

ність приладів, що застосовуються при обстеженні трубопроводу, до однієї універсальної моделі.

ПРД "Модус" складається з малогабаритного комп'ютера та багатофункціонального перетворювача, які розміщені в спільному міцному водонепроникному корпусі з клавіатурою та контрастним дисплеєм, що дає чітке зображення за будь-яких умов освітлення, навіть уночі (за рахунок підсвітки дисплею та клавіш). Незважаючи на велику кількість сервісних функцій, ПРД "Модус" має низьке споживання енергії. Гнучка структура ПРД "Модус" та наявність допоміжних програм дозволяють застосувати для вибраного методу вимірювань відповідну програмну конфігурацію. ПРД "Модус" дозволяє визначити рівень поляризаційного потенціалу за результатами вимірювань із короткими проміжками значень різниці потенціалів "труба-земля", різниці потенціалів ґрунту в режимі тактового відключення струму поляризації, а також визначити рівень корозійної агресивності ґрунту шляхом вимірювання електричного опору ґрунту.

ПРД "Модус" має ряд переваг перед "MoData": легкий, малогабаритний, простий в обслуговуванні, комплектується змінними "модулями пам'яті" (МП) (192 Кбайт), має додатковий вхід для зовнішнього джерела живлення, можливість розширеного коментаря та заголовків (зв'язок з GPS тощо).

ПТП "Модус" – це датчики-синхронізатори для тактових відключень струму поляризації засобів катодного захисту з високоточною температурно-компенсованою кварцовою базою та можливістю ручної чи автоматичної синхронізації з ПРД "Модус" та іншими ПТП "Модус". Внутрішня схема ПТП "Модус" дозволяє зберігати такт синхронізації при відключенні напруги живлення та передбачає

підзарядку акумуляторів у процесі роботи.

ПРД "Модус" використовуються для дослідження струмів розсіювання (блукаючих), які виникають на трубопроводі від впливу інших установок і споруд та для визначення стабільності роботи засобів катодного захисту. Вимірювання і запис електродних потенціалів здійснюється у енергонезалежний МП в режимі реального часу. ПРД "Модус" дозволяє без обов'язкового програмування, як у приладі "Logger", включатися в програму роботи, а завдяки табло є можливість контролювати записувану інформацію, що в польових умовах є суттєвою перевагою перед приладами, для яких необхідний зв'язок із комп'ютером.

Запропонована система "Модус" дозволяє з мінімальними витратами часу виконати необхідний комплекс робіт при діагностичному обстеженні трубопроводу.

На основі оцінки стану засобів протикорозійного захисту та корозійного стану трубопроводу прогнозується довготривалість його роботи, визначаються оптимальні строки ремонту, обслуговування та інтервалів між обстеженнями.

Таке поєднання технологій має перспективу завдяки високій продуктивності та ефективності виконуваних об'ємів обстежень.

1. ГОСТ 9.602-89. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии. 2. ГОСТ 25812-83. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии. 3. Пленарные доклады Девятой Международной деловой встречи "Диагностика-99". Т. 1. - М.: ИРЦ Газпром. - 1999. - С. 85.

УДК 536.532

## НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ В ТЕРМОМЕТРІЇ

© Гук О. П., 2002

НВО "Термоприлад", м. Львів

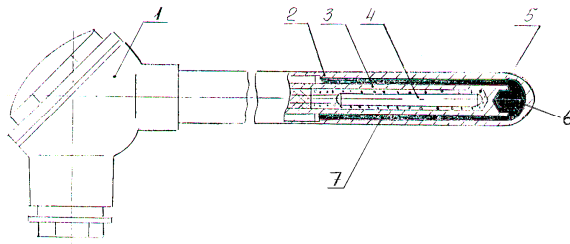
**Досліджено питання неруйнівного контролю термоперетворювачів із змінними вимірювальними вставками. Встановлено зв'язок між параметрами вимірювального середовища та конструкцією термоперетворювача.**

Термоперетворювачі (перетворювачі термоелектричні та термоперетворювачі опору), як правило, експлуатуються в умовах впливу високих температур, механічних навантажень (тиск, вібрація), а також агресивних середовищ.

Часто термоперетворювачі забезпечують контроль температури в умовах неперервного технологічного процесу, коли не допускається порушення герметичності з'єднання термоперетворювача з ви-

мірювальним об'єктом. В цьому випадку використовують термоперетворювачі розбірної конструкції (рис. 1).

Такі термоперетворювачі мають змінну вимірювальну вставку, захисний чохол і головку для підключення вторинних приладів. Для досягнення бажаних динамічних характеристик змінна вимірювальна вставка повинна щільно прилягати до захисної гільзи.



1 – передня головка; 2 – захисна гільза; 3 – вимірювальна вставка; 4 – чутливий елемент; 5 – легкоплавкий метал; 6 – капсула легкоплавкого металу; 7 – проміжок між кінцем вставки і захисним чохлам

Рис. 1. Термоперетворювач розбірної конструкції

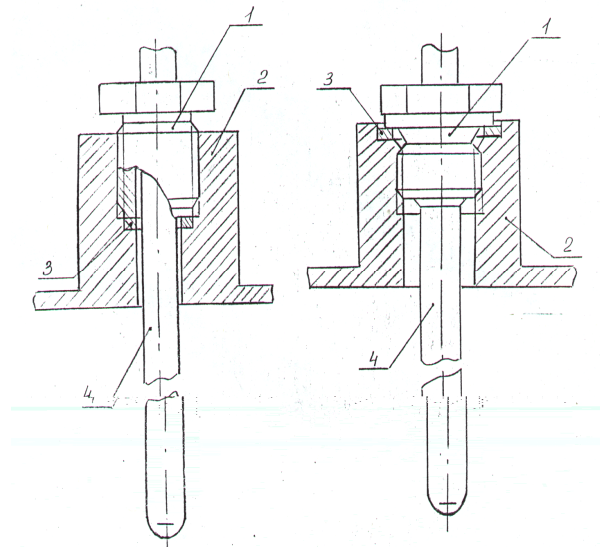
Після тривалої експлуатації, в результаті впливу робочої температури і агресивного середовища відбувається “схоплювання” вимірювальної вставки і захисного чохла, що затрудняє витягування захисної вставки. Такі термоперетворювачі мають велику інерційність, оскільки теплопередача від захисного чохла до змінної вимірювальної вставки проходить в місці контакту торцевої поверхні змінної інерційної вставки і дна захисного чохла. Для покращання динамічних характеристик термоперетворювачів із змінними вимірювальними вставками було запропоновано в повітряний проміжок між зовнішньою поверхнею вставки і внутрішньою поверхнею захисного чохла в області чутливого елемента вводити рідку фазу легкоплавкого матеріалу. Найбільш придатними для цих цілей виявились індій та галій. Вимірювальну вставку виконують у вигляді трубчатого пакету, який в кінці має місце для встановлення чутливого елемента, в зовнішньому заглибленні оболонки якого поміщається капсула легкоплавкого металу.

На рис. 1 зображено загальний вигляд термоперетворювачів з частковим розрізом в кінці захисного чохла 2.

Під впливом робочої температури метал капсули 6 переходить в рідку фазу, яка заповнює проміжок 7 між кінцем вставки і захисним чохлам.

Наявність в цьому проміжку рідкої фази металу замість повітря, покращує теплопередачу від захисної гільзи до змінної вимірювальної вставки, що зменшує інерційність приблизно на 20 %, а також полегшує заміну вимірювальної вставки. Фіксація самої вимірювальної вставки до захисного чохла може здійснюватися за допомогою різьбового штуцера.

Другою проблемою при експлуатації термоперетворювачів розбірної конструкції є забезпечення герметичності різьбового з'єднання термоперетворювача з об'єктом вимірювання (рис. 2).



а) б)  
1- штуцер, 2- посадочне гніздо, 3- прокладка, 4- захисна арматура

Рис. 2. Монтаж термоперетворювачів

Основними параметрами, що характеризують таке з'єднання, є допустимий надлишковий тиск і температура вимірювального середовища, які для різьбових з'єднань визначаються моментом затяжки, матеріалом прокладки, пружністю деталей з'єднання, якістю ущільнюючих поверхонь, конструктивними розмірами.

Попередній розрахунок різьбового з'єднання встановлює момент затяжки і допустимий надлишковий тиск середовища [1].

Використовуючи стандартний гайковий ключ можна отримати при максимально великих довжинах і граничних зусиллях ручної затяжки діапазон можливих значень моменту затяжки. З іншого боку момент затяжки різьбового з'єднання визначається формулою:

$$M_3 = 0,5 \cdot Q \cdot d \cdot \left( \frac{S}{\pi \cdot d} + f \right), \quad (1)$$

де  $M_3$  – момент затяжки,  $Q$  – зусилля попередньої затяжки,  $d$  – діаметр різьби,  $S$  – крок різьби,  $f$  – коефіцієнт тертя в різьбі.

Зусилля попередньої затяжки, з врахуванням забезпечення герметичності з'єднання рекомендується розраховувати за формулою:

$$Q = \pi \cdot k \cdot D \cdot B \cdot q + \frac{\pi}{4} \cdot (1 - \lambda) \cdot D^2 \cdot p, \quad (2)$$

де  $D$  – середній діаметр прокладки;  $B$  – ширина прокладки;  $\lambda$  – коефіцієнт податливості;  $p$  – надлишковий тиск середовища;  $k$  – коефіцієнт, що враховує характер роботи з'єднання ( $k=1$  – для з'єднань, що працюють при статичних навантаженнях;  $k=1,5$  – для

з'єднань з металічними прокладками, що піддаються впливу циклічних навантажень);  $q$  – контактний тиск, що залежить від матеріалу прокладки і дорівнює для міді - 240 МПа, пароніту - 32 МПа, фібри – 50 МПа; алюмінію – 80 МПа, залізо – Армко – 250 МПа [2].

З метою перевірки результатів попереднього розрахунку експлуатаційних параметрів (момент затягування, допустимого надлишкового тиску і температури середовища) були проведені експериментальні дослідження різьбових з'єднань [3] термоперетворювачів. Типи з'єднань показані на рис. 2. Для герметизації різьбових з'єднань використовувались прокладки з міді і заліза – Армко.

За результатами випробувань встановлена залежність моменту затяжки від надлишкового тиску при використанні прокладок з різних матеріалів. Випробування показали, що найбільші моменти затяжки, що забезпечують герметичність з'єднання, необхідні при використанні прокладок з заліза – Армко. Відмінність між моментами затяжки при використанні мідних і алюмінієвих прокладок не суттєва.

Рекомендовані значення моментів затяжки в залежності від діаметра різьби штуцера наведені в табл. 1. Проведені дослідження показали, що значення надлишкового тиску, що утримується різьбовим з'єднанням термоперетворювача, значно перевищує значення допустимого надлишкового тиску, яке вказується в технічній документації.

Це дозволяє зробити висновок, що при правильному виборі моменту затягування (табл. 1) руйнування захисного чохла є більш імовірним, ніж порушення герметичності з'єднання термоперетворювача з об'єктом вимірювання температури.

Таблиця 1 – Рекомендовані значення моментів затягування термоперетворювачів

Діаметр різьби штуцера, мм	Момент затягування, Нм	
	Прокладки з алюмінію або міді	Прокладки з заліза – Армко
M12×1,5	20	25
M16×1,5	35	45
M20×1,5	50	60
M27×2,0	100	120
M32×2,0	130	160
M39×2,0	150	200

Результати випробувань термоперетворювачів, що серійно випускаються, а також аналіз статистич-

них даних в реальних умовах експлуатації дозволили встановити допустимі параметри вимірювального середовища: температуру, надлишковий тиск, технічний ресурс.

Виходячи з строку служби термоперетворювача (100000 год.) встановлено наступні допустимі механічні навантаження на захисні чохла (табл. 2). Результати досліджень дозволяють зробити висновок, що визначення значення робочого тиску по ГОСТ 356-80, яке вказується в технічній документації на термоперетворювачі, є дещо заниженим, а це дає можливість використовувати існуючі конструкції термоперетворювачів в більш жорстких умовах експлуатації.

Таблиця 2 - Допустимі механічні навантаження на захисні чохла ТП

Марка сталі або сплаву	Розмір захисного чохла, мм	Монтажна довжина, мм	Умовний тиск, МПа	Надлишковий тиск при 600°C, МПа	Допустима швидкість потоку, м/с		
					повітря, пара	вода	
12X18H10T 08X13	10×1	160	10	2	25	3	
		250	10	2	25	3	
		400	9.5	2	25	3	
12X18H10T 15X25T	16×2,2	160	32	9	40	5	
		250	32	9	40	5	
		400	32	9	40	5	
12X18H10T 15X25T XH45Ю	20×2,5	160	32	10	40	5	
		250	32	10	40	5	
		320	32	10	40	5	
12X18H10T 08X13	8×0,8	160	1	-	-	-	
		250	1	-	-	-	
		400	1	-	-	-	
12X18H10T XH45Ю	Конус		120	63	10	60	5
	D	d					
	33	8					
	24	13					

1. Линеверг Ф. Измерение температур в технике. – М.: Металлургия, 1980. – 544 с. 2. Проектирование датчиков для измерения механических величин. Под ред. Осадчего Е. П. - М.: Машиностроение, 1979. – 595 с. 3. Гук А., Лах В., Яковенко С. Исследования прочности термопреобразователей // Проблемы прочности. - 1988. – № 12. – С. 27-29.