

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 51263-99. Полистиролбетон. Технические условия.
2. ГОСТ 25485-89. Бетоны ячеистые. Технические условия.
3. СНиП 2.03.01-84 «Бетонные и железобетонные конструкции» М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985.
4. Чиненков Ю.В. К расчету изгибаемых трехслойных конструкций из легких бетонов. Строительная механика и расчет сооружений. Научно-технический журнал. №5. 2008. - С 38-41.
5. Король Е.А. Трехслойные ограждающие железобетонные конструкции из легких бетонов и особенности их расчета: Монография. /М.: издательство АВС,2001.-256 с.

УДК (504.05 +504.06) 622.692.4

ОЦІНКА ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАГІСТРАЛЬНИХ НАФТОПРОВІДІВ

К.т.н., ст. викладач Степова О.В.

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка,
м. Полтава*

Існуюча система нафтопроводів України знаходиться в експлуатації в середньому від 20 до 42 років, залежно від терміну вводу в дію її складових. За час експлуатації значна частина магістральних нафтопроводів і технологічного обладнання вичерпала свій ресурс, неодноразово підлягала поточному та капітальному ремонтам і застаріла морально. Запроектовані й виготовлені відповідно до вимог нормативних документів, трубопроводи повинні бути стійкими до дії середовища. Але дефекти при виготовленні, ураження сприяють початку і розвитку корозійних процесів на трубопроводі.

Однією із найсерйозніших проблем експлуатації магістральних трубопроводів є їх аварійність – непередбачена відмова лінійної частини трубопроводу, що супроводжується катастрофічним впливом на навколишнє середовище.

Підвищення надійності експлуатації і обслуговування об'єктів нафтопроводів для забезпечення екологічно безпечного функціонування нафтопровідної системи досягається за рахунок постійного виконання комплексу робіт, до складу яких входить визначення залишкового ресурсу експлуатації об'єктів магістральних нафтопроводів. Такі конструкції потребують особливої уваги, періодичного моніторингу їх працездатності та оцінки залишкового ресурсу.

Тому, оцінка залишкового ресурсу магістральних нафтопроводів є актуальною, враховуючи те, що з кожним роком таких конструкцій стає все більше.

Аналіз останніх досліджень. Довговічність сталі у зв'язку з корозійними явищами вивчається давно. Аналіз літератури [1-6] показав, що прогнозування залишкового ресурсу трубопроводів являє собою багатofакторну задачу визначення гранично допустимого стану їх працездатності. На даний час не має обоснованих критеріїв гранично допустимого стану елементів магістральних трубопроводів, що знаходяться в експлуатації більше 200 тисяч годин, а також методів прогнозування залишкового ресурсу з необхідною достовірністю [2].

Існує нормативне забезпечення з безпечної експлуатації трубопроводів не регламентує у повному обсязі проведення комплексного аналізу стану трубопроводів для визначення їх залишкового ресурсу, так як не враховує технічні характеристики та параметри, що змінилися у процесі експлуатації під впливом експлуатаційних факторів, серед яких є корозійний знос [7].

Забезпечення екологічно безпечної експлуатації трубопроводів багато в чому є проблемою підвищення їхньої надійності та довговічності і є складним комплексним завданням, що містить у собі рішення технічних, технологічних, економічних й організаційних аспектів. Незважаючи на те, що цій проблемі присвячені численні дослідження вітчизняних і закордонних авторів, у цей час вона ще повністю не вирішена й багато питань залишаються відкритими [8, 9].

Існують пропозиції з оцінки залишкового ресурсу на ймовірнісних показниках щодо відмови конструкції. Але розглянуті методи відбивають загальні підходи до визначення залишкового ресурсу або потребують значних експериментальних досліджень для отримання статистичних характеристик деградаційних процесів на поверхні трубопроводу.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Залишається не розв'язаною проблема оцінки залишкового ресурсу безпечної експлуатації трубопроводу з врахуванням законів електрохімічної кінетики корозії металу трубопроводу. В даній ситуації визначення глибини корозії трубопроводу, а отже і залишкового ресурсу із використанням електрохімічних законів є конкретним підходом, що дозволить характеризувати цей процес.

Формулювання цілей роботи. Метою даної роботи є отримання залежностей для розрахунку залишкового ресурсу безпечної експлуатації трубопроводів на основі замірів електрохімічних характеристик трубопроводу при потраплянні електролітичних розчинів на ділянки, де порушена ізоляція трубопроводу.

Основна частина. Різноманітні обстеження трубопроводів показали, що термін їх екологічно безпечної експлуатації значною мірою залежить від

корозійної стійкості металу. Значна доля аварійності викликана корозійними процесами. Напрямок забезпечення безаварійної роботи підземних трубопроводів є захист їх поверхні від ґрунтової корозії. З цією метою поверхню трубопроводів захищають відповідними покриттями. В процесі експлуатації під дією зовнішніх шкідливих факторів захисне покриття руйнується. Практично ізоляційні покриття не забезпечують повного захисту підземного нафтопроводу, що пояснюється дефектами у самому покритті. Особливо небезпечна експлуатація нафтопроводів з ділянками де порушена ізоляція трубопроводу в умовах попадання на них електролітичних розчинів. Такі ділянки значно впливають на розвиток корозії трубопроводу, утворюючи умови для виникнення макрокорозійних пар. На підземних трубопроводах з ділянками, де порушена ізоляція, суттєво змінюються анодні і катодні поляризаційні характеристики сталі і як наслідок, потенціали сталі в цих місцях.

Відомо, що підземні трубопроводи являють собою типову багатоелектронну корозійну систему у вигляді розташованих по їх поверхні мікро-та макрогальванічних пар, ефективність роботи яких визначається величиною електричних потенціалів окремих ділянок трубопроводів. Виникнення корозійного струму між анодними і катодними ділянками обумовлено впливом цілого комплексу факторів. Практично умови для корозії поверхні нафтопроводів мають місце завжди. Висока агресивність ґрунту, наявність дефектів у ізоляції здатні значною мірою посилити корозійні процеси на зовнішній поверхні труби.

Все це вказує на те, що екологічна безпека вітчизняних нафтопроводів не забезпечується і потребує подальшого пошуку ефективних методів та заходів.

Як тільки встановлений факт порушення покриття, виникає питання прогнозування часу витoku нафти у зв'язку з корозією трубопроводу.

Рішення питань своєчасного виявлення корозії трубопроводу, визначення її швидкості і зони поширення пов'язано зі значними труднощами. Товщина стінки труби залежить від робочого тиску навантажень, структурних характеристик і запасу міцності, що включає допуск на рівномірну корозійну втрату. Запас міцності встановлюється в головному виходячи з наявного досвіду, хоча потрібне точне прогнозування процесу корозії трубопроводу після його засипання ґрунтом.

Одним із основних напрямків забезпечення екологічної надійності магістральних нафтопроводів є розробка методики оцінки залишкового ресурсу безпечної експлуатації нафтопроводів за допомогою моніторингу електрохімічних параметрів.

Відповідно до закону Фарадея корозійна втрата металу розраховується за формулою

$$M = KIt, \quad (1)$$

де M - маса металу, г; I - вихідний струм гальванопари, А; t - час; K - електрохімічний коефіцієнт металу, г/А год.

Замічено, що локальна корозійна виразка звичайно має круглу форму. Розглянемо корозійну виразку на трубі у вигляді рівностороннього конуса, що рівномірно розростається. Припустимо, що на останній фазі зовнішній діаметр корозійної виразки дорівнює товщині стінки труби або глибині H_p виразки. Звідси:

$$H_p = \frac{Kit}{0,167 D}, \quad (2)$$

де D - питома вага металу; i - щільність струму, який проходить через площу поперечного перерізу поверхні виразки, А/см².

Для виведення рівняння (2) у ліву й праву частини рівняння (1)

$$\text{підставлені вирази } M = \frac{\pi D H^3}{12} \text{ і } Kit = \frac{\pi K H^2 it}{2},$$

де H_p - глибина (діаметр) корозійної виразки; V - об'єм корозійної виразки, $V = \pi H^3 / 12$.

На кородуючій трубі існує множина корозійних виразок, нерівномірно розташованих уздовж неї. Площа поверхні корозійної виразки збільшується, у результаті знижується щільність струму i , відповідно, швидкість корозії. Далі з рівняння (2) видно, що H_p не залежить від довжини труби або її діаметра, тобто ця функція тільки часу й щільності струму. З метою подальшого аналізу припустимо, що обидва кінці труби заземлені, а труба має одну корозійну виразку посередині. Тоді для випадку, коли електричні потенціали лівої й правої частин ланцюгу рівні, електричний струм через дефект у трубі відповідно до закону Кирхгофа можна виразити наступним чином

$$I = I_1 + I_p = \frac{2(U_n - U_p)}{R_g + R_p + R_n} = \frac{2\Delta U}{R_g + R_p + R_n} \quad (3)$$

де ΔU - різниця потенціалів у розімкнутому елементі між заземленою крапкою труби і дефектом у трубі, рівна $U_n - U_p$; R_p - електричний опір труби, рівний $R_{p1} = R_{p2}$; R_g - опір контакту земля - ґрунт на обох кінцях труби, рівне $R_{g1} = R_{g2}$.

Лабораторним шляхом доведено, що електричний опір дефекту обмеженого розміру більше 10³ Ом. [10]. Тому опір такого дефекту буде значно більший, ніж опір труби та контакту системи «труба – ґрунт»

$R_n > R_g > R_p$. Опір контакту системи «труба – ґрунт» у місці дефекту розраховується як

$$R_n = \frac{\rho}{2\pi H} \quad (4)$$

де ρ - питомий опір ґрунту; H – діаметр виразки.

Опустивши R_g і R_p у рівнянні (3) як у край малі величини в порівнянні з R_n і виразивши величину I як $\pi i H^2 / 2$ одержимо

$$i = \frac{8\Delta U}{\rho H} \quad (5)$$

З рівняння (5) видно, що питомий опір ґрунту й загальна площа поверхні труби в місці дефекту покриття визначають щільність струму. Рівняння (5) характеризує зростання числа витоків після того, як трапилася перша з них. З початком корозії, продукти утворюють контакт із ґрунтом, що має знижений опір, і швидкість корозії зростає. З іншого боку, збільшення площі перетину поверхні корозійних виразок сповільнює корозію. Коли корозійна виразка проникає через всю товщину стінки, то зменшується загальна площа перетину поверхні, на яку впливає джерело струму. Комбінування рівнянь (2) і (5) дозволяє визначити час до першого виток

$$t = \frac{H^2 D \rho}{48 K \Delta U} \quad (6)$$

Запишемо формулу (2) у вигляді: $H_p \times 0,167 D = KIt$, звідси

$$t = \frac{H_p 0,167 D}{Ki} \quad (7)$$

Підставивши значення i у формулу (7), отримаємо формулу для розрахунку прогнозування корозії для однієї виразки:

$$t = \frac{H_p 0,167 D \pi H^2}{KI 2} \quad (8)$$

Значення струму гальванопари може бути отримано за розробленою методикою [11].

Критичний час до першого прориву трубопроводу визначається за формулою

$$T = t - t_e \quad (9)$$

де t – час до першого виток нафти, рік; t_e – час знаходження трубопроводу в даних умовах.

Висновки. Розроблена методика прогнозування критичного часу служби нафтопроводу, розрахунки за якою дозволяють визначити найбільш небезпечні ділянки важливих проривів нафтопроводу і таким чином, забезпечивши екологічно безпечну експлуатацію нафтопроводу.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

- 1.Кривенюк В.В. Об оценке ресурса длительно работающего оборудования ТЭС //В.В. Кривенюк, В.Е. Добровольський, В.И. Ткачев, И.П. Дуравкин,

- С.С. Солдатов/ Энергетика и электрофикация. – 2003. - №3. – С. 22-25.
2. Добровольский В.Е. //В.Е. Добровольський, И.П. Дуравкин, С.С. Солдатов/ Методы исследования поврежденности металла энергооборудования. Тезисы докладов 4-ой национальной конференции «Неруйнівний контроль та технічна діагностика», НКТД – 2003. – Киев: УТНКТД, 2003. – С. 86-87.
 3. ГКД 34.17.401. Контроль та продовження строку служби металу устаткування теплових електростанцій. Типова інструкція. Частина 1.
 4. СОУ-Н МПЕ 40.1.17.401. Контроль металу і продовження терміну експлуатації основних елементів котлів, турбін і трубопроводів. Типова інструкція. Строк перевірення 2010 рік. – Київ, 2005. – 75с.
 5. Дуравкін І.П. Прогнозування понад паркового залишкового ресурсу головних паропроводів ТЕС. Автореф. дис. канд. техн. наук: 01.02.04 /НТУУ «КПІ». – К.: 2009. – 20с.
 6. Цыбенко А.С. Оценка долговечности длительно эксплуатирующихся энергомашиностроительных конструкций на основе напряженно-деформированного состояния// Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна. – 2006. - №13. – с. 165-167.
 7. Комплексна програма наукових досліджень «Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин» / наука та інновації. – 2007. – т3. №3. – С. 81-99.
 8. Г.М. Кривенко Прогнозування екологічного та технічного ризиків при експлуатації магістральних нафтопроводів з пересіченим профілем траси // Кривенко Г.М. /автореф. на здобуття наук. ступ. канд. техн. наук. – Івано-Франківськ: Івано-Франківський націон. техн.. ун-т нафти і газу. – 2005. – 23с
 9. С.Е. Кутуков Технологический и экологический мониторинг систем магистрального транспорта и промышленного сбора нефти. Практика и перспективы совершенствования //С.Е. Кутуков / Безопасность жизнедеятельности. Приложение. – 2004. - №8. – 16с.
 10. Прогнозирование коррозии подземного трубопровода / Экспрес-информация. Серия. Защита от коррозии охрана окружающей среды, вып.5, м., 1991, с. 24.
 11. Бондар В.О. Математичне моделювання корозії залізобетонних конструкцій в тріщинах транспортних споруд /В.О. Бондар, О.В. Степова//Матер. Междунар. науч.-техн. конф. «Современные технологии и материалы в дорожном хозяйстве». – Харьков: ХНАДУ, 2006. – С.48-52.