

Алексахін О.О.¹, к.т.н., доцент, Єна С.В.², ст. викладач, Гордієнко О.П.², ст. викладач,
Бобловський О.В.³, асистент

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ВТРАТ ТЕПЛОТИ ТРУБОПРОВОДАМИ РОЗПОДІЛЬНОЇ ОПАЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ЗА УКРУПНЕНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

¹ Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна

² Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

³ Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова,
м. Харків

Ключові слова: централізоване теплопостачання, опалювальна мережа групи будівель, зміна витрат теплоносія по довжині розгалуженої мережі, теплові втрати трубопроводами.

Реформування систем централізованого теплопостачання передбачає зменшення витрат теплоти при виробленні, транспортуванні і використанні теплової енергії. Найбільші втрати характерні для етапу споживання енергії. Так наприклад, для опалення будівель необхідно орієнтовно 40 % витраченої для потреб теплопостачання теплоти. Забезпечення сучасних вимог до рівня величини опору теплопередачі огорожувальних конструкцій споруд [1,2] дозволить зменшити опалювальне навантаження на 20–35 %. Втрати теплоти при її транспортуванні можуть досягати значення 13 % від відпущеної до теплових мереж теплоти [3]. Зменшення цих показників можна досягти підвищенням якості теплової ізоляції та застосуванням оптимальних схем прокладки мереж. Обчислення теплових втрат при відомих характеристиках мережі (діаметр і довжина трубопроводів, товщина і матеріал теплової ізоляції тощо) можна виконати за наведеними у [4–6] методиками. Використання цих методик передбачає виконання достатньо громіздких обчислень, які потребують повного набору вихідних даних щодо параметрів забудови, способу прокладки мереж, параметрів теплової ізоляції трубопроводів, температурних умов тощо. Такий набір вихідної інформації не завжди є у наявності на початкових етапах проектування теплових мереж.

Метою роботи є отримання формул для оцінок втрат теплоти трубопроводами опалювальної мережі, зручних для використання на попередніх етапах оцінок енергоефективності варіантів виконання теплових мереж.

У реальних мережах зміна витрат теплоносія по довжині теплопроводу має ступінчастий характер з незмінними значеннями у межах окремих ділянок. Заміна ступінчастого закону розподілу витрат теплоносія монотонним, наприклад, у вигляді (1) спрощує аналітичні дослідження процесів теплопереносу у теплових мережах

$$\bar{G}(\bar{x}) = 1 - \bar{G}_{\text{від}} \bar{x}^n, \quad (1)$$

де $\bar{G}(\bar{x}) = G(\bar{x})/G_{\text{max}}$ – локальні відносні витрати теплоносія на гілці; G_{max} – витрати теплоносія на вході до гілки; $\bar{x} = x/L$ – відносна координата; L – довжина гілки.

Відносні витрати теплоносія через відгалуження від головної гілки $\bar{G}_{eio} = G_{eio} / G_{max}$ можна записати у вигляді

$$\bar{G}_{eio} = 1 - \bar{G}_{min}, \quad (2)$$

де $\bar{G}_{min} = G_{min} / G_{max}$ – відносні витрати теплоносія через систему найвіддаленішої на гілці будівлі.

Витрати теплоносія обумовлюють величину повної теплоємності потоку речовини, його теплоакумулюючу здатність й інтенсивність охолодження теплоносія. Залежно від величини показника ступеня у рівнянні (1) маємо різні закони зміни витрат теплоносія по довжині теплопроводу. При $n < 1$ спостерігається більш інтенсивне зниження витрат теплоносія на ближніх до входу до гілки ділянках мережі з поступовим зниженням витрат до мінімальної на гілці величини G_{min} . Значення $n=1$ обумовлює лінійний характер зміни витрат. При $n > 1$ спостерігається незначне зниження витрат на вхідних ділянках і різке зниження витрат на кінцевих ділянках. У роботі значення показника ступеня було прийнято рівним 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0.

При обчисленні втрат теплоти трубопроводами мереж часто користуються рівнянням

$$Q = q \cdot L \cdot K_1, \quad (3)$$

$$q = (t_{cp} - t_{om}) / \sum R, \quad (4)$$

де q – питомі (віднесені до 1м довжини трубопроводу) втрати теплоти; L – довжина теплопроводу; K_1 – коефіцієнт для обліку втрат теплоти конструктивними елементами мережі; t_{cp} – середня температура теплоносія; t_{om} – температура оточуючого середовища для відповідного способу прокладки мереж; $\sum R$ – сума складових опору теплопередачі.

Тому що при проектуванні теплової ізоляції трубопроводів, як правило, використовують нормативні значення припустимих втрат теплоти q_n для визначення фактичних втрат на ділянці теплової мережі можна скористатися рівнянням

$$q = q_n (t_{cp} - t_{om}) / \Delta t_n, \quad (5)$$

де Δt_n – різниця температур теплоносія і оточуючого середовища, при якій здійснено нормування теплових втрат.

Для зручності подальших перетворень табличні дані нормативних втрат теплоти для подавальних трубопроводів системи теплопостачання, що прокладені безканально або у непрохідних каналах [4], представлено у вигляді (6), для зворотних трубопроводів – у вигляді (7)

$$q_{n,1} = 31,6 + 270 D_{cp}, \quad (6)$$

$$q_{n,2} = 18,2 + 191 D_{cp}, \quad (7)$$

де D_{cp} – середній діаметр трубопровода.

При порівнянні варіантів виконання теплової мережі втрати теплоти трубопроводами доцільно оцінювати за питомими значеннями, віднесеними до матеріальної характеристики мережі, яку обчислюють за формулою

$$M = \sum_{i=1}^n (d_i \cdot l_i) = D_{cp} L, \quad (8)$$

де d_i, l_i – діаметр і довжина розрахункових ділянок гілки; n – кількість розрахункових ділянок

Для рекомендованого у [5] значення коефіцієнта $K_1 = 1,15$ співвідношення для визначення питомих втрат тепла подавальними трубопроводами матиме вигляд

$$\frac{Q_1}{M} = (3,653 + 0,428/D_{cp}) \cdot (\tau_{1,cp} - t_{om}). \quad (9)$$

Для зворотних трубопроводів системи тепlopостачання отримане аналогічним чином співвідношення має вигляд

$$\frac{Q_2}{M} = (4,88 + 0,465/D_{cp}) \cdot (\tau_{2,cp} - t_{om}). \quad (10)$$

При відсутності фактичних даних щодо діаметра трубопроводів його можна визначити за укрупненими показниками опалювальної мережі, використовуючи максимальний D_{max} (на вході теплоносія до подавального трубопроводу) і мінімальний D_{min} (на ввіді до системи опалення найвіддаленішої на гілці будівлі) діаметри. Середній діаметр гілки мережі можна обчислити наступним чином

$$D_{cp} = 0,5(D_{max} + D_{min}) K_G, \quad (11)$$

де K_G – коефіцієнт, що враховує особливості розподілу витрат теплоносія по довжині гілки.

Діаметр трубопроводів D визначають залежно від гідродинамічних характеристик потоку теплоносія [7,8]

$$D = (1,34 \cdot 10^{-5} \cdot G^2 / R)^{0,19}, \quad (12)$$

де R – питомі втрати тиску на подолання сил тертя під час руху теплоносія.

Витрати теплоносія G можна визначити залежно від теплового навантаження ділянок мережі. Після перетворень формула (11) приймає вигляд

$$D_{cp} = 7,33 \cdot 10^{-4} \cdot K_G \cdot Q_c^{0,38} \left[1 + (\bar{G}_{min})^2 \right]^{0,19} / R_{cp}^{0,19}, \quad (13)$$

де Q_c – сумарне опалювальне навантаження приєднаних до гілки теплопроводу будівель; R_{cp} – середні по довжині гілки питомі втрати тиску через тертя.

З рівняння (13) отримуємо співвідношення для коефіцієнта, що враховує особливості розподілу витрат теплоносія по довжині теплопроводу.

$$K_G = \frac{D_{cp}}{7,33 \cdot 10^{-4} \cdot Q_c^{0,38} \left[1 + (\bar{G}_{\min})^2 \right]^{0,19} / R_{cp}^{0,19}} \quad (14)$$

Для врахування закону зміни витрат теплоносія по довжині фрагмента мережі прийнято співвідношення середніх у межах головної гілки витрат G_{cp} і витрат теплоносія через відгалуження $G_{від}$. Для розглянутих у роботі законів зміни $\bar{G}(x) = 1 - \bar{G}_{від} \cdot x^n$ було обчислено значення витрат теплоносія у точках мережі, діаметри розрахункових ділянок теплопроводів і середній діаметр теплопроводу у межах гілки D'_{cp} , фактичні втрати тиску на ділянках і середні на довжині гілки втрати тиску. При обчисленнях значення мінімальних витрат на гілці було прийнято рівними $\bar{G}_{\min} = 0,1; 0,2; 0,4; 0,5$. Розглянутий діапазон зміни сумарного теплового навантаження будівель, що приєднані до гілки розподільної теплової мережі, становить $1,25 \leq Q_c \leq 10$ МВт. Вказаний діапазон є найбільш вірогідним для мікрорайонних систем великих міст [9]. Графіки зміни значень комплексу K_G від співвідношення витрат теплоносія $G_{cp}/G_{від}$ показано на рис.1. Результати обчислень узагальнено формулою (15).

$$K_G = (2 - 1,075 \bar{G}_{\min}) (G_{cp}/G_{від})^{0,41} \quad (15)$$

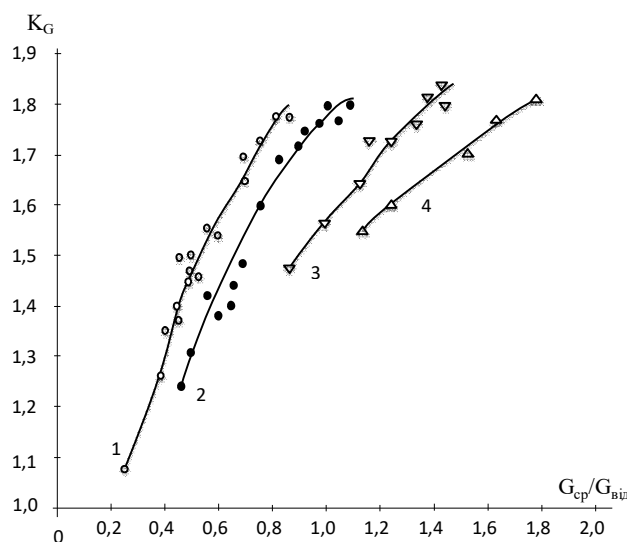


Рисунок 1 – Залежність коефіцієнта K_G від величини середніх витрат теплоносія на гілці теплової мережі

1 – $\bar{G}_{\min} = 0,1$; 2 – $\bar{G}_{\min} = 0,2$; 3 – $\bar{G}_{\min} = 0,4$; 4 – $\bar{G}_{\min} = 0,5$

Після перетворень формула (13) приймає вигляд

$$D_{cp} = 14,56 \cdot 10^{-4} \cdot Q_c^{0,38} (1 - 0,466 \cdot \bar{G}_{\min}) (G_{cp} / G_{від})^{0,41} / R_{cp}^{0,19}. \quad (13,a)$$

Зафіксоване максимальне відхилення результатів обчислень середніх діаметрів трубопроводів опалювальної мережі за формулою (13,a) від значень D'_{cp} не перевищує 1,5%. З урахуванням (13,a) співвідношення (9), (10) матимуть вигляд

$$\frac{Q_1}{M} = \left\{ 3,653 + \frac{294 R_{cp}^{0,19}}{Q_{сум}^{0,38} [1 - 0,466 \cdot \bar{G}_{\min}] (G_{cp} / G_{від})^{0,42}} \right\} \cdot (\tau_{1,cp} - t_{om}), \quad (9,a)$$

$$\frac{Q_2}{M} = \left\{ 4,88 + \frac{319,4 R_{cp}^{0,19}}{Q_{сум}^{0,38} [1 - 0,466 \cdot \bar{G}_{\min}] (G_{cp} / G_{від})^{0,42}} \right\} \cdot (\tau_{2,cp} - t_{om}). \quad (10,a)$$

Точність використання запропонованих формул перевірено на прикладах схем теплопостачання ідеалізованих груп будівель, наведених у табл. 1. Групи будівель утворено спорудами з однаковими витратами теплоти на опалення кожної зі споруд ідеалізованої групи. Залежно від теплових навантажень ділянок мережі обчислено витрати мережної води і за результатами гідравлічного розрахунку визначено діаметри теплопроводів і питомі втрати тиску на подолання сил на ділянках мережі. З використанням викладеної у [10–12] методикою, за фактичними витратами і температурою води на ділянках обчислено втрати теплоти трубопроводами подавальної та зворотної ліній, які у подальшому використано для порівняння з результатами обчислень за формулами (9,a) і (10,a). Результати порівняння наведено у табл. 1. Відмінність результатів не перевищує приблизно 3 %, що можна вважати достатнім при проведенні попередніх оцінок теплового стану мереж. Запропоновані формули дозволяють визначати втрати теплоти трубопроводами головної гілки опалювальної мережі. Для оцінок частки відгалужень у загальних теплових втратах мережею за розрахунковими даними, що враховують фактичні розподіли витрат мережної води і температури по довжині теплопроводів, побудовано графік зміни співвідношення втрат теплоти трубопроводами відгалужень і головної гілки $G_{від} / G_{зл}$ від величини співвідношення матеріальних характеристик трубопроводами відгалужень і головної гілки $M_{від} / M_{зл}$, який наведено на рис. 2. Несуттєва відмінність розрахункових даних для трубопроводів подавальної лінії, зворотних трубопроводів і мережі в цілому дозволила узагальнити результати обчислень одним рівнянням, яке має вигляд

$$\frac{Q_{від}}{Q_{зл}} = \frac{M_{від} / M_{зл}}{0,76 + 0,09 (M_{від} / M_{зл})}. \quad (16)$$

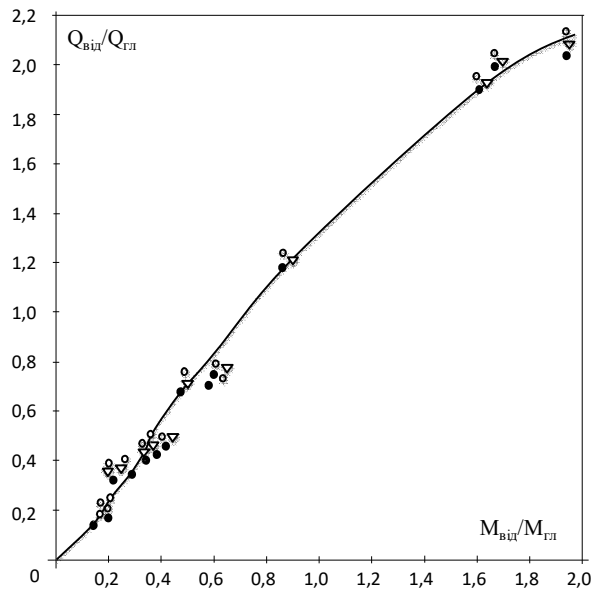


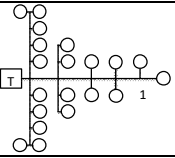
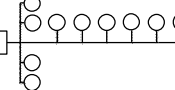
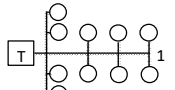
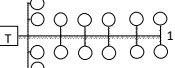
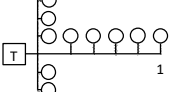
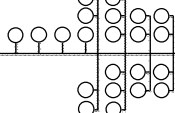
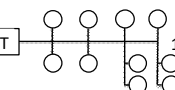
Рисунок 2 – Зміна втрат теплоти трубопроводами опалювальної мережі при зміні співвідношення матеріальних характеристик трубопроводів

○ – подавальний трубопровід; ● – зворотний трубопровід; ◼ – мережа в цілому

Таблиця 1 – Порівняння результатів обчислень втрат теплоти трубопроводами головної гілки опалювальної мережі

Розрахункова схема	Q_c , МВт	Гілка (1-Т)			$\frac{M_{від}}{M_{гл}}$	Питомі втрати теплоти, Q/M , Вт/м ²			
		$M_{гл}$, м ²	R , Па/м	d_{cp} , м		Подавальний трубо- провід		Зворотний трубопро- від	
						Ф- ла (9,a)	Δ , %	Ф- ла (10,a)	Δ , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	10	187	35	0,207	0,17	551	-3,3	517	-2,9
	10	150	100	0,167	0,16	597	-3,7	550	2,2
	10	210	20	0,233	0,17	532	-3,0	502	-2,5
	10	278	45	0,309	0,14	504	-0,7	479	-2,1
	2,5	66	37	0,189	0,7	591	-1,5	477	1,2
	3,25	42	36	0,158	1,95	633	-2,3	509	-0,6

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	5,0	43	34	0,173	1,63	621	0,1	492	0,13
	2,5	81	41	0,147	0,38	674	1,03	535	2,1
	5,0	66,3	39	0,189	0,4	601	0,4	483	1,7
	2,5	70	42,5	0,161	0,61	650	1,2	518	-0,25
	7,5	81,5	39	0,233	0,33	559	2,4	454	2
	2,5	70	38	0,145	0,61	679	0,7	529	1,9
	6,25	108	43	0,239	108	553	2,1	450	0,2
	2,5	73	32	0,183	0,54	613	0,6	492	3,2
	5,0	72	33	0,239	0,56	557	2,4	453	3,1

Висновки

1. Запропоновано формули для обчислення втрат теплоти подавальними і зворотними трубопроводами за укрупненими показниками систем централізованого теплопостачання.

2. Проведене порівняння результатів обчислень за запропонованими формулами і розрахунків за традиційними методиками з урахуванням фактичної зміни витрат мережної води і температури по довжині теплопроводів показало можливість використання цих формул при проведенні попередніх оцінок теплового стану мереж.

3. Запропоновано формулу для врахування втрат теплоти трубопроводами відгалужень залежно від співвідношення матеріальних характеристик трубопроводів відгалужень і головної гілки.

Література

1. Теплова ізоляція будівель.: ДБН В.2.6-31:2016. – К.:Мінрегіонбуд та ЖКГ України, 2016. – 31 с.
2. International Code Council. International Energy Conservation Code. Falls Church, VA, 2018.

3. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарські потреби в Україні // Керівний технічний матеріал 204 України, 244-94. – 1995. – 636 с.
4. Тепловая изоляция. Справочник строителя / Под ред. Г.Ф. Кузнецова – М.: Стройиздат, 1982. – 336 с.
5. Проектирование тепловых сетей. Справочник проектировщика / Под ред. А.А. Николаева – М.: Стройиздат, 1965. – 359 с.
6. Методические указания по определению тепловых потерь в водяных тепловых сетях. РД 34.09.255-97. – М.: 1998. – 56 с.
7. Справочник по гидравлике / Под ред. Б.А. Большакова – К.: Вища школа, 1984. – 343 с.
8. Н.М. Зингер Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем / Зингер Н.М. – М.: Энергоиздат, 1986. – 320 с.
9. О.О. Алексахін Теплові розрахунки мікрорайонних систем теплопостачання. / Алексахін О.О. – ХНАМГ, – 2010. – с. 164.
10. О.О. Алексахін Особливості визначення середніх тепловтрат трубопроводами розгалужених мереж теплопостачання / Алексахін О.О., Єна С.В., Гордієнко О.П. – «Інтегровані технології та енергозбереження», – 2018. – №1 – с. 45-51.
11. А.А. Алексахін Расчет тепловпотерь подающими трубопроводами разветвленных тепловых сетей / Алексахін А.А., Єна С.В., Гордієнко Е.П. – «Інтегровані технології та енергозбереження», – 2016. – № 1 – с. 45–50.
12. А.А. Алексахін Особенности утепления групп зданий при централизованном теплоснабжении / Алексахін А.А., Єна С.В., Гордієнко Е.П., Сыров М.В., Фещенко Р.С. – «Інтегровані технології та енергозбереження», – 2018. – №3 – с. 27–34.

Bibliography (transliterated)

1. Teplova izoliatsiia budivel.: DBN V.2.6-31:2016. – К.:Minrehionbud ta ZhKH Ukrainy, 2016. – 31 p.
2. International Code Council. International Energy Conservation Code. Falls Church, VA, 2018.
3. Normy ta vказivky po normuvanniu vytrat palyva ta teplovoi enerhii na opalennia zhytlovykh ta hromadskykh sporud, a takozh na hospodarski potreby v Ukraini // Kerivnyi tekhnichniy material 204 Ukrainy, 244-94. – 1995. – 636 p.
4. Teplovaya izolyatsiya. Spravochnik stroitelya / Pod red. G.F. Kuznetsova – М.: Stroyizdat, 1982. – 336 p.
5. Proektirovanie teplovykh setei. Spravochnik proektirovshchika / Pod red. A.A. Nikolaeva – М.: Stroiizdat, 1965. – 359 p.
6. Metodicheskie ukazaniia po opredeleniiu teplovykh poter v vodianykh teplovykh setiakh. RD 34.09.255-97. – М.: 1998. – 56 p.
7. Spravochnik po gidravlike / Pod red. B.A. Bolshakova – К.: Vishcha shkola, 1984. – 343 p.
8. N.M. Zinger Gidravlicheskie i teplovye rezhimy teplofikatsionnykh sistem / Zinger N.M. – М.: Energoizdat, 1986. – 320 p.

9. O.O. Aleksakhin Teplovi rozrakhunky mikroraionnykh system teplopostachannia. / Aleksakhin O.O. – KhNAMH, – 2010. – p.164.

10. O.O. Aleksakhin Osoblyvosti vyznachennia serednikh teplovtrat truboprovodamy rozghaluzhenykh merezh teplopostachannia / Aleksakhin O.O., Iena S.V., Hordiienko O.P. – «Integrovani tekhnologii ta energozberezhennia», – 2018. – №1 – p. 45–51.

11. A.A. Aleksahin Raschet teplopoter podayuschimi truboprovodami razvetvlenykh teplovyih setey / Aleksahin A.A., Ena S.V., Gordienko E.P. – «Integrovani tehnologiyi ta energozberezhennya», – 2016. – № 1. – p. 45–50.

12. A.A. Aleksahin Osobennosti utepleniya grupp zdaniy pri tsentralizovannom teplosnabzhenii / Aleksahin A.A., Ena S.V., Gordienko E.P., Syirov M.V., Feschenko R.S. – «Integrovani tehnologiyi ta energozberezhennya», – 2018. – №3 – p. 27–34.

УДК 658.264

Алексахін О.О., Єна С.В., Гордієнко О.П., Бобловський О.В.

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ВТРАТ ТЕПЛОТИ ТРУБОПРОВОДАМИ РОЗПОДІЛЬНОЇ ОПАЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ЗА УКРУПНЕНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

На підставі узагальнення результатів розрахункового визначення втрат теплоти трубопроводами розподільної мережі централізованої системи опалення отримано формули, що дозволяють за укрупненими показниками забудови здійснювати оцінки теплового стану подавальних й зворотних трубопроводів головних гілок мереж. За укрупнені показники прийнято сумарне опалювальне навантаження приєднаних до теплової мережі будівель, матеріальну характеристику теплопроводів, величини, що враховують особливості розподілу витрат теплоносія по довжині теплопроводу. Обчислення здійснено при умові, що питомі (лінійні) втрати теплоти трубопроводами знаходяться на рівні нормативних значень для підземної прокладки у непрохідних каналах. При обчисленнях враховано теплові втрати конструктивними елементами трубопроводів мережі. Формули отримано за результатами аналізу даних для ідеалізованих груп, що утворені будівлями з однаковим тепловим навантаженням, для розрахункової для опалення температури зовнішнього повітря для кліматичних умов м. Харкова. Для апроксимації реального ступінчастого закону зміни витрат мережної води по довжині теплопроводу використано ступеневу функцію. Особливості розподілу витрат теплоносія по довжині теплопроводу враховано показником ступеню у рівнянні для витрат і величиною співвідношення середніх на довжині головної гілки витрат та сумарних витрат через відгалуження. Отримані формули для обчислення втрат теплоти відгалуженнями залежно від співвідношення матеріальних характеристик відгалужень і головної гілки дозволяють визначати теплові втрати мережею в цілому. Здійснено оцінки точності використання запропонованих формул. Відмінність результатів обчислень з використанням укрупнених показників забудови та результатів обчислень за традиційними методиками з урахуванням фактичної зміни витрат і температури мережної води по довжині тепло-

проводу не перевищує 6%, що можна вважати задовільним при проведенні оцінок теплового стану мереж на початкових етапах проектування.

Ключові слова: централізоване теплопостачання, опалювальна мережа групи будівель, зміна витрат теплоносія по довжині розгалуженої мережі, теплові втрати трубопроводами.

Алексахин А.А., Ена С.В., Гордиенко Е.П., Бобловский А.В.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОТЕРИ ТЕПЛОТЫ ТРУБОПРОВОДАМИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ОТОПИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ПО УКРУПНЕННЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

На основании обобщения расчетных данных по определению потерь теплоты трубопроводами распределительной сети централизованной системы отопления получены формулы, позволяющие по укрупненным показателям застройки выполнять оценки теплового состояния подающих и обратных трубопроводов главных ветвей отопительной сети. В качестве укрупненных показателей приняты суммарная отопительная нагрузка присоединенных к тепловой сети зданий, материальная характеристика теплопроводов, величины для учета особенности распределения расхода теплоносителя по длине теплопровода. Расчеты выполнены при условии, что удельные (линейные) потери теплоты теплопроводами находятся на уровне нормативных значений для подземной прокладки в непроходных каналах. При вычислениях учтены тепловые потери конструктивными элементами трубопроводами сети. Формулы получены по результатам анализа данных для идеализированной группы, составленной из зданий с одинаковой тепловой нагрузкой, при расчетной для отопления температуре наружного воздуха для климатических условий г. Харькова. Для аппроксимации реального ступенчатого закона изменения расхода сетевой воды по длине теплопровода использована степенная функция. Особенности распределения расхода теплоносителя по длине теплопровода учитываются показателем степени в уравнении расхода и величиной соотношения среднего на длине главной ветви расхода и суммарного расхода через ответвления. Полученные формулы для нахождения тепловых потерь ответвлениями в зависимости от соотношения материальных характеристик ответвлений и главной ветви позволяют определять тепловые потери сетью в целом. Выполнены оценки точности применения предложенных формул. Расхождение результатов расчетов с применением укрупненных показателей настройки и результатов расчетов по традиционным методикам с учетом фактического изменения расхода и температуры сетевой воды по длине теплопровода не превышает 6 %, что можно считать удовлетворительным при проведении оценок теплового состояния сетей на начальных этапах проектирования.

Ключевые слова: централизованное теплоснабжение, отопительная сеть группы зданий, изменение расхода теплоносителя по длине трубопровода разветвленной сети, тепловые потери трубопроводами.

Aleksakhin O.O., Yena S.V., Hordiienko O.P., Boblovskiy O.V.

TECHNIQUE FOR EVALUATION OF HEAT LOSSES OF DISTRIBUTION HEATING NET PIPELINES USING AGGREGATED INDICATORS

Heat losses from distribution net pipelines of a centralized heating system were computationally estimated. The data were generalized. Formulas that allow evaluating the thermal state of supply and return pipelines for heating net main branches using buildings aggregated indicators were obtained as a result of the generalization. The total thermal load of the buildings connected to the heating net, the material characteristics of heat pipelines, factors that consider the peculiarities of heat transfer medium flow distribution along the heat pipeline were taken as aggregated indicators. Specific (linear) heat losses of subsurface heat pipelines in non-accessible channels were considered to be standard. Heat losses for structural elements of net pipelines were also taken into account. Idealized groups of buildings with the same thermal load were used in the calculation technique proposed. The standard ambient air temperature for the cold period and climatic conditions for Kharkov was used in the calculation. The real stepwise law for net water flow rate change along the heat pipeline was approximated using a power function. The peculiarities of heat transfer medium flow distribution along the heat pipeline was taken into account with the exponent in flow equation and the ratio of the average heat transfer medium flow of the main pipeline and the total heat transfer medium flow of its branches. Heat losses of the branches, based on the material characteristics ratio for the branches and the main pipeline, make it possible to determine heat losses of the heating net as a whole. The accuracy of applying the proposed formulas was evaluated. The imprecision between the results of the calculations using the aggregated indicators of buildings and traditional calculations method results, taking into account the actual change of flow rate and net water temperature along the heat pipeline, was compared. This imprecision does not exceed 6 %, which can be considered acceptable when assessing net thermal state at the early design stages.

Keywords: district heat supply, district heating, branched heating net, hydraulic conditions of heating net, thermal conditions of heating net, heat transfer medium changes along branched net pipelines, pipelines heat losses.