

Перспективи оптимізації теплової мережі для міста Києва

Андрій Кучинський, студент,¹ (ORCID: 0009-0009-9172-869X),

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

АНОТАЦІЯ

Розглянуто питання оптимізації діаметрів трубопроводів у водяних теплових мережах. Запропоновано підхід, за якого діаметри трубопроводів змінюються в межах окремого інтервалу магістралі: зменшуються на початку та збільшуються на кінці. Така оптимізація дозволяє ефективно використовувати надлишковий гідравлічний потенціал, що виникає при допустимих значеннях швидкості теплоносія та питомих втрат тиску. Застосування методики забезпечує збереження сумарних втрат тиску, стабільність напорів у мережі та підвищення енергоефективності системи.

Ключові слова: тепlopостачання, магістраль, трубопровід, тепла мережа, гідравлічний розрахунок.

1. ВСТУП

У сучасних системах тепlopостачання важливим завданням є забезпечення ефективного транспортування теплоносія з мінімальними втратами енергії. Одним із ключових аспектів є правильний вибір діаметрів трубопроводів, що впливає на гідравлічні характеристики мережі та її енергоефективність. Згідно існуючої методики гідравлічного розрахунку трубопроводів системи тепlopостачання, діаметри трубопроводів на ділянках головної магістралі визначаються на основі витрат теплоносія та сталого інтервалу питомих лінійних втрат тиску на тертя. Для теплових мереж для всіх магістральних трубопроводів приймається однаковим величиною 60–20 Па/м.

На практиці у нетранзитній частині (головна магістраль) відгалуження від певного інтервалу мають невикористані надлишки гідравлічного потенціалу. Ці надлишки формуються внаслідок того, що швидкість руху теплоносія не перевищує допустиме значення в межах 3,5 м/с, а питомі лінійні втрати тиску залишаються в межах 300 Па/м [1].

2. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Місто Київ має одну з найбільших централізованих систем тепlopостачання в Україні, яка охоплює житловий фонд, об'єкти соціальної інфраструктури та промислові підприємства. З огляду на зношеність трубопроводів, високі втрати теплової енергії та зміну характеру теплового навантаження, питання оптимізації теплової мережі набуває особливої актуальності.

Провівши аналіз сучасних методів і рекомендацій ми можемо зазначити наступні перспективні заходи для Києва:

1. Моделювання теплових навантажень з урахуванням сезонних та добових коливань.
2. Інтеграція відновлюваних джерел енергії (теплові насоси, геотермальні системи) у локальні ділянки мережі [2].
3. Реконструкція старих ділянок з використанням сучасних матеріалів та технологій (наприклад, попередньо ізольовані труби) [3].
4. Впровадження автоматизованих систем управління та моніторингу параметрів теплоносія.

Один із варіантів оптимізації теплової мережі для міста Києва є застосування методики гідравлічного розрахунку [4, 5], яка передбачає зменшення діаметрів трубопроводів на окремих ділянках магістралі. Дана методика дозволяє оптимізувати конструктивні рішення, а саме полягає у коригуванні діаметрів трубопроводів: на початковій ділянці інтервалу діаметр зменшується, а на кінцевій — збільшується. (рис. 1).

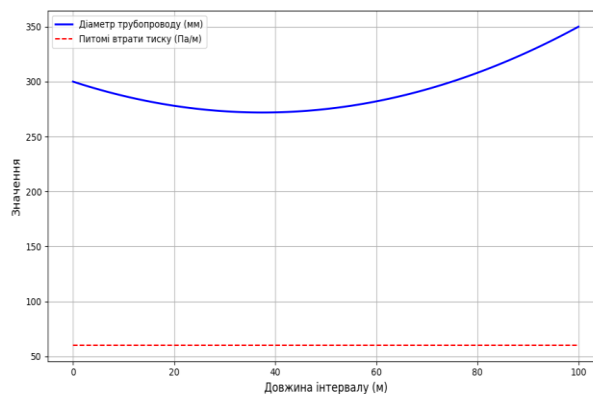


Рисунок 1. Графік процесу оптимізації діаметра трубопроводу на окремих інтервалах головної магістралі теплової мережі

Такий підхід дозволяє зберегти загальні втрати тиску на попередньому рівні, не знижуючи наявні напори в інших частинах мережі, що забезпечує ефективну роботу системи без перевитрат матеріалів та енергії.

Представлено графік процесу оптимізації діаметра трубопроводу головної магістралі теплової мережі, який демонструє можливість конструктивного вдосконалення теплових мереж без порушення гідравлічного балансу, що є актуальним при проектуванні нових систем або модернізації існуючих теплових мереж Києва.

На рисунку 1 синя крива демонструє зміну діаметра трубопроводу: на початку інтервалу діаметр зменшується, а ближче до кінця — поступово збільшується. Такий підхід дозволяє ефективно використовувати гідравлічні ресурси системи, зберігаючи стабільні параметри теплоносія.

Червона пунктирна лінія відображає сталий рівень питомих втрат тиску, який залишається незмінним по всій довжині інтервалу. Це свідчить про те, що оптимізація

діаметра не призводить до збільшення гідравлічних втрат, а навпаки — сприяє їх раціональному розподілу.

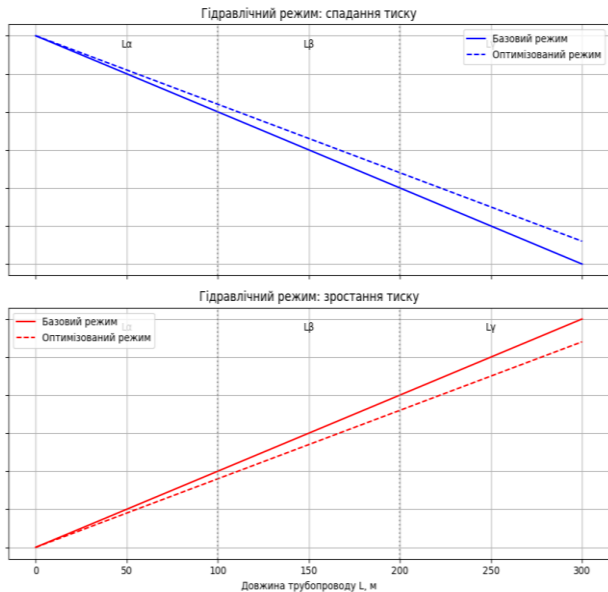


Рисунок 2. Графік процесу оптимізації діаметра трубопроводу на окремому інтервалі головної магістралі

На рис.2 представлено графік, який показує характер зміни втрати тиску ΔP по довжині L головної магістралі у варіантах базового режиму і після оптимізації (суцільна і пунктирна лінія).

L_a - довжина ділянки трубопроводу зменшенням діаметру;

L_β - довжина ділянки трубопроводу, де діаметр залишається незмінними;

L_γ - довжина ділянки трубопроводу, де діаметр збільшується;

$\Delta P'_п$ - втрати тиску у подавальному трубопроводі для відповідної ділянки у базовому режимі;

$\Delta P''_з$ - втрати тиску у зворотному трубопроводі відповідної ділянки у базовому режимі;

$\Delta P'''_п$ - втрати тиску у подавальному трубопроводі відповідної ділянки після оптимізації.

і $\Delta P''''_з$ - втрати тиску у зворотному трубопроводі відповідної ділянки після оптимізації.

При проектуванні трубопроводів системи теплопостачання рекомендується оптимізувати конструктивне рішення головної магістралі. При цьому гідравлічний розрахунок виконувати у декілька шагів [6]:

1. Визначити діаметри трубопроводів за сучасною методикою гідравлічного розрахунку;
2. Провести аналіз отриманих даних;
3. Зробити висновок щодо доцільності оптимізації конструктивного рішення;
4. Провести розрахунок ефективності оптимізації;
5. Для кожної ділянки трубопроводів замінити відповідно за найближчими меншими чи більшими діаметрами умовного проходу трубопроводів, але дотримуючись виконання умови:

$$\Delta P''_a + \Delta P''_c \geq \Delta P'''_a + \Delta P''''_c, \quad (1)$$

де $\Delta P''_a$, $\Delta P''_c$ - втрати тиску на ділянках після оптимізації;

$$\Delta N''_i \geq 0 \quad (2)$$

де $\Delta N''_i$ - надлишок наявного тиску на ділянці i у варіанті після оптимізації.

Дана методика гідравлічного розрахунку трубопроводів системи теплопостачання може бути використана як для базового режиму та і для оптимізації зношених трубопроводів теплових мереж централізованого теплопостачання в Києві.

3. ВИСНОВКИ

Запропонована методика виконання гідравлічного розрахунку трубопроводів теплової мережі, дозволяє зменшити металоемність трубопроводів без негативних наслідків гідравлічного режиму мережі і споживачів.

Графічний аналіз наочно демонструє, що оптимізація діаметрів трубопроводів дозволяє:

- зменшити втрати тиску,
- покращити розподіл теплоносія,
- забезпечити стабільну роботу теплової мережі,
- підвищити енергоефективність системи теплопостачання Києва.

Отже, метод оптимізації діаметрів трубопроводів у водяних теплових мережах дозволяє досягти балансу між гідравлічною ефективністю та економічною доцільністю. Застосування даної методики сприяє зменшенню втрат тиску, покращенню розподілу теплоносія та підвищенню загальної енергоефективності системи.

Список літератури

- [1] Єнін П.М., Швачко Н.А., Теплопостачання.ч.1.Теплові мережі та споруди.-К.:Кондор, 2007. 244 с.
- [2] Погосов, О. Г., Чепурна, Н. В., Пасічник, П. О., Кулінко, Є. О., & Дорошенко, А. А. (2023). Сучасні системи тепло-та паропостачання промислових підприємств при застосуванні глибокої утилізації енергетичного потенціалу технологічної пари. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання, 45, 42-51.
- [3] Пасічник, П., Погосов, О., & Чепурна, Н. (2025). Теплопостачання укріплень, що зводяться в існуючих закладах освіти. Матеріали конференції МЦНД, (20.06. 2025; Чернігів, Україна), 318-323.
- [4] ДБН В.2.5-39:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. - Затв. наказом Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 09.12.2008 р. №568. – Чинні з 2009-01-07. - <http://dbn.at.ua/load/1-1-0-204>.
- [5] Розрахунок теплової мережі мікрорайону міста [Текст]: метод. рек. до викон. розрахункової роботи для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика» та спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». /Уклад: О.І. Єщенко, – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 66 с.
- [6] <https://repository.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/6e1b8d49-b3e9-4f58-b207-a2a3bedc2a89/content>

ⁱ Робота виконана під керівництвом канд. техн. наук., доц. Наталії Чепурної