

УДК 622.48

ВИБІР КРИТЕРІЇВ ЕФЕКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ШАХТИ

Гавриленко Б.В., канд. тех. наук., доц.,

Ткаченко Г.Є. аспірант

Донецький національний технічний університет

Визначені особливості роботи системи теплопостачання шахти з топками КШ. Обрані критерії ефективного управління системою теплопостачання шахти із накладеними обмеженнями.

The features of the functioning of the mine heat-supply system with air-fluidized bed furnaces were determined. The criteria of the effective control for the heat-supply system were chosen with the imposed restrictions.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними задачами. В роботі [1] було обґрунтовано актуальність задачі визначення параметрів та розробки і запровадження системи автоматизованого управління шахтною системою теплопостачання з топками киплячого шару (КШ). Також попередньо були визначені вимоги до даної системи управління.

Проте, проблема визначення критеріїв управління даним багатоступінчастим об'єктом зараз не вирішена. Основні ускладнення при цьому викликані тим, що об'єкт управління фактично складається з двох окремих частин: теплових мереж – трубопроводів і шахтних споруд (безпосередньо споживачів тепла) та виробників тепла – топок КШ. Отже, відповідно до [1] необхідно запроваджувати ієрархічну дворівневу систему управління. На верхньому рівні необхідно забезпечувати розподіл теплової енергії між споживачами, відповідно до їх поточних потреб. На нижньому здійснювати управління продуктивністю топок КШ відповідно до уставок завданих верхньою підсистемою.

Отже, необхідно визначити критерії ефективного управління по обох підсистемах таким чином, що б вони враховували специфіку кожного окремого об'єкту – споживача тепла та виробника. А також одночасно дозволяли здійснювати погоджене управління роботою усією системою теплопостачання.

Аналіз досліджень та публікацій. Найбільш видатні дослідження українських авторів з даної тематики визначені в [1]. Також є досить багато зарубіжних публікацій з питань регулювання відпуску

тепла: Батинича Р. («Progress», Белград), Адріанова Д.Е. (Муромський інститут Володимирського державного університету), Чупина Л.В. (Конструкторське бюро комплексних систем, Росія) та інших. Проте, головною проблемою при аналізі досліджень з даної тематики залишається те, що практично усі роботи стосуються або проблем управління розподілом тепла між теплоспоживачами без врахування особливостей роботи котельних установок, або ж питань управління роботою топок КШ без взаємозв'язку із змінними в часі потребами споживачів.

Проте, авторами вже були досліджені особливості взаємозв'язку продуктивності топки КШ з її ККД [2], а в [3] були визначені основні засоби управління продуктивністю топки КШ.

Таким чином, актуальним є питання обґрунтування та вибору критеріїв ефективного управління системою теплопостачання шахти відповідно до вимог наведених у [1].

Задачею дослідження є обґрунтування критеріїв ефективного управління розподілом теплової енергії між споживачами та продуктивністю топок НТКШ з врахуванням взаємопов'язаної роботи даних об'єктів в одній системі теплопостачання шахти.

Викладення матеріалу і результати. Для розв'язання даної задачі необхідно розглянути схему теплопостачання шахти. У якості прикладу візьмемо систему теплопостачання шахти «Южнодонбасская № 1», яка наведена на рис.1.

Як бачимо, схема складається з п'яти основних споживачів тепла, з'єднаних паралельно, та чотирьох топок КШ, які одночасно працюють на споживачів. Для підтримання необхідного тиску та витрати теплоносія в гідросистемі присутні чотири циркуляційні насоси.

Кожний із споживачів потребує $Q_{cn,i}$ тепла на годину, яке йде на компенсацію нагріву від зовнішнього охолодження та вентиляцію. Таким чином споживане загальна кількість споживаного тепла:

$$Q_{cn,i} = Q_{on,i} + Q_{вент,i} \quad (1)$$

де годинні витрати теплової енергії на опалення будівель визначаються як:

$$Q_{on,i} = K \cdot \delta_{on,i} \cdot V_{буд,i} (t_{вн,i} - t_{з.н.}), \quad (2)$$

де K - коефіцієнт, що враховує вплив швидкості вітру; $V_{буд,i}$ - кубатура (об'єм) будівлі по зовнішньому обміру, m^3 ; $\delta_{on,i}$ - питома тепла опалювальна характеристика будівлі, залежить від його технічного

стану, $\text{Kcal/m}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}$; $t_{\text{вн},i}$ - нормована внутрішня температура будівлі, °C ; $t_{\text{з.п.}}$ - температура зовнішнього повітря, а годинні витрати теплової енергії на вентиляцію визначаються як:

$$Q_{\text{вент},i} = \delta_{\text{в},i} \cdot V_{\text{буд},i} (t_{\text{вн}} - t_{\text{з.п.}}), \quad (3)$$

де $\delta_{\text{оп},i}$ - питома тепла вентиляційна характеристика будівлі.

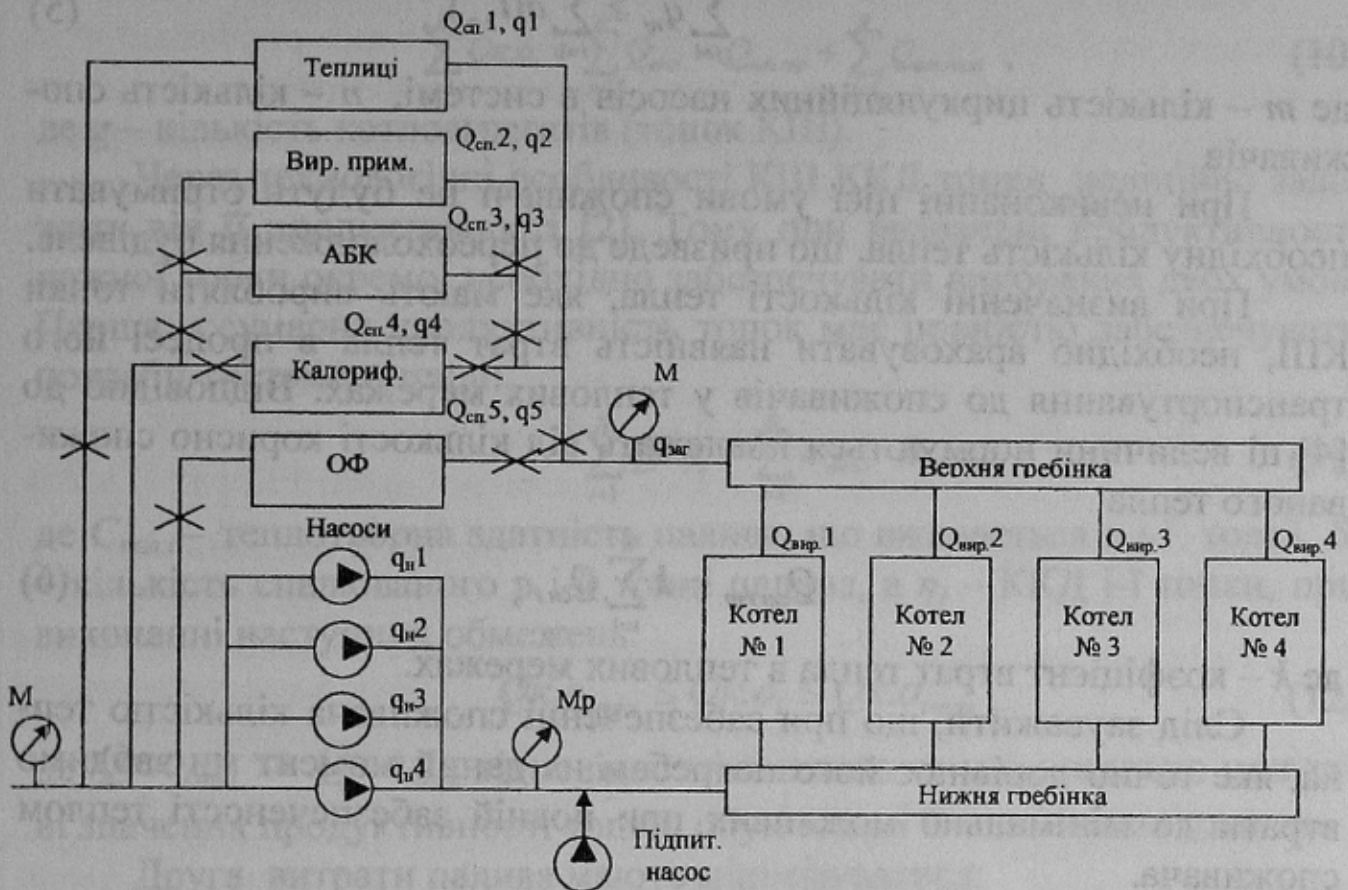


Рисунок 1 – Схема тепlopостачання шахти

Водночас загальну кількість споживаного будівлею тепла можна представити через якісні характеристики теплоносія:

$$Q_{\text{сп},i} = q_{\text{тн}} \rho C_{\text{тн}} (T_{\text{вх}} - T_{\text{вих}}), \quad (4)$$

де $q_{\text{тн}}$ – об’ємні витрати теплоносія (води) за годину, ρ - густина теплоносія (стала величина), $C_{\text{тн}}$ – питома теплоємність теплоносія, $T_{\text{вх}}$ та $T_{\text{вих}}$ – температури теплоносія на вході та на виході із споживача.

Оскільки величини $T_{\text{вх}}$ та $T_{\text{вих}}$ нормуються [4], то кількість споживаного тепла можна регулювати витратами теплоносія, згідно з виразом (4) відповідно до поточних потреб, які залежать від температури зовнішнього повітря (вирази 2 та 3).

Як бачимо з рис. 1, кожний із споживачів можна характеризувати поточними витратами теплоносія q_i . Водночас необхідні витрати та напір води в системі забезпечуються чотирма циркуляційними насосами (рис. 1), продуктивності кожного з яких складає q_{nj} . Таким чином для забезпечення нормальної роботи системи тепlopостачання необхідно виконання наступної умови:

$$\sum_{j=1}^m q_{nj} \geq \sum_{i=1}^n q(t_{z,n}), \quad (5)$$

де m – кількість циркуляційних насосів в системі, n – кількість споживачів

При невиконанні цієї умови споживачі не будуть отримувати необхідну кількість тепла, що призведе до переохолодження будівель.

При визначенні кількості тепла, яке мають виробляти топки КШ, необхідно враховувати наявність втрат тепла в процесі його транспортування до споживачів у теплових мережах. Відповідно до [4] ці величини нормуються і залежать від кількості корисно споживаного тепла:

$$Q_{вт.мп.} = k \sum_{i=1}^n Q_{cn,i}, \quad (6)$$

де k – коефіцієнт втрат тепла в теплових мережах.

Слід зауважити, що при забезпеченні споживача кількістю тепла, яке точно дорівнює його потребам на даний момент ми зводимо втрати до мінімально можливих при повній забезпеченості теплом споживача.

Також необхідно враховувати і втрати тепла в топках $Q_{вт.тон.}$. Умовно їх можна розділити на сталі втрати тепла, що обумовлені технологією спалювання палива та технічним станом топок, а також змінні, що залежать від температури зовнішнього повітря. Таким чином:

$$Q_{вт.тон.} = Q_{вт.тон.}^{cm} + Q_{вт.тон.}^{zm}, \quad (7)$$

Проте згідно з [4] обидва види втрат нормуються, і залежать від поточної продуктивності топок:

$$Q_{вт.тон.}^{cm} = k_{cm} \cdot Q_{вт.тон.}, \quad (8)$$

$$Q_{вт.тон.}^{zm} = k_{zm} \cdot Q_{вт.тон.}, \quad (9)$$

де k_{cm} , k_{zm} – відповідно узагальнені коефіцієнти втрат тепла в топці, обумовлених технологічними факторами (недопал палива, втрати з

фізичною теплотою шлаків, тощо) та втратами від зовнішнього охолодження.

Таким чином, тепло, вироблене топкою, витрачається на опалення та вентиляцію споживачів, втрати тепла в мережі та втрати в топці. Отже наступною вимогою до нормального функціонування системи тепlopостачання стає виконання наступного теплового балансу:

$$\sum_{i=1}^g Q_{к.о_i} = \sum_{i=1}^n Q_{сн.i} + Q_{вт.пр} + \sum_{i=1}^g Q_{вт.мон} , \quad (10)$$

де g – кількість котлоагрегатів (топок КШ).

Через технологічні особливості КШ ККД топки нелінійно залежить від її продуктивності [2]. Тому при визначені продуктивності кожної топки окремо необхідно забезпечувати виконання двох умов. Перша – сумарна продуктивність топок має повністю забезпечувати потреби системи в теплі:

$$\sum_{i=1}^g Q_{к.о_i} = \sum_{i=1}^g C_{нал.i} \cdot B_i \cdot \eta_i , \quad (11)$$

де $C_{нал.i}$ – теплотворна здатність палива, що вживається в i -ї топці, B_i – кількість спалюваного в i -й топці палива, а η_i – ККД i -ї топки, при виконанні наступних обмежень:

$$Q_{к.о_{i\min}} \leq Q_{к.о_i} \leq Q_{к.о_{i\max}} , \quad (12)$$

де $Q_{к.о_{i\min}}$ та $Q_{к.о_{i\max}}$ відповідне мінімально та максимально можливі значення продуктивності топки, обумовлені її технічними даними.

Друга витрати палива мають мінімізуватися:

$$B_1 + B_2 + \dots + B_g = \sum_{i=1}^g B_i \rightarrow \min . \quad (13)$$

При виконанні даної умови (13) економічні затрати на вироблення тепла будуть мінімальні, що робить систему управління ефективною. Тому у якості функції цілі приймаємо вираз (13), при накладених умовах (4), (10-12).

Крім того для забезпечення безаварійного функціонування котельної необхідно додати обмеження (14). Значення технологічних параметрів кожної топки КШ (T – температура КШ, H – висота КШ, V – швидкість дуттевого повітря, P – розрідження) лежить в технологічній нормі за умов:

$$\left\{ \begin{array}{l} T_{1\min} < T_1 < T_{1\max}, T_{2\min} < T_2 < T_{2\max}, \dots, T_{q\min} < T_q < T_{q\max}, \\ H_{1\min} < H_1 < H_{1\max}, H_{2\min} < H_2 < H_{2\max}, \dots, H_{q\min} < H_q < H_{q\max}, \\ V_{1\min} < V_1 < V_{1\max}, V_{2\min} < V_2 < V_{2\max}, \dots, V_{q\min} < V_q < V_{q\max} H, \\ P_{1\min} < P_1 < P_{1\max}, P_{2\min} < P_2 < P_{2\max}, \dots, P_{q\min} < P_q < P_{q\max}. \end{array} \right. \quad (14)$$

Висновки і напрями подальших досліджень. Таким чином були обрані критерії ефективного управління шахтною системою теплопостачання. Вони враховують особливості взаємопов'язаної роботи як споживачів тепла та його виробників – топків КШ. Дотримання даних критеріїв при розробці системи управління комплексом теплопостачання забезпечує мінімізацію витрат твердого палива, а це у свою чергу веде до максимально можливого економічного ефекту від застосування топків КШ.

Напрямом подальшого дослідження є синтез системи автоматичного управління комплексом теплопостачання шахти відповідно до обраних критеріїв, а також розробка адекватної комп'ютерно - математичної моделі для прогнозування режимів роботи.

Перелік посилань

- 1 Гавриленко Б.В., Ткаченко Г.Є. Постановка задачі керування комплексом теплопостачання шахти з топками КШ.//Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Гірничо-механічна». Випуск 104. – Донецьк: ДонНТУ, 2006, с. 42 – 46.
- 2 Гавриленко Б.В., Ткаченко Г.Є. Система автоматичного управління шахтними котельними установками в умовах змінних витрат теплоносія.// Труды международной научно-технической конференции «Горная энергомеханика и автоматика». – Донецьк: ДонНТУ, 2003, с. 54 – 59.
- 3 Гавриленко Б.В., Ткаченко Г.Є. Критерії керування шахтною системою теплопостачання з топками НТКШ.//Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Гірничо-механічна». Випуск 83. – Донецьк: ДонНТУ, 2004, с. 58 – 63.
- 4 Инструкция по нормированию расхода тепловой энергии в угольной промышленности ВН 12.25.009-81. В сб.: Нормирование топливно-энергетических ресурсов и регулирование режимов электропотребления. – М.: Недра, 1983.

Дата поступления статьи в редакцию: 03.11.06