

ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕПЛОВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ТРУБОПРОВОДІВ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Розроблені рекомендації з вибору матеріалу ізоляції циліндричних трубопроводів та методик визначення втрат теплоти від неізольованих та ізольованих трубопроводів у навколишнє середовище при різних способах їх прокладання.

Ключові слова: втрати теплоти, коефіцієнт ефективності, критичний діаметр, матеріал ізоляції, методика розрахунку, рекомендації, тепловіддача, теплопровідність, трубопровід.

Разработаны рекомендации по выбору материала изоляции цилиндрических трубопроводов и методик определения потерь теплоты от неизолированных и изолированных трубопроводов в окружающую среду при разных способах их прокладки.

Ключевые слова: критический диаметр, коэффициент эффективности, материал изоляции, методика расчета, потери теплоты, рекомендации, теплоотдача, теплопроводность, трубопровод.

Recommendations on the choice of material of isolation of cylindrical pipelines and methods of determination of losses of warmth are developed from the unisolated and isolated pipelines in an environment on the different methods of their gasket.

Key words: critical diameter, coefficient of efficiency, material of isolation, method of calculation, losses of warmth, recommendations, heat emission, heat conductivity, pipeline.

СТАН ПИТАННЯ ТА МЕТА РОБОТИ

Як відомо, теплові втрати з поверхонь ізольованих об'єктів енергетики є одними із суттєвих складових енергетичних втрат, що призводять до значного теплового забруднення навколишнього середовища.

Теплова ізоляція являє собою конструкцію з матеріалів, що розміщені на зовнішній поверхні трубопроводів для зменшення втрат теплоти в навколишнє середовище при транспортуванні теплоносія. Застосування оптимальної конструкції теплової ізоляції дозволяє зменшити втрати теплоти при надземній прокладці трубопроводів у 10...15 разів, а при підземній – у 3...5 разів у порівнянні з неізольованими трубопроводами [6].

Для оцінки ефективності теплоізоляційних конструкцій прийнято користуватись коефіцієнтом ефективності ізоляції [6]

$$\eta_i = \frac{Q_n - Q_i}{Q_n}, \quad (1)$$

де Q_n і Q_i – втрати теплоти неізольованим та ізольованим трубопроводами відповідно, кВт.

Для сучасних ізоляційних конструкцій теплопроводів $\eta_i = 0,85...0,95$ [6] при теоретичному значенні цього коефіцієнта 1,0.

Втрати теплоти у навколишнє середовище залежать від сумарного термічного опору на шляху потоку теплоти від теплоносія до навколишнього середовища. Ця величина, в свою

чергу, істотно залежить від термічного опору ізоляції, значення якого визначається коефіцієнтом теплопровідності матеріалу ізоляції, її формою та розмірами.

Недостатня інформованість працівників підприємств та енерго-аудиторів відносно особливостей процесу теплообміну криволінійних поверхонь із навколишнім середовищем призводять до неправильних рекомендацій щодо вибору матеріалу ізоляції, а також його товщини на поверхні трубопроводу.

Рекомендації, що наведені в навчальних посібниках з енергетичного аудиту [2; 5] та в іншій спеціальній літературі, не дають однозначної відповіді на це питання. Крім того навчальні посібники не містять методики розрахунку втрат теплоти від неізольованих та ізольованих трубопроводів у навколишнє середовище. Розрахунок втрат теплоти проводиться за методичними рекомендаціями, що наведені в [3]. З навчально-методичної точки зору ці рекомендації не прийнятні при викладанні дисципліни «Енергетичний аудит» у вищих навчальних закладах. Вони не дозволяють оцінити як впливають складові термічного опору на втрати теплоти в навколишнє середовище.

Неправильний вибір матеріалу ізоляції може привести до того, що витрати теплоти з поверхні трубопроводу при визначеній товщині шару матеріалу не зменшаться, а навпаки збільшаться. Нанесення на поверхню трубопроводу ізоляційного матеріалу значної товщини для зменшення втрат теплоти в навколишнє середовище веде до значних капітальних витрат.

Мета роботи – розробка рекомендацій з вибору матеріалу ізоляції циліндричних трубопроводів та методик визначення втрат теплоти від неізольованих та ізольованих трубопроводів у навколишнє середовище при різних способах їх прокладання.

РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ

Аналіз показує, що матеріал одношарової ізоляції вибрано правильно, коли задовольняється нерівність [4]:

$$\lambda_{\text{із}} < \alpha_2 d_2 / 2, \quad (2)$$

де $\lambda_{\text{із}}$ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу ізоляції, Вт/(м·К); d_2 – зовнішній діаметр трубопроводу, м; α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні трубопроводу в навколишнє середовище, Вт/(м²·К).

Якщо умова (2) не виконується, тобто вибрано матеріал, для якого коефіцієнт теплопровідності $\lambda'_{\text{із}} > \alpha_2 d_2 / 2$, то при його нанесенні на поверхню трубопроводу теплові втрати будуть не зменшуватись, а, навпаки, збільшуватись.

Найбільші теплові втрати при неправильному виборі матеріалу ізоляції мають місце при значенні діаметру [4]:

$$d'_{\text{із}} = 2\lambda'_{\text{із}} / \alpha_2. \quad (3)$$

Числове значення $d'_{\text{із}}$, яке визначене за співвідношенням (3), називають «критичним діаметром циліндричного трубопроводу, або ізоляції». Ця назва не дуже вдала, оскільки в цьому випадку ізоляція вибрана неправильно.

Правильність вибору матеріалу ізоляції та визначення її критичного діаметру буде залежати від того наскільки точно оцінене значення коефіцієнта тепловіддачі від зовнішньої поверхні до оточуючого середовища.

Для наближених розрахунків згідно із [6] коефіцієнт тепловіддачі для трубопроводів, які прокладені на відкритому повітрі, визначається за формулою:

$$\alpha_2 = 9,3 + 0,047(t_3 - t_{\text{навік}}) + 7,0\sqrt{w} \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}), \quad (4)$$

де t_3 – температура зовнішньої стінки ізоляції, для неізольованих трубопроводів приймають $t_3 = t$ (t – температура теплоносія), °С; $t_{\text{навік}}$ – температура навколишнього середовища, °С; w – швидкість повітря, м/с.

Коли значення t_3 невідоме, можна застосувати формулу [6]:

$$\alpha_2 = 11,6 + 7,0\sqrt{w} \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}). \quad (5)$$

Коефіцієнт тепловіддачі α_2 для трубопроводів, які прокладені в закритих приміщеннях (при $t_3 = 0 \dots 150$ °С), можна приблизно визначити за формулами (4) та (5), або за формулою [6]:

$$\alpha_2 = 9,8 + 0,07 (t_3 - t_{\text{навк}}) \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}). \quad (6)$$

При проведенні енергетичного аудиту систем теплопостачання найбільш достовірне значення коефіцієнта тепловіддачі визначається експериментальним шляхом. Для цього необхідно провести вимірювання питомого теплового потоку від зовнішньої поверхні трубопроводу в навколишнє середовище, температури зовнішньої поверхні трубопроводу та навколишнього середовища.

Вимірювання проводять у ряді точок за периметром та довжиною трубопроводу. За отриманими даними визначається середнє значення коефіцієнта тепловіддачі для вибраної ділянки трубопроводу.

Вимірювання питомого теплового потоку від зовнішньої поверхні трубопроводу в навколишнє середовище можна проводити за допомогою вимірника теплового потоку [1], який розроблений Інститутом технічної теплофізики НАН України.

Вимірювання температури зовнішньої поверхні трубопроводу доцільно проводити за допомогою термісторів або безконтактних (інфрачервоних) термометрів [5].

Температура навколишнього середовища вимірюється лабораторними термометрами ТЛ-4 з ціною поділки 0,1 °С.

Товщина шару ізоляції визначається на основі техніко-економічних розрахунків або за діючими в Україні нормативами. На поверхні конструкції трубопроводу, що ізолювана, в прохідних каналах та камерах температура повинна бути не вище 60 °С.

Вибір конструкції ізоляції залежить від способу прокладки теплопроводу. Рекомендації з цього питання наведені в [6].

З навчально-методичної точки зору розрахунок втрат теплоти від неізолюваних та ізолюваних трубопроводів в навколишнє середовище доцільно виконувати за методиками, що наведені в [1; 6]. В них відображено вплив окремих складових термічного опору на втрати теплоти від поверхні трубопроводів у навколишнє середовище.

ВИСНОВКИ

1. Вибір матеріалу одношарової ізоляції зовнішньої поверхні циліндричних трубопроводів необхідно проводити, користуючись виразом (2). Це дозволить забезпечити достатньо високий рівень коефіцієнта ефективності ізоляції та енергетичної ефективності системи теплопостачання в цілому.

2. З навчально-методичної точки зору розрахунок втрат теплоти від зовнішньої поверхні трубопроводів у навколишнє середовище доцільно виконувати за методиками, що наведені в [1; 6].

ЛІТЕРАТУРА

1. Димо Б.В., Пилипчак В.І. Основи енергетичного аудиту: Навчальний посібник. – Миколаїв: НУК, 2007. – 128 с.
2. Енергетичний аудит: Навчальний посібник / О.І. Соловей, В.П. Розен, Ю.Г. Лега та інші. – Черкаси: ЧДТУ, 2005. – 299 с.
3. Методические указания по определению потерь топливно-энергетических ресурсов. РД5. ЕДИВ. 015-008-94. – К.: Минмашпром Украины, 1994. – 157 с.
4. Михеев М.А., Михеев И.М. Основы теплопередачи. – М.: Энергия, 1973. – 320 с.
5. Прокопенко В.В., Закладний О.М., Кульбачний П.В. Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями: Навчальний посібник. – К.: Освіта України, 2008. – 438 с.
6. Теплотехническое оборудование и теплоснабжение промышленных предприятий / Голубков Б.Н., Данилов О.А., Зосимовский Л.В. и др.; Под ред. Б.Н. Голубкова. – 2-е изд., ерераб. – М.: Энергия, 1979. – 544 с.

Рецензенти: д.т.н., професор Сербін С.І.;
к.т.н., доцент Щербак Ю.Г.

© Димо Б.В., Пилипчак В.І., 2010
р.

Стаття надійшла до редколегії 10.06.2010