

Calculation of the central heating gravity systems

Andriy Muzychak

Department of Power Distribution Systems for Industrial, Urban and Agricultural Facilities, Lviv Polytechnic National University, 28a Bandery stret, Lviv, UKRAINE, E-mail: mAndriy@polynet.lviv.ua

In the theory of hydraulic circuits (THC) the hydraulic modes of the central heating systems are calculated according to the Kirchhoff's laws (1). For the heating systems with natural heat-carrying agent circulation the vector of operating pressures \vec{H} is equal to zero and such systems must be modelled as gravity [1].

For the calculation of natural circulation pressure the concept of the heat-carrying agent cooling/heating centres is used [3]. In results of such simplification this pressure is determined according to (2).

Unlike approach [3] in THC basic elements are branches and knots. Therefore it is easier to specify the pressure P_{np} as a sum of gravimetric pressures $P_{\text{ваг}}$ of circuit branches.

We shall consider the chart of the gravity system of heating (Pic. 1). In relation to the change of closeness of heat-carrying agent (ЦО1, ЦО2, ЦН) it is necessary to enter into the columns the elementary peaks (Pic. 2, a). However such approach substantially increases the amount of elements in the chart graph (in an example from three to six ribs).

If not to enter additional peaks, a chart graph will be simpler (Pic. 2,б). Gravimetric branch pressure 2' (Pic. 2, б) shall equal the sum of gravimetric pressures of the third and fifth branches (Pic. 2, a), it is thus necessary to determine the average closeness of heat-carrying agent (4).

In a matrix-vector form the vector of gravimetric pressures of branches of network $\vec{P}_{\text{ваг}}$ can be defined according to (5). However, there are usually known in networks not the vertical lengths (heights) of branches, but the geometrical marks of knots; thus, a formula (3) shall be changed into (6).

At such approach the sign of gravimetric pressure is obtained automatically. In case if the heat-carrying agent moves "downward" its value will be positive ($z_n > z_k$), in case if it moves "upwards" - negative ($z_n < z_k$).

Taking into account (6) the matrix-vectorial equation (5) shall be changed into (7), accordingly the system of equalizations (1) shall be changed into (8).

With the use of the system of equations (8) it is possible to execute the hydraulic calculation of the central heating systems with circulation pumps as well as gravity ones.

Переклад виконано в Агенції перекладів PIO
www.pereklad.lviv.ua

Розрахунок гравітаційних систем центрального опалення

Андрій Музичак

Кафедра електропостачання промислових підприємств, міст і сільського господарства, Національний університет "Львівська політехніка", УКРАЇНА, м. Львів, вул. С. Бандери, 28а, E-mail: mAndriy@polynet.lviv.ua

Розглянуто особливості систем центрального опалення з природною циркуляцією теплоносія. Запропоновано метод розрахунку їх гідравлічних режимів в рамках теорії гідравлічних кіл.

Ключові слова – природний циркуляційний напір, гравітаційна мережа, ваговий тиск.

I. Вступ

У теорії гідравлічних кіл (ТГК) гідравлічні режими систем центрального опалення розраховують за законами Кірхгофа [1]

$$\begin{cases} \mathbf{A}x = \mathbf{G}, \\ \mathbf{B}y = 0, \\ y = \rho g H - \Delta p_m, \end{cases} \quad (1)$$

де \mathbf{A} , \mathbf{B} – перша та друга матриці інциденцій; \vec{x} , \vec{y} – вектори витрат теплоносія та перепадів тиску у вітках; \vec{G} – вектор витрат теплоносія у вузлах; \vec{H} , $\vec{\Delta p}_m$ – вектори діючих напорів та втрат тиску на тертя у вітках. Третє рівняння системи записано згідно з [2].

Можливі системи опалення в яких циркуляційні помпи відсутні, а рух теплоносія йде за рахунок природного циркуляційного напору (тиску). Для таких систем опалення вектор діючих напорів \vec{H} у системі рівнянь (1) рівний нулю й такі системи необхідно моделювати як гравітаційні [1].

II. Виклад основного матеріалу

Під час розрахунку природного циркуляційного напору (тиску) використовують поняття центру охолодження теплоносія [3]. У центрі охолодження поступову зміну температури (і густини) теплоносія по довжині опалювального приладу приймають умовно стрибкоподібного і вважають, що на кожній половині приладу теплоносієм має незмінну густину. Подібну умовну межу зміни температури теплоносія на джерелі тепла називають центром нагрівання [3].

За такого спрощення природний циркуляційний тиск у колі (p_{np}) визначають як [3]

$$p_{i0} = gl_a (r_i - r_a) \quad (2)$$

де r_o , r_c – густина теплоносія за центрами охолодження та нагрівання; l_e – вертикальна віддаль між центром охолодження і центром нагрівання.

Розглянемо схему гравітаційної системи опалення з одним центром нагрівання (ЦН) та двома центрами охолодження (ЦО1, ЦО2) (рис. 1).

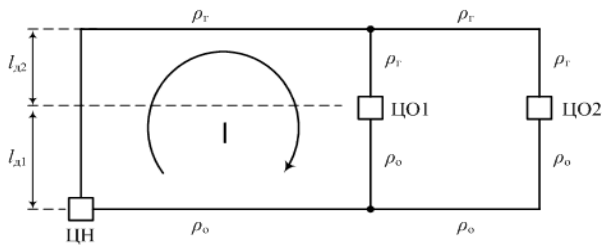


Рис. 1. Схема гравітаційної системи опалення

Для першого контуру природний циркуляційний тиск P_{np} визначається як

$$P_{np} = (g r_o l_{o1} + g r_2 l_{o2}) - (g r_2 l_{o1} + g r_o l_{o2}) = g r_o l_{o1} - g r_2 l_{o1} = g l_{o1} (r_o - r_2)$$

що відповідає формулі (2).

На відміну від підходу [3] в ТГК основними елементами є вузли і вітки. Тому тиск P_{np} зручніше подавати через вагові тиски $P_{ваг}$ віток контуру

$$P_{\dot{a}\dot{a}\dot{a}} = g r_{\dot{a},\dot{a}} l_{\dot{a},\dot{a}} \quad (3)$$

де $r_{\dot{a},\dot{a}}$ – густина теплоносія i -ї вітки, $l_{\dot{a},\dot{a}}$ – вертикальна довжина (висота) i -ї вітки.

Стосовно точок зміни густини (ЦО1, ЦО2, ЦН) у граф необхідно вводити елементарні вузли (рис. 2,а).

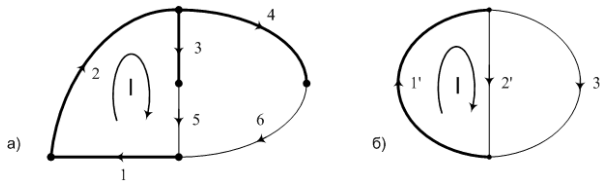


Рис. 2. Граф схеми гравітаційної системи опалення наведеної на рис. 1: а – з елементарними вершинами; б – без додаткових вершин

У такому випадку природний циркуляційний тиск першого контуру буде рівним

$$P_{np} = g r_1 l_1 - g r_2 l_2 + g r_3 l_3 + g r_5 l_5 = g l_{o1} (r_o - r_2)$$

що відповідає формулі (2).

Проте такий підхід суттєво збільшує кількість елементів графу схеми. Якщо не вводити додаткові вузли, граф схеми буде простішим (рис. 2,б).

Ваговий тиск вітки 2' (рис. 2,б) повинен бути рівним сумі вагових тисків третьої і п'ятої віток (рис. 2,а), звідки усереднена густина теплоносія

$$r_{2'} = \frac{r_3 l_3 + r_5 l_5}{l_2} = \frac{r_2 l_{o2} + r_o l_{o1}}{l_2} \quad (4)$$

Густина теплоносія вітки 1' (рис. 2,б) буде рівною r_2 . Тоді природний циркуляційний тиск у першому контурі буде рівним

$$P_{np} = -g r_1 l_1 + g r_2 l_2 = g l_{o1} (r_o - r_2)$$

що відповідає формулі (2).

У матрично-векторній формі вектор вагових тисків віток мережі $\vec{P}_{ваг}$ можна визначити як

$$\vec{P}_{ваг} = g \rho_{\epsilon} \vec{l}_{\epsilon} \quad (5)$$

де ρ_{ϵ} – матриця усереднених по висоті густин теплоносія віток; \vec{l}_{ϵ} – вектор вертикальних довжин (висот) віток (береться із знаком «плюс», якщо умовно-додатне спрямування вітки іде зверху-вниз та зі знаком «мінус» – у випадку знизу-вверх).

Проте у мережах зазвичай відомі не вертикальні довжини (висоти) віток, а геометричні відмітки вузлів, а отже формула (3) набуде вигляду

$$P_{ваг} = g \rho_{\epsilon} (z_n - z_k) \quad (6)$$

де z_n, z_k – геометричні відмітки початку та кінця.

За такого підходу знак вагового тиску отримується автоматично. У випадку спрямування теплоносія «зверху-вниз» його значення буде додатним ($z_n > z_k$), у випадку спрямування теплоносія «знизу-вверх» – від'ємним ($z_n < z_k$).

З врахуванням (6) рівняння (5) набуде вигляду

$$\vec{P}_{ваг} = g (\mathbf{A}_0 \rho_{\epsilon})^T \vec{z}_0 \quad (7)$$

де \mathbf{A}_0 – повна перша матриця інцидентів \vec{z}_0 – вектор геометричних висот вузлів мережі.

З врахуванням (7) система рівнянь (1) набуде вигляду

$$\begin{cases} \mathbf{A}x = G, \\ \mathbf{B}y = 0, \\ y = \rho g H + g (\mathbf{A}_0 \rho_{\epsilon})^T \vec{z}_0 - \Delta p_m. \end{cases} \quad (8)$$

Матриці густин теплоносія ρ_{ϵ} і формуються на основі попереднього теплового розрахунку мережі.

Система рівнянь (8) дозволяє враховувати природний напір і в системах з примусовою циркуляцією теплоносія.

Висновок

Запропонована модель теплової мережі дозволяє в рамках ТГК виконувати гідравлічний розрахунок систем центрального опалення як із циркуляційними помпами так і гравітаційних.

Література

- [1] Меренков А.П., Хасилев В.Я. Теория гидравлических цепей. – М.: Наука, 1985. – 278 с.
- [2] Маліновський А.А., Турковський В.Г., Музичак А.З. "Дослідження гідравлічних режимів теплових мереж формалізованими методами". Збірник наукових праць Міжнародної науково-технічної конференції "Енергоефективність 2004". Додаток до журналу "Холодильна техніка і технологія" – с.258-261.
- [3] Богословский В.Н., Сканава А.Н. Отопление: Учеб. для вузов. – М.: Стройиздат, 1991. – 735 с.