

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи

«Експериментальне визначення теплових втрат через
ізоляцію трубопроводу та коефіцієнта теплопровідності
ізоляційного матеріалу»
за курсами «Тепломасообмін», «Облік та вимірювання»,
«Теоретичні основи теплотехніки» та «Енергетичні
установки ТЕС»

Харків 2014

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
”ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи

«Експериментальне визначення теплових втрат через
ізоляцію трубопроводу та коефіцієнта теплопровідності
ізоляційного матеріалу»

за курсами «Тепломасообмін», «Облік та вимірювання»,
«Теоретичні основи теплотехніки» та «Енергетичні
установки ТЕС»

для студентів енергетичних, машинобудівних та
механіко-технологічних спеціальностей всіх форм навчання

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 1 від 07.06.14.

Харків
НТУ «ХП»
2014

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Експериментальні визначення теплових втрат через ізоляцію трубопроводу та коефіцієнта теплопровідності ізоляційного матеріалу» за курсами «Тепломасообмін», «Облік та вимірювання», «Теоретичні основи теплотехніки» та «Енергетичні установки ТЕС» для студентів енергетичних, машинобудівних та механіко-технологічних спеціальностей усіх форм навчання / уклад.: О.Р. Пересьолков, О.П. Гордієнко. – Х.: НТУ «ХП», 2014. – 16 с.

Укладачі: О.Р. Пересьолков
О.П. Гордієнко

Рецензент В.М. Кошельник

Кафедра теплотехніки та енергоефективних технологій

Вступ

При експлуатації систем тепло та енергопостачання промислових підприємств необхідно періодично проводити діагностику стану теплової ізоляції труб, тобто вимірювати втрати тепла в навколишнє середовище через ізоляцію, а також визначати коефіцієнт теплопровідності ізоляційного матеріалу.

У даних методичних вказівках викладається методика розрахунку коефіцієнта теплопровідності ізоляційного матеріалу за допомогою локального додаткового шару ізоляційного матеріалу – тепломіру.

1. Постановка завдання

1.1. Обґрунтування методу визначення теплових втрат через ізоляцію трубопроводу

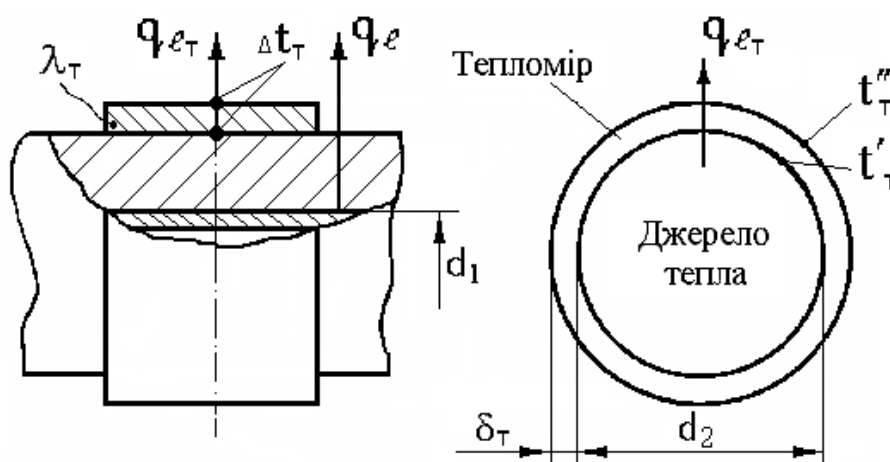


Рисунок 1 – Принципова схема вимірювання теплових втрат тепломіром за методом «теплого поясу»

Для експериментального визначення величини лінійного теплового потоку через ізоляцію труби використовується тепломір у вигляді додаткової циліндричної стінки, що накладається на зовнішню поверхню ізоляції труби діаметром d_2 , як показано на рис. 1 [1], товщина δ_T і коефіцієнт теплопровідності матеріалу тепломіра λ_T повинні бути відомі. Якщо виміряти перепад температур $\Delta t_T = t'_T - t''_T$ на внутрішній і зовнішній поверхнях тепломіра, то можна знайти лінійний тепловий потік тепла,

переданого теплопровідністю через цю додаткову одношарову циліндричну стінку, Вт/м, [2]:

$$q_{\ell_T} = \frac{\Delta t_T}{\frac{1}{2\pi\lambda_T} \ln \frac{d_2 + 2\delta_T}{d_2}} \quad (1)$$

Слід зазначити, що тепломір є локальною додатковою тепловою ізоляцією, нанесеною на ізоляцію труби. Тому знайдене значення теплового потоку q_{ℓ_T} трохи менше значення лінійного теплового потоку q_ℓ поза зоною установлення тепломіра. Звичайно ця відмінність становить декілька відсотків, що цілком припустимо для практичних цілей експерименту. Далі ми уточнимо значення дійсних втрат тепла через ізоляцію труби.

1.2. Визначення значення коефіцієнта теплопровідності матеріалу ізоляції труби

Можна припустити, що в середині зони установлення тепломіра температурне поле одномірне, тобто тепловий потік розповсюджується тільки радіально через шар основної ізоляції й через тепломір, не розсіюючись в осьовому напрямку. У цьому випадку значення лінійного теплового потоку у циліндричному шарі основної ізоляції труб під тепломіром q_{ℓ_T} знайдемо з рівняння, Вт/м:

$$q_\ell = \frac{t_1 - t'_T}{\frac{1}{2\pi\lambda_{із}} \ln \frac{d_2}{d_1}}, \quad (2)$$

де d_1 та d_2 – внутрішній і зовнішній діаметри основної ізоляції труби, м;

t_1 – температура внутрішньої поверхні ізоляції труби, °С;

t'_T – температура зовнішньої поверхні ізоляції труби, вимірювана під серединою тепломіра, °С.

Звичайно температура t'_T вище температури зовнішньої поверхні ізоляції труби, що вимірюється поза зоною установлення тепломіра t_2 , оскільки тепломір є додатковою локальною тепловою ізоляцією. Однак це

не позначається на точності визначення величини коефіцієнта теплопровідності матеріалу ізоляції труби $\lambda_{із}$.

У формулі (2) невідомим є значення коефіцієнта теплопровідності матеріалу ізоляції труби $\lambda_{із}$. Лінійний тепловий потік $q_{\ell T}$, що проходить через основну ізоляцію та через тепломір, визначено раніше. З формули (2) знаходимо значення $\lambda_{із}$, Вт/(м·К):

$$\lambda_{із} = \frac{q_{\ell T} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}}{2\pi(t_1 - t_2)}, \quad (3)$$

Як відомо, для захисту зовнішніх трубопроводів від атмосферних опадів теплову ізоляцію покривають тонким шаром оцинкованої сталі або алюмінієвою фольгою. Однак термічний опір цього тонкого шару металу є незначним у порівнянні з термічним опором шару теплової ізоляції труби. Тому, отримане значення практично і є коефіцієнтом теплопровідності матеріалу ізоляції труби $\lambda_{із}$.

1.3. Методика уточнення величини теплових втрат через ізоляцію труби

Лінійний тепловий потік q_{ℓ} Вт/м, через ізоляцію труби можна визначити поза зоною установлення тепломіра, використовуючи знайдене дійсне значення коефіцієнта теплопровідності ізоляції.

$$q_{\ell} = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{2\pi\lambda_{із}} \ln \frac{d_2}{d_1}}, \quad (4)$$

де t_2 – температура зовнішньої поверхні ізоляції труби, яка вимірюється поза зоною установки тепломіра, °С.

Мета роботи – придбання навичок проведення теплотехнічного експерименту, вивчення методу вимірювання теплових втрат за допомогою тепломіра, визначення дійсного значення коефіцієнта теплопровідності матеріалу ізоляції труби.

2. Опис лабораторної установки

У роботі досліджується тепловий стан фізичної моделі ділянки ізолюваного трубопроводу (рис. 2). Імітація проходження теплоносія виконана усередині труби за допомогою електричного нагрівача. На зовнішній поверхні труби є шар ізоляції, покритий захисним шаром з алюмінієвої фольги. Тепломір виконано з мікропористої гумової стрічки й закріплений на зовнішній поверхні ізоляції. Вимірювання значень температур t_1 , t'_r , t_2 і Δt_r проводиться термопарами типу ХК, методика вимірювання викладена у додатку Д.1. Термоелектроди термопар через перемикач по черзі підключаються до цифрового електронного мілівольтметра, за допомогою якого вимірюються термоЕРС. Температура підключення термоелектродів t_{xc} , дорівнює температурі повітря, яка вимірюється рідинним скляним термометром розширення.

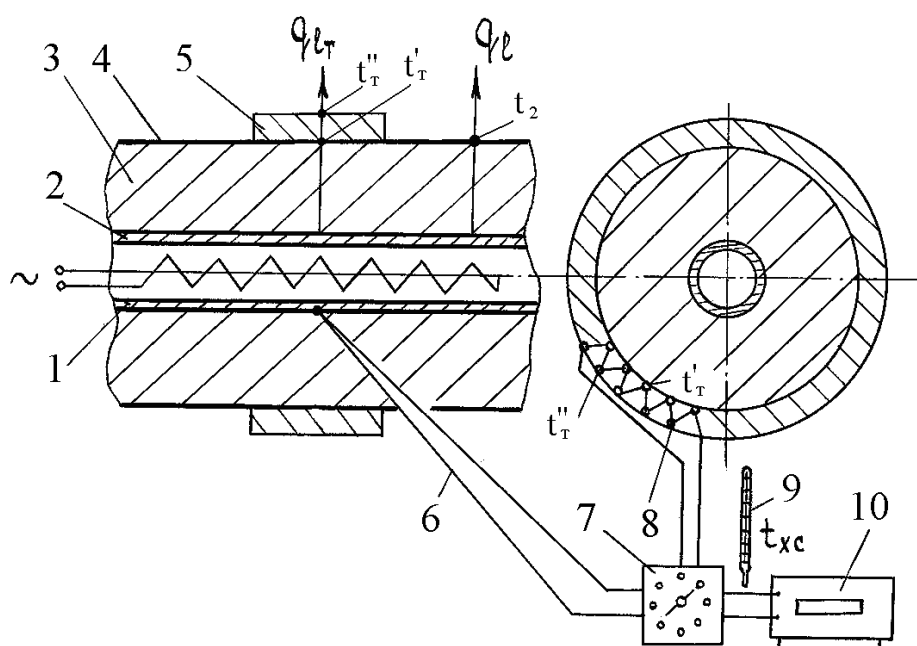


Рисунок 2 – Схема лабораторної установки:

- 1 – електронагрівник; 2 – труба; 3 – тепла ізоляція; 4 – захисний шар;
5 – тепломір; 6 – термопари; 7 – перемикач; 8 – батарея послідовно підключених термопар; 9 – рідинний скляний термометр розширення; 10 – мілівольтметр

3. Проведення дослідження

Умовою проведення коректного теплотехнічного експерименту є сталий тепловий стан ізоляції, коли значення температури в різних точках об'єкта протягом часу не змінюються.

На натурних трубопроводах подібні вимірювання цілком задовольняють цій умові тому, що в умовах експлуатації температурне поле ізоляції є стаціонарним. Для даної лабораторної установки вихід на стаціонарний тепловий режим триває протягом декількох годин, що не цілком прийнятно для проведення лабораторної роботи. Тому температурні вимірювання, які починають проводити через 20÷30 хвилин, після включення нагрівача, коли стаціонарний тепловий режим ще не наступив, приводять до методичної помилки, в результаті якої дослідні дані, отримані студентами різних підгруп, можуть відрізнятись.

Результати вимірів, а також вихідні дані для конкретної лабораторної установки повинні бути занесені в табл.1.

Таблиця 1 – Дослідні дані та технічна характеристика тепломіра

№ з/п	Найменування величини	Розмірність	Позначення	Значення
1	ЕРС термопари на внутрішній поверхні ізоляції	мВ	$E(t_1, t_{x.c})$	
2	ЕРС термопари на зовнішній поверхні ізоляції під тепломіром	мВ	$E(t'_T, t_{x.c})$	
3	ЕРС термопари на зовнішній поверхні ізоляції поза зоною установлення тепломіра	мВ	$E(t_2, t_{x.c})$	
4	ЕРС батареї термопар на тепломірі	мВ	E_n	
5	Число послідовно підключених термопар у термобатереї	–	n	
6	Температура холодного спая	°С	$t_{x.c}$	
7	Внутрішній діаметр ізоляції	мм	d_1	
8	Зовнішній діаметр ізоляції	мм	d_2	
9	Товщина додаткової стінки тепломіра	мм	δ_T	
10	Коефіцієнт теплопровідності матеріалу тепломіра	Вт/м·К	λ_T	

4. Обробка дослідних даних

4.1. Розрахунок значень температур і різниці температур у зонах вимірювання.

4.1.1. Визначити поправку на температуру холодного спаю $E(t_{x.c}, 0^\circ)$ за градуовальною залежністю термопари (див. Д. 2) відповідно до температури $t_{x.c}$

4.1.2. Визначити приведені до 0°C значення термоЕРС, тобто до вимірюваних значень термоЕРС додати поправки на температуру холодного спая:

$$E(t_1, 0^\circ) = E(t_1, t_{x.c}) + E(t_{x.c}, 0^\circ),$$

$$E(t'_T, 0^\circ) = E(t'_T, t_{x.c}) + E(t_{x.c}, 0^\circ),$$

$$E(t_2, 0^\circ) = E(t_2, t_{x.c}) + E(t_{x.c}, 0^\circ).$$

4.2. За допомогою градуовальної залежності термопари (див. Д. 2) обчислити значення температур t_1 , t'_T , t_2 , що відповідають приведеним до 0°C значенням термоЕРС $E(t_1, 0^\circ)$, $E(t'_T, 0^\circ)$, $E(t_2, 0^\circ)$.

4.3. Обчислити значення $E(\Delta t_m)$, що відповідає термоЕРС однієї з батарей термопар, установлених на тепломірі, мВ:

$$E(\Delta t_m) = \frac{E_n}{n}.$$

4.4. Визначити різницю температур на поверхнях тепломіру згідно з методикою, викладеною в п.3 (див. Д.1):

4.4.1. Якщо відома температура на внутрішній поверхні тепломіра t'_T , визначити приведені до 0° значення термоЕРС, яке відповідає температурі на зовнішній поверхні тепломіра, мВ

$$E(t''_T, 0^\circ) = E(t'_T, 0^\circ) - E(\Delta t_m).$$

Далі за градуовальною залежністю (див. Д.2) для $E(t''_T, 0^\circ)$ знаходимо температуру t''_T , та різницю температур на поверхні тепломіру, $^\circ\text{C}$

$$\Delta t_T = t'_T - t''_T.$$

4.4.2. Також різницю температур можна визначити, якщо знати

коефіцієнт перетворення термопару типу ХК у можливому робочому діапазоні температур (для даних умов $t_{\min} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{\max} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$). Скориставшись градууювальною залежністю (див. Д.2) знайдемо

$$K = \frac{E(t_{\max}, 0^\circ) - E(t_{\min}, 0^\circ)}{t_{\max} - t_{\min}} = \frac{4,03 - 1,31}{60 - 20} = 0,068 \frac{\text{мВ}}{\text{град}}.$$

Тоді, $^\circ\text{C}$,

$$\Delta t_T = \frac{E(\Delta t)}{K} = \frac{E(\Delta t_T)}{0,068}.$$

4.5. Визначити лінійний тепловий потік через тепломір за формулою (1), Вт/м:

$$q_{\ell_T} = \frac{\Delta t_T}{\frac{1}{2\pi\lambda_T} \ln \frac{d_2 + 2\delta_T}{d_2}}.$$

4.6. Після того необхідно обчислити значення коефіцієнта теплопровідності ізоляції за формулою (3), Вт/м К

$$\lambda_{\text{із}} = \frac{q_{\ell_T} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}}{2\pi(t_1 - t'_T)}.$$

Отримане значення $\lambda_{\text{із}}$ необхідно зрівняти зі значенням коефіцієнта теплопровідності інших ізоляційних матеріалів, що застосовуються у теплотехнічних установках [3], (табл. 2).

Таблиця 2 – Коефіцієнти теплопровідності теплоізоляційних матеріалів

№ з/п	Найменування матеріалу	Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{\text{із}}$, Вт/м·К	Гранична температура застосування, $^\circ\text{C}$
11	Азбест	0,13	700
2	Мінеральна вата	0,058	500
3	Жужільна вата	0,06	750
4	Войлок будівельний	0,05	90
5	Піноскло	0,16	600 – 800

4.7. Обчислити уточнене значення теплових втрат через ізоляцію труби на довжині 1 м, Вт/м, за формулою (4). Доцільно зрівняти значення

теплових втрат, отримане за допомогою тепломіра $q_{\ell T}$ і уточнене значення q_{ℓ} , Вт/м:

$$q_{\ell} = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{2\pi\lambda_{\text{із}}} \ln \frac{d_2}{d_1}}.$$

4.8. Результати обробки дослідних даних занести в табл.3.

Таблиця 3 – Результати обробки дослідних даних

$t_1, ^\circ\text{C}$	$t'_T, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_T, ^\circ\text{C}$	$q_{\ell T}, \text{Вт/м}$	$q_{\ell}, \text{Вт/м}$	$\lambda_{\text{із}}, \text{Вт/м}\cdot\text{К}$

5. Зміст звіту до роботи

1. Схема лабораторної установки(див. рис.2).
2. Протокол досліджених даних (див. табл.1).
3. Обробка результатів вимірів і зведена таблиця (див. табл.3).

Контрольні питання

1. Дати визначення закону Фур'є, коефіцієнта теплопровідності, питомих і лінійного теплових потоків.
2. Написати формули для визначення теплового потоку, переданого теплопровідністю в плоскій і циліндричній стінках.
3. Пояснити принцип дії тепломіра й методику визначення коефіцієнта теплопровідності матеріалу ізоляції труби.
4. Як вимірюється температура за допомогою термоелектричних термометрів (термопар) ?
5. Чому уточнені значення теплових втрат через ізоляцію труби більші, ніж визначені за допомогою тепломіра ?

Список літератури

1. Экспериментальное исследование процессов теплообмена./ В.А. Осипова– М.: Энергия, 1969.
2. Теплопередача./ В.П. Исаченко и др. – М.: Энергоиздат, 1981.
3. Сборник задач по теплопередаче./ Е.А. Краснощеков, А.С. Сукомел – М.: Энергия, 1980.

ДОДАТОК 1

Методика вимірювання температури термоелектричним термометром.

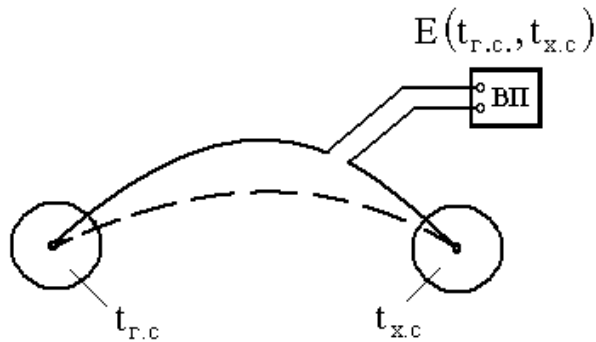


Рисунок Д.1.1 – Схема підключення вимірювального приладу в розрив термоелектрода

1. Принцип дії термопари

У даній роботі температури t_1 , t'_1 , t_2 у різних точках об'єкта й різницю температур на тепломірі Δt_T визначаємо за допомогою термоелектричних термометрів (термопар).

Термопара складається із двох різнорідних термоелектродів і має два спаї (рис. Д.1.1). Якщо один спай поміщений у середовище з температурою $t_{г.с}$, а другий знаходиться за температури $t_{х.с}$, то в термопарному ланцюгу наводиться термоелектрорушійна сила (термоЕРС) $E(t_{г.с}, t_{х.с})$. Для виміру величини $E(t_{г.с}, t_{х.с})$ можна включити вимірювальний прилад (ВП) у розрив одного термоелектрода (рис. Д.1.1).

Якщо температуру холодного спаю $t_{х.с}$ підтримувати постійною та рівною 0°C , а температуру другого спаю $t_{г.с}$ змінювати, то можна одержати градуювальну залежність термопари $E(t_{г.с}, 0^{\circ}\text{C})$. Так, для хромель-копелевої термопари значення градуювальної залежності наведені в Додатку 2.

За результатами вимірювання термоЕРС термопари, використовуючи градуювальну залежність, можна визначити відповідне значення температури.

2. Визначення температури при підключенні вимірювального приладу до вільних кінців термоелектродів

При використанні термопар вимірювальний прилад також можна підключити до вільних кінців термоелектродів (рис. Д.1.2). При цьому другий спай термопари замінюється включенням «третього провідника» (ВП). Таке включення ВП можливо тільки при дотриманні рівності значень температур у місцях підключення термоелектродів до «третього

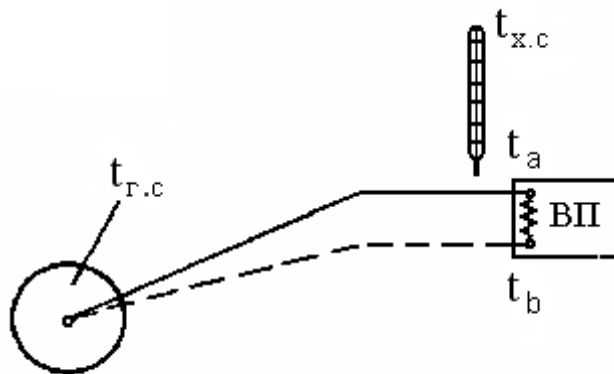


Рисунок Д.1.2 – Схема при підключенні вимірювального приладу до вільних кінців термоелектродів

провідника», тобто $t_a = t_b = t_{x.c}$.

У термоелектродному ланцюзі виникає термоЕРС $E(t_{г.с}, t_{x.c})$, яка менше, ніж $E(t, 0^\circ)$, тому що менше різниця температур спаїв термопари: $(t - t_{x.c}) < (t - 0^\circ\text{C})$.

Градувальна залежність термопари типу ХК $E(t, 0^\circ) = f(t)$ не є прямолінійною (рис. Д.1.3). Тому значення термоЕРС $E(t_{г.с}, t_{x.c})$ недостатньо для коректного визначення температури $t_{г.с}$ за допомогою таблиці (див. Д.2) градувальної залежності термопари (що отримана при $t_{x.c} = 0^\circ\text{C}$)

Тому додатково потрібно виміряти іншим тепломіром температуру $t_{x.c}$, потім за таблицею (див. Д.2) визначити поправку на температуру холодного спаю $E(t_{x.c}, 0^\circ)$ і після цього розрахувати приведені до 0°C значення термоЕРС,

$$E(t_{г.с}, 0^\circ) = E(t_{г.с}, t_{х.с}) + E(t_{х.с}, 0^\circ) \quad (5)$$

Потім за таблицею (див. Д.2) знаходимо значення температури $t_{х.с}$, що відповідає $E(t_{г.с}, 0^\circ)$. На рис. Д.1.3 показана графічна ілюстрація методики введення поправки на температуру холодного спаю і визначення температури $t_{г.с}$ за градууювальною залежністю термопар.

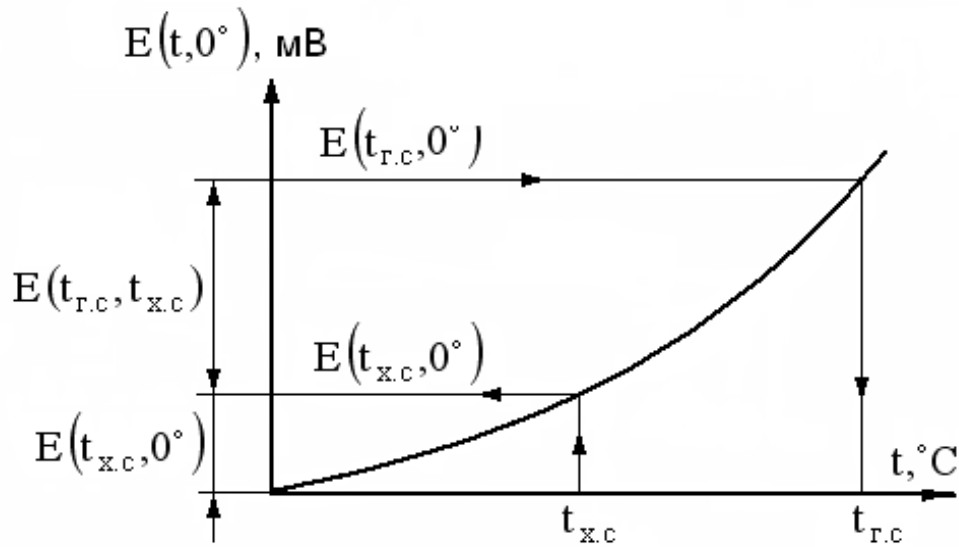


Рисунок Д.1.3 – Графічна ілюстрація визначення температури

3. Вимірювання різниці температур за допомогою багатоспайної диференціальної термопар

При проведенні теплотехнічних експериментальних досліджень часто виникає необхідність вимірювання різниці температур Δt у різних зонах об'єкта, наприклад на внутрішній і зовнішній поверхнях тепломіра.

Для цього доцільно застосовувати батарею з n послідовно підключених термопар (рис. Д.1.4). «Гарячі» спаї термопар установлюють у зоні більшої температури t' , а «холодні» – у зоні температури $t'' = t' - \Delta t$.

ТермоЕРС батареї з n термопар E_T у n разів більше, ніж термоЕРС однієї диференціальної термопар, тобто $E_T = n E(\Delta t)$, що відповідно підвищує точність електричних вимірів. ТермоЕРС однієї диференціальної термопар, мВ:

$$E(\Delta t) = \frac{E_T}{n} \quad (6)$$

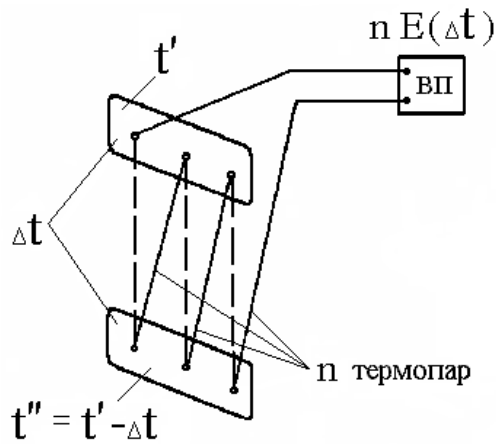


Рисунок Д.1.4 – Схема включення багатоспайної диференціальної термопари

При визначенні різниці температур у зонах розміщення гарячих і холодних спаїв можливі два варіанти:

а) Коли відома температура в одній із зон установлення спаїв термопар. При відомій температурі t' , наприклад в зоні з більшою температурою, знаходимо за градуовальною залежністю термопари (див. Д.2) термоЕРС $E(t', 0^\circ)$, що графічно можна проілюструвати на рис. Д.1.5.

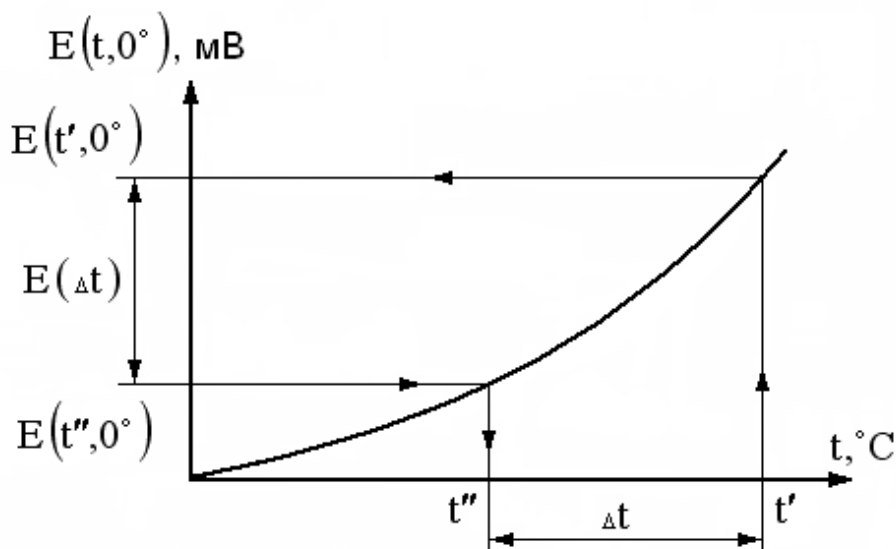


Рисунок Д.1.5 – Графічна ілюстрація визначення різниці температур

Потім визначасмо термоЕРС, яка відповідає температурі в зоні з меншою температурою t'' .

$$E(t'', 0^\circ) = E(t', 0^\circ) - E(\Delta t) \quad (7)$$

Скориставшись градуувальною залежністю термопар (див. Д.2) знаходимо значення температури t'' , °С.

Відповідно, різниця температур дорівнює $\Delta t = t' - t''$.

б) Визначення різниці температур $\Delta t = t' - t''$, коли невідомі температури в зонах установаження спаїв термопар. Тоді потрібно в можливому робочому діапазоні температур, де знаходяться t'' та t' , тобто від t_{\min} до t_{\max} інтерполювати значення градуувальної залежності рівнянням прямої лінії у вигляді

$$E(\Delta t) = K \Delta t \quad (8)$$

де K – коефіцієнт перетворення термопар, визначається як

$$K = \frac{\Delta E_{\text{роб}}}{\Delta t_{\text{роб}}} = \frac{E(t_{\max}, 0^\circ) - E(t_{\min}, 0^\circ)}{t_{\max} - t_{\min}}. \quad (9)$$

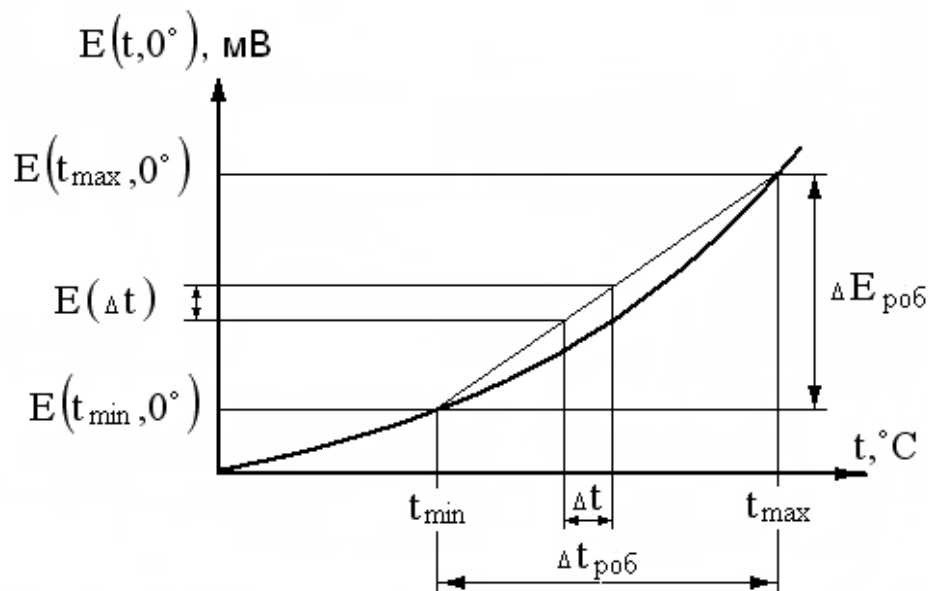


Рисунок Д.1.6 – Графічна ілюстрація визначення різниці температур за допомогою диференціальної температури

У цьому випадку, якщо за допомогою диференціальної термопар знайдено значення $E(\Delta t)$, згідно з формулою (8) різниця температур $\Delta t = t' - t''$ дорівнює

$$\Delta t = \frac{E(\Delta t)}{K} \quad (10)$$

ДОДАТОК 2

Градуювальна таблиця хромель-копелевої термопари при температурі
холодного спаю 0 °С (переведення мВ у °С)

°С	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0,07	0,13	0,20	0,26	0,33	0,39	0,46	0,52	0,59
10	0,65	0,72	0,78	0,85	0,91	0,98	1,05	1,11	1,18	1,24
20	1,31	1,38	1,44	1,51	1,57	1,64	1,71	1,77	1,84	1,90
30	1,07	2,04	2,11	2,17	2,24	2,31	2,38	2,45	2,51	2,58
40	2,65	2,72	2,79	2,86	2,93	3,00	3,06	3,13	3,20	3,27
50	3,34	3,41	3,48	3,55	3,62	3,69	3,75	3,85	3,89	3,96
60	4,03	4,10	4,17	4,24	4,31	4,38	4,45	4,52	4,59	4,66
70	4,73	4,80	4,87	4,95	5,02	5,09	5,16	5,23	5,31	5,38
80	5,45	5,52	5,59	5,67	5,74	5,81	5,88	5,95	6,03	6,10
90	6,17	6,24	6,32	6,39	6,46	6,54	6,61	6,68	6,75	6,83
100	6,90	6,97	7,05	7,12	7,20	7,27	7,34	7,42	7,19	7,57
110	7,64	7,72	7,79	7,87	7,94	8,02	8,09	8,17	8,24	8,32
120	8,39	8,47	8,54	8,62	8,69	8,77	8,84	8,92	8,99	9,07
130	9,14	9,22	9,29	9,37	9,45	9,53	9,60	9,68	9,76	9,83
140	9,91	9,99	10,06	10,14	10,2	10,29	10,37	10,45	10,53	10,60
150	10,68	10,76	10,84	10,91	10,9	11,07	11,15	11,23	11,30	11,38
160	11,46	11,54	11,62	11,70	11,7	11,86	11,93	12,01	12,09	12,17
170	12,25	12,33	12,41	12,49	12,5	12,65	12,72	12,80	12,88	12,96
180	13,04	13,12	13,20	13,28	13,3	13,44	13,51	13,59	13,67	13,75
190	13,83	13,91	13,99	14,08	14,1	14,24	14,32	14,40	14,49	14,57
200	14,65	14,73	14,82	14,90	14,9	15,07	15,15	15,24	15,33	15,41
210	15,50	15,58	15,66	15,75	15,8	15,92	16,00	16,09	16,17	16,26
220	16,34	16,42	16,51	16,59	16,6	16,76	16,85	16,93	17,02	17,10
230	17,19	17,27	17,35	17,44	17,5	17,61	17,69	17,78	17,86	17,95
240	18,03	18,11	18,20	18,28	18,3	18,45	18,54	18,62	18,71	18,79
250	18,88	18,96	19,04	19,13	19,2	19,30	19,32	19,47	19,55	19,64
260	19,72	19,80	19,89	19,97	20,0	20,14	20,23	20,31	20,40	20,48
270	20,57	20,65	20,73	20,82	20,9	20,99	21,07	21,16	21,24	21,33

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи «Експериментальне визначення теплових втрат через ізоляцію трубопроводу та коефіцієнта теплопровідності ізоляційного матеріалу»
за курсами «Тепломасообмін», «Облік та вимірювання»,
«Теоретичні основи теплотехніки» та «Енергетичні установки ТЕС»
для студентів енергетичних, машинобудівних та механіко-технологічних спеціальностей усіх форм навчання

Укладачі: ПЕРЕСЬОЛКОВ Олександр Романович
ГОРДІЄНКО Олена Петрівна

Роботу до видання рекомендував проф. Братута Е.Г.
Відповідальний за випуск Шульгін Ю.В.
Редактор Шпільова О.І.

План 2014 р., поз. 139

Підп. до друку 19.11.14. Формат 60 × 841/16. Папір друк.

Riso-друк. Гарнітура Таймс. Ум друк. арк.

Наклад 100 прим. Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХП», 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21.
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 3657 від 24.12.2009 р.

Друкарня НТУ «ХП» 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21.