

Дослідження товщини теплової ізоляції попередньоізольованих труб для безканалної прокладки

Андріана Примак, студентка¹ (ORCID: 0009-0002-6990-7252),
Павло Пасічник, канд. техн. наук, доц.¹ (ORCID: 0000-0001-8499-6949)

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

АНОТАЦІЯ

У роботі досліджується вплив товщини теплоізоляційного шару трубопроводів на загальну ефективність функціонування та економічну доцільність прокладання теплових мереж. Здійснено аналіз тепловтрат при різних варіантах ізоляції, з урахуванням кліматичних умов регіону, конструктивних особливостей трубопроводу та способу його прокладки (надземна, підземна, канална). Визначено, що зміна товщини ізоляції суттєво впливає не лише на рівень теплових втрат, а й на технічні параметри системи, зокрема на стабільність температурного режиму та потребу в додаткових енергетичних ресурсах. Особлива увага приділена аналізу взаємозв'язку між товщиною ізоляційного шару та витратами на монтажні роботи, експлуатаційне обслуговування, а також довгострокове енергозбереження. Враховано фактори, що впливають на термін служби ізоляції, її здатність забезпечувати належний рівень захисту трубопроводу та знижувати навантаження на систему теплопостачання. На основі отриманих результатів сформульовано рекомендації щодо оптимального вибору параметрів ізоляції, які дозволяють досягти балансу між технічною надійністю, енергоефективністю та економічною вигідністю реалізації теплових мереж.

Ключові слова: трубопровід, тепла ізоляція, енергоефективність, теплопровідність.

1. ВСТУП

Проблема енергоефективності теплових мереж є однією з ключових у сфері сучасного теплопостачання. Значна частина втрат теплової енергії виникає під час транспортування теплоносія, що зумовлює необхідність оптимізації конструктивних рішень трубопроводів. Одним із визначальних чинників, що впливає на рівень тепловтрат, є товщина теплоізоляційного шару.

Товщина ізоляції безпосередньо впливає на здатність трубопроводу зберігати тепло, забезпечувати стабільність температурного режиму та знижувати навантаження на джерела теплопостачання. Водночас надмірне збільшення ізоляційного шару може призвести до зростання вартості матеріалів, ускладнення монтажних робіт і збільшення загальних витрат на реалізацію теплової мережі.

Актуальність дослідження полягає у визначенні оптимального ізоляційного параметра, який дозволяє досягти балансу між технічною доцільністю, енергоефективністю та економічною вигідністю. Такий підхід сприяє підвищенню якості проектування теплових мереж, зниженню експлуатаційних витрат і забезпеченню сталого розвитку інфраструктури теплопостачання

2. МЕТА РОБОТИ

Метою даного дослідження є визначення оптимального балансу між технічною доцільністю та економічною ефективністю ізоляції, що дозволить підвищити загальну продуктивність теплових мереж і сприятиме впровадженню сучасних підходів до енергозбереження в комунальній інфраструктурі.

3. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Державна політика у сфері теплопостачання базується на принципах [1]:

- забезпечення енергетичної безпеки держави;
- державного управління і регулювання відносин у сфері теплопостачання.

Основні моменти роботи:

- Дослідження зосереджено на товщині та економічності ізоляції трубопроводів теплопостачання.
- Використовується чотири різних діаметри труб.
- Розрахунки проведено для різних температурних графіків

Основні види ізоляційних матеріалів:

- спінений каучук;
- спінений поліетилен або пінополіуретан;
- мінеральна вата;
- фольгована вата.

Найчастіше в якості теплоізоляційного матеріалу застосовують пінополіуретан, який використовують для трубопроводів з температурою теплоносія не більше ніж 140°C (максимальна робоча температура пінополіуретану) [2]

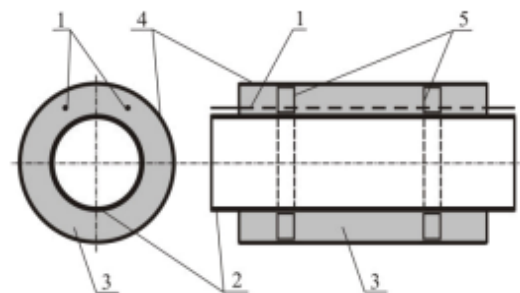


Рисунок 1. Конструкція попередньо ізольованого трубопроводу: 1 – сигналні дроти; 2 – провідна труба; 3 – ізоляція; 4 – оболонка з поліетилену або металу, стійкого до впливу атмосферної корозії; 5 – центратори
Попередньо ізольовані труби складаються із

внутрішньої провідної труби, зовнішньої оболонки і пінополіуретанової теплової ізоляції, розміщеної між ними (рис.1). Для зовнішньої захисної оболонки використовуються поліетиленові труби або оцинкована сталь. Так як поліетилен руйнується під дією сонячного світла, то труби з такою зовнішньою оболонкою прокладаються підземним способом, а для надземного прокладання застосовуються труби в оболонці з тонколистової оцинкованої сталі, яка захищає теплову ізоляцію від механічних пошкоджень.

Застосування теплової ізоляції дозволяє [3]:

- підтримувати необхідні параметри тепло- та холодоносія в апаратах та теплопроводах;
- сприяє підвищенню продуктивності теплових установок, інтенсифікації технологічного процесу;
- покращує умови охорони праці в робочих приміщеннях: знижується температура повітря, зменшується ймовірність опіків обслуговуючого персоналу.

При розрахунку була застосована наступна методика [4]:

1. Визначення вартості теплової ізоляції, грн/м.
2. Розрахунок термічного опору теплопередачі ізоляційної конструкції, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, якщо не враховувати термічний опір тепловіддачі від води до стінки трубопроводу.
3. Річні втрати теплоти з 1 метра трубопроводу теплової мережі, $\text{МВт} \cdot \text{год}/(\text{рік} \cdot \text{м})$.
4. Річна вартість тепловтрат, $\text{грн}/(\text{рік} \cdot \text{м})$.
5. Приведені річні витрати, $\text{грн}/(\text{рік} \cdot \text{м})$.

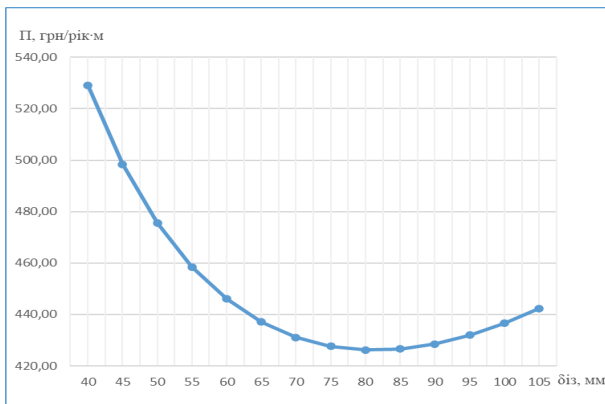


Рисунок 2. Графік залежності приведених витрат від товщини теплової ізоляції трубопроводів для $\text{Ø}100\text{мм}$, $d_z * s = 108 \times 4,0$

З наведеного графіку видно, що оптимальна товщина ізоляції складає 80мм, що значно відрізняється від значення поданого в технічній документації, яке складає 46мм [5,6,7].

Дане дослідження показує, що подані в сортаментах трубопроводів мають меншу товщину ізоляції, ніж отримані значення в розрахунках, що істотно впливає на систему теплопостачання.

4. ВИСНОВОК

У ході проведеного дослідження було визначено значний вплив товщини теплоізоляційного шару на ефективність функціонування теплових мереж.

Результати аналізу підтвердили, що оптимізація ізоляційних параметрів трубопроводів відіграє ключову роль у зниженні втрат теплової енергії, економії паливно-енергетичних ресурсів та підвищенні енергоефективності систем теплопостачання в цілому.

Проведені розрахунки показали, що зі зростанням товщини теплоізоляційного шару знижуються теплові втрати, однак при цьому зростають витрати на матеріали та монтаж. Це зумовлює необхідність пошуку компромісу між технічною доцільністю та економічною доцільністю проектних рішень.

За допомогою графічного аналізу залежності приведених витрат від товщини ізоляції встановлено, що оптимальним значенням для трубопроводу діаметром 100 мм є товщина теплоізоляції 80 мм. Це значення суттєво перевищує показники, які зазвичай пропонуються у типових технічних рішеннях (наприклад, 46 мм), що свідчить про занижений рівень теплоізоляційного захисту в серійному обладнанні.

Узагальнюючи результати дослідження, можна зробити висновок, що формування ефективної ізоляційної системи трубопроводів є одним із базових чинників забезпечення надійної, економічної та екологічно орієнтованої роботи систем теплопостачання у сучасних умовах.

Список літератури

- [1]. Закон України № 2633-IV «Про теплопостачання» від 02 червня 2005 р. (редакція станом на 30 червня 2024 р.) [Чинний]. – Відомості Верховної Ради України, 2005, № 27, ст. 1532. URL: zakon.rada.gov.ua
- [2]. Ковальчук В.А., Мацієва Т.С. Теплопостачання: Навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2013. 300 с.
- [3]. Малявіна О. М. Теплопостачання : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної і заочної форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітньо-професійна програма «Теплогазопостачання і вентиляція» / О. М. Малявіна, В. А. Міланко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 147 с.
- [4]. Єнін П.М., Швачко Н.А. Теплопостачання (частина I «Теплові мережі та споруди»). Навчальний посібник. Київ: Кондор, 2007, 244 с.
- [5]. Труби теплоізольовані, емальовані, гідроізольовані, фасонні вироби, металоконструкції. ПЕРШИЙ ТРУБНИЙ ЗАВОД. URL: <https://www.ptz.in.ua/wp/> (дата звернення: 09.09.2025)
- [6]. MidaEnergy. Mida Energy. URL: <https://midaenergy.com.ua/> (date of access: 01.10.2025)
- [7]. ДСТУ Б В.2.5-31:2007. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Трубопроводи попередньо теплоізольовані спіненим поліуретаном для мереж гарячого водопостачання та теплових мереж. Труби, фасонні вироби та арматура. Технічні умови [Чинний від 01.08.2007]. – К. : Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2007. – 84 с. – (Національний стандарт України)