

Дыяпазон	Характарыстыка
30 метраў (10,100–10,150 МГц)	Размешчаны паміж дыяпазонамі 40 і 20 м дыяпазон 30 метраў валодае падобнымі з імі асаблівасцямі праходжання.
20 метраў (14,000–14,350 МГц)	Уначы магчымы толькі далекія радыесувязі, бо мертвая зона дасягае 2 тыс. км. Удзень мертвая зона памяншаецца да 500–1000 км
17 метраў (18,068–18,168 МГц)	Па характары праходжання падобны да 20-метровага дыяпазону, з большай залежнасцю ад узроўню сонечнай актыўнасці і часу сутак
15 метраў (21,000–21,450 МГц)	Характарызуецца вялікай залежнасцю умоў ад сонечнай актыўнасці
12 метраў (24,890–24,990 МГц)	Мае падобныя з 10-метровым дыяпазонам характарыстыкі: актыўны толькі ў перыяды высокай сонечнай актыўнасці, пераважна ў дзенны час
10 метраў (28,000–29,700 МГц)	Найбольш нестабільны з усіх КХ-дыяпазонаў. Ён прыдатны для далёкай сувязі ў дзенны гадзіны. Мертвая зона дасягае 2000–2500 км

Літаратура

1. Умовы фарміравання ахоўнага тока ў сістэмах электрахімічнай абароны / Ю. В. Крышнеў [і інш.] // Современные проблемы машиноведения : сб. науч. тр. В 2 ч. Ч. 1 / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, ПАО «ОАК» ОКБ Сухого, Таиз. ун-т (Йеменская Республика) ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – С. 190–193.
2. Катодная защита – Производство оборудования для ЭХЗ – Белстройремналадка. – URL: <https://belnaladka.com/> (дата обращения: 03.09.2024).
3. Основы любительской радиосвязи : справ. пособие для начинающих коротко-волновиков. – 5-е изд., перераб. и доп., 2012. – 249 с. : ил.

УДК 620.197.5

АНАЛІЗ УМОЎ УЗНІКНЕННЯ КАРОЗІІ ПАДЗЕМНЫХ ТРУБАПРАВОДАЎ І МЕТАДАЎ ЯЕ ПРАДУХІЛЕННЯ

Ю. В. Крышнеў, А. Я. Запольскі, М. А. Рогаў, Ю. Я. Котава

Установа адукацыі «Гомельскі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт
імя П. В. Сухого», Рэспубліка Беларусь

*Прааналізаваны віды каразійнага пашкоджання металаканструкцый магістральных
трубаправодаў, іх прырода і прычыны ўзнікнення.*

Ключавыя словы: карозія, каразійнае паражэнне, металічныя канструкцыі,
магістральныя трубаправоды, электрахімічная абарона.

ANALYSIS OF CORROSION CONDITIONS OF UNDERGROUND PIPELINES AND METHODS OF ITS PREVENTION

Y. V. Kryshneu, A. Y. Zapolski, M. A. Rohau, Y. Y. Kotava

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

*In this work, the types of corrosion damage to metal structures of main pipelines, their
nature and causes of occurrence are analyzed.*

Keywords: corrosion, corrosion damage, metal structures, main pipelines, electrochemical
protection.

Карозія ўяўляе сабой паступовы працэс разбурэння металаў і сплаваў з-за розных відаў узаемадзеяння з аграэіўным навакольным асяроддзем. Пры гэтым агульныя страты ад карозіі разлічваюцца як страты ад разбурэння непасрэдна зборных металаканструкцый і страты на абарону гэтых канструкцый ад гэтага разбурэння (антыкаразійная абарона). Акрамя гэтага асобна трэба разглядаць страты ад прастаю абсталявання, якое адбылося пасля аварыі, выкліканай крытычным зносам элементаў абсталявання ад карозіі.

Пры разглядзе пытання ўзнікнення карозіі (хімічны ці электрахімічны працэс) трэба адрозніваць яе ад працэсу эрозіі (фізічнага разбурэння металаў). Вядомым прыкладам карозіі з'яўляецца ўтварэнне іржы – акіслення жалеза ў вадзе з утварэннем гідраксиду жалеза $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Эксперыментальным шляхам была адкрыта прамая залежнасць хуткасці праходжання карозіі ад тэмпературы. Падвышэнне тэмпературы можа істотна павялічыць хуткасць працякання карозіі. Акрамя таго, карозія мае ўласцівасць распаўсюджвання з адной павярхоўні на іншую.

Галоўная прычына ўзнікнення карозіі – тэрмадынамічная няўстойлівасць металаў. Па гэтай прычыне яны заўсёды знаходзяцца ў акісленым стане ў натуральным асяроддзі, а для абароны ад карозіі выкарыстоўваюць метады палярызавання акісленага стану (катодная абарона) або ўжываюць адмысловыя ізаляцыйныя матэрыялы.

Для класіфікацыі карозіі выкарыстоўваюць розныя крытэры: умовы і механізм праходжання працэсу, характар разбурэння металу, тып навакольнага асяроддзя. Пры гэтым галоўным з іх з'яўляецца механізм праходжання, які падзяляе карозію на хімічны і электрахімічны падвіды.

Адносна навакольнага асяроддзя вылучаюць газавы, марскі, біялагічны, падземны падтыпы карозіі. Адносна ўмоў праходжання – наступныя падтыпы карозіі: кантактная, міжкрышталева, пры частковым пагрузэнні, пры поўным пагрузэнні.

Адносна характару разбурэння металу вылучаюць тры галоўныя падтыпы карозіі – поўная, агульная (уключае ў сабе раўнамерны, нераўнамерны, выбарачны варыянты), лакальная карозія (плямавая, кропкавая, язавая).

Галоўны крытэр для класіфікацыі – механізм праходжання каразійнага працэсу. Металы па сваёй прыродзе аддаюць свае электроны без моцнага супраціву і ўтвараюць дадатна зараджаныя іёны. Па сваёй хімічнай актыўнасці і становішчы ў шэрагу стандартных патэнцыялаў, металы можна падзяліць на тры ўмоўныя групы: актыўныя (да прыкладу, літый), сярэднеактыўныя (нікель) і неактыўныя (медзь). Ступень актыўнасці пры гэтым вызначаецца здольнасцю выцясняць вадарод з вады і раствораў кіслот [3].

Адносна таго, як працякае карозія, яна можа быць хімічнай ці электрахімічнай.

Хімічная карозія вызначаецца як узаемадзеянне паверхні металу з каразійна-актыўным асяроддзем. Пры гэтым само асяроддзе не з'яўляецца электралітам у выглядзе сухога газу ці вадкасці. У дадзеным працэсе акісленне металу і аднаўленне акісляльнага кампанента з навакольнага асяроддзя адбываюцца амаль адначасова. Хуткасць праходжання рэакцыі пры гэтым залежыць ад плямы кантакту, тэмпературы металу і навакольнага асяроддзя, тыпу апрацоўкі паверхні металу і яго структуры [3].

Электрахімічная карозія ўяўляе з сябе разбурэнне металу ці сплава пад уздзеяннем гальванічных элементаў, якія ўзнікаюць у каразійна-актыўным асяроддзі. Пры ёй заўсёды павінен прысутнічаць электраліт – рэчыва, якое праводзіць электрычны ток з дапамогай адмоўна ці дадатна зараджаных іонаў (дажджавая вада з разведзеным у ёй вуглякіслым газам CO_2 , кандэнсатарная вадкасць). Пры кантакце некалькіх

металаў (сплаваў) або аднаго, але рознаструктурнага, цалкам або часткова змешчаных у электраліце, узнікае замкнены гальванічны элемент, які праводзіць іённы ток. Гэты ток паступова разбурае метал, які мае меншы акісляльна-аднаўленчы патэнцыял; пры гэтым другі метал захоўваецца [2].

Важна адзначыць, што хімічная карозія, як правіла, працякае пры даволі высокай тэмпературы і/або ціску, з прычыны чаго яе прынята называць высока-тэмпературнай. У адрозненне ад яе электрахімічная карозія – нізкатэмпературная, бо ў асноўным закранае металы пры нізкіх тэмпературах. Карозія падземных трубаправодаў і рэзервуараў з'яўляецца электрахімічнай карозіяй. Асноўныя кінэтычныя заканамернасці рэакцый, якія праходзяць па хімічных і электрахімічных механізмах, адрозніваюцца, з прычыны чаго на практыцы не ўдаецца затармазіць або прадухіліць карозію, не вызначыўшы, як працякаюць рэакцыі, якія ляжаць у яе аснове [1].

Умовы праходжання каразійных працэсаў могуць быць абсалютна рознымі. Памылковым з'яўляецца прыраўноўванне ўмоў яе праходжання толькі да навакольнага асяроддзя. Вылучаюць, адносна ўмоў праходжання і навакольнага асяроддзя, наступныя яе тыпы: атмасферная; грунтавая (падземная); карозія ў электралітах; кантактная; пад напругай, фрэтынг-каррозія (пры адначасовым уздзеянні каразійнага асяроддзя і сіл трэння); электракаррозія (працякае пад уздзеяннем блукаючых токаў); біякаррозія; газавая каррозія; неэлектрычная каррозія (каррозія ў не электралітах) [4].

Разбурэнне металу можа насіць розны характар і быць усеагульным (поўным), агульным і частковым (ці лакальным). Першыя 2 тыпу карозіі робяць немагчымай эксплуатацыю аб'ектаў [3].

Поўная (усеагульная) карозія суправаджаецца поўным разбурэннем металаканструкцыі аб'екта, ахопліваючы ўсю яе паверхню, якія знаходзяцца пад уздзеяннем агрэсіўнага асяроддзя, і можа быць як раўнамернай, так і нераўнамернай. Яе галоўная небяспека – памяншэнне таўшчыні сценкі металаканструкцыі (трубаправода), што павялічвае яе знос і апорную здольнасць.

Лакальнае разбурэнне ад карозіі адбываецца на асобных участках – гэта мясцовая (лакальная) каррозія. Язвавая каррозія належыць да выпадку лакальнай карозіі, пры якім у сценцы металу ўзнікаюць сітавіны розных памераў (звычайна да 1–2 см), што часцяком прыводзіць да скразнога паражэння канструкцыі. Пры гэтым, з-за нязначнай вобласці пашкоджання, такія ўчасткі складана выявіць.

Парэпанне металаў пад напружаннем назіраецца пры сумесным уздзеянні на паверхню агрэсіўнага асяроддзя са статэчнымі або цыклічнымі расцягваючымі напружаннямі, што прыводзіць да ўтварэння мноства расколін. Асноўныя прычыны – нераўнамернае растварэнне участкаў паверхні з утварэннем канцэнтратараў напружання; адсорбцыя актыўных кампанентаў асяроддзя на паверхні і актывацыя вадароднага працэсу; павялічэнне крохкасці металу пры ўздзеянні вадарода.

Падземная каррозія – найбольш частая і небяспечная для магістральных падземных трубаправодаў і рэзервуараў. Вылучаюць некалькі відаў падземнай карозіі: непасрэдная падземная каррозія; падземная біякаррозія; падземная электракаррозія [1].

У грунце прысутнічае вільгаць і розныя хімічныя рэагенты, з прычыны чаго ён мае іённую праводнасць, што спрыяе праходжанню электрахімічнай карозіі. Да найбольш частых катодных працэсаў, якія адбываюцца пад зямной паверхняй, належыць кіслародная дэпалярызацыя. У кіслых грунтах можа працякаць карозія і з вадароднай дэпалярызацыяй [3, 4].

Пры гэтым працякаючыя анодныя і катодныя працэсы часцяком адбываюцца на розных участках прылягання металічнай канструкцыі з рознай інтэнсіўнасцю. Гэта прыводзіць да зносу канструкцыі на кожным з участкаў з рознай хуткасцю [4].

Такім чынам, можна зрабіць наступныя высновы:

1. Карозія з'яўляецца складаным працэсам, канчатковым вынікам якога з'яўляецца разбурэнне металаканструкцый, да якіх таксама належаць і падземныя магістральныя трубаправоды.

2. На працэс праходжання карозіі аказваюць уздзеянне як фізічныя фактары, так і, у першую чаргу, узаемадзеянне з агрэсіўным асяроддзем.

3. У залежнасці ад умоў і асяроддзі карозія падзяляецца на мноства падвідаў, кожны з якіх па-свойму небяспечны.

4. Падземная карозія з'яўляецца адным з самых небяспечных відаў карозіі.

5. Пры недастатковым узроўні мер па абароне канструкцый трубаправодаў, могуць узнікнуць пагрозы экалагічнага бедства і эканамічных страт з прычыны парушэння герметычнасці трубапровода.

Правядзенне антыкаразійных мерапрыемстваў павінна ахопліваць усе ўчасткі падземнага трубапровода і мець комплексны характар – пасіўнымі метадамі (ужыванне гідраізаляруючых пакрыццяў на вонкавай сценцы трубапровода) і актыўнымі метадамі (ужыванне сістэм электрахімічнай абароны на аснове сістэм аўтаматычнага падтрымання ахоўнага патэнцыялу).

Літаратура

1. Васильев, В. В. Коррозия металлов : метод. указания для студентов всех специальностей / В. В. Васильев, А. В. Кольчугин ; под общ. ред. И. Н. Худякова. – Иваново : ИГТА, 2010. – 28 с.
2. Умовы фарміравання ахоўнага тока ў сістэмах электрахімічнай абароны / Ю. В. Крышнеў, У. І. Собалеў, А. Я. Запольскі, М. В. Дравіца // Современные проблемы машиноведения : сб. науч. тр.: в 2 ч. Ч. 1 / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, ПАО «ОАК» ОКБ Сухого, Таиз. ун-т (Йеменская Республика) ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – С. 190–193.
3. Химия : учеб. пособие / А. В. Нечаев. – Екатеринбург : УрФУ, 2016. – Ч. II. – 112 с.
4. Теория и технология электрохимических методов защиты от коррозии : учеб.-метод. пособие / О. В. Ярославцева, В. М. Рудой, Н. И. Останин [и др.] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во Урал. Ун-та, 2016. – 96 с.

УДК 531.746.088.2(045)(476)

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПОГРЕШНОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА ИНКЛИНОМЕТРА

В. А. Карпов, О. М. Ростокينا, Ю. Е. Котова

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Представлены уравнения преобразования для электролитических чувствительных элементов с учетом поляризационной емкости и выражения температурной погрешности коэффициента передачи чувствительных элементов.

Ключевые слова: электролитический инклинометр, температурная погрешность, одноосевой и двухосевой чувствительные элементы, поляризационная емкость.