УДК 686.12.056

В. М. Юзевич

Фізико-механічний інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України

О. І. Огірко

Львівський державний університет внутрішніх справ

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ СТАНІВ ОБ'ЄКТІВ ІЗ СТАЛІ В МОРСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ ІЗ СІРКОВОДНЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛГЕБРИ АЛГОРИТМІВ

Розроблено інформаційну технологію відбору й опрацювання даних щодо оцінювання енергетичних характеристик міжфазних шарів та активаційних процесів, які характеризують метал (сталь) і динаміку корозійних процесів поблизу вершини каверни в морській води з сірководнем.

Інформаційна технологія, сталь, корозійні процеси, морська вода, сірководень

Освоєння значних покладів газу на великих глибинах утруднене через наявність у воді Чорного моря сірководню і відсутність даних про міцність такого важливого конструкційного матеріалу як сталь в умовах сумісної дії статичних та циклічних навантажень [3]. Для прогнозування корозійної поведінки металевих платформ із сталі в морській воді необхідний комплексний аналіз фізико-хімічних факторів, що характеризують швидкість корозії матеріалу в хлоридно-сульфідних середовищах, які містять сірководень, вуглекислий газ, кисень та інші агресивні хімічні компоненти. Зокрема, потрібно вимірювати корозійні струми, поляризаційні потенціали, механічні напруження, коефіцієнти інтенсивності напружень, деформації, розміри та швидкості поширення каверн, тріщин і на основі отриманої інформації розробити систему ефективного антикорозійного захисту конструкцій, що забезпечуватиме високий рівень екологічної безпеки.

Рекомендовані нами методи, моделі та інформаційні технології є теоретичною базою практичних аспектів аналізу корозійних процесів для оцінювання станів конструкційних матеріалів, які знаходяться в морській воді із сірководнем, зокрема в процесі експлуатації резервуарів і платформ у морській воді Чорного моря. Отримані результати дозволять підвищити достовірність рішень, що приймаються для забезпечення умов протикорозійного захисту конструкцій нафто- і газовидобувної промисловості.

У цій статті зосереджено увагу на розробленні інформаційної технології оцінювання параметрів конструкційних матеріалів (сталі різних марок), які знаходяться в хлоридно-сульфідних середовищах, з урахуванням моделювання

корозійних процесів на основі підходів нерівноважної термодинаміки, фізики поверхневих явищ, теорії планування експерименту, а також апарату підсистеми генерації програм з операцій теорії секвенційних алгоритмів.

Елементи методології оцінювання змін параметрів для корозійних процесів у системі «метал–електроліт» на основі підходів нерівноважної термодинаміки і фізики поверхневих явищ розглядалися в праці [16]. Запропоновано низку фізико-хімічних параметрів і відповідні співвідношення імітаційної моделі, які описують поведінку механічно навантаженого металу з позиції електрохімії з урахуванням енергетичних характеристик поверхневих шарів. У працях [6,9] викладено основні принципи та положення планування інженерного експерименту і методи побудови відповідних математичних моделей. У [10] реалізовано математичну модель підсистеми генерації програм з операцій теорії секвенційних алгоритмів.

Разом з тим не вирішено ряд задач загальної проблеми. Зокрема, задачі інформаційного забезпечення відбору й опрацювання даних щодо процедур вимірювання корозійних струмів, поляризаційних потенціалів, механічних напружень, коефіцієнтів інтенсивності напружень, деформацій, розмірів і швидкостей поширення тріщин і на цій основі розроблення оптимальної системи ефективного антикорозійного захисту трубопроводів, що забезпечуватиме високий рівень екологічної безпеки. Найбільш небезпечними на поверхні металів є корозійні процеси в околі каверн і тріщин, оскільки там утворюються гальванічні пари «катод–анод» [6].

Основним завданням нашої праці є розроблення інформаційної технології відбору й опрацювання даних, які характеризують корозійну ситуацію поблизу заповненої морською водою із сірководнем вершини каверни (тріщини) в зразках сталі.

Об'єкт досліджень – приповерхневі шари металу (сталі) в області, близькій до вершини тріщини, в яку проникає морська вода з домішкою сірководню (H_2S). Зовнішнє по відношенню до сталі корозійне середовище (морську воду) моделюємо водним розчином (електролітом), в якому розчинено кисень, водень, NaCl і сірководень.

Предмет досліджень – методи й алгоритми відбору та опрацювання даних, що забезпечать підвищення якості та надійності протикорозійного захисту об'єктів із сталі, які знаходяться в корозійному середовищі з сірководнем. Відзначені методи й алгоритми відбору та опрацювання даних і становитимуть основу нової інформаційної технології.

Інформаційна технологія оцінювання параметрів стану і корозійних процесів для платформ із сталі в морському середовищі з сірководнем включає такі основні дії: аналіз предметної області; вибір об'єкта дослідження та нормативної бази; призначення умов оцінювання; оцінювання параметрів станів об'єктів; формування звітних даних.

Описана методика оцінювання змін параметрів об'єктів із сталі, які знаходяться в корозійному середовищі із сірководнем в періоди нестабільності, є

зручним інструментом для прогнозування та розроблення відповідних пропозицій та рекомендацій технічного й економічного характеру.

В основі інформаційної технології важливі параметри корозійного захисту – коефіцієнт гальмування корозії і ступінь захисту P металевих конструкцій, які знаходяться в корозійному середовищі з сірководнем в умовах катодної поляризації.

Коефіцієнт гальмування корозії. При катодній поляризації зменшується густина струму анодного розчинення. При цьому виконується умова $i_a < i_{cor}$, де i_a – густина анодного струму, i_{cor} – струм корозії. Зниження i_a досягають шляхом накладання катодного поляризуючого струму з густиною i_p. Практично важливою є залежність між ними. Ефективність катодного захисту оцінюють на основі використання коефіцієнта гальмування корозії g, а також ступеня захисту P [2,8]:

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

Ураховуючи, що $i_p = i_k - i_a$ (i_k – густина катодного струму), густини струмів пов'язані між собою співвідношенням [2,8]

$$i_a \left(i_p + i_a\right)^2 = i_{cor}^3 . \tag{2}$$

У попередніх дослідженнях [2,8] було розглянуто можливості оцінювання коефіцієнта гальмування корозії, якщо реакція розчинення заліза на аноді описується відношенням тафелевих сталих, тобто $Fe \Rightarrow Fe^{2+} + 2e$. Але можлива також анодна реакція розчинення металу $Fe \Rightarrow Fe^{3+} + 3e$. Наявність двох типів частинок (Fe^{2+}, Fe^{3+}) у корозійних середовищах зовні сталевих трубопроводів, які знаходяться в умовах катодної поляризації, при моделюванні розчинення металу в основному не враховують. Умови виходу двох типів частинок (Fe^{2+}, Fe^{3+}) у корозійне середовище (морську воду з сірководнем) можуть впливати на коефіцієнт гальмування, а також інші параметри. Відповідні дослідження є не тільки актуальними, але й громіздкими. Тому для них необхідно розробити сучасний варіант комп'ютерної технології, про який йдеться в даній праці.

Розв'язок (2) дозволяє оцінити зменшення густини анодного струму i_a (залишкової корозії) залежно від густини струму поляризації i_p при певних значеннях i_{cor} за умов, коли метал розчиняється з активного стану при відсутності концентраційної поляризації [2]. З отриманого розв'язку для заданого відношення $A = i_p / i_{cor}$ розраховується відповідне значення коефіцієнта гальмування.

Наступною важливою умовою є забезпечення для об'єктів у морській воді достатньої міцності. Традиційні критерії міцності необхідно модифікувати.

Активація електрохімічних процесів в околі вершини корозійної каверни. Утворення окислу в околі вершини каверни (тріщини) можливе внаслідок взаємодії металу (Me) з іонами гідроксилу OH^- [4], а також молекулами H_2S:

$$n \cdot Me + 2mOH^{-} \Rightarrow Me_nO_m + m \cdot H_2O + 2m \cdot q_0, \quad (3)$$

де q_0 = 1,6×10^{-19} С – елементарний заряд (заряд електрона); n, m – натуральні числа.

Рівноважний потенціал утворення окислу заліза E_p^{MeO} залежить від рівноважного потенціалу (електродного) процесу E_p і кислотності pH середовища [4]:

$$E_p^{MeO} = E_p + 0{,}826 - 0{,}059 \cdot pH\,. \quad (4)$$

Тут значення потенціалів виражені у вольтах.

У результаті розв'язання в циліндричних координатах (r, θ, z) задачі розподілу механічних напружень в області каверни отримано наближене співвідношення для нормованих напружень [4]:

$$\alpha_1 = max(\overline{\sigma}_1) = max(\sigma_{\theta\theta}(r,z,\pi/2)/\sigma_1) = 1 + 2 \cdot \overline{b}^{\overline{a}/(\overline{a}+0{,}25)}, \quad (5)$$

де $\overline{a} = a/H$, $\overline{b} = b/H$; θ =π/2 у вершині каверни (у початку координат; d=2a і b – діаметр та глибина каверни; a/R<0,1; H/R<0,05; H – товщина труби (b<<H).

Енергетичний баланс у процесі поширення корозійної тріщини можна подати так само, як у ситуації корозійного розтріскування: робота пластичної деформації – P_{PL}, зміна початкового запасу енергії W_{zp}, виділення енергії в процесі електрохімічної реакції W_{ec} [4]:

$$P_{PL} = W_{zp} + W_{ec} = \frac{K_1^2(1-\nu^2)}{E} + \frac{z_{si}F\rho}{\zeta} \cdot \frac{\delta}{M}, \quad (6)$$

де K_1 — коефіцієнт інтенсивності напружень; ρ – густина матеріалу; z_{si} – формальний заряд сольватованих іонів; F = 96500 C/gr-mol – постійна Фарадея; δ – висота фронту тріщини, що насувається; M – молекулярна маса металу; ζ – перенапруження анодної реакції. Величиною поверхневої енергії в (6) можна нехтувати, оскільки порівняно з роботою пластичної деформації вона мала P_{PL} [4].

При пороговому значенні коефіцієнта інтенсивності напружень K_{1SCC}, тобто при мінімальному значенні K_1, що відповідає початку поширення корозійної тріщини, рівняння (6) набуває наступного вигляду [4]:

$$K_{1SCC} = \sqrt{\frac{E}{1-\nu^2} \cdot \left(\frac{P_{PL} - z_{si}F\rho\delta\zeta}{M}\right)} = \sqrt{C_{k1}(P_{PL} - C_{k2} \cdot \zeta)}, \quad (7)$$

де $C_{k1} = \dfrac{E}{M(1-\nu^2)}$; $C_{k2} = \dfrac{z_{si}F\rho\delta E}{M(1-\nu^2)}$.

З виразу (7) видно, що P_{PL}, ζ – основні величини, від яких залежить K_{1SCC}. Зменшення значення роботи пластичної деформації P_{PL} відбуватиметься в результаті збільшення або межі текучості, або швидкості механічного зміцнення у вершині тріщини. У результаті кожен з цих чинників при постійному значенні ζ знижуватиме величину K_{1SCC} і, отже, ступінь опору щодо поширен-

ня корозійної тріщини [4]. Збільшення перенапруження анодної реакції ζ (потенціал металу стає більш електропозитивним) при певному значенні роботи пластичної деформації P_{PL}, згідно із співвідношенням (7), призводитиме до пониження опору поширенню тріщини. Величина анодного перенапруження ζ є функцією електрохімічних умов усередині тріщини, і, відповідно, умови поширення корозійної тріщини залежатимуть від *pH* (водневого показника) розчину електроліту, активності аніонів, електродного потенціалу E_p, хімічного складу металу, поверхневого натягу і поверхневої енергії поблизу вершини тріщини умов формування пасивувального шару [4].

Напруження, що виникають у металі, і швидкість зростання корозійного дефекту пов'язують за допомогою співвідношень нерівноважної термодинаміки [16]. Деформація металу ε (ε – перший інваріант тензора деформацій) розглядається на стадії лінійного зміцнення, коли дислокації шикуються і рухаються в системі паралельних площин ковзання за відсутності поперечного ковзання. З математичних міркувань випливає ряд феноменологічних рівнянь, що відображають взаємозв'язок процесів пластичної деформації і стрес-корозії в металах. Такі рівняння при одночасному процесі деформування і електрохімічної корозії набувають такого вигляду [4]:

$$J_d = L_A A + L_B \zeta; \quad I_C = L_C \varepsilon + L_d \zeta, \tag{8}$$

де J_d – густина потоку дислокацій (дислокаційний струм); I_C – густина електричного струму при корозії; A – узагальнена сила (хімічна спорідненість процесів створення і руху дислокацій); феноменологічні коефіцієнти: L_A – характеризує провідність; L_d – характеризує поляризованість електроду; $L_C = L_B$ регулюють ступінь взаємного впливу деформації та електрохімічної корозії і виражають кількісно явище механохімічного ефекту. Фізичний сенс цього коефіцієнта (L_C) полягає в зміні хімічного потенціалу металу в результаті його пластичної деформації, пов'язаної з ослабленням міжатомних зв'язків у місцях скупчення дислокацій.

Використаємо базову концепцію механіки корозійного руйнування конструкційних матеріалів. Згідно з цією концепцією, стан зони передруйнування матеріалу в околі вершини тріщини можна описати такими групами параметрів [4]: $P_j(\sigma)$ – параметри, що характеризують напружено-деформований стан матеріалу і є функціями прикладених до тіла зовнішніх зусиль, яким відповідають напруження σ (σ – перший інваріант тензора механічних напружень); $L_n(\tau)$ – параметри, які визначають у часі τ фізико-хімічні процеси, що проходять між деформованим металом і корозійним середовищем; $B_m(s)$ – параметри, що характеризують стан поверхонь матеріалу «*s*», які є до руйнування й утворюються під час руйнування. Швидкість локального корозійного руйнування матеріалу (тобто розвитку корозійної тріщини, котра виникне у вершині каверни) подамо так само, як для корозійно-втомної тріщини [4]:

$$\frac{da}{d\tau} = f(C_i, P_j(\sigma), L_n(\tau), B_m(s)), \tag{9}$$

де a – характерний лінійний розмір тріщини в напрямку її поширення; C_i – константи, що характеризують систему «матеріал (метал) – корозійне середовище»; i, j, n, m – 1, 2, 3, …. Наближено для зони передруйнування металу (сталі) співвідношення (9) подамо у вигляді

$$\frac{da}{d\tau} = f(E, \nu, K_1, pH, E_p, W_S, \sigma_S, \gamma_S), \tag{10}$$

де E, ν, K_1, pH, E_p, W_s, σ_s, γ_s – параметри; W_s, σ_s – поверхневі енергія та натяг; $\gamma_s = \gamma_s(W_s)$ – питома робота пластичної деформації на одиницю поверхні тріщини при утворенні нової деформаційно активованої поверхні. Параметр γ_s входить у відому формулу Гріфітса-Орована [11]:

$$\sigma_* = \sqrt{\frac{2E(W_S + \gamma_S)}{\pi \cdot a(1-\nu^2)}}, \quad \sigma_* = \sqrt{\frac{2E(W_S + \gamma_S)}{\pi \cdot a}}, \tag{11}$$

Тут перша формула записана для плоскої деформації, друга – для плоского напруженого стану; σ_* – критичне напруження ($\sigma_* = \sigma_T$, σ_T – границя текучості).

Аналогічно, як в [11], подамо оцінки довжин пластичних зон в околі вершини тріщини:

$$d = 0{,}578\frac{K_1^2}{\pi \cdot \sigma_T^2}, \qquad d_* = \frac{\pi \cdot K_1^2}{8 \cdot \sigma_T^2}, \tag{12}$$

де d і d_* – характерні розміри для плоскої деформації і плоского напруженого.

Для оцінювання граничного стану матеріалу (сталі) поблизу вершини каверни (тріщини) в умовах складного напруженого стану використовуємо критерій Губера-Мізеса (для σ_i – інтенсивності напружень) або Кулона-Треска (для σ_τ – максимального дотичного напруження) [12]:

$$\sigma_i = \frac{\sqrt{2}}{2}\sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2} = const; \;\; \sigma_\tau = \tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = const, \tag{13}$$

в яких σ_1, σ_2, $\sigma_3 = \sigma_{zz}$ – головні напруження.

Для моделювання особливостей пластичного деформування у вершині каверни (тріщини) використаємо інтегральну характеристику швидкості процесу, що призводить до розриву тіла, тобто "довговічність" (τ_d) – час між моментом прикладання навантаження і моментом розриву тіла. Цей час обернено пропорційний середній швидкості процесу руйнування [14]:

$$\tau_d(\sigma, T) = \tau_0 \, exp\frac{U_0 - \gamma_d \cdot \sigma}{kT}, \tag{14}$$

де k – постійна Больцмана; $\tau_0 \sim 10^{-13}$ с – час, за порядком величини близький до періоду коливань атомів у твердих тілах (періоду коливань максимальної частоти в дебаєвському спектрі); U_0 – показник, що характеризує енергію активації розриву міжатомних зв'язків і практично збігається з енергією дисоціації речовини (металу); $\gamma = q \times V_a$, де V_a – активаційний об'єм в елементарному

акті дисоціації, q – коефіцієнт (безрозмірний) локальних механічних перенапружень (досягає за рахунок мікродефектів у реальних тілах значень 10÷100 і вище, що й характеризує відмінність експериментальної величини міцності від теоретичної) [16]. Зокрема, для сталі (заліза) $U_0 = 4{,}4$ еВ, $V_a = 1{,}2\times10^{-2}$ нм$^{-3}$ [14]. Необхідно відзначити, що U_0 близька до енергії сублімації W_{subl} більшості металів, яка для заліза набуває значення $W_{subl}(Fe) = 4{,}2$ еВ.

Пластичне деформування металу супроводжується послідовними елементарними актами розриву напружених міжатомних зв'язків у результаті флуктуацій теплової енергії атомів. Залежність (14) увійшла до науки про міцність (руйнування) як формула Журкова [14].

Процесу електрохімічної (корозійної) реакції в системі «метал – електроліт» відповідають густини анодного i_a й катодного i_k струмів, які характеризують швидкості окислення та відновлення [7]:

$$i_a = k_1 \exp(-w_a /(RT)) ; \;\; i_k = k_2 C \exp(-w_k /(RT)). \qquad (15)$$

Тут k_1 , k_2 – константи швидкостей анодної та катодної реакцій; C – концентрація (активність) іонів металу (окислювача) в приелектродному шарі електроліту; w_a , w_k – енергії активації анодної та катодної реакцій; $R = 8{,}31$ J/(g-mol×K) – універсальна газова стала; T – абсолютна температура. У вираз для i_a (15) в наявному вигляді не входить концентрація атомів металу, оскільки вона під час реакції практично не змінюється і включена в константу k_1.

Енергії активації електрохімічного процесу з урахуванням стрибка потенціалу напруженості електричного поля в подвійному електричному шарі $\Delta\Psi_e$, змін, викликаних кривизною поверхні, електродного потенціалу $\Delta\Psi_s$ і механічним навантаженням $\Delta\Psi_p$, запишемо у вигляді

$$w_a = w_{0a} - \alpha z F(\Delta\Psi_e + \Delta\Psi_s + \Delta\Psi_p); \;\; w_k = w_{0k} + (1-\alpha) z F(\Delta\Psi_e + \Delta\Psi_s), \qquad (16)$$

де α , $(1-\alpha)$ – коефіцієнти переносу; z – валентність іона; w_{0a} , w_{0k} – постійні величини для конкретних умов системи «метал – корозійне середовище (електроліт)». Зв'язок w_a , w_k з параметром $\Delta\Psi_e$ подано у монографії [1], але разом з тим відзначено, що експериментально визначити $\Delta\Psi_e$ неможливо. У [17] наведена методика теоретичного оцінювання $\Delta\Psi_e$ для металів. Зокрема, для сталі (заліза) $\Delta\Psi_e = 5{,}3$ В. У [7] у виразі для w_a фігурує $\Delta\Psi_p$, а у виразах для w_a , w_k – рівноважний електродний потенціал E_{p*}. Таким чином, вирази для w_a , w_k (16) більш загальні і конкретизовані порівняно з аналогічними співвідношеннями в (10), (11). Методику оцінювання зміни електродного потенціалу $\Delta\Psi_s$, викликаного кривизною поверхні, і відповідний конкретний приклад для металевого тіла з порожниною еліптичного перерізу наведено в праці [15]. На основі числових розрахунків встановлено, що перевищення електродного потенціалу у вершині еліпса порівняно з коловим отвором більше в 5 разів [15].

Як відзначено у монографії [5], поверхня, заповнена пасивною плівкою, має властивості катодної області, а ювенільна поверхня поблизу вершини каверни (тріщини) є анодною. Як відомо [13], корозійна тріщина поширюється

стрибками малої довжини. Для оцінювання ефективного часу цих стрибків доцільно використати співвідношення типу (14), розглянувши умови дислокаційної релаксації (J_d), на які впливають точкові дефекти і міжвузлові атоми [16].

Отже, у результаті проведених досліджень запропоновано низку фізико-хімічних параметрів і співвідношень (1)–(16), які характеризують метал і середовище поблизу вершини корозійної каверни (тріщини). За допомогою їх можна провести оцінювання електричних і механічних енергетичних величин та фізико-хімічних характеристик матеріалів у системі «метал – електроліт». Основна увага зосереджена на потоках дислокацій і корозійних струмах, від яких залежать зміна форми каверни (тріщини) та швидкість її просування в умовах пластичного деформування.

На основі співвідношень (1)–(16) розроблено інформаційну технологію відбору й опрацювання даних щодо оцінювання енергетичних характеристик міжфазних шарів та активаційних процесів, які характеризують метал (сталь), середовище і динаміку корозійних (анодного та катодного) процесів поблизу вершини каверни в корозійному середовищі типу морської води з сірководнем.

У перспективі з використанням накопичених на основі експериментальних досліджень даних можна прогнозувати корозійну поведінку металевих платформ із сталі в морській воді, підданих дії механічного навантаження.

1. Антропов Л. И. Теоретическая электрохимия / Л. И. Антропов. – М.: Высш. шк., 1975. – 560 с. 2. Визначення параметрів корозійного стану ділянки підземного трубопроводу / [Джала Р., Дикмарова Л., Савула С. та ін.] // Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів: у 2-х т. / Спецвип. журн. “Фізико-хімічна механіка матеріалів”. – Львів: ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАНУ, 2006. – Т.1, №5. – С. 305–309. 3. Вплив умов навантаження на опірність конструкційних сталей корозійно-механічному руйнуванню в сірководневовмісних розчинах [Похмурський В., Хома М., Круцан Г., Чучман М.] // Механіка руйнування матеріалів і міцність конструкцій; під заг. ред. В. В. Панасюка. – Львів: ФМІ ім. Г. В. Карпенка НАНУ, 2009. – С. 765–770. 4. Джала Р. Енергія активації деформованого металу поблизу вершини корозійної каверни / Р. М. Джала, В. М. Юзевич, М. І. Мельник М., О. М. Семенюк // Наукові нотатки: міжвузів. зб. – Луцький нац. техн. ун-т. – Луцьк: Вид. ЛНТУ. – 2011. – № 31. – С. 114–119. 5. Дмитрах І. М. Вплив корозійних середовищ на локальне руйнування металів біля концентраторів напружень / І. М. Дмитрах, В. В. Панасюк. – Львів: ФМІ ім. Г. В. Карпенка НАНУ, 1999. – 342 с. 6. Засименко В. М. Основи теорії планування експерименту / В. М. Засименко. – Львів: Вид-во Держ ун-ту «Львівська політехніка», 2000. – 205 с. 7. Колодій Б. І. Вплив енергії деформації металу на його взаємодію з корозійним середовищем / Б. І. Колодій // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2002. – №2. – С. 71–75. 8. Красноярский В. В. Коррозия и защита подземных металлических сооружений / В. В. Красноярский, Л. Я. Цикерман. – М.: Высш. шк., 1968. – 296 с. 9. Монтгомери Д. К. Планирование эксперимента и анализ данных / Д. К. Монтгомери: пер. с англ. – М.: Мир, 1981. – 520 с. 10. Огірко О. І. Реалізація математичної моделі підсистеми генерації програм з операцій теорії секвенційних алгоритмів / О. І. Огірко // Комп’ютерні технології друкарства: зб. наук. пр. – Львів: УАД. – 2004. – №8. 11. Панасюк В. В. Основы механики разрушения / Панасюк В. В., Андрейкив А. Е., Партон В. З. – К.: Наук. думка, 1988. – 488 с. 12. Писаренко Г. С. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии / Г. С. Писаренко, А. А. Лебедев. – К.: Наук. думка, 1976. – 416 с. 13. Сакара А. Математичне моделювання процесів руйнування металевих матеріалів за механічного навантаження і дії водневих і корозійних середовищ / Сакара А., Банахевич Ю., Лохман І. // Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів: у 2-х т. / Спецвип. журн. «Фізико-хімічна механіка матеріалів». – Львів: ФМІ ім. Г. В. Карпенка

НАНУ, 2010. – Т. 1, № 8. – С. 120–124. 14. Слуцкер А. И. Характеристики элементарных актов в кинетике разрушения металлов / А. И. Слуцкер // Физика твердого тела. – 2004. – Т. 9, №46. – С. 1606–1613. 15. Стащук М. Розрахунок зміщення електродного потенціалу, зініційованого пружним полем, на межі еліптичного отвору із середовищем / М. Стащук, Л. Журавчак, М. Дорош // Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів: у 2-х т. / Спецвип. журн. «Фізико-хімічна механіка матеріалів». – Львів: ФМІ ім. Г. В. Карпенка НАНУ, 2010. – Т. 1, №8. – С. 49–54. 16. Юзевич В. Моделювання корозійних процесів у системі «метал–електроліт» з урахуванням дифузійного імпедансу / В. Юзевич, І. Огірко, Р. Джала // Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології. – 2011. – Вип. 13. – С. 173–181. 17. Юзевич В. М. Діагностика матеріалів і середовищ. Енергетичні характеристики поверхневих шарів /В. М. Юзевич, П. М. Сопрунюк. – Львів: ФМІ ім. Г. В. Карпенка НАНУ; Сполом, 2005.–292 с.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ИЗ СТАЛИ В МОРСКОЙ СРЕДЕ ИЗ СЕРОВОДОРОДОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГЕБРЫ АЛГОРИТМОВ

Разработана информационная технология отбора и обработки данных относительно оценивания энергетических характеристик междуфазных слоев и активационных процессов, которые характеризуют металл (сталь) и динамику коррозионных процессов вблизи вершины каверны в морской воде из сероводородом.

INFORMATION TECHNOLOGY ASSESSMENT OBJECT STATE OF STEEL IN THE MARINE ENVIRONMENT OF HYDROGEN SULFIDE USING ALGEBRA ALGORITHMS

Information technology of selection and working of data in relation to the evaluation of power descriptions of interface layers and activating processes that characterize a metal (steel) and dynamics of corrosive processes near-by the top of cavity in marine water with the sulphuretted hydrogen is presented.

Стаття надійшла 12.10.2012

УДК 519.76: 81.37

О.С. Ляшко, І.З. Миклушка

Українська академія друкарства

ПОДАННЯ СЕМАНТИКИ ТЕКСТУ ЧЕРЕЗ ЙОГО СТАТИСТИЧНІ ПОКАЗНИКИ

Проаналізовано методи поданих текстових документів в інформаційно-пошукових системах. Окреслено можливості відтворення змісту тексту через його статистичні показники.

Семантика тексту, статистичні показники, наукові тексти, семантичний пошук, векторна модель тексту