

ВТРАТИ ТИСКУ У МІКРОРАЙОННИХ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖАХ

Розроблено спрощену методику обчислення характеристик гідравлічного режиму розгалуженої опалювальної мережі. Порівняння результатів обчислення діаметрів трубопроводів, витрат води та питомих втрат тиску підтвердило можливість використання запропонованих формул при виконанні попередніх оцінок на початкових етапах проектування.

Ключові слова: мікрорайонна опалювальна мережа, витрати води у розгалуженій мережі, гідравлічний розрахунок, питомі втрати тиску.

Структура системи централізованого теплопостачання великих міст складається з джерел теплової енергії, магістральних та розподільних теплових мереж. Для магістральних теплопроводів характерні більш високі параметри теплоносія, ніж це необхідно для систем приєднаних будівель. Необхідність зниження температури води у подавальних трубопроводах теплових мереж обумовила наявність спеціальних теплових пунктів. Для функціонування мікрорайонних систем теплопостачання передбачають центральні теплові пункти (ЦТП), до яких тепловими мережами приєднані всі будівлі мікрорайону. Розгалуженість мережі трубопроводів обумовлює втрати теплоти й витрачання енергії для транспортування теплоносія. Потреба в енергії для руху по мережі залежить від втрат тиску у трубопроводах, які визначають при гідравлічному розрахунку. Всі відомі методики гідравлічного розрахунку теплових мереж, викладені, наприклад, в [1, 2], передбачають розподіл мережі на розрахункові ділянки і обчислення загальних втрат тиску як суму втрат на окремих ділянках.

$$\Delta P = \sum_{i=1}^N R_i l_i (1 + K_M) , \quad (1)$$

де R – питомі втрати тиску на ділянці через тертя, l – довжина розрахункової ділянки, N – кількість ділянок, K_M – коефіцієнт для обліку втрат тиску у місцевих опорах.

Недоліком вказаних методик є можливість їх застосування для мережі з відомими показниками (спосіб прокладання, довжина ділянок, витрати теплоносія або теплові навантаження ділянок). На попередніх етапах проектування мікрорайонних систем, при оцінках можливих варіантів виконання системи теплозабезпечення можуть бути корисними спрощені розрахункові методики.

Метою даної роботи і є розробка методики, яка, використовуючи ряд припущень, дозволяє визначати показники гідравлічного режиму в умовах обмеженості обсягу вихідних даних.

Зв'язок витрат рідини у трубопроводі (G) діаметру труби (D) та питомих втрат тиску (R) встановлює відоме рівняння:

$$R = 0.8125 \frac{K_T G^2}{D^5 \rho} , \quad (2)$$

де K_T – коефіцієнт гідравлічного тертя, ρ – густина рідини.

Швидкість води в теплопроводах, як правило, перевищує 0,5 м/с, отже у більшості випадків вони працюють в області квадратичного режиму [3], для якого справедливе співвідношення:

$$K_T = 0.11 (K_e / D)^{0.25} , \quad (3)$$

де K_e – еквівалентна шорсткість стінок трубопроводів.

З урахуванням того, що величина шорсткості теплопроводів становить $K_e = 0,0005$ м [2], рівняння (2) для середніх на гілці мережі питомих втрат тиску приймає вигляд:

$$R = \frac{0.134 \cdot 10^{-4} \cdot G^2}{D^{5.25}} , \quad (4)$$

Витрати мережної води і діаметр труби змінюються по довжині теплопроводу від максимальних значень на виході з ЦТП до мінімальних значень на вході до системи тепло споживання найвіддаленішої на гілці будівлі. У реальних системах зміна витрат і діаметра відбувається ступінчасто, зберігаючи постійні значення у межах окремої розрахункової ділянки (рис.1). Характер зміни гідравлічних показників залежить від кількості відгалужень від основної гілки та потужності стоків через них.

Спрощена методика базується на припущенні монотонного характеру зміни витрат і діаметра по довжині гілки. У такому випадку зміну витрат води у розгалужених мережах можна обчислити за формулою:

$$G(x) = G_{\max} - G_{II} (x/L)^n , \quad (5)$$

де G_{\max} – витрати води на вході до гілки, x – координата, n – показник ступеня, що характеризує зміну витрат по довжині.

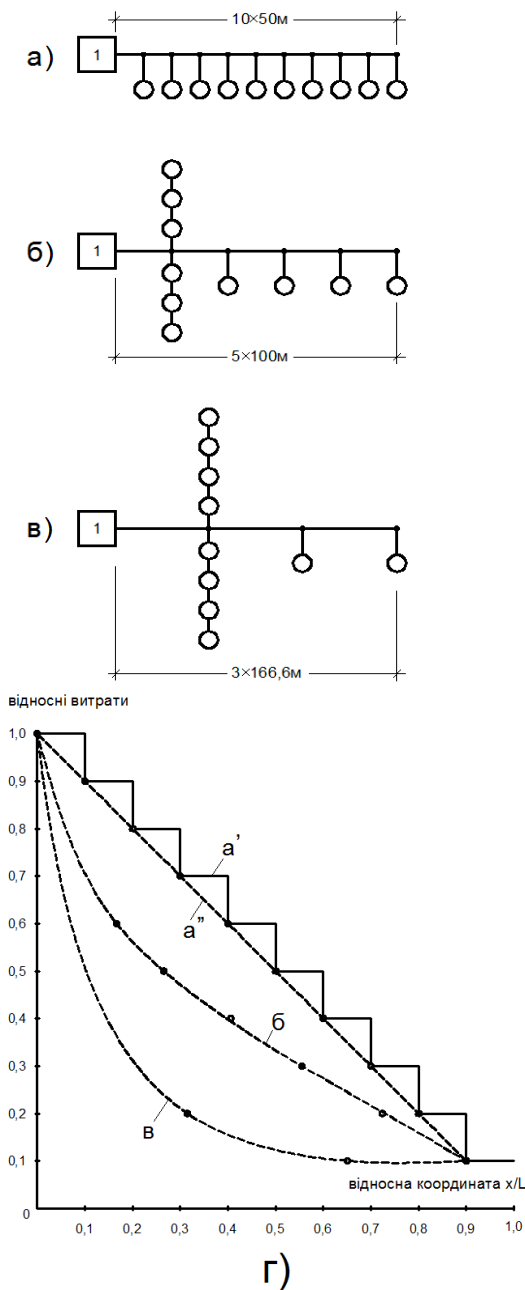


Рис. 1 – Варіанти виконання мережі (а, б, в) та розподіл витрат теплоносія по довжині гілки (г) для варіантів (— фактичний, --- по витратах на вході до ділянок).

1 – центральний тепловий пункт; о – будівлі.

Витрати води на ділянках обчислено за формулою:

$$G = Q / (C \cdot \Delta t_M), \tag{6}$$

де C – питома теплоємність води; Q – теплове навантаження ділянки; Δt_M – розрахункова різниця температур води у теплових мережах.

Теплові навантаження ділянок обчислено за витратами теплоти на опалення окремих будівель (за даними КП “Харківські теплові мережі”). Показник ступеня для головних гілок гідравлічних характеристик систем опалення визначено при узагальненні результатів дослідження гідравлічних характеристик мереж ряду мікрорайонів м. Харкова

(розподіл розглянутих об’єктів за основними показниками подано у табл. 1). Результати визначення показника ступеня у рівнянні (5) узагальнені формулою:

$$n = 0.52 - 0.004 \cdot G_{II} / L_{\max}, \tag{7}$$

де L_{\max} – довжина головної гілки, км.

Максимальна похибка апроксимації результатів рівнянням (7) не перевищує 5%. Для визначення зміни діаметра трубопроводу по довжині головної гілки опалювальної мережі запропоноване рівняння:

$$D(x) = D_{\max} - (D_{\max} - D_{\min}) \cdot \left(\frac{x}{L_{\max}} \right)^k, \tag{8}$$

Максимальний (D_{\max}) і мінімальний (D_{\min}) діаметри трубопроводу гілки можна обчислити за наведеними в [4] формулами залежно від теплового навантаження споруд. Узагальнення результатів обчислень для головних гілок мереж розглянутих груп будівель дозволило отримати формулу для показника ступеня у рівнянні (8):

$$K = 1 / (2.7 \cdot L_{\max}), \tag{9}$$

Таблиця 1 – Характеристики систем теплопостачання мікрорайонів

Показник	Кількість головних гілок об’єкта			Розрахункове опалювальне навантаження, МВт			Довжина трубопроводів (у двотрубному обчисленні), км			
	1	2	3	<5	5-15	>15	<1	1-3	3-5	>5
Кількість гілок	1	2	3	<5	5-15	>15	<1	1-3	3-5	>5
Кількість об’єктів	23	17	1	8	20	13	6	16	14	5

Для безрозмірних величин рівняння (5) і (8) трансформуються до вигляду:

$$\bar{G}_o(\bar{x}_o) = 1 - \bar{G}_{IIo} \cdot \bar{x}_o^n, \tag{5-a}$$

$$\bar{D}_o(\bar{x}_o) = 1 - (1 - \bar{D}_{\min.o}) \cdot \bar{x}_o^k, \tag{8-a}$$

де $\bar{G}_o = G / G_{\max}$, $\bar{G}_{IIo} = G_{II} / G_{\max}$, $\bar{x}_o = x / L_{\max}$, $\bar{D}_o = D / D_{\max}$, $\bar{D}_{\min.o} = D_{\min} / D_{\max}$

Питомі втрати тиску на відстані x від входу до головної гілки в такому разі можна записати у вигляді:

$$R(x) = R_{\max} \frac{[1 - \bar{G}_{IIo} \bar{x}_o^n]^2}{[1 - (1 - \bar{D}_{\min.o}) \bar{x}_o^k]^{5.25}}, \tag{4-a}$$

$$R_{\max} = \frac{0.134 \cdot 10^{-4} \cdot G_{\max}^2}{D_{\max}^{5.25}}$$

При порівнянні варіантів виконання систем теплопостачання часто зручніше користуватися усередненою на довжині гілки (L_{\max}) величиною

показника гідравлічного режиму (діаметр, витрати води, витрати тиску):

$$P_{cp} = \frac{1}{L_{max}} \sum_{i=1}^n P_i \cdot l_i, \quad (10)$$

де P_i – значення показника на розрахунковій ділянці; l_i – довжина ділянки.

Обчислення гідравлічних характеристик житлових мікрорайонів за формулами (4), (5), (8) порівнювали з результатами визначення показників за допомогою розгорнутих, детальних методик. Для кожного мікрорайону обчислено відносну похибку визначення середніх на довжині гілки мікрорайонної мережі значень діаметрів, витрат води та питомих витрат тиску. Для прийнятого до розгляду масиву груп будівель обчислено кількість об'єктів ($K_{и}$), для яких відмінність результатів (Δ) становила менше 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50% та більше 50%. Узагальнення даних з визначення відносної похибки наведено на рис.2.

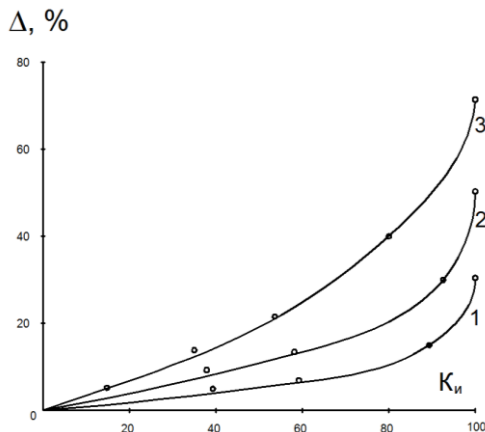


Рис. 2 – Відносна похибка формул для спрощеного розрахунку.

1 – питомі втрати тиску; 2 – витрати мережної води; 3 – діаметр трубопроводу.

Для 70% випадків відмінність при обчисленні середнього діаметра знаходиться на рівні 10%, витрат мережної води – 25% і питомих витрат тиску – приблизно 32%. Похибку обчислення діаметрів менше, ніж 15%, зафіксовано для 53% розглянутих мікрорайонних систем та майже для третини об'єктів при визначенні питомих витрат тиску. Розбіжність більш, ніж 50% мала місце для 60% випадків при обчисленні витрат і приблизно для 40% випадків при обчисленні питомих витрат тиску. Більш висока відмінність для витрат тиску пояснюється ступеневою функціональною

залежністю від діаметра й витрат води, яка посилює похибки обчислень за формулами (5), (8).

Найбільше відхилення при визначенні витрат тиску має місце для випадків з однаковими знаками відносної похибки при обчисленні діаметрів та витрат води відповідно за формулами (5) та (8). При порівнянні гідравлічних характеристик варіантів виконання мікрорайонних систем на попередніх етапах проектування точність використання вказаних формул можна вважати достатньою.

Висновки

1. На основі узагальнення характеристик гідравлічного режиму ряду житлових мікрорайонів запропоновано формули для обчислення зміни діаметрів й витрат води по довжині головних гілок опалювальної мережі.

2. Показана можливість використання запропонованих формул при обчисленні витрат тиску у трубопроводах опалювальної мережі. Зафіксоване відхилення результатів обчислень за спрощеною методикою від результатів детальних розрахунків дозволяє використовувати її для оцінок на попередніх етапах проектування мікрорайонних систем.

Література

1. Зингер Н.М. Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем теплоснабжения [Текст]/Н.М.Зингер. –М.: Энергоиздат, 1986. –320с.
2. Козин В.Е. Теплоснабжение [Текст]/В.Е.Козин, Т.А.Левина, А.П.Марков. –М.: Высш. школа, 1980. –408с.
3. Справочник по гидравлике [Текст]/под общ. ред. В.А.Большакова. –К.: Вища школа, 1984. –368с.
4. Алексахін О.О. Теплові розрахунки мікрорайонних систем теплоснабження [Текст]/О.О.Алексахін; Харк.нац.акад.міськ.госп-ва. –Х.: ХНАМГ, 2010. –138с.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.М. Ганжа, Національний технічний університет «ХПІ», Харків.

Автор: АЛЕКСАХІН Олександр Олександрович
Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків, кандидат технічних наук, доцент

Автор: БОБЛОВСЬКИЙ Олександр Володимирович
Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків
E-mail – boblovsky@yandex.ua

PRESSURE LOSS HEAT NETWORKS IN RESIDENTIAL DISTRICTS

A.A.Aleksahin, A.V.Boblovsky

A simplified method of calculation of the hydraulic characteristics of the heating regime of an extensive network. Comparison of computing diameter pipelines, water flow and pressure loss per unit confirmed the possibility of using the proposed formulas when performing estimates in the early stages of design.

Keywords: microdistricts heating network, flow rate of water in branched networks, hydraulic calculation, specific pressure loss.