

ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА (144)

УДК 658.264

ОЦІНКА ТЕПЛООВОГО СТАНУ МІКРОРАЙОННОЇ МЕРЕЖІ ОПАЛЕННЯ

Канд. техн. наук О. О. Алексахін, магістранти І. С. Дубинська, І. С. Соляник,
Ж. М. Домбровська

THE COMMUNITY HEATING NETWORK'S THERMAL CONDITION ASSESSMENT

PhD (Tech.) A. A. Aleksahin, master I. S. Dubinskaya, master I. S. Solyanik,
master Zh. M. Dombrovs'ka

Анотація. Для житлового мікрорайону м. Харкова визначено втрати теплоти розподільними трубопроводами мережі опалення. Обчислення теплових втрат проведено для умов прокладки трубопроводів у непрохідних каналах. Температуру мережної води прийнято за температурним графіком теплової мережі відповідно до розрахункової для опалення температури зовнішнього повітря. Питомі втрати теплоти трубопроводами на ділянках мережі прийнято на рівні нормативних значень для вказаного способу прокладки. Втрати теплоти конструктивними елементами мереж враховано коефіцієнтом 1,15. Обчислення проведено з урахуванням зміни витрат і температури мережної води на розрахункових ділянках. Витрати мережної води на ділянках мережі визначено за проєктними тепловими навантаженнями приєднаних будівель.

Ключові слова: централізована система опалення мікрорайону, розподільні теплові мережі, втрати теплоти трубопроводами, енергозбереження.

Abstract. Heat losses at the heating network's distribution pipelines were identified for Karkiv community. Heat losses' calculation is performed in view of the underground pipelines' installation in non-accessible ducts. The heating system water temperature is accepted in line with the heating network temperature chart and according to the design outdoor temperature value for heating purposes. Specific heat losses in the network section' pipelines are accepted at the level of standard values for the specified network laying method. The water flow rate at the heat pipeline sections is defined as per the design heat loads from the buildings connected to the heat supply network. The heat pipeline segment with uniform diameter is accepted as the rated section. The soil temperature at the heat pipeline axis laying depth is accepted as 5°C. The heat losses at the structural network elements are considered by 1.15 coefficient. The calculations are performed in view of the heating system water flow rate and temperate changes along the heat pipeline length. While analyzing the thermal condition of the return pipelines of the community heating network, the changes in the heat content of the heating system water flow in the main direction pipeline during mixing with the water flow from the branches of the main direction line are taken into account. Considering the average temperature of the coldest five days consecutively, the total energy loss in heating pipeline for a group of buildings in Kharkov region are equivalent to 180.8kW.

In view of the ambient air temperature changing over the heating period for Kharkiv city climate conditions and the current schedule for quality heat energy supply to the consumers control the annual heat losses in the community heating network pipelines were calculated. The soil

temperature change at the heat pipeline installation depth during the heating period was not considered.

Heat losses in the microdistrict network for the year are 2184 GJ. The data obtained can be used to compare options when developing a strategy for reforming the microdistrict heat supply system.

Keywords: *district heating, community heating system, distributing heat networks, heat losses in the pipelines, law of heat carrier medium flow rate changes along the heat pipelines' length, energy audit.*

Вступ. За роки розвитку централізованого теплопостачання інженерна інфраструктура мікрорайону стала одним з підрозділів складної, розгалуженої системи. Практика експлуатації систем теплопостачання показує, що крупні розгалужені системи не можна надійно експлуатувати без створення проміжних ступенів управління між джерелами теплоти і абонентами. Такими ступенями управління є групові теплові підстанції, на яких відбувається приготування води для потреб гарячого водопостачання, розподіл теплоносія за видами навантажень, регулювання гідравлічних і теплових режимів у мікрорайонних теплових мережах, облік споживання теплоти. Розвиток централізованого гарячого водопостачання обумовив створення потужних підігрівних установок для забезпечення споживачів гарячою водою, а також той факт, що мікрорайонні теплові мережі, як правило, чотирирубні: подавальний і зворотний трубопроводи системи опалення та подавальний і циркуляційний трубопроводи системи гарячого водопостачання.

При розробці проектів теплових мереж житлової групи необхідно враховувати велику кількість факторів: геологічні і містобудівні умови, показники забудови, наявність і ресурс джерел теплової енергії і магістральних мереж від них тощо. Важливим техніко-економічним показником варіанта виконання мікрорайонної теплової мережі є втрати теплоти, які, згідно з нормативними матеріалами, не мають перевищувати 13 % від відпущеної до мереж теплоти [1]. Зменшення теплових втрат у розподільних мережах обумовлює

підвищення ефективності теплопостачання в цілому. Порівняння варіантів виконання системи теплопостачання забудови групи при її реформуванні передбачає аналіз великої кількості факторів. У тому числі і ступінь зменшення втрат теплоти для запропонованих варіантів у порівнянні з існуючою схемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

За минулі роки в містобудуванні склалась певна планувальна структура [2–4]. У крупних і найкрупніших містах вона передбачає створення районів, кожен з яких складається з декількох мікрорайонів. У середніх і малих містах основною одиницею забудови є квартал.

Розвиток інженерної інфраструктури міст відбувався відповідно до розвитку містобудування. Результатом становлення системи забезпечення тепловою енергією будівель і споруд у великих і середніх містах є система централізованого теплопостачання з наявністю різнорідних джерел теплоти різної потужності і розгалуженими тепловими мережами значної довжини.

Основним джерелом теплоти у великих містах є теплоелектроцентралі, на яких реалізується комбіноване вироблення теплової і електричної енергії. Теплофікація забезпечує 40 % теплоти, що споживається у промисловості і комунальному господарстві для потреб опалення і гарячого водопостачання [5, 6]. Використання теплофікаційних схем обумовлює наявність теплових мереж, які з'єднують джерело теплової енергії і системи теплоспоживання.

Відповідно до структури містобудівельних утворень інженерні мережі розподіляють на мікрорайонні, що

обслуговують забудову у межах мікрорайону, магістральні районного значення і магістральні загальноміського значення для забезпечення міста в цілому. Для магістральних теплопроводів характерні більш високі параметри теплоносія, ніж це необхідно для систем приєднаних будівель. Необхідність зниження температури води у подавальних трубопроводах теплових мереж від магістральних до розподільних мереж обумовила необхідність спорудження спеціальних теплових пунктів. Особливістю сформованих систем централізованого теплопостачання є велика довжина мікрорайонних теплових мереж. Наприклад, довжина магістральних теплових мереж у м. Харкові становить 403 км (у двотрубному обрахуванні), а розподільних мереж – 1120 км. Діаметри теплових магістралей знаходяться у діапазоні від 600 до 1200 мм, середній діаметр мікрорайонних мереж знаходиться у межах 130 мм [7]. Основний метод прокладки теплопроводів у м. Харкові – роздільний, підземний, у непрохідних каналах; основний вид теплоізоляції – мінераловатна ізоляція. На поточний час приблизно 40 % магістральних теплових мереж перебувають в експлуатації більше 30 років і, як свідчить аналіз стану інженерних мереж м. Харкова [8], значна їх частина має незадовільні експлуатаційні показники. Середній відсоток зносу теплових мереж складає більше 60 %, що веде до наднормативних втрат теплової енергії при транспортуванні. Зменшення теплових втрат можна досягти застосуванням сучасних ізоляційних матеріалів і технологій при спорудженні і реконструкції теплових мереж, оптимізацією проектних рішень з трасування мереж, дотриманням умов експлуатації теплопроводів.

Одним з етапів оптимізації проекту виконання теплових мереж є тепловий розрахунок. Для обчислення теплових втрат теплопроводами існують надійні, апробовані методики [9], недоліком яких є

доволі великий обсяг необхідної вихідної інформації і спрощені методики обчислень за укрупненими показниками забудови, наприклад [10]. Хоча похибку обчислень за спрощеними методиками слід очікувати дещо вищою, ніж у першому випадку, їх застосування можливе на початкових стадіях проектування.

Більшість будівель, що сформували житлову забудову в Україні, введено в експлуатацію у період дії нормативів до термічного опору зовнішніх огорожень, які були суттєво менше європейських [11, 12] і сучасних вітчизняних вимог [13]. Тому підвищення термічного опору будівельних конструкцій, як і зменшення втрат теплоти у теплових мережах, є основними напрямками енергозбереження у будівельній сфері і комунальній теплоенергетиці.

Визначення мети та завдання дослідження. Визначення втрат теплоти теплопроводами системи опалення 522 мікрорайону Салтівського житлового масиву у м. Харкові.

Для досягнення сформульованої мети потрібно розв'язати такі завдання:

- для реалізованого у розглянутій групі будівель способу прокладки теплових мереж обчислити розподіл витрат та зміну температури мережної води по довжині теплопроводу;

- з урахуванням охолодження теплоносія на ділянках теплової мережі обчислити втрати теплоти подавальними і зворотними трубопроводами мікрорайонної системи опалення.

Основна частина дослідження. Розрахункова схема теплопроводів розглянутого фрагменту мікрорайонної мережі наведена на рисунку. Основні показники теплових мереж подано у табл. 1. Значення діаметрів і довжин ділянок прийнято за проектними даними. Прокладку теплопроводів здійснено переважно у непрохідних каналах [9]. При каналних способах прокладання конструкція каналу огорожує теплопровід від безпосереднього впливу ґрунту і дозволяє повністю розвантажити трубопровід від тиску маси ґрунту.

Прокладання в каналах забезпечує вільне температурне переміщення трубопроводів в усіх напрямках, що дає змогу використувати вільну компенсацію температурних подовжень трубопроводів [9]. Мережна вода надходить до мікрорайону від районної котельні з параметрами для розрахункового режиму 150/70 °С. Для регулювання відпускання теплової енергії до будівель у мікрорайоні передбачено центральний тепловий пункт, на якому також здійснюється підігрівання води до 60 °С для потреб гарячого водопостачання.

За проєктними опалювальними навантаженнями приєднаних до теплових

мереж будівель визначено витрати мережної води на розрахункових ділянках теплопроводів. За розрахункову ділянку прийнято фрагмент мережі з незмінним діаметром. Гідравлічний розрахунок теплової мережі проведено з використанням спеціальної номограми [9]. Матеріальну характеристику трубопроводів мережі обчислено за формулою

$$M = \sum_{i=1}^n (d_i * l_i), \quad (1)$$

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

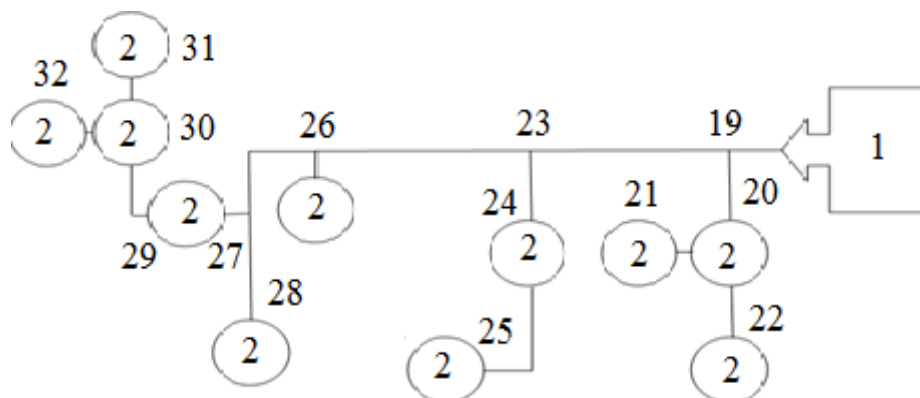


Рис. Розрахункова схема гілки опалювальної мережі мікрорайону:

1 – центральний тепловий пункт; 2 – будівлі; 19...32 – розрахункові точки теплової мережі

Таблиця 1

Характеристики системи опалення фрагменту житлового мікрорайону

Показник	Одиниця вимірювання	Значення
Максимальні витрати теплоти для опалення	МВт	8,1
Довжина теплопроводів основного напрямку	м	521
Довжина теплопроводів відгалужень	м	386
Матеріальна характеристика трубопроводів:	м ²	
- основного напрямку		104
- відгалужень		99.7

Втрати теплоти трубопроводами опалювальної мережі обчислено з використанням викладеної у роботі [14] методики. Зміну теплового стану функціонуючої

теплової мережі залежно від фактичної різниці температур теплоносія і довкілля на ділянках теплопроводу оцінено за формулою

$$Q_d = q_d \frac{\tau - t_0}{\tau_n - t_0} k, \quad (2)$$

де q_n – нормативні лінійні (питомі) втрати теплоти на ділянці теплопроводу; τ – температура теплоносія на ділянці; l_d – довжина розрахункової ділянки; τ_n – температура теплоносія, при якій здійснено нормування теплових втрат через ізоляцію трубопроводу; k – коефіцієнт для обліку втрат теплоти конструктивними елементами мережі.

Питомі теплові втрати через теплову ізоляцію трубопроводів прийнято на рівні нормативних значень [9]. Коефіцієнт k враховує втрати теплоти через опори теплопроводів, компенсатори лінійних подовжень, запірно-регулювальну арматуру тощо і обирається згідно з рекомендаціями [9] залежно від способу прокладки мережі. Розрахункову температуру ґрунту прийнято рівною 5 °С [15]. Температуру води на вході до подавального трубопроводу мікрорайонної мережі прийнято 105 °С, на

виході з системи опалення будівель – 70 °С. Результати обчислень втрат теплоти подавальними трубопроводами мережі мікрорайону подано у табл. 2. Загальні втрати подавальною лінією становлять 102,5 кВт. Усереднені питомі теплові втрати подавальними трубопроводами дорівнюють 113 Вт/м. Тепловий режим трубопроводів зворотної лінії мікрорайонної опалювальної мережі визначається втратами теплоти через теплову ізоляцію і зміною теплоємності мережної води при змішуванні потоків у трубопроводі основного напрямку і потоків води з відгалужень від основного напрямку. Температуру теплоносія змішаного потоку обчислено за формулою

$$\tau'_{\text{вих}} = \frac{\tau_{\text{вих}} G_d + \tau_{\text{від}} G_{\text{від}}}{G_d + G_{\text{від}}}, \quad (3)$$

де $\tau_{\text{від}}$, $G_{\text{від}}$ – температура і витрати теплоносія у трубопроводі відгалуження; $\tau_{\text{вих}}$, G_d – температура і витрати теплоносія у трубопроводі основного напрямку.

Таблиця 2

Результати обчислень втрат теплоти подавальними трубопроводами опалювальної мережі 522-1 мікрорайону

Номер ділянки	Довжина, м	Витрати мережної води G , кг/с	Втрати теплоти на ділянці Q_d , Вт	
			подавальний трубопровід	зворотний трубопровід
1	2	3	4	5
0-19	50	78,8	7915	6520
19-23	74	53	9208	6489
23-26	92	32,4	11443	8980
26-27	92	30,2	11850	8992
27-29	98	22,5	10050	7963
29-30	49	14,58	5019	3982,6
30-32	46	11,3	4708	3742
32-33	20	3,47	2044	1628
19-20	25	25,82	2569	2031
20-21	132	19,9	13565	10740
21-22	20	6,97	1876	1478
23-24	137	20,63	12871	10123
24-25	32	13,15	2721	2126
27-28	64	7,67	4922	2153
30-31	20	3,58	1697	1328,9

Результати обчислень втрат теплоти зворотними трубопроводами опалювальної мережі мікрорайону подано у табл. 2. Загальні втрати трубопроводами зворотної лінії дорівнюють 78,3 кВт. Теплові втрати розподільними трубопроводами опалювальної мережі мікрорайону в цілому при розрахунковій для опалення температурі зовнішнього повітря становлять 180,8 кВт.

Річні втрати теплоти трубопроводами опалювальної мережі обчислено за формулою

$$Q_p = (Q_{ср,п} + Q_{ср,зв})n_o, \quad (4)$$

де n_o — тривалість опалювального періоду [12].

Втрати теплоти подавальними трубопроводами мережі при середній за опалювальний період температурі зовнішнього повітря визначено за формулою (5), зворотними трубопроводами — за формулою (6)

$$Q_{ср,п} = Q_{п}(\tau_{ср,п} - t_0)/(\tau_{п} - t_0), \quad (5)$$

$$Q_{ср,зв} = Q_{зв}(\tau_{ср,зв} - t_0)/(\tau_{зв} - t_0), \quad (6)$$

де $Q_{п}$, $Q_{зв}$ — теплові втрати при розрахунковій для опалення температурі зовнішнього повітря подавальними і зворотними трубопроводами опалювальної мережі відповідно; $\tau_{ср,п}$, $\tau_{ср,зв}$ — температура мережної води при середній за опалювальний період температурі зовнішнього повітря у подавальному і зворотному трубопроводі відповідно; $\tau_{п}$, $\tau_{зв}$ — відповідно температура мережної води у подавальному і зворотному трубопроводах при розрахунковій для опалення температурі зовнішнього повітря.

Обчислені за формулою (4) сумарні річні втрати теплоти трубопроводами опалювальної мережі мікрорайону в цілому дорівнюють 2184 ГДж/р.

Висновки. Обчислено теплові втрати для проєктного варіанта виконання теплових мереж 522 мікрорайону Салтівського житлового масиву у м. Харкові. При розрахунковій для опалення температурі зовнішнього повітря втрати теплоти подавальними і зворотними трубопроводами мережі дорівнюють відповідно 0,103 МВт і 0,783 МВт.

Обсяг річних втрат теплоти трубопроводами системи опалення становить 2184 ГДж.

Список використаних джерел

1. 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. Київ, 1995. 636 с.
2. Сегединов А. А. Проблемы экономики развития инфраструктуры городов. Москва: Стройиздат, 1981. 216 с.
3. Губіна М. В. Формування житлової забудови в містах: навч. посіб. Київ: ІСДО, 1994. 136 с.
4. Атаманчук В. В. Комплексне підвищення ефективності теплозабезпечення містобудівними заходами. *Містобудування та територіальне планування*: наук.-техн. зб. Київ: Техніка, 2007. Вип. 27. С. 5–10.
5. Ahn J., Cho S. Development of an intelligent building controller to mitigate indoor thermal dissatisfaction and peak energy demands in a district heating system. *Building and Environment*. 2017. Vol. 124. P. 57–68.
6. ТОВАЖНЯНСКИЙ Л. Л., Левченко Б. А. Проблемы энергетики на рубеже XXI столетия: учеб. пособ.; Нац. техн. ун-т «Харьковский политехнический институт». Харьков: НТУ «ХПИ», 2004. 174 с.

7. Андреев С. Ю., Голованов А. П., Репин А. П. Энергосбережение в коммунальной теплоэнергетике. *Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит*. Київ: Техніка, 2007. № 3. С. 62–68.
8. Концепция оценки технического состояния городских инженерных систем и электрического транспорта г. Харькова / Л. Н. Шутенко, М. С. Золотов, Н. А. Шульга и др. *Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб.* Киев: Техника, 2007. Вып. 37. С. 131–134.
9. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей / под ред. А. А. Николаева. Москва: Стройиздат, 1965. 359 с.
10. Алексахін О. О., Бобловский О. В. Спрощена методика обчислення теплових втрат трубопроводами розгалуженої опалювальної мережі з урахуванням утеплення будівель. *Енергосбереження. Енергетика. Енергоаудит*. Київ: Техніка, 2013. № 7(113). С. 19–23.
11. International Code Council. International Energy Conservation Code. Falls Church, VA, 2018.
12. Patrick Mitchell Central Heating, Installation, Maintenance and Repair. Writers Print Shop, 2008. 196 p.
13. ДБН В.2.6-31: 2016. Теплова ізоляція будівель. Київ: Мінрегіонбуд України, 2017. 117 с.
14. Алексахин А. А., Бобловский А. В. Теплотери трубопроводами отопительной сети при изменении расчетной отопительной нагрузки зданий микрорайона. *Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит*. Киев: Техніка, 2011. № 9. С. 11–15.
15. ДСТУ–Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. Київ: Мінрегіонбуд, 2011. 123 с.

Алексахін Олександр Олександрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри теплотехніки та теплових двигунів та енергетичного менеджменту Українського державного університету.
ORCID iD: 0000-0002-2253-8501. Тел.: +38 (096) 251-06-13. E-mail: aleksahin.a.a1953@gmail.com.
Дубинська Ірина Сергіївна, магістрант, група 216-ЕМ-Д20 Українського державного університету залізничного транспорту.
Соляник Ілона Сергіївна, магістрант, група 216-ЕМ-Д20 Українського державного університету залізничного транспорту.
Домбровська Жанна Михайлівна, магістрант, група 216-ЕМ-320 Українського державного університету залізничного транспорту.

Aleksakhin Alexander, PhD (Tech.), Associate Professor, department of heat engineering and heat engines and energy management, Ukrainian State University of Railway Transport. ORCID iD: 0000-0002-2253-8501.
Tel.: +38 (096) 251-06-13. E-mail: aleksahin.a.a1953@gmail.com.
Dubynskaya Iryna, master, Group 216-EM-D20, Ukrainian State University of Railway Transport.
Solyanyk Iлона, master, Group 216-EM-D20, Ukrainian State University of Railway Transport.
Dombrovs'ka Zhanna, master, Group 216-EM-320, Ukrainian State University of Railway Transport.

Статтю прийнято 10.09.2021 р.