

Г. М. Присліпська, А. В. Яворський, Б. М. Дем'янів

## **ВПЛИВ ЗМІННОГО ТА НАВЕДЕНОГО СТРУМІВ НА ШВИДКІСТЬ КОРОЗІЇ МАТЕРІАЛУ НАФТОГАЗОПРОВОДІВ**

На основі аналізу літературних джерел та нормативних документів змодельовано процес електрокорозійної деградації нафтогазопроводів. Встановлено закономірності зміни швидкості корозії під дією змінного струму від концентрації корозійно активних компонентів ґрунтового електроліту. Показано, що навіть при мінімально допустимій, згідно національних стандартів, густині струму приріст швидкості корозії складає 16,5 – 18%, що свідчить про необхідність удосконалення вітчизняної нормативної бази.

Значна частина аварій на нафтогазопроводах є наслідком зношування труб через внутрішню та зовнішню корозію. Аналіз причин відмов нафтогазопроводів показав, що більша частина всіх відмов сталася через корозію металу труб. Внаслідок корозії відбувається значне зменшення перерізу трубопроводу, це різко підвищує екологічний ризик подальшої експлуатації таких конструкцій і актуалізує проблему оцінки їхнього залишкового ресурсу. Виникнення серйозних аварій на нафтогазопроводах може призвести до надзвичайних ситуацій з людськими жертвами, спричинити екологічну та економічну дестабілізацію цілих регіонів країни. Вихід з ладу транзитної мережі газопроводів може призвести до великих економічних збитків [1].

Більшість трубопроводів, які піддаються інтенсивному використанню, експлуатуються із зовнішньою ізоляцією та системами електрозахисту. З часом ізоляція руйнується і у місцях пошкодження відбувається контактування трубопроводу з ґрунтом, в якому протікає корозія. Процес корозії газопроводів у підземних умовах [2] зумовлений великою кількістю фізичних і фізико-механічних факторів, які визначають її інтенсивність. Ґрунт, як середовище в якому відбувається процес корозії, характеризується різноманітними взаємозв'язаними та динамічними параметрами. Складний взаємозв'язок цих параметрів призводить до того, що ті чи інші параметри при різному поєднанні впливають не тільки з різною інтенсивністю, але й можуть змінювати напрямок свого впливу, тобто в одному випадку прискорювати, а в іншому – гальмувати корозійний процес.

Як відомо, корозія підземних споруд може бути спричинена агресивністю ґрунту або дією блукаючих струмів. У реальних умовах, як правило, діють обидва види корозії. Щодо першого виду корозії, то основними параметрами, які спричиняють корозію трубопроводів в умовах підземної експлуатації, є вологість ґрунту, хімічний склад ґрунту, кислотність ґрунтового електроліту, структура ґрунту та фізичні властивості речовин, що транспортуються [3].

На швидкість корозійних процесів впливає наявність джерела електричного струму. У публікаціях російських та зарубіжних вчених є інформація про руйнування трубопроводів під впливом змінного струму. В Україні дана проблема вивчена недостатньо, оскільки вважається, що змінний струм незначною мірою впливає на корозійні процеси. Під блукаючими струмами в теперішній час розуміють не тільки постійні, але й змінні струми, що протікають у колі «підземна споруда – ґрунт». Найменш вивченим є питання впливу змінних струмів, у тому числі і струмів промислової частоти, на кінетику корозійних процесів. А струми частотою 50 Гц є найбільш можливим видом блукаючих струмів, оскільки їх джерелами є силові установки систем електропостачання

(СЕП) електрифікованих залізниць. Основними причинами виникнення змінних струмів натікання [4] і потрапляння їх на газопроводи низького тиску є: непрофесійна експлуатація діючої системи електропостачання, наприклад, використання газопроводів у якості нульових робочих провідників; відсутність ізоляції газових вводів у споруди; некоректне підключення електроспоживачів (газові котли, газові плити з електророзпалом), які зв'язують газопровідну систему з системою електропостачання; пошкодження в процесі експлуатації кабельних ліній або електрообладнання в зоні пролягання газопроводів; застосування газопроводів в якості заземлювача при крадіжці електричної енергії.

Встановлено, що корозійна агресивність змінного струму пов'язана з його густиною. Визначені деякі «критичні» величини густин змінного струму для ряду металів, при досягненні яких відбувається інтенсифікація корозії. Згідно нормативних документів для трубопроводів «критичною» величиною можна вважати струм густиною  $10 \text{ A/m}^2$ . І, що особливо важливо для трубопроводів, корозія при цьому часто носить місцевий характер. У таких випадках небезпеку становить не корозійна втрата металу, а утворення пітів і каверн, які є однією з головних причин аварій трубопроводів.

Метою даної роботи було визначення величини корозійних втрат утонення стінки труби при зростанні концентрації та йонної сили електроліту за густини змінного струму  $\leq 10 \text{ A/m}^2$ , яка згідно з діючими нормативними документами є мінімально необхідною для врахування.

Дослідження проводилися в середовищі хлоридів та сульфатів різних концентрацій (див. табл.), відповідно йонна сила електролітів змінювалася. Модельні середовища підбиралися на основі даних про склад ґрунтових електролітів [полікритеріал. оцінка].

Таблиця

**Склад модельних середовищ для корозійних випробовувань**

№ п/п	Модельне середовище	NaCl концентрація, моль/л	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> концентрація, моль/л
1	МС 1	0,010	–
2	МС 2	0,050	–
3	МС 3	0,100	–
4	МС 4	0,005	0,005
5	МС 5	0,025	0,025
6	МС 6	0,050	0,050

Для експериментальних досліджень використовували прямокутні зразки розміром  $10 \times 50 \times 3$  мм, вирізані зі стінки труби (сталь СТ3), які попарно занурювали в досліджуваний розчин на глибину 2 см та підключали до електромережі з використанням автотрансформатора. Відстань між зразками становила 20 см, значення густини струму для експериментальних взірців підтримувалось на рівні  $10 \text{ A/m}^2$  з допомогою ЛАТРа LTC-500. Час витримування зразків у модельних середовищах складав 168 год. Загальний вигляд та електрична схема установки показана на рис. 1 та рис 2.

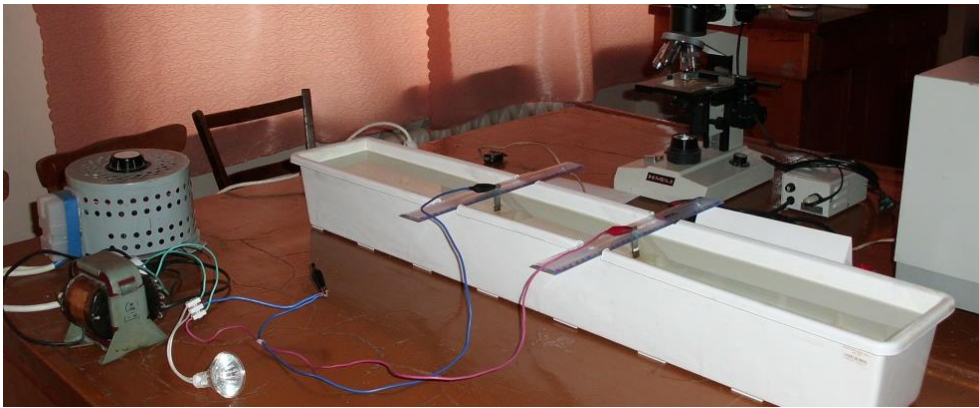


Рис. 1. Експериментальна схема установки для визначення швидкості корозії в агресивних середовищах під впливом змінного струму

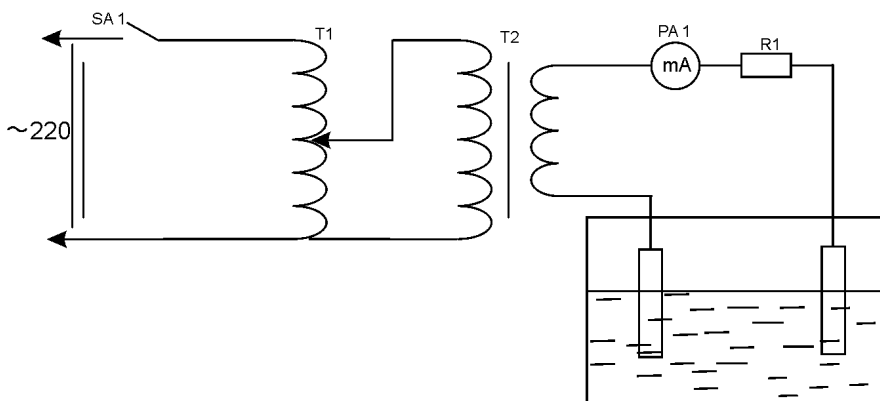


Рис. 2. Принципова схема установки для визначення швидкості корозії в агресивних середовищах під впливом змінного струму

Паралельно з корозією під змінним струмом визначалася швидкість корозії контрольного зразка без впливу змінного струму. Для визначення швидкості корозії, гравіметричним методом, з зразків повністю видалялися продукти корозії та проводилося зважування на демпферній аналітичній вазі з точністю вимірювання 0,00005 г. Після чого порівнювалися маси зразків до та після експерименту, та визначалася площа прокородованої поверхні. Згідно отриманих даних розраховувалася швидкість корозії зразків під напругою та контрольних зразків.

Проведені експериментальні дослідження показали, що зростання швидкості корозії із збільшенням йонної сили електроліту підсилюється впливом змінного струму. У розчинах хлоридів (МС1-МС3) збільшення швидкості корозії  $D$  становить від 18 до 44,9 % (рис. 3, 4) та носить нелінійний характер (рис. 5).

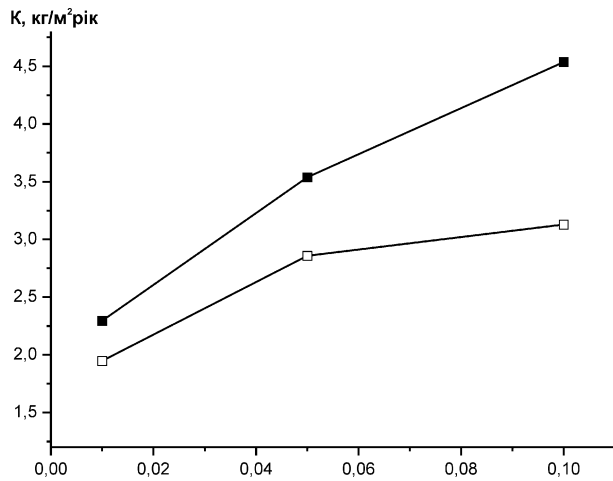


Рис. 3. Вплив змінного струму на швидкість корозії у МС1-МС3  
 ■ – зміна швидкості під дією струму, □ – контрольний зразок

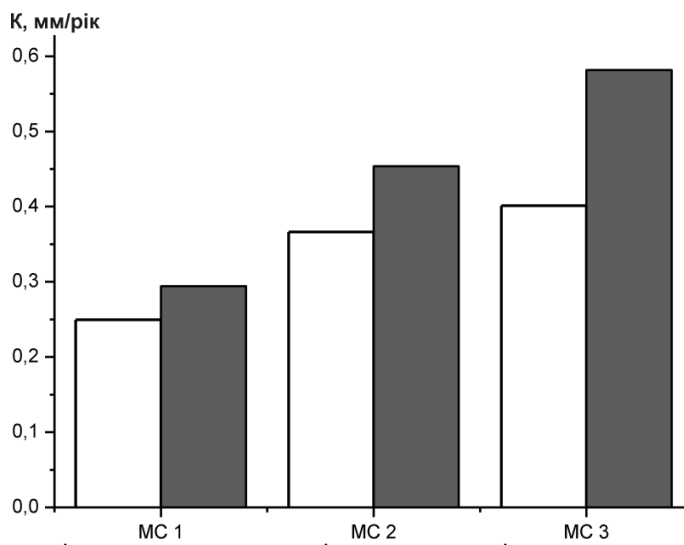


Рис. 4. Вплив змінного струму на швидкість утонення стінки газопроводу у МС1-МС3  
 ■ – зразок під дією змінного струму, □ – контрольний зразок

Аналіз залежності показує, що в області низьких концентрацій зростання приросту швидкості більш полого, а із збільшенням кількості хлоридів фіксуємо істотну інтенсифікацію корозійних процесів під впливом змінного струму, пов'язану, скоріше за все, з однієї сторони із збільшенням електропровідності розчину, з іншої – є результатом прискорення руйнування пасиваційних плівок хлоридами.

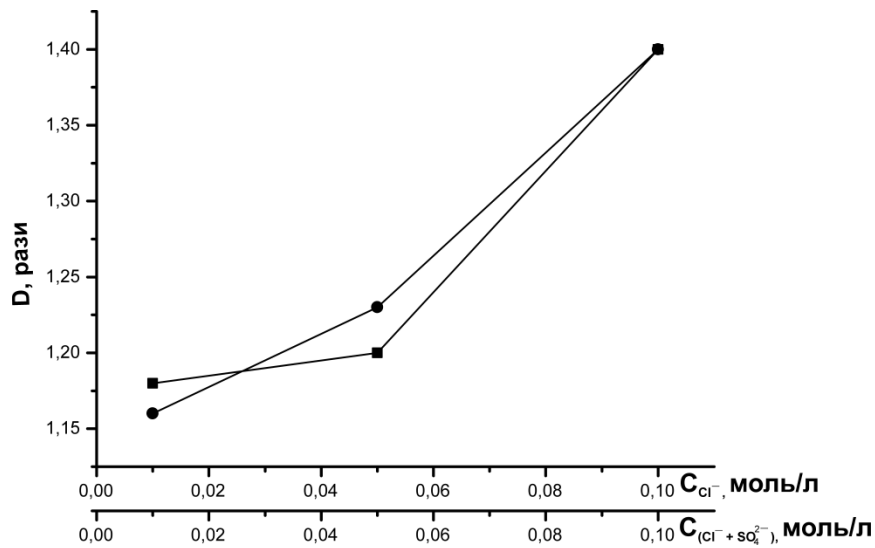


Рис. 5. Вплив концентрації корозійно активних компонентів МС на збільшення швидкості корозії внаслідок дії змінного струму  
 ■ – хлоридні МС, ● – хлоридно-сульфатні МС

У хлоридно-сульфатних модельних середовищах (МС4 – МС6) збільшення швидкості корозії внаслідок впливу змінного струму становить від 16,5 до 41 % (рис. 6, 7).

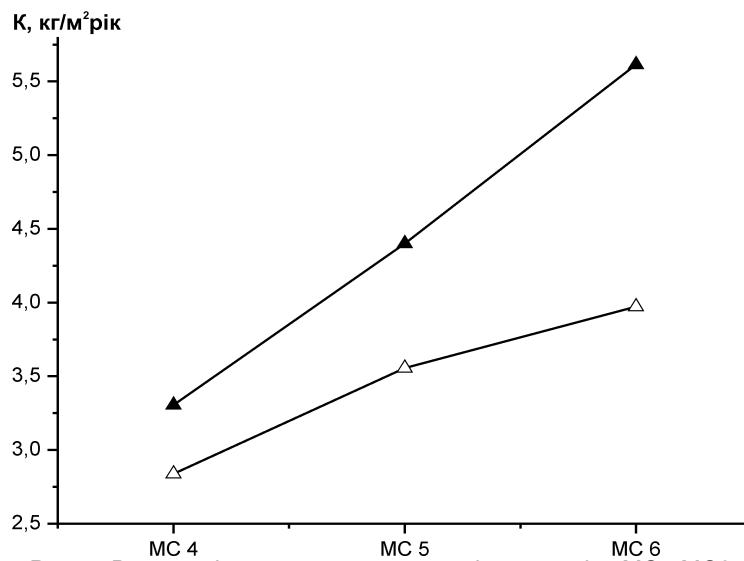


Рис. 6. Вплив змінного струму на швидкість корозії у МС4-МС6  
 ▲ – зміна швидкості під дією струму, Δ – контрольний зразок

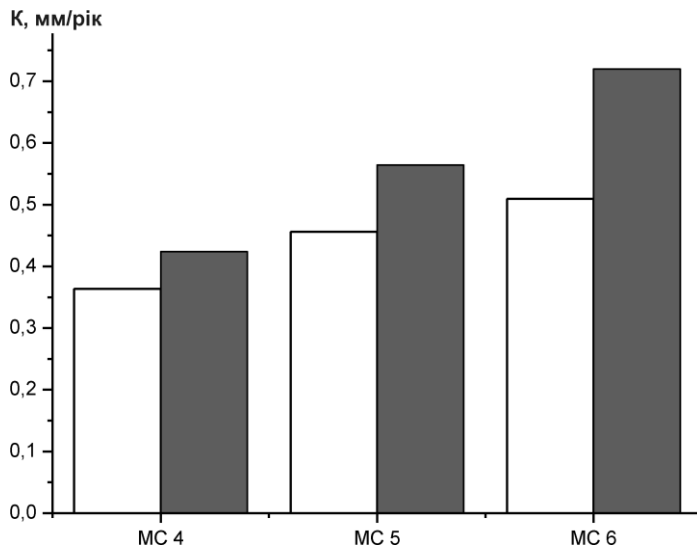


Рис. 7. на швидкість утонення стінки газопроводу у MC4-MC6  
 ■ – зразок під дією змінного струму, □ – контрольний зразок

У даних електролітах загальні тенденції корозійної поведінки матеріалу трубопроводу та впливу на неї змінного струму подібні до таких в MC1-MC3.

Однак, слід відзначити деякі особливості при аналізі зміни приросту швидкості корозії (рис. 5), а саме практично монотонне інтенсивне зростання, особливо небезпечне в області низьких концентрацій. Така корозійна поведінка матеріалу трубопроводу дає змогу стверджувати про підвищену небезпеку електрокорозійної деградації у хлоридно-сульфатних середовищах, що, беручи до уваги значно більшу абсолютну швидкість корозії в цих електролітах, тягне за собою неминуче зростання ризику розгерметизації та витoku транспортованого продукту.

У процесі проведених корозійних випробовувань не зафіксовано виникнення глибоких локальних корозійних уражень (пітів, каверн чи корозійних виразок). Такі результати підтверджують те, що значна локалізація корозійних процесів, яка спостерігається на практиці пов'язана, перш за все, із виникненням макрогальванічних елементів уздовж траси трубопроводу, в тому числі, через виникнення змінних струмів натікання і потрапляння їх на газопроводи низького тиску внаслідок умисно чи неумисно невірної підключення електрообладнання, а не є наслідком впливу хімічного складу корозивного середовища.

В подальших дослідженнях необхідно встановити закономірності впливу густини струму на швидкість корозії матеріалу нафтогазопроводів у ґрунтових електролітах, а також розширити діапазон досліджуваних марок сталей з метою оптимізації їх вибору, з урахуванням стійкості до електрокорозії, при спорудженні нових та ремонті існуючих нафтових і газових мереж.

### Висновки

На основі аналізу літературних джерел та нормативних документів змодельовано процес електрокорозійної деградації нафтогазопроводів.

Встановлено закономірності зміни швидкості корозії під дією змінного струму від концентрації корозійноактивних компонентів ґрунтового електроліту.

Показано, що навіть при мінімально допустимій згідно національних стандартів густині струму приріст швидкості корозії складає 16,5 – 18%, що свідчить про необхідність удосконалення вітчизняної нормативної бази.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Проблеми ґрунтової корозії та визначення площі пошкодження протикорозійного покриття магістрального газопроводу за даними електрометричних вимірювань. / В. В. Лукович, С. В. Корнєєнко, О. М. Корбутяк [та ін.] // Вісник Харківського національного університету. - 2011. - № 956. – 214 с.
2. Корнієнко С. Проблеми впливу ґрунтового середовища на корозію магістральних газопроводів України / С. Корнієнко, О. Корбутяк // Вісник Київського національного університету ім. Т. Шевченка. – 2008. – С. 36 – 34.
3. Корнеев З. О. Экспериментальное определение влияния переменного тока на коррозию стальных трубопроводов / З. О. Корнеев, А. А. Мюльбаер // Энергетика: экология, надежность, безопасность : труды XII Всероссийского студенческого научно-техн. семинара. - Томск, 2010. – Т. 1 : Электроэнергетическое направление. - С. 293.
4. Побережний Л. Я. Вплив змінного струму на швидкість корозії металу розподільчих газопроводів / Л. Побережний, А. Яворський, Б. Демянів // Фіз.-хім. механіка матеріалів. Спец. вип. : Проблеми корозії та протикорозійного захисту : в 2-х т. - 2012. – № 9, т. 1.– С. 673-676.