

9. Гильгурт С.Я. Применение типовых устройств на базе программируемой логики для решения вычислительных задач // Тез. докл. II международной конф. «Параллельные вычисления и задачи управления», 4–6 окт. 2004 г. – М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2004. – С. 514–530.
10. Гильгурт С.Я., Гиранова А.К. Некоторые вопросы обмена данными между персональным компьютером и реконфигурируемым устройством // Моделювання та інформаційні технології. Зб. наук. пр. ІПМЕ НАН України. – Вип. 43. – Київ: 2007. – С. 86–94.
11. Гильгурт С.Я. Анализ существующих унифицированных вычислителей для выполнения ресурсоемких расчетов // Моделювання та інформаційні технології. Зб. наук. пр. ІПМЕ НАН України. – Вип. 48. – Київ: 2008. – С. 115–120.
12. Гильгурт С.Я. Анализ применения унифицированных вычислителей в интеллектуальных системах // Искусственный интеллект. – Донецк: НАН Украины – институт проблем ИИ. – 2009. – №1. – С. 144–148.
13. Гильгурт С.Я. Анализ типовых режимов обмена данными с реконфигурируемыми вычислителями // Зб. наук. пр. ІПМЕ НАН України. – Київ, 2011. – Вип. 59. – С. 113–121.
14. Гильгурт С.Я. Реконфигурируемые вычислители. Аналитический обзор // Электронное моделирование. – 2013. – Т.35, № 4. – С. 49–72.
15. Гиранова А.К. Анализ подходов к повышению эффективности закрытия информации и вопросы их реализации на унифицированных вычислителях / А.К. Гиранова // Зб. наук. праць _ПМЕ _м. Г.С. Пухова НАНУ. - Київ, 2009. -Вип. 52. - С.78-83.
16. Гильгурт С.Я., Гиранова А.К. Методика создания реконфигурируемых процессоров, реализующих усиленные алгоритмы закрытия информации // Зб. наук. пр. ІПМЕ НАН України. – Київ, 2011. – Вип. 61. – С. 69–78.

Поступила 31.03.2014р.

УДК 66.045

О. А. Голік, І. А. Владимирський, м. Київ.

ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТИЧНИХ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОІЗОЛЮЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЇХ ОБГРУНТОВАНОГО ВИБОРУ

The task of choosing heat and hydro insulation (insulating coatings) for protection of steel pipelines from the negative effects of condensate is considered.

Keywords: dew point, thermal conductivity, relative humidity.

Постановка задачі.

В роботі представлено вирішення практичного питання, пов'язаного з утворенням конденсату при експлуатації сталевих трубопроводів на різних об'єктах енергетичної сфери, що характеризуються низькою температурою

робочого середовища та розташованих на відкритому повітрі. Виникає необхідність захисту цих трубопроводів від негативного впливу вологи на структуру матеріалу труби.

Зазвичай відповідно до нормативних документів проводять окраску зовнішньої поверхні трубопроводу, з періодичним відновленням шару фарби. Як показує досвід, цього не достатньо для повного захисту трубопроводів чи обладнання. Виникає необхідність більш якісного та ефективнішого захисту та визначення оптимальної товщини покриття, яке практично унеможливить утворення конденсату. Потрібна для цього товщина покриття безпосередньо визначає об'єм матеріалу та його вартість.

На ринку представлено широкий вибір різноманітних засобів, що можуть забезпечити захист трубопроводів від впливу зовнішнього чинника. Останнім часом набули популярності рідкі теплоізоляційні матеріали ТСМ – керамічний, Termal-Coat, TC Ceramik HB, Re-Therm, які є енергозберігаючими з теплоізоляційними властивостями, що забезпечують захист металевих поверхонь від корозії, утворення конденсату та гідроізоляцію.

Рекламовані теплофізичні характеристики деяких матеріалів викликають спірні питання, що в свою чергу спонукає до проведення досліджень з визначення параметрів покриттів з метою вибору найбільш економічно вигідних. В масштабах сучасних енергетичних об'єктів, коли протяжність та розміри трубопроводів досить великі, вартість матеріалів виходить на перші позиції.

Важливим параметром при визначенні потрібного об'єму та вартості покриття є його товщина, яка у розрахунках буде достатньою для запобігання утворення конденсату на поверхні вкритого об'єкта. У свою чергу ця товщина визначається температурою, вищу за точку роси, яку потрібно забезпечити на поверхні покриття виходячи з його теплофізичних характеристик. Тому оптимальним варіантом при виборі покриттів є їхнє нанесення на об'єкт замовника у вигляді зразків завдовжки 1-2 метри для проведення необхідних вимірювань та визначення фактичних теплофізичних характеристик пропонованих замовнику покриттів. Саме такий підхід розглянуто у даній роботі з наведенням відповідного прикладу.

Використані співвідношення.

Коефіцієнт теплопровідності матеріалу λ та коефіцієнту тепловіддачі від поверхні ізоляції α визначалися за формулами, наведеними для циліндричних поверхонь у монографії [1].

$$\lambda = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_I} \ln \left(\frac{D_{IS}}{D_{MP}} \right), \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}; \quad \alpha = \frac{1}{\pi \cdot D_{IS} \cdot R_N}, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)};$$

де

$$R_I = \frac{t_{MP} - t_{IS}}{\pi \cdot D_{IS} \cdot P_I}, \text{ термічний опір шару ізоляції, (м} \cdot \text{°C)/Вт};$$

$$R_N = \frac{t_{IS} - t_n}{\pi \cdot D_{IS} \cdot P_I}, \text{ термічний опір поверхні ізоляції, (м} \cdot \text{°C)/Вт};$$

D_{is} – діаметр трубопроводу з покриттям, м; $D_{мп}$ – зовнішній діаметр трубопроводу, м;

t_{is} – температура на поверхні ізоляції, °C; $t_{мп}$ – температура поверхні трубопроводу (газу), °C; t_n – температура зовнішнього повітря, °C;

P_l – Вт/м², тепловий потік крізь поверхню циліндричної оболонки трубопроводу з покриттям довжиною 1 м, виміряний за допомогою вимірювача теплових втрат ИТП-9 з перетворювачем теплового потоку ПТП, розробленого в ІТФ НАН України.

Вимірювання температури проводилось з використанням багатоканального реєстратора температури РТ-1 з накладними цифровими датчиками, розробленого в ШМЕ ім. Г.С. Пухова НАН України.

Визначення температури точки роси виконується декількома способами, задаючись відносною вологістю та температурою повітря: за допомогою спеціальних таблиць, використовуючи i-d діаграми вологого повітря [2] чи застосовуючи відому формулу приблизного розрахунку температури точки роси

$$t_p = \frac{b \cdot \gamma(t_w, W)}{a - \gamma(t_w, W)}$$

де t_p – температура точки роси; $a = 17, 27^\circ\text{C}$; $b = 237, 70^\circ\text{C}$;

W – відносна вологість повітря ($0 < W < 1, 0$);

$$\gamma(t_w, W) = \frac{a \cdot t_n}{b + t_n} + \ln W.$$

Визначивши дійсне значення параметрів ізоляційного матеріалу виконуємо розрахунок товщини теплоізоляційного шару, з метою недопущення конденсації вологи із навколишнього середовища на поверхні ізоляції трубопроводів та обладнання, що містять речовини з температурою нище температури навколишнього повітря.

Розрахунок проводиться відповідно до [3]. Для циліндричних об'єктів діаметром менше 2 м товщина теплоізоляційного шару визначається за формулою:

$$S = \frac{D_{is}}{2} \cdot (B - 1)$$

де $B = \frac{D_{is}}{D_{мп}}$ – відношення зовнішнього діаметру ізоляційного шару до зовнішнього діаметру трубопроводу;

Значення B визначаємо за формулою:

$$B \ln B = \frac{2 \cdot \lambda}{\alpha \cdot D_{мп}} \left(\frac{t_n - t_{мп}}{t_n - t_{is}} - 1 \right)$$

Визначення товщини покриття виконується методом підстановки зовнішнього діаметру D_{is} у формулі при визначенні B . При цьому значення температури точки роси t_p або температури на поверхні t_{is} розраховується за вище вказаними способами. Знаючи зовнішній діаметр ізолюваного трубопроводу, товщина покриття, що буде забезпечувати відсутність вологи

на поверхні, становить: $S = (D_{із} - D_{тр})/2$, м.

Приклад розрахунку.

Об'єкт дослідження: горизонтально прокладена ділянка газопроводу $d_y=400$ мм, вкрита шаром покриття ТСМ – керамічний.

Експериментальні дані вимірювань на поверхні трубопроводу та результати розрахунків наведені у табл.1.

Таблиця 1

Результати вимірювань та розрахунків.

№ п/п	Параметр	Одиниця вимірювання	Значення
1	Зовнішній діаметр трубопроводу	м	0,430
2	Діаметр трубопроводу з покриттям	м	0,434
3	Температура навколишнього повітря	°С	29
4	Відносна вологість повітря	%	50
5	Температура поверхні трубопроводу	°С	12
6	Температура на поверхні ізоляції	°С	21
7	Температура точки роси	°С	17
8	Теплопровідність матеріалу	Вт/(м · °С)	0,036
9	Коефіцієнт тепловіддачі від поверхні ізоляції	Вт/(м ² · °С)	19
10	Термічний опір шару ізоляції	(м · °С)/Вт	0,0407
11	Термічний опір поверхні ізоляції	(м · °С)/Вт	0,0384
12	Тепловий потік	Вт/м ²	-153
13	Товщина теплоізоляційного шару	м	0,002

Товщина зразка покриття 2,0 - 2,2 мм., нанесеного на трубопровід, відповідає вимогам його захисту від конденсату.

Висновок.

Представлений підхід та використані інструментальні вимірювальні засоби дозволяють об'єктивно, шляхом визначення фактичних теплофізичних параметрів тепло ізолюючих матеріалів, визначати потрібну товщину цих матеріалів для конкретних умов їхнього застосування та відповідні витрати для захисту обладнання від негативного впливу конденсату.

1. Е.Я. Соколов "Теплофикация и тепловые сети ", МЕИ, Москва, 2001.:
2. П.Д.Лебедев. "Теплообменные сушильные и холодильные установки". Энергия.Москва. 1972р.
3. СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов».

Поступила 12.02.2014р.