

Є.А. Триллер (канд. техн. наук, доц.)

М.О.Бабенко (ст. 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 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 повітрянагрівачів, розташованих біля входу теплоносія, а нестача теплової енергії – у повітрянагрівачів, 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 повітрянагрівачів. 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 повітрянагрівачів визначається за виразом 1:

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

де ΔH_k – різниця напорів на вході повітрянагрівача, значення якої залежить від типу повітрянагрівача 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 трубопроводної

мережі, яка розглядається; Q_k – витрата теплоносія через один повітрянагрівач.

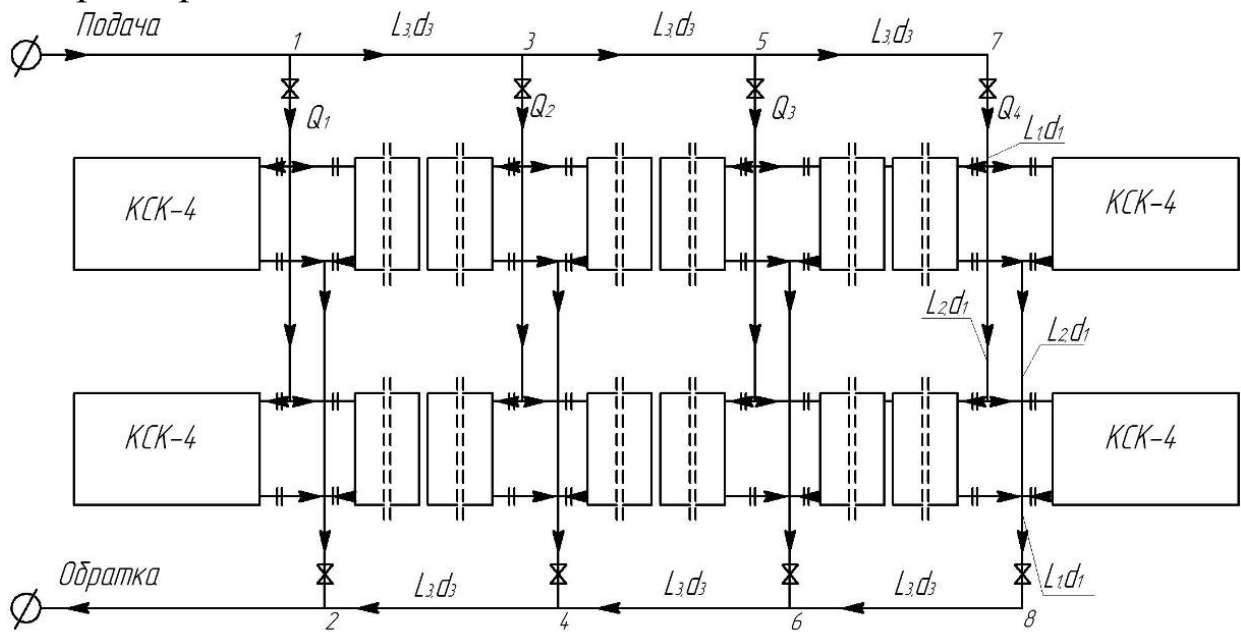


Рис. 1 - Розрахункова схема розходів теплоносія по стоякам калориферної установки

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

$$H_{1,2} = \Delta H_k + a Q_k^2, \quad (2)$$

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

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

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

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

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

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

де $\sum \zeta_3', \sum \zeta_3'', \sum \zeta_3'''$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів в трубопроводах горизонтальної розводки між відповідними стояками, в кожному 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 $4Q_k$, а за іншими стояками визначиться за виразом

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

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

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

Для визначення числових значень витрат теплоносія за стояками, що розглядаються, задамося відповідними значеннями, які візьмемо з технічних характеристик повітрянагрівачів [5]. Згідно джерелу [5, табл. П.8.] приймаємо швидкість руху теплоносія, рівною 0,6 м/с. Для прийнятої швидкості теплоносія та повітрянагрівачів КСК4-12 різниця напорів ΔH_k на вході складатиме $\Delta H_k = 2,56$ м, а витрата $Q_k = 11,1$ м³/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: $d_j = 0,08$ 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

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

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; v – кінематична в'язкість водяного теплоносія, значення якої при середній температурі 80 °С складає $v = 3,65 \cdot 10^{-7}$ м²/с; d_j – діаметр трубопроводу, який розглядається, м; Q_i – витрата теплоносія в трубопроводі, який розглядається, м³/с. Результати розрахунків витрат теплоносія по стоякам наведемо графічно (рис.2).

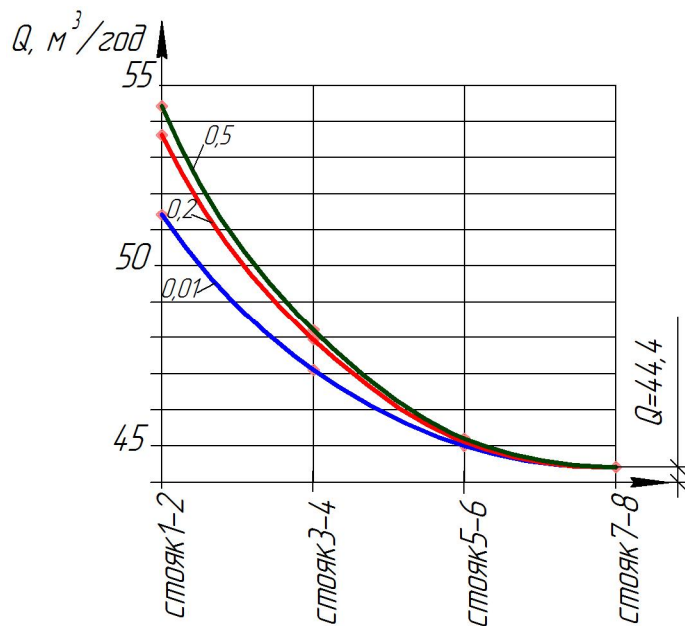


Рис. 2 – Витрати теплоносія по стоякам для труб різної шорсткості

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

Список літератури

1. НПАОП 10.0-1.01-10 Правила безпеки в угольних шахтах. – 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. – 312с.
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. – 176с.
4. Гейер В.Г., Дулин В.С., Заря А.Н. Гидравлика и гидропривод. – М.: Недра, 1991. – 331с.
5. Идельчик Е.И. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под ред. М.О.Штейнберга. - 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672с.
6. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч.3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 2 / [Б.В. Баркалов, Н.Н. Павлов, С.С. Амирджанов и др.]; под ред. Н.Н.Павлова и Ю.И.Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1992. – 416с.
7. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей / Под ред. А.А.Николаева. – М.: Издательство литературы по строительству, 1965.- 360с.

Стаття надійшла до редколегії 30.04.2013

Є.А.Триллер, 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, повітрянагрівачі, тупикова схема розводки, режим руху теплоносія.

E. Triller, M. Babenko. Krasnoarmeysk Industrial Institute of Donetsk National Technical University, Krasnoarmeysk

A justification of the technological scheme coolant at the heater wiring installations.

Performed analytical studies and determined the impact of horizontal wiring to the coolant riser at a dead-end scheme. Proved, that deadlock coolant circuit wiring is one of reasons poor performance of heater installations coal mines.

Keywords: Heater installation, mining shafts, heaters, dead-end circuit wiring, fluid motion mode.

© Триллер Є.А., Бабенко М.О., 2013