

УДК 624.012.46:620.193.2

В.О. Бондар, д.т.н., професор

Л.В. Бондар, к.т.н., доцент

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ОЦІНКА СТАЦІОНАРНИХ ЕЛЕКТРОДНИХ ПОТЕНЦІАЛІВ АРМАТУРИ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ЇЇ ЕЛЕКТРОХІМІЧНІЙ КОРОЗІЇ

Обґрунтовується можливість використання теорії можливостей для оцінки стаціонарних електродних потенціалів арматури залізобетонних конструкцій при електрохімічній корозії.

Ключові слова: *арматура залізобетонних конструкцій, стаціонарний електродний потенціал, оцінка стаціонарного потенціалу.*

УДК 624.012.46:620.193.2

В.О. Бондар, д.т.н., професор

Л.В. Бондар, к.т.н., доцент

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

ОЦЕНКА СТАЦИОНАРНЫХ ЭЛЕКТРОДНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ АРМАТУРЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ЕЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ КОРРОЗИИ

Обосновывается возможность использования теории возможностей для оценки стационарных электродных потенциалов арматуры железобетонных конструкций при электрохимической коррозии.

Ключевые слова: *арматура железобетонных конструкций, стационарный электродный потенциал, оценка стационарного потенциала.*

UDC 624.012.46:620.193.2

V.A. Bondar, ScD, Professor

L.V. Bondar, PhD, Associate Professor

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

ESTIMATE OF THE STATIONARY ELECTROLYTIC POTENTIALS OF THE ARMATURE'S REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTIONS IN THE TIME OF ITS ELECTROCHEMICAL ALTERATION

The opportunity of using the theory of opportunities for the estimation of the stationary electrolytic potentials of the armature's reinforced concrete construction in the time of its electrochemical alteration is proved.

Keywords: *the armature's reinforced concrete constructions, the stationary electrolytic potential, the estimate of the stationary electrolytic potential.*

Вступ. Заміри електродних потенціалів арматури залізобетонних конструкцій використовуються для оцінки її електрохімічної корозії.

Строгого обґрунтування числа незалежних замірів потенціалів немає, а враховуючи те, що заміри необхідно проводити в умовах експлуатації конструкцій, то їх число по об'єктивним причинам буває недостатнім для повного статистичного аналізу.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Заміри потенціалів на залізобетонних конструкціях відносно переносного мідно – сульфатного електрода порівняння використовують для побудови карти розподілу потенціалів арматури [1, 2], по яких знаходять анодні ділянки на арматурі залізобетонних конструкцій. Заміри виконують, переставляючи електрод по поверхні конструкції [2]. Передбачається, що в місцях, де потенціал від'ємніше – 350 мВ, сталь знаходиться в активному стані, в інтервалі -350 до -200 мВ імовірність пасивного стану 50% і де більше - 200 мВ сталь пасивна.

Корозійний стан арматури в залізобетонній конструкції можливо виявити також, заміряючи потенціали між двома мідно-сульфатними електродами порівняння, які переміщуються по поверхні бетону із визначеним кроком [3].

Виділення нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми.

Всі відомі методи направленні на отримання якісних результатів – існує чи відсутня корозія. Тому в розрахунках глибини корозії ці дані, де необхідні більш точні значення потенціалів, не можуть бути використані.

Можливості використання методів оцінки замірів електродних потенціалів арматури при електрохімічній корозії, що базується на обмеженій інформації, залишаються недослідженими.

Постановка завдання. В роботі [5] запропонована і апробована експериментальна залежність для визначення корозійних витрат перерізу арматури балкових залізобетонних конструкцій, що експлуатуються в умовах агресивних середовищ із нормальними тріщинами. Основними чинниками в даній залежності є стаціонарні електродні потенціали арматури в тріщині і поза нею.

В даних умовах неможливо використати методи математичної статистики, наприклад, інтервальну оцінку, а середні значення, дисперсія результатів замірів не можуть бути об'єктивними.

Все це потребує використання інших методів оцінки замірів в таких випадках. В даній роботі зроблена спроба використати теорію малої вибірки для оцінки стаціонарних електродних потенціалів арматури залізобетонних конструкцій.

Основний матеріал і результати. Для оцінки замірів стаціонарних потенціалів при обмеженій інформації можуть бути використані методи на основі теорії можливостей [6]. Замість випадкової величини вводиться поняття нечіткої змінної, яка характеризується одночасно двома

функціями розподілу (розподілу можливостей Q і необхідністю N реалізації події).

В більшості випадків функції розподілу можливостей мають вид

$$\pi_x(x) = \exp\{-[(x - a)/b]^2\}, \quad (1)$$

де a і b – параметри розподілу, які визначаються із виразів:

$$\begin{aligned} a &= 0,5(X_{\max} + X_{\min}); \\ b &= 0,5(X_{\max} - X_{\min})/\varepsilon_\alpha; \\ \varepsilon_\alpha &= \sqrt{-\ln\alpha}; \quad 0 < \alpha < 1; \end{aligned}$$

α – рівень зрізу або рівень ризику, котрим задаються;

X – розглядається як нечітка множина [7].

Значення елементів цієї множини, наприклад, результати замірів потенціалів позначаються X_i , тобто $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$.

В якості конкретного прикладу розглянемо результат кількох паралельних замірів стаціонарних потенціалів арматури в одній точці залізобетонної конструкції. Нехай отримані наступні результати замірів:

$$X = \{280, 275, 270\} \text{ мВ}$$

задаємося $\alpha = 0,01$, тоді:

$$\begin{aligned} \varepsilon_\alpha &= \sqrt{-\ln 0,01} = 2,15; \\ a &= 0,5(280 + 270) = 275 \text{ мВ}; \\ b &= 0,5(280 - 270)/2,15 = 4,65 \text{ мВ}. \end{aligned}$$

Таким чином, функція розподілу можливостей приймає вид:

$$\pi_x(x) = \exp\{-[(x - 275)/4,65]^2\}.$$

Визначимо, яка можливість того, що значення потенціалу є 271 мВ. Так як $x = 271 \text{ мВ} < a = 275 \text{ мВ}$, то можливість того, що значення потенціалу буде 271 мВ, рівна 1. Однак в теорії можливостей вводиться ще поняття необхідності, яке визначається із виразу

$$N = 1 - Q,$$

де Q – можливість того, що потенціал не дорівнює 271 мВ.

Так як $x < a$, то Q по (1) дорівнює $\pi_x(x)$. Так, у нашому прикладі:

$$\begin{aligned} Q &= \pi_x(271) = \exp\{-[(271 - 275)/4,65]^2\} = 0,31, \\ N &= 1 - 0,31 = 0,69. \end{aligned}$$

Таким чином, можливість того, що потенціал буде 271 мВ, знаходиться в інтервалі $[0,69; 1]$.

Яка можливість значення потенціалу 271 мВ, якщо $\alpha = 0,5$.

Визначимо параметри функції розподілу можливостей, що залежать від α :

$$\begin{aligned} \varepsilon_\alpha &= \sqrt{-\ln 0,5} = 0,83; \\ b &= 0,5(280 - 270)/0,83 = 6,02 \text{ мВ}. \end{aligned}$$

Можливість того, що потенціал в даному випадку не дорівнює 271 мВ, буде:

$$Q = \exp\{-[(271 - 275)/6,02]^2\} = 0,64;$$

$$N = 1 - 0,64 = 0,36.$$

Таким чином, можливість того, що потенціал буде 271 мВ, знаходиться в інтервалі [0,36;1].

Із наведених прикладів видно, що не наклавши якихось обмежень на вибір ризику α , неможливо отримати надійні результати.

Щоб полегшити спеціалісту вибір значення α , розглянемо додаткові умови для звуження інтервалу [0;1].

Із залежності (1) видно, що із збільшенням α зростає функція $\pi_x(x)$ при одному й тому ж значенні x , наприклад при $x = X_{\max}$.

Щоб полегшити вибір α , знайдемо найбільш можливе його значення α_{\max} .

При замірах потенціалів $x > 0$ завжди існує деякий поріг його значення x_0 , нижче котрого він не може бути.

Корозія арматури характеризується значенням x і ступенем забезпечення цього значення інтервалом

$$[R, N = 1 - \pi_x(x)].$$

Знайдемо найбільше значення рівняння ризику α_{\max} при обмежених умовах

$$x \geq x_0, \alpha \leq \alpha_{\max},$$

використавши рівняння (1).

Щоб забезпечити значення

$$\pi_x(x_0) = \alpha_0 \text{ при } x_0,$$

необхідно знайти значення α_{\max} у параметрі

$$b = 0,5(X_{\max} - X_{\min})/\varepsilon_\alpha;$$

$$\varepsilon_\alpha = \sqrt{-\ln \alpha_{\max}}.$$

Тобто

$$b = (X_{\max} - X_{\min})/2\sqrt{-\ln \alpha_{\max}}.$$

Підставляючи в (1) $\pi_x(x_0) = \alpha_0$, при $x_0 = x$, a і b , отримаємо

$$\alpha_{\max} = \exp\{-(x_{\max} - x_{\min})^2(-\ln \alpha_0)/4(a - x_0)^2\}.$$

Обмеження при виборі значень ризику не є недоліком даного підходу для оцінки стаціонарних потенціалів, так як подібна невизначеність має місце і при великих вибірках, коли використовуються методи теорії ймовірностей у випадку інтервальної оцінки у вигляді довірчого інтервалу. Ширина довірчого інтервалу, як відомо, залежить від вибору значення довірчої ймовірності чи рівня значущості α , і різниця показників може бути суттєвою.

При використанні імовірнісного методу розрахунків будемо мати в даному прикладі:

середнє квадратичне відхилення :

$$S_x = 16,3 \text{ мВ.}$$

Вважаючи, що закон розподілу результатів нормальний (хоча це не очевидно) отримаємо із імовірністю 0,997 (по правилу трьох сигм), що практично все розсіювання випадкової величини включається в ділянку $(286,7 \pm 3 \cdot 16,3)$ мВ. В даному випадку маємо дуже великий розкид значень.

Висновки. При малому об'ємі замірів і наступній оцінці стаціонарних електродних потенціалів арматури залізобетонних конструкцій при її корозії можуть бути використані методи на основі теорії можливостей.

Досліджувана нечітка змінна в даному випадку характеризується функцією розподілу можливостей, можливістю і необхідністю реалізації події.

Література

1. Granvold, Erits. *Lacatisation of corrodins reinformcement by electrochemical potential surveys* // *Erits Granvold, Hans Arue. "Qual. Contr. Concr. Struct. RILEM Symp., Stocholm, 1979, Preps. vol.1"*,
2. Бондар, В.О. *Защита от коррозии надземных железобетонных конструкций катодной поляризацией; дис... д.т.н., В.О. Бондар. – Полтава: – 1994, 346 с.*
3. Пат. 2025713 *Российская Федерация, 5G01N 17/02. Медно-сульфатный электрод сравнения для коррозионного контроля железобетонных конструкций / Бондарь В.А. – 1994, Бюл.№24*
4. Бондар, В.О. *Розрахунок витрати площі перерізу розтягнутої арматури балкових залізобетонних конструкцій при попаданні агресивних розчинів в нормальні тріщини* // *В.О. Бондар, О.В. Степова Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2010. Вип. №37, С.60 – 66.*
5. Дюбуа, Д. *Теория возможностей. Приложение к представлению знаний в информатике / Д. Дюбуа, А. Прад. М.: Радио и связь, 1990: - 228 с.*
6. Cai K.Y. *Parameter estimations of normal variables // Fuzzy sets Syst. 1993.55. с.179-185*

*Надійшла до редакції 25.09.2013
© В.О. Бондар, Л.В. Бондар*