

НОРМАТИВНІ ВИМОГИ ЩОДО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ КОРОЗІЙНОГО СТАНУ ПІДЗЕМНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

© Олесь Чабан¹, Лариса Юзевич² 2013

1. Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, кафедра медичної інформатики, вул. Пекарська, 69, 79010, Львів, Україна
2. Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра “Метрологія, стандартизація та сертифікація”, вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

Розроблено рекомендації щодо поєднання в нормативному документі вимог контролю ступеня захищеності підземних трубопроводів із сталі в корозійному середовищі з позицій електрохімії і механіки деформівного твердого тіла

Разработаны рекомендации относительно объединения в нормативном документе требований, касающихся контроля степени защищенности подземных трубопроводов из стали с позиций электрохимии и механики деформируемого твердого тела

Recommendations in relation to combination in the normative document of requirements in relation to control of degree of security of underground pipelines from steel in a corrosive environment from positions of electrochemistry and mechanics of deformable solid are worked out

Аналіз сучасних тенденцій в галузі забезпечення надійності підземних трубопроводів (ПТ) із сталі дозволило виявити ряд недоліків, пов'язаних з недостатньою актуальністю нормативно-технічних документів (НТД), оскільки не враховані всі особливості протикорозійного захисту.

Підземні трубопроводи функціонують в специфічних корозійних умовах агресивного впливу ґрунтового середовища, що зумовлює необхідність протикорозійного захисту. Ефективність протикорозійного захисту визначає надійність ПТ. Вид захисту диктується техніко-економічними особливостями. При розробці проектів приймається до уваги наявність або відсутність блукаючих струмів, корозійна агресивність ґрунтів на трасі прокладання ПТ, тип протикорозійної ізоляції і її стан. Задачі оцінювання ресурсу ізоляції та металу ПТ є досить складними, оскільки залежать від багатьох причин. Основні з них – якість ізоляції і її взаємодія з оточуючим ґрунтом. На якість ізоляції впливає якість матеріалів, якість процедури очищення труб, реалізація заходів щодо захисту ізоляції від пошкоджень в процесі прокладання труб і в процесі експлуатації ПТ.

Стандарти щодо забезпечення надійності сталевих ПТ бажано удосконалювати. Проте вони повинні враховувати критерії і принципи розрахунку параметрів, які були в минулому [1]. Особливу увагу слід звернути на інформацію, представлену в електрохімічних критеріях, а також в критеріях, які стосуються адгезійної міцності покриття [1,2].

Зв'язок проблеми з науковими та практичними завданнями:

Практичне завдання: Доцільно доповнити систему існуючої нормативної документації уточненою інформацією про адгезійні особливості покриття. Ступінь агресивності середовища щодо трубопровідної системи оцінюють за допомогою показників корозійних ефектів для металу (сталі), які визначають особливості руйнування металу, а також умови відшарування покриття.

Наукове завдання. З метою удосконалення наявної науково-технічної документації необхідно розробляти нові методики і засоби моніторингу підземних трубопроводів, які враховували би послідовність технологічних операцій, що забезпечують якість і довговічність сталевих конструкцій при виготовленні, монтажі, нанесенні якісних покриттів та наступній експлуатації в ґрунтовому електроліті. Розуміння цих операцій дозволить оцінювати якість процедур діагностики стану конструкції і прогнозування умов корозійного розтріскування під напругою (КРН) або стрес-корозійного розтріскування (СКР) металу труби.

Аналіз останніх досліджень і публікацій з даної проблеми:

Ступінь корозійної агресивності режиму експлуатації встановлюють для конкретних об'єктів залежно від макрокліматичного району і категорії розміщення конструкцій за ГОСТ 15150-69 та СОУ ЖКГ 41.00-35077234.010:2008 з урахуванням технологічного характеру і марки матеріалу конструктивних елементів [3,4]. У праці [2] конкретизовано електрохімічні критерії, з допомогою яких визначають схильність ПТ. Розглянуто новий підхід щодо оцінювання корозійних явищ в дефектах магістральних трубопроводів [5].

Зокрема, запропоновано для оцінювання адгезії покриття на поверхні трубопроводу використовувати три параметри: міцність зчеплення покриття з поверхнею матеріалу (власне адгезію), міцність на розтяг захисного покриття (когезійну міцність покриття) і міцність на розтягування матеріалу труби, що

захищається [5]. Завдяки такому підходу доповнено систему існуючої нормативної документації уточненою інформацією про ступінь агресивності корозійного середовища (зокрема, ґрунтового електроліту) з урахуванням інтегрального критерію оцінювання біокорозійної агресивності ґрунтів, який враховує крім електроопору також чисельність найбільш корозійно небезпечних груп мікроорганізмів і елементи хімічного складу ґрунтів.

Сумісне використання критерію теорії тріщин (який відображає зв'язок порогового значення коефіцієнта інтенсивності напружень K_{ISCC} з роботою пластичної деформації в розрахунку на одиницю новоствореної поверхні при поширенні тріщини P_{PL} і перенапруженням анодної реакції ζ) і критерію міцності Гріфітса-Орована дозволяє досить детально з позицій електрохімії, фізики поверхневих процесів і механіки руйнування вивчати механізми поширення корозійних тріщин в ПТ, що знаходяться в агресивних середовищах.

Включення стандартів ДСТУ 4219-2003 і ДСТУ Н Б В.2.3-21:2008 разом з інформацією праці [5] в систему нормативної документації дозволяє частково регламентувати оцінювання міцності, довговічності і залишкового ресурсу ПТ з експлуатаційними дефектами, на які впливає агресивне корозійне середовище.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. В праці [5] не враховано методики, які би визначали місця пошкодження ізоляційного покриття, дозволяли вимірювати поляризаційні потенціали по всій довжині ПТ, корозійну активність ґрунту та швидкість залишкової корозії металу (сталі) в дефектах захисного покриття, визначати величини та напрямки струму, що протікає по ПТ.

Об'єкт досліджень – поверхневі шари металу трубопроводу з нанесеним ізоляційним покриттям.

Предмет досліджень – нормативні документи, які допоможуть контролювати технічний стан підземного трубопроводу, а також проводити кількісні оцінювання корозійних параметрів та характеристики міцності металу і покриття.

Формулювання задачі. В основі досліджень – аналіз нормативних документів, які допоможуть прогнозувати корозійне руйнування металу, що ініціюється і розвивається на зовнішній поверхні трубопроводу. Вважається, що труба покрита ізоляційним покриттям і знаходиться в умовах катодного захисту при одночасному впливі механічних навантажень і корозійного середовища (ґрунтового електроліту).

Основна частина

Розглядаємо корозійне розчинення металу (сталі) на зовнішній поверхні труби, покритій тонким ізоляційним шаром, в умовах катодного захисту при одночасному впливі механічного навантаження і корозійно-активного середовища [5]. Корозійне середовище моделюємо водним розчином електроліту з різним значенням водневого показника рН.

Використання стандарту ISO 12944:1998 «Лаки і фарби – захист від корозії сталевих конструкцій системами захисних покриттів» дозволяє встановлювати вимоги до захисних покриттів з урахуванням періоду наступного ремонту. При цьому рівень руйнування покриття до першого повного ремонтного фарбування повинен бути погоджений зацікавленими сторонами та встановлений у процесі контролю у відповідності зі стандартами ISO 4628-8:2005 і ДСТУ 4219-2003 [6,7].

Як основні критерії ступеня захищеності ПТ від електрохімічної корозії використаємо фундаментальні показники: поляризаційний E_p та корозійний E_c потенціали, швидкість ґрунтової корозії i_c (густину електричного струму), швидкість залишкової корозії i_{KO} металу трубопроводу [8].

ПТ умовно розглядаємо як металевий електрод із захисним покриттям у розчині ґрунтового електроліту. При вмиканні зовнішнього джерела струму (установки катодного захисту – УКЗ) рівновага електрохімічних реакцій, проходять на відкритій поверхні металу при потенціалі E_c , змінюється [8]. При цьому поляризаційний потенціал трубопроводу E_p зміщується на величину ΔE_p в негативну область. Взаємозв'язок потенціалів виражається співвідношенням [8]:

$$\Delta E_p = |\bar{E} - \Delta E_s - E_s|, \quad (1)$$

де \bar{E} – сумарний електрохімічний потенціал, який при увімкненій УКЗ повинен дорівнювати захисному потенціалу ΔE_s ; ΔE_s – омична складова потенціалу. Сумарний потенціал включає крім поляризаційної складової ΔE_p також омичну складову ΔE_s , яка обумовлена падінням потенціалу на захисному покритті та анодному заземлювачі. Слід відзначити, що поляризаційний потенціал локалізується в межах подвійного електричного шару (ємності C_D) на поверхні труби та визначає швидкість протікання корозійних процесів згідно з рівняннями:

$$i_{KO} = i_c \cdot 10^{E_s}; \quad E_* = \frac{\bar{E}_c - \bar{E}_p}{b_a}; \quad (2)$$

$$i = i_c (10^{E_z} - 10^{-E_z}); \quad E_z = \frac{E - E_c}{b_a}. \quad (3)$$

Тут i_c – швидкість ґрунтової корозії металу; \bar{E}_c – корозійний потенціал; \bar{E}_p – поляризаційний потенціал; i , b_a – густина струму і тафелевський нахил анодної поляризаційної кривої відповідно.

При катодній поляризації ПТ виконується умова $i_a < i_{cor}$, де i_a – густина анодного струму, i_{cor} – густина струму корозії [9]. Зниження i_a досягають шляхом накладання катодного поляризуючого струму з густиною i_p . Ефективність катодного захисту оцінюють на основі використання відомих відношень – коефіцієнта гальмування корозії g , а також ступеня захисту P [9]:

$$g = \frac{i_{cor}}{i_a}, \quad P = 1 - \frac{1}{g}. \quad (4)$$

Для контролю за станом металу і параметрами (4) використовується електрохімічна мікропроцесорна система (ЕХМС) [8]. З допомогою ЕХМС проводять корозійний моніторинг ПТ і визначають: місця пошкодження ізоляційного покриття, корозійну активність ґрунту, швидкість залишкової корозії металу трубопроводу у дефектах захисного покриття, проводять вимірювання поляризаційного потенціалу по всій довжині трубопроводу. ЕХМС необхідна для обстеження труб в зонах впливу блукаючих струмів, вимірювання різниці потенціалів між ПТ та сусідніми металевими спорудами, для визначення величини та напрямку струмів, що протікають по трубопроводу [8].

За допомогою ЕХМС виконується обстеження системи електрохімічного захисту підземних та наземних комунікацій. До складу ЕХМС входять такі прилади та пристрої [8]:

блок ЕХМС для вимірювання захисного, поляризаційного потенціалів ПТ та градієнта потенціалів, швидкості ґрунтової та швидкості залишкової корозії металу;

корозійний зонд – сенсор для визначення швидкості корозії (струмів) та електрохімічного потенціалу;

пристрій для заглиблення корозійного зонда; мідносульфатні електроди порівняння;

з'єднувальні кабелі;

переривачі струму, що синхронізуються на струм до 50 А;

система GPS (глобального супутникового позиціонування) — для визначення координат контрольної точки.

Методика оцінювання корозійного стану ПТ за допомогою ЕХМС дозволяє [8]:

визначати місця пошкодження ізоляційного покриття з точністю $\pm 0,5$ м на різних рівнях залягання трубопроводу;

визначати корозійний та поляризаційний потенціали, потенціал з омичною складовою відносно насиченого мідно-сульфатного електрода порівняння, поздовжнього градієнта потенціалів по всій довжині трубопроводу;

визначати швидкість ґрунтової корозії металу труби в діапазоні $[10^{-5} \div 5 \text{ мм/рік}]$;

визначати швидкість залишкової корозії металу труби в дефекті захисного покриття у діапазоні $[10^{-5} \div 5 \text{ мм/рік}]$;

прогнозувати корозійний стан металу труби під захисним покриттям, що відшарувалося.

Вимірювальний блок (ВБ) ЕХМС відповідає наступним технічним вимогам [8]:

електроживлення від акумуляторної батареї; час безперервної роботи без додаткового заряджання – не менше 12 год;

кількість незалежних вимірювальних каналів – 5, з яких два канали – для вимірювання потенціалів, в тому числі корозійний та поляризаційний, один канал – для вимірювання градієнта потенціалів; два канали – для вимірювання швидкості (струмів) ґрунтової корозії металу труби;

діапазон вимірювання різниці потенціалів становить ± 10 В;

діапазон вимірювання градієнтів потенціалів – ± 1 В;

захист від перенапруги на вході вимірювальних каналів;

пам'ять ВБ містить інформацію, яка відповідає результатам більше ніж 2000 вимірювань;

додатково до значень вимірюваних фізичних параметрів пам'ять ВБ містить інформацію про відстань від реперної точки та текстовий коментар (не менше 100 символів);

величини, що вимірюються, відстань від реперної точки та текстові коментарі відображаються на індикаційному табло; пам'ять ВБ не залежить від елементів живлення; через інтерфейс та стандартний порт дані передаються на ЕОМ;

вхідний опір ВБ при вимірюванні потенціалів – 10 МОм/В.

Заглиблення корозійного зонда дорівнює 2,5 м; довжина ділянки, що обстежується, – 1000 м при одноразовому встановленні апаратури. Комплекс ЕХМС у нормальних умовах використання працює не менше 12 год. Система за захищеністю від впливу навколишнього середовища має звичайне виконання за ГОСТ 12997-84 група С3 для експлуатації у діапазоні температур – $5 \div 40$ °С та при відносній вологості до 95 % [8].

Основним критерієм корозійного стану трубопроводу вважають швидкість залишкової корозії металу (густина струму) для ПТ в дефекті ізоляційного покриття і розраховують за формулою (2).

Ці чотири величини i_c , \bar{E}_c , \bar{E}_p , b_a (2) визначаються в польових умовах при проведенні корозійного моніторингу ПТ за допомогою ЕХМС.

Для визначення дефектів у захисному покритті трубопроводу використовують один з трьох методів: метод оцінювання розподілу поляризаційного потенціалу E_p , метод оцінювання розподілу сумарного потенціалу E , метод оцінювання градієнта потенціалу $gradE$.

Згідно методики [8] визначають наступні величини: E_p , E , та $\text{grad}E$, зокрема:

$$\text{grad}E = \frac{\Delta \bar{E}}{L}, \quad (5)$$

де $\Delta \bar{E}$ – різниця потенціалів між двома електродами порівняння; L – відстань між двома електродами порівняння при вимірюванні градієнта потенціалу.

Всі три величини E_p , E , та $\text{grad}E$ вимірюють за допомогою високоомного вольтметра [8].

При вимірюванні E_p використовується мідносльфатний електрод (МСЕ) порівняння.

На рисунку подано блок-схему комп'ютерної програми для аналізу інформації, отриманої в результаті корозійного моніторингу підземного трубопроводу.



Рисунок. Блок-схема комп'ютерної програми для аналізу інформації, отриманої в результаті корозійного моніторингу підземного трубопроводу (σ_m – міжфазний натяг, γ_m – міжфазна енергія, A_{ad} – робота адгезії, γ_{ad} – енергія адгезійних зв'язків)

Важливим елементом комп'ютерної програми є підпрограма, яка дає результати розрахунку енергетичних характеристик міжфазних шарів: σ_m – міжфазного натягу, γ_m – міжфазної енергії, A_{ad} – роботи адгезії, γ_{ad} – енергії адгезійних зв'язків, ємності C_D подвійного електричного шару.

Фізичні величини $\sigma_m, \gamma_m, A_{ad}, \gamma_{ad}, C_D$ можна розрахувати на основі методик, поданих у працях [10,11].

На основі запропонованої моделі [10] проведено розрахунок ємності C_D на границі метал (сталь) – розчин водного електроліту. Для розрахунків електроємності й ефективної товщини подвійного електричного шару межі розділу «електролітичне водне середовище – метал» використано наступні числові значення характеристик матеріалу (сталь-3) [10-13]: густина електронів провідності далеко від поверхні $\omega_0 = 8,5 \cdot 10^{28} \text{ 1/m}^3$; коефіцієнт Пуассона $\nu = 0,27$; модуль Юнга $E = 210 \text{ ГПа}$; питома густина $\rho = 7880 \text{ кг/м}^3$. Фізичні характеристики водного розчину електроліту (концентрація NaCl – 1 моль на літр): поверхневі енергія і натяг $\gamma_e = 0,0728 \text{ Дж/м}^2$; $\sigma_{he} = 0,0728 \text{ Н/м}$ [14]. Механічні характеристики водного середовища поблизу поверхні металу близькі до характеристик льоду $\nu_e = 0,2$; $E_e = 1,3 \text{ ГПа}$ [15].

Поверхневі енергію γ та натяг σ_h сталі визначимо за даними праці [16] на основі методу екстраполяції, з допомогою лінійних залежностей:

$$\sigma_h = 1,366 - 0,00056 \cdot (T - T_0); \quad \gamma = 1,366 - 0,00056 \cdot (T - T_0); \quad T_0 = 1400 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\frac{\Delta\sigma_h}{\Delta T} = 0,00056 \frac{\text{Н}}{\text{м} \cdot \text{К}}; \quad \frac{\Delta\gamma}{\Delta T} = 0,00056 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}. \quad (6)$$

Тут $\Delta\sigma_h/\Delta T$, $\Delta\gamma/\Delta T$ – температурні коефіцієнти змін поверхневого натягу та поверхневої енергії відповідно.

В результаті для сталі при $T=20$ °С отримаємо: $\gamma = 0,593$ Дж/м², $\sigma_h = 0,593$ Н/м.

З допомогою співвідношень праць [10,11], використовуючи метод розкладу за малим параметром, для межі між сталлю і водним розчином електроліту (концентрація NaCl – 1 моль на літр) отримано: механічний $\xi\gamma_2 = 0,195$ Дж/м² і електричний $\gamma_1 = 0,325$ Дж/м² складники міжфазної енергії γ_m .

Позначивши ємність міжфазного електричного конденсатора C_D , за допомогою формул [10]

$$\gamma_1 = (Q_1^S)^2 / (2 \cdot C_D), \quad C_D = \varepsilon_0 \cdot k / 2, \quad d_\xi = 2 / k, \quad (7)$$

знаходимо

$$Q_1^S = 0,269 \text{ Кл/м}^2, \quad k = 2,513 \times 10^{10} \text{ 1/м}; \quad C_D = 111 \text{ мФ/м}^2, \quad d_\xi = 0,08 \text{ нм}; \quad \Delta\psi = 2,42 \text{ В}. \quad (8)$$

Тут Q_1^S – заряд обкладки подвійного електричного шару (в околі межі «розчин електроліту – метал»); d_ξ – ефективна товщина подвійного електричного шару; k – параметр, який характеризує питому електроємність подвійного електричного шару; $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – електрична постійна; $\Delta\psi$ – стрибок потенціалу напруженості електричного поля в межах подвійного електричного шару.

При розрахунках параметрів (8) враховано зміщення Z_b подвійного електричного шару в глибину металу (сталі). Для зміщення Z_b використовуємо відому формулу [12]:

$$Z_b = (3/(4k_f))(\pi/2 + (E_f/E_v - 1)\arctg(E_v/E_f)^{1/2} - (E_f/E_v)^{1/2}). \quad (9)$$

Тут Z_b – ширина подвійного електричного шару на поверхні металу; E_f – енергія Фермі; E_v – робота виходу електрона з металу; k_f – хвильовий вектор Фермі. Числове значення для заліза (Fe) становить $Z_b = 0,0242$ нм [11]. Порівнюємо Z_b , d_ξ і отримаємо відношення $d_\xi/Z_b = 3,31$.

Для оцінювання міжфазного натягу σ_m , міжфазної енергії γ_m , роботи адгезії σ_{ad} та енергії адгезійних зв'язків γ_{ad} використовують співвідношення [11,12]:

$$\sigma_m = \sigma_h - \sigma_{he}; \quad \gamma_m = \gamma - \gamma_e; \quad \sigma_{ad} = \sigma_{he} + \sigma_h - \sigma_m; \quad \gamma_{ad} = \gamma + \gamma_e - \gamma_m. \quad (10)$$

Перший вираз у (10) для σ_m – це відоме співвідношення Антонова, а другий для γ_m записано аналогічно [12]. Крім того, при розрахунку енергетичних характеристик міжфазних шарів використано відоме в науковій літературі припущення, що поверхневі натяги та енергії твердих тіл і рідин приблизно рівні між собою (за абсолютною величиною), оскільки більш точних даних немає, а ті числові дані, що існують в даний час, можуть відрізнитись і в деяких працях такі відмінності досягають 80÷100 % [12].

На основі (10) для системи «сталь – водний розчин електроліту» отримано:

$$\sigma_m = 0,52 \text{ Н/м}; \quad \gamma_m = 0,52 \text{ Дж/м}^2; \quad \sigma_{ad} = 0,146 \text{ Н/м}; \quad \gamma_{ad} = 0,146 \text{ Дж/м}^2. \quad (11)$$

З використанням (11) розраховано відношення величин: $z_\sigma = \sigma_m/\sigma_{ad} = 3,56$; $z_\gamma = \gamma_m/\gamma_{ad} = 3,56$.

На основі комп'ютерної програми (рисунок) концептуально визначено функціональну структуру системи управління протикорозійним захистом ПТ. До складу системи входять наступні інформаційні функції: 1) відбір, збереження і відображення інформації, що отримується під час проведення комплексних корозійних обстежень 2) визначення місць пошкодження ізоляції і діагностика корозійного стану трубопроводу засобами корозіометрії та адгезіометрії; 3) визначення оптимальних режимів роботи установок катодного захисту; 4) прийняття рішень щодо ефективного функціонування ПТ.

РЕЗУЛЬТАТИ І ВИСНОВКИ

Запропоновано для оцінювання ступеня захищеності підземних трубопроводів від електрохімічної корозії використовувати фундаментальні показники: поляризаційний E_p та корозійний E_c потенціали, швидкість ґрунтової корозії i_c (густину електричного струму), швидкість залишкової корозії i_{KO} металу трубопроводу. Ефективність катодного захисту запропоновано оцінювати на основі використання коефіцієнта гальмування корозії g , а також ступеня захисту P .

Для контролю за станом металу і параметрами пропонується використовувати електрохімічну мікропроцесорну систему (ЕХМС).

Подано блок-схему комп'ютерної програми для аналізу інформації, отриманої в результаті корозійного моніторингу підземного трубопроводу. В комп'ютерній програмі, що є основою для використання засобів корозіометрії та адгезіометрії, передбачається поєднати інформацію про електрохімічні та фізико-механічні процеси, від яких залежить корозійний стан металу трубопроводу.

Важливим елементом комп'ютерної програми є підпрограма, яка дає результати розрахунку енергетичних характеристик міжфазних шарів: σ_m – міжфазного натягу, γ_m – міжфазної енергії,

A_{ad} – роботи адгезії, γ_{ad} – енергії адгезійних зв'язків, ємності C_D подвійного електричного шару.

Запропоновано для оцінювання адгезії покриття на поверхні трубопроводу використовувати три параметри: міцність зчеплення покриття з поверхнею матеріалу (власне адгезію), міцність на розтяг захисного покриття (когезійну міцність покриття) і міцність на розтягування матеріалу труби.

Наведено співвідношення, з допомогою яких пропонується досліджувати міжфазний шар у системі «метал (сталь) – розчин електроліту» з урахуванням міжфазного натягу і міжфазної енергії в околі межі розділу середовищ. Для параметрів міжфазного шару, які відповідають металу (сталі) і водному розчину електроліту (концентрація NaCl – 1 моль на літр) розраховано числове значення питомої ємності ($C_D = 111$ мФ/м²) і ефективну відстань ($d_{\varepsilon} = 0,08$ нм) між пластинами поверхневого конденсатора (подвійного електричного шару), роботу адгезії $\sigma_{ad} = 0,146$ Н/м, стрибок електричного потенціалу $\Delta\psi = 2,42$ В (потенціалу напруженості електричного поля), а також енергію адгезійних зв'язків $\gamma_{ad} = 0,146$ Дж/м² на границі розділу між водним електролітичним середовищем та металом.

Отримані в даній праці результати розрахунку фізичних величин пропонується використовувати як тестові приклади для оцінювання енергетичних та корозійних характеристик міжфазних систем для різних марок сталі, які знаходяться в агресивних електролітичних корозійних середовищах різного складу.

Поєднання стандартів ДСТУ 4219-2003 (*Трубопроводи сталеві магістральні. Загальні вимоги до захисту від корозії*), ДСТУ Н Б В.2.3-21:2008 (*Визначення залишкової міцності магістральних трубопроводів із дефектами*) разом з інформацією праць [1-17], комп'ютерною програмою для аналізу інформації, отриманої в результаті корозійного моніторингу підземного трубопроводу (блок-схема проілюстрована на рисунку), а також доповненнями, представленими з допомогою співвідношень (1)-(11), в систему нормативної документації дозволить регламентувати оцінювання міцності, довговічності і залишкового ресурсу підземних трубопроводів з експлуатаційними дефектами, на які впливає агресивне електролітичне корозійне середовище.

На основі комп'ютерної програми (рисунок) концептуально визначено функціональну структуру системи управління протикорозійним захистом підземних трубопроводів і сформульовано основні інформаційні та керуючі функції організаційно-технологічного комплексу з урахуванням вимог до засобів корозіометрії та адгезіометрії.

1. Ориняк І. В. Основні особливості національного стандарту ДСТУ-Н Б В.2.3-21:2008 “Визначення залишкової міцності магістральних трубопроводів із дефектами” / І. В. Ориняк, А. Я. Красовський, М. В. Бородій // *Проблеми прочності*. – 2009. – № 5. – С. 18-27. 2. Поляков С. Г. Основні закономірності стрес-корозійного розтріскування магістральних газопроводів / С. Г. Поляков, А. О. Рибаків // *Проблеми прочності*. – 2009. – № 5. – С. 7-17. 3. ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. 4. Стандарт житлово-комунального господарства України. СОУ ЖКГ 41.00-35077234.010:2008. Захист протикорозійний. Загальні вимоги та методи контролювання. 5. Чабан О. Нормативні вимоги щодо захисту магістральних трубопроводів від корозії / О. Чабан, Л. Юзевич // *Вимірвальна техніка та метрологія*. – 2012. – № 73. – С. 122-127. 6. ISO 4628-8:2005. Paints and varnishes. Evaluation of degradation of coatings. Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance. Part 8: Assessment of degree of delamination and corrosion around a scribe. 7. ДСТУ 4219-2003. Трубопроводи сталеві магістральні. Загальні вимоги до захисту від корозії. – Київ, 2003. – 86 с. 8. Чвірук В. П. Електрохімічний моніторинг техногенних середовищ / В. П. Чвірук, С. Г. Поляков, Ю. С. Герасименко. – Київ: Академперіодика, 2007. – 223 с. 9. Красноярский В. В. Коррозия и защита подземных металлических сооружений / В. В. Красноярский, Л. Я. Цикерман. – М.: Высшая школа, 1968. – 296 с. 10. Джала Р. М. Термодинамічний підхід до контролю параметрів на границі сталь - водне середовище / Р. М. Джала, М. І. Мельник, Л. В. Юзевич // *Матеріали 17-ї міжнародної науково-технічної конференції “Електромагнітні та акустичні методи неруйнівного контролю матеріалів та виробів ЛЕОТЕСТ-2012”*. 20-25.02.2012. Славське Львівської області. – Львів, 2012. – С. 132-134. 11. Коман Б. П. Внутренние механические напряжения, термодинамические и адгезионные параметры в системе металлический конденсат–монокристаллический кремний / Б. П. Коман, В. Н. Юзевич // *Физика твердого тела*. – 2012. – Т. 54, вып. 7. – С. 1335-1341. 12. Сопрунюк П. М. Діагностика матеріалів і середовищ. Енергетичні характеристики поверхневих шарів / П. М. Сопрунюк, В. М. Юзевич. – Львів: ФМІ ім. Г. В. Карпенка НАН України, вид-во “СПОЛОМ”. – 2005. – 292 с. 13. Таблицы физических величин. Справочник / Под ред. И. К. Кикоина. – М.: Атомиздат, 1976. – 1006 с. 14. Федорова А. А. Поверхностное натяжение и адсорбция электролитов на границе раздела фаз водный раствор – газ / А. А. Федорова, М. В. Улитин // *Журнал физической химии*. – 2007. – Т. 81, № 7. – С. 1278-1281. 15. Дучков А. Д. Температурный режим оз. Байкал и связанные с ним внутренние напряжения и смещения в ледяной плите / А. Д. Дучков, В. Е. Истомин, С. А. Казанцев // *Физическая мезомеханика*. – 2007. – № 10. – С. 87-92. 16. Еланский Г. Н. Исследование угара железа в дуговых электропечах и изменения физических свойств стали при внепечной обработке / Г. Н. Еланский, М. В. Шишимиров, О. М. Сосонкин и др. // *Труды научных чтений “Физикохимия металлических расплавов”*. – Москва: ИМЕТ им. А. А. Байкова РАН, 2007. – С. 1-7. 17. Eustathopoulos N., Joud J.-C. Interfacial tension and adsorption of metallic systems // *Current Topics in Material Science*. – 1980. – Vol. 4. – P. 281–360.

Назва статті і автори на англійській мові.

**НОРМАТИВНІ ВИМОГИ ЩОДО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ
КОРОЗІЙНОГО СТАНУ ПІДЗЕМНИХ ТРУБОПРОВОДІВ
NORMATIVE REQUIREMENTS FOR CONTROL OF PARAMETERS OF
CORROSIVE STATE OF UNDERGROUND PIPELINES**

Olesya Chaban, Larysa Yuzevych

Розроблено рекомендації щодо поєднання в нормативному документі вимог контролю ступеня захищеності підземних трубопроводів із сталі в корозійному середовищі з позицій електрохімії і механіки деформівного твердого тіла

Recommendations in relation to combination in the normative document of requirements in relation to control of degree of security of underground pipelines from steel in a corrosive environment from positions of electrochemistry and mechanics of deformable solid are worked out