими стояками визначиться за виразом

$$Q_{3,4} = \sqrt{\frac{H_{3,4} - \Delta H_к}{a}}, \quad (7)$$

$$Q_{5,6} = \sqrt{\frac{H_{5,6} - \Delta H_к}{a}}, \quad (8)$$

$$Q_{7,8} = \sqrt{\frac{H_{7,8} - \Delta H_к}{a}}, \quad (9)$$

Для визначення числових значень витрат теплоносія за стояками, що розглядаються, задамося відповідними значеннями, які візьмемо з технічних характеристик повітронагрівачів [5]. Згідно джерелу [5, табл. II.8.] приймаємо швидкість руху теплоносія, рівною 0,6 м/с. Для прийнятої швидкості теплоносія та повітронагрівачів КСК4-12 різниця напорів $\Delta H_к$ на вході складатиме $\Delta H_к = 2{,}56$ м, а витрата $Q_к = 11{,}1$ м^3/год.

Необхідно відмітити, що прийнята розрахункова гідравлічна схема (рис. 1) за своїми параметрами аналогічна гідравлічній схемі калориферної установки провідної шахти України – ПАО «Шахтоуправління «Покровське». Згідно роботі трубопровідних систем калориферної установки в умовах вищевказаної шахти параметри, яких бракує, набувають наступних значень: d_1=0,08 м, $l_1 = 1{,}5$ м, $l_2 = 1{,}0$ м, $\sum\zeta_1 = 1{,}8 \sum\zeta_2 = 1{,}5$, $d_3 = 0{,}15$ м, $l_3 = 5{,}5$ м, $\sum\zeta_3^{/} = 0{,}6$, $\sum\zeta_3^{//} = 0{,}44$.

Значення коефіцієнта Дарсі визначимо за перетвореною формулою А.Д. Альтшуля

$$\lambda_3 = 0{,}11\left(\frac{\Delta}{d_j} + \frac{17 \cdot \pi \cdot d_j \cdot \nu}{Q_i}\right)^{0{,}25}, \quad (10)$$

де Δ – абсолютна шорсткість стінок трубопроводів, значення якої приймаємо, рівною 0,01, 0,2 або 0,5 мм [6], що відповідає станам сталевих трубопроводів: новий, після декількох років експлуатації та після тривалої експлуатації; ν – кінематична в'язкість водяного теплоносія, значення якої при середній температурі 80 °С складає

$\nu = 3{,}65 \cdot 10^{-7}$ м^2/с; d_j – діаметр трубопроводу, який розглядається, м; Q_i – витрата теплоносія в трубопроводі, який розглядається, м^3/с. Результати розрахунків витрат теплоносія по стоякам наведемо графічно (рис. 2).

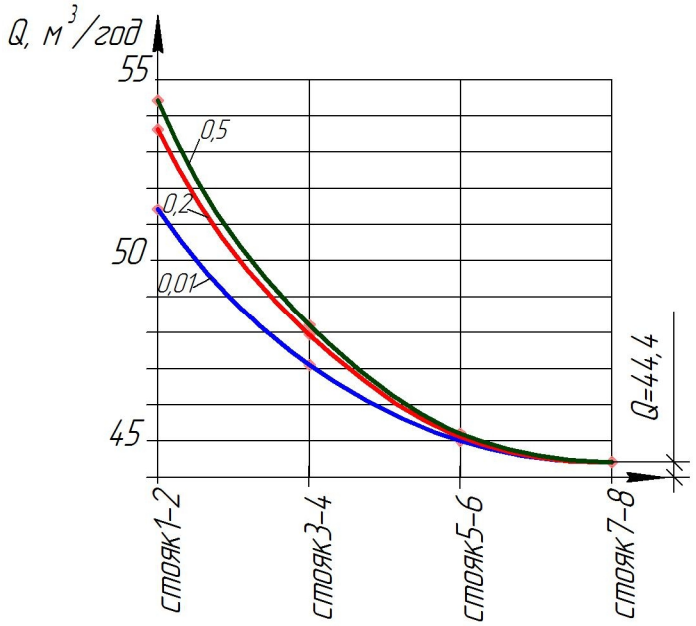

Рис. 2 – Витрати теплоносія по стоякам для труб різної шорсткості

Аналізуючи графіки, робимо висновок, що при використанні горизонтальної розводки теплоносія по стоякам при тупиковій схемі у порівнянні з найбільш віддаленим від входу (тупиковим) стояком спостерігається збільшення витрати теплоносія по стоякам, які розташовані ближче до входу теплоносія. Зокрема, стосовно калориферної установки шахти ПАО «Шахтоуправління «Покровське» витрата теплоносія через стояк 1-2, який знаходиться на вході в групу повітронагрівачів, значно більше розходу через тупиковий стояк. Зокрема, необхідно додати, що зі збільшенням строку експлуатації калориферної установки, коли із-за корозії абсолютна шорсткість внутрішніх стінок трубопроводів збільшується від 0,01 до 0,5 мм, ця різниця змінюється від 15,77 до 22,52 %.

Висновки та напрями подальших досліджень.

1. В результаті аналітичних досліджень встановлено, що при тупиковій схемі горизонтальної розводки теплоносія витрати по стоякам істотно відрізняються один від одного, причому така різниця збільшується з часом експлуатації калориферної установки.

2. Встановлення на кожному стояку пристрою регулювання розходу теплоносія не вирішує проблеми, оскільки таке рішення ускладнює систему, що зменшує надійність її роботи. Відмовитись від при-

строїв регулювання можливо, якщо застосувати попутну схему горизонтальної розводки теплоносія.

Список літератури

1. Правила безопасности в угольных шахтах: НПАОП 10.0-1.01-10. – К.: Государственный комитет Украины по промышленной безопасности, охране труда и горному надзору, 2010. – 430с.
2. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт // Утверждено приказом Государственного Комитета Украины по надзору за охраной труда №131 от 20.12.1993 г. – Киев: Пресса Украины, 1994. – 312 с.
3. Руководство по техническому обслуживанию калориферных установок шахт / [Н.И.Карасев, Б.Ф.Негруцкий, А.И.Григорьев и др.]; под ред. Н.И.Карасева. – М.: Недра, 1984. – 176 с.
4. Гейер В.Г. Гидравлика и гидропривод / В.Г.Гейер, В.С.Дулин, А.Н.Заря. – М.: Недра, 1991. – 331 с.
5. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Е.И.Идельчик; под ред. М.О.Штейнберга. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.
6. Вентиляция и кондиционирование воздуха / [Б.В. Баркалов, Н.Н. Павлов, С.С. Амирджанов и др.]; под ред. Н.Н.Павлова и Ю.И.Шиллера. // Внутренние санитарно-технические устройства: в 3 ч. - 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1992. - Ч.3., Кн. 2. – 1992. – 416с.
7. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей / Под ред. А.А.Николаева. – М.: Издательство литературы по строительству, 1965. – 360 с.

Стаття надійшла до редакції 26.04.2013

Є.А.Триллєр, М.О.Бабенко. Красноармійський індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Обґрунтування технологічної схеми розводки теплоносія в калориферних установках

Виконані аналітичні дослідження та визначено ступінь впливу горизонтальної розводки теплоносія по стоякам при тупиковій схемі. Доказано, що тупикова схема розводки теплоносія є однією з причин незадовільної роботи калориферних установок вугільних шахт.

Ключові слова: калориферні установки, шахтні стволи, повітронагрівачі, тупикова схема розводки, режим руху теплоносія.

Ye. Triller, M. Babenko. Krasnoarmiysk Industrial Institute of Donetsk National Technical University

A Technological Scheme of Coolant Wiring in Heater Installations

We performed analytical studies and defined the impact of horizontal wiring of the coolant riser with a dead-end scheme. It was proved that the dead-end scheme of coolant wiring is one of the causes of poor performance of mine heater installations.

Keywords: heater installation, mining shafts, heaters, dead-end wiring scheme, fluid motion mode.