

Далі, щоб визначити напрям руху повітря через отвір 1 чи 2 (рис.1), необхідно проаналізувати, який тиск більший, із зовні приміщення чи внутрішній. Потім скласти систему рівнянь по аналогії з системою (9). Ця система рівнянь має вигляд:

$$\begin{cases} \Delta P_{I-I} = S_1 G_1^2 + S_3 (G_1 + G_2 + G_o)^2, \\ \Delta P_{II-II} = S_2 G_2^2 + S_3 (G_1 + G_2 + G_o)^2, \end{cases} \quad (16)$$

де G_o – кількість повітря, що подає вентилятор (рис.2).

Вирішивши цю систему, можна визначити витрати повітря G_1 і G_2 .

Таким чином, система рівнянь (16) дає можливість визначити повітрообмін в приміщенні при одночасній дії гравітаційного тиску, тиску вітру та вентилятора. Аналізуючи характеристики, наведені на рис.2, приходимо до висновку, що $\Delta P_{\text{вент}}$ – це втрати тиску у витяжній шахті при проходженні витрат повітря G_o .

1. Батурич В.В. Отопление, вентиляция и газоснабжение. Ч.П. Вентиляция / В.В. Батурич. – М.: Госстройиздат, 1959. – 291 с.

2. Строй А.Ф. Теплоснабжение и вентиляция сельскохозяйственных зданий и сооружений / А.Ф. Строй. – К.: Вища шк., 2001. – 216 с.

3. Жуковский С.С. Вентиляция помещений / С.С. Жуковский, О.Т. Возняк, О.М. Довбуш, З.С. Люльчак. – Львів: Нац. ун-т “Львівська політехніка”, 2007. – 475 с.

4. Строй А.Ф. Основы расчетов управления тепловым и воздушным режимом помещений / А.Ф. Строй, Ежи Збигнев Пиотровски. – Полтава: ПолтНТУ, 2008. – 171 с.

Отримано 19.12.2011

УДК 652.24

О.О.АЛЕКСАХІН, канд. техн. наук, О.В.БОБЛОВСЬКИЙ, А.М.АНТОНЕНКО,
М.П.МІШУРА, О.А.РЖАНЦІН, Т.Б.СИМОНЕНКО, Т.В.ХИЖНЯК

Харківська національна академія міського господарства

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛООВОГО СТАНУ ТРУБОПРОВІДІВ МІКРОРАЙОННОЇ ОПАЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

Проаналізовано зниження тепловтрат та зміну температури теплоносія трубопроводами мікрорайонної мережі опалення залежно від ступеня ефективності теплоізоляції будівельних конструкцій. Показано, що зниження температури теплоносія в зворотному трубопроводі впливає на теплопродуктивність першого ступеню водопідігрівної установки.

Проанализированы снижение теплотерь и изменение температуры теплоносителя трубопроводами микрорайонной сети отопления в зависимости от степени эффективности теплоизоляции строительных конструкций. Показано, что снижение температуры теплоносителя в обратном трубопроводе влияет на теплопроизводительность первой ступени водонагревательной установки.

Analyzed reduce heat loss and temperature change of coolant pipeline micro district network heating depending on the degree of thermal efficiency of building structures. Shown that lowering the temperature of the coolant pipe in the opposite effect on first degree of hot water heater.

Ключові слова: система опалення, теплові мережі, додаткова теплоізоляція будівель, теплові втрати, температура теплоносія.

Структура системи теплопостачання від великих котельень і ТЕЦ характеризується наявністю центральних і індивідуальних теплових пунктів. На центральних теплових пунктах встановлюють водопідігрівні установки гарячого водопостачання, обладнання для приєднання мікрорайонної опалювальної мережі, засоби автоматизації, контрольно-вимірювальні прилади [1]. Для приготування гарячої води переважно застосовують двоступінчасті схеми приєднання теплообмінних апаратів. Це пов'язано з можливістю додаткового використання теплоти теплоносія у зворотному трубопроводі опалювальної мережі [2]. Такий підхід забезпечує зниження загальних витрат гріючого теплоносія через тепловий пункт і веде до зменшення металоемності теплових мереж і витрат електроенергії мережними насосами. Для більш точного регулювання відпуску теплоти на опалення у кожному будинку влаштовують індивідуальний тепловий пункт, на якому встановлюють обладнання, що забезпечує необхідні параметри теплоносія на вході до опалювального комплексу будинку та облік спожитої теплової енергії.

Зменшення втрат теплоти будівлею при додатковій теплоізоляції її зовнішніх огорожень потребує відповідного зниження подачі теплоти в систему опалення будівлі, що можна здійснити зниженням температури теплоносія в опалювальних приладах приміщень, наприклад, зміною коефіцієнта змішування в елеваторному вузлі.

При зв'язаній подачі теплоти, яка реалізується при застосуванні двоступінчастих схем приєднання теплообмінних апаратів гарячого водопостачання, зменшення температури на виході з системи опалення будівель обумовлює, з одного боку, зниження втрат теплоти зворотними трубопроводами опалювальної мережі, а з іншого – зниження теплової продуктивності теплообмінних апаратів першого ступеня водопідігрівної установки.

Необхідність і доцільність застосування додаткової теплоізоляції огорожуючих конструкцій досліджено досить ґрунтовно [3-5], але взаємозв'язок ефективності теплової ізоляції і показників теплового стану мережі опалення потребує додаткового вивчення.

Метою даної роботи є оцінка впливу ступеню зниження витрат теплоти на опалення будівель мікрорайону при додатковій теплоізоляції зовнішніх огорожень на величину теплових втрат трубопроводами мік-

порайонної опалювальної мережі.

Оцінку проведено на основі результатів обчислень показників теплового режиму теплопроводів за формулами, наведеними в табл.1.

Таблиця 1 – Використані розрахункові формули

Величина	Розрахункова формула	Номер формули
Втрати теплоти на ділянці	$Q_g = q_n \frac{\tau - t_0}{\Delta t_n} l_g K_1$	(1)
Охолодження теплоносія на ділянці теплопроводу	$\Delta \tau = \frac{Q_g}{c Q_g}$	(2)
Охолодження теплоносія в системі опалення будівлі	$\tau_6 - \tau_{02} = \frac{\mu \Delta \tau_c^p \bar{Q}_0}{\beta}$	(3)
Коефіцієнт, що враховує зниження витрат теплоносія на опалення при додатковій теплоізоляції	$\beta = \frac{\mu}{1 + \frac{\Delta \tau_{np}^p (1 - \mu^{0,8})}{\Delta \tau_c^p - 0,5 \theta^p}}$	(4)
Температура теплоносія у кінці ділянки зворотної лінії після змішування потоків	$\tau_2''' = \frac{\tau_2'' G_g + \tau_{02} G_n}{G_g + G_n}$	(5)

Втрати теплоти на ділянці мережі визначено за рівнянням (1) при умові, що лінійні втрати дорівнюють нормативним значенням (q_n) для даного обраного способу прокладки при відповідній температурі теплоносія (τ) й оточуючого середовища (t_0) [3]. Температуру теплоносія у кінці розрахункової ділянки подавального чи зворотного теплопроводів (за ходом руху мережної води) обчислено з використанням формули (2), приймаючи за температуру на початку ділянки, що розглядається її значення у кінці попередньої ділянки. Зміну температури теплоносія у кінці ділянки зворотного теплопроводу після змішування потоку теплоносія в основному трубопроводі з потоком з відгалуження до будинку чи групи будинків (G_n) обчислено за формулою (5). Для визначення температури на виході з системи опалення будинку використано формулу (3).

В наведених формулах l_g – довжина ділянки; K_1 – коефіцієнт, що враховує втрати теплоти конструктивними елементами мережі; c – питома теплоємність теплоносія; G_g – витрати теплоносія на ділянці; τ_6 – температура теплоносія у подавальному трубопроводі мережі на вході до опалювального комплексу будівлі; τ_{02} – температура у зворотному трубопроводі після системи опалення будівлі; μ – коефіцієнт, що враховує зменшення розрахункового опалювального навантаження при утепленні будівлі; $\Delta \tau_c^p = \Delta \tau_1^p - \Delta \tau_2^p$ – різниця температур теплоносія у подавальному і зворотному трубопроводах теплових мереж для розрахунко-

вої для опалення температури зовнішнього повітря ($t_{p.o.}$);
 $\overline{Q}_0 = (t_b - t_n) / (t_b - t_{p.0})$ – відносне опалювальне навантаження;

$$\Delta t_{np}^p = \frac{\tau_{03}^p + \tau_{02}^p}{2} - t_b - \text{різниця середньої температури теплоносія в опа-}$$

лювальному приладі і повітря у приміщенні; $\theta^p = \tau_{03}^p - \tau_{02}^p$ – охолодження води в опалювальному приладі (індекс «р» у позначенні температур характеризує параметри при розрахунковій для опалення температурі зовнішнього повітря); τ_2'' – температура теплоносія у кінці ділянки зворотного трубопроводу до змішування.

Зміну теплового стану мереж проаналізовано на прикладі мікрорайону в м. Харкові, загальна потреба в теплоті для опалення якого при розрахунковій температурі зовнішнього повітря становить 3,686 МВт. Теплові мережі, схема яких показана на рис.1, прокладено переважно в непрохідних каналах. Теплові навантаження ділянок гілок опалювальної мережі та інші показники наведено в табл.2. Розрахунки проведено для середньої за опалювальний період температури зовнішнього повітря для кліматичних умов м. Харкова $t_n = -2,1^\circ\text{C}$ ($Q_o=0,49$). Температуру теплоносія у подавальному трубопроводі опалювальної мережі на виході з ЦТП прийнято 85°C , температуру ґрунту 5°C . Обчислення здійснено при значенні коефіцієнта у формулі (4) $K_1=1,15$ [3].

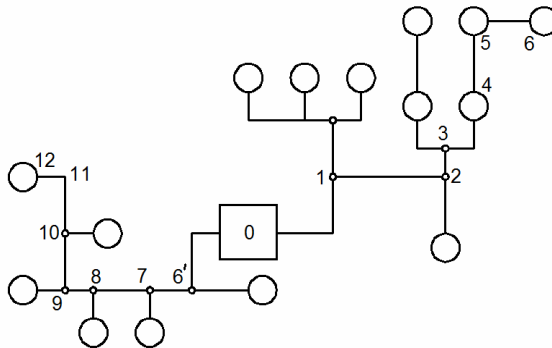


Рис.1 – Розрахункова схема тепlopостачання мережі опалення мікрорайону:
 о – центральний тепловий пункт; 1...12 – розрахункові точки.

Результати розрахунків теплових втрат подавальним і зворотним трубопроводами для вихідного варіанта тепlopостачання мікрорайону (до утеплення будинків) подано в табл.2.

Таблиця 2 – Характеристика розрахункових ділянок гілок мережі опалення

Номер ділянки	Довжина, м	Діаметр, мм	Теплове навантаження, МВт	Теплові втрати, Вт	
				подавальний трубопровід	зворотній трубопровід
Гілка (0–6)					
0 – 1	34	133	2,053	4169	1736
1 – 2	77	108	1,264	8583	3542
2 – 3	45	89	0,923	4529	1863
3 – 4	25	57	0,554	2029	834
4 – 5	8	57	0,411	650	267
5 – 6	33	57	0,267	2846	1101
	$\Sigma = 222$			$\Sigma = 22806$	$\Sigma = 9343$
Гілка (0–12)					
0 – 6	40	133	1,63	4905	1689
6 – 7	79	133	1,254	9686	3336
7 – 8	10	89	0,875	1006	343
8 – 9	11,5	89	0,694	1157	345
9 – 10	84	76	0,46	7817	2601
10 – 11	30	76	0,379	2792	839
11 – 12	17	57	0,379	1380	405
	$\Sigma = 271,5$			$\Sigma = 28743$	$\Sigma = 9558$

В роботі розглянуто варіант, при якому здійснюється утеплення всіх будинків з однаковою ефективністю, яка оцінюється як відношення розрахункових витрат теплоти на опалення будівлі після і до утеплення, прийнято в розрахунках $\mu=0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5$. Зміну втрат теплоти трубопроводами для вказаних випадків залежно від величини μ показано на рис.2, з якого видно, що зниження розрахункового опалювального навантаження розглянутої групи будівель на 50% обумовлює зменшення втрат теплоти зворотними трубопроводами майже вдвічі і приблизно 20% зниження теплових втрат мікрорайонною мережею в цілому. Результати обчислень апроксимовано рівняннями:

- для зворотних трубопроводів:

$$\frac{\Delta Q_g(\mu)}{\Delta Q_g(1)} = \frac{1}{4,12 - 3,12\mu}; \quad (6)$$

- сумарні відносні втрати теплоти трубопроводами:

$$\frac{\Delta Q(\mu)}{\Delta Q(1)} = \frac{1}{1,61 - 0,61\mu}, \quad (7)$$

де $\Delta Q_g(1), \Delta Q(1)$ – втрати теплоти трубопроводами для вихідного варіанта при $\mu = 1$. Відносна похибка апроксимації даних рівнянням (6) становить приблизно 0,6%, рівнянням (7) – біля 5%.

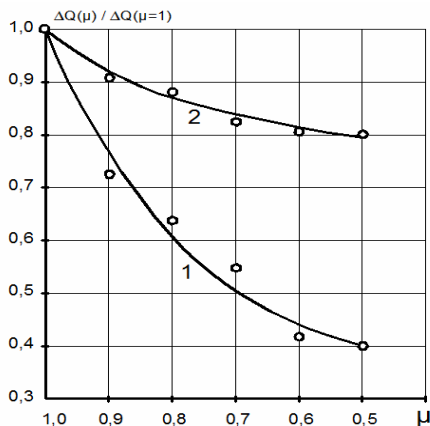


Рис.2 – Зниження тепловтрат трубопроводами мікрорайонної мережі опалення при однаковому ступені утеплення всіх будинків мікрорайону:
1 – зворотний трубопровід;
2 – опалювальна мережа в цілому.

На рис.3 показано зміну максимального охолодження води у подавальному трубопроводі на довжині гілок мережі при зміні величини ефективності утеплення будинків. Зменшення розрахункового опалювального навантаження у порівнянні з вихідним варіантом обумовлює зростання різниці температур на початку і в кінці гілок $\Delta t_{\text{п}} = t_0 - t_{\text{к}}$, що пояснюється зменшенням необхідних витрат теплоносія на опалення при теплоізоляції огорожень. Для розглянутої групи будівель розрахункова різниця температур теплоносія на довжині кожної з гілок становить від 7 до 14,5 °C і від 1,74 до 7,46 °C залежно від величини μ . Питоме охолодження мережної води у подавальних трубопроводах гілок дорівнює відповідно від 0,026 до 0,053 °C/м і від 0,007 до 0,034 °C/м.

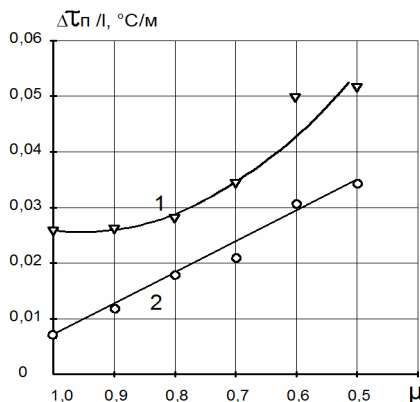


Рис.3 – Охолодження мережної води у подавальному трубопроводі гілок:
1 – гілка (0-6); 2 – гілка (0-12).

Результати визначення температури теплоносія на вході до центрального теплового пункту зі зворотного трубопроводу опалювальної мережі подано на рис.4, з якого видно, що при утепненні зовнішніх огорожень будівель має місце зниження температури теплоносія майже на 20 °С, що помітно зменшуватиме теплову продуктивність теплообмінних апаратів першого ступеня водопідігрівної установки гарячого водопостачання.

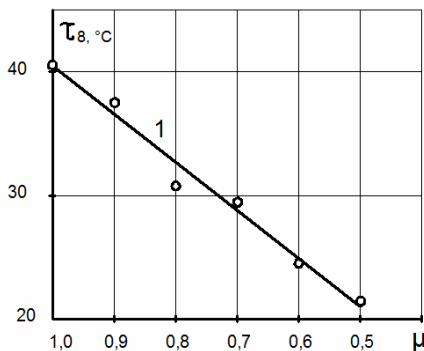


Рис.4 – Температура теплоносія на вході до першого ступеня водопідігрівної установки гарячого водопостачання.

- 1.Шубин Е.П. Основные вопросы проектирования систем теплоснабжения городов. – М.: Энергия, 1979. –360 с.
- 2.Повышение эффективности работы тепловых пунктов / Н.М. Зингер, В.Г. Бестолченко, А.А. Жидков. – М.: Стройиздат, 1990. – 185 с.
- 3.Тепловая изоляция. Справочник строителя / Под ред. Г.Ф. Кузнецова. – М.: Стройиздат, 1985. – 421 с.
- 4.Савйовский В.В., Болотских О.Н. Ремонт и реконструкция гражданских зданий. – Харьков: Ватерпас, 1999. – 287с.
- 5.Маляренко В.А. Основы теплофизики будівель та енергозбереження. – Харків, 2006. – 484 с.

Отримано 15.12.2011

УДК 679.14

М.А.ОЛЕНЕЦ

Технологический университет «Свентокшинская политехника», г. Кельце (Польша)

ВЕНТИЛИРУЕМЫЕ ФАСАДЫ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА РАЗОМКНУТЫХ ВОЗДУШНЫХ ПРОСЛОЕК

Рассмотрены ограждающие конструкции с разомкнутой воздушной прослойкой. Выполнен анализ существующих методов расчета температуры воздуха в произвольном