

2. CAEN. Tools for Discovery. Nuclear. Products Catalog, 2007. – 114 p. (Application Note).
Supermicro PWS-441P-1H, 2022. – 17 p. (Application Note).
3. MEAN WELL You Reliable Power Partner. Standard Switching Power Supply Manufacturer, 2023. – 100 p. (Application Note).

УДК 620.197.5

АНАЛІЗ НАРМАТЫЎНЫХ ПАТРАБАВАННЯЎ ДА АРГАНІЗАЦЫІ АКТЫЎНЫХ І ПАСІЎНЫХ СПАСАБАЎ АБАРОНЫ МАГІСТРАЛЬНЫХ ТРУБАПРАВОДАЎ

Ю. В. Крышнеў¹, А. Я. Запольскі¹, Бай Вэй Вэй², А. А. Шаўчэнка¹,
С. І. Моцар¹, К. А. Хадакоўскі¹

¹Установа адукацыі «Гомельскі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт
імя П. В. Сухого», Рэспубліка Беларусь

²Універсітэт Кайлі, Кітайская Народная Рэспубліка

У дадзенай рабоце прааналізаваны нарматыўныя патрабаванні да абароны розных відаў магістральных трубаправодаў, разгледжаны спосабы пасіўнай і актыўнай абароны, крытэрыі электрахімічнай абароны, асноўныя тыпы сучасных прылад катоднай абароны.

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

ANALYSIS OF REGULATORY REQUIREMENTS FOR THE DESIGN OF ACTIVE AND PASSIVE PROTECTION METHODS OF MAIN PIPELINES

Y. V. Kryshneu¹, A. Y. Zapolski¹, Bai Wei Wei², A. A. Shauchenka¹, S. I. Motsar¹,
K. A. Hadakouski¹

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

Kaili University, People's Republic of China

This work analyzes regulatory requirements for the protection of various types of main pipelines, considers methods of passive and active protection, criteria for electrochemical protection, and the main types of modern cathodic protection devices.

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

Карозія – гэта фізіка-хімічны працэс, які прыводзіць да акіслення металу. Гэты працэс працякае як на паверхнасці, так і пад зямлей, і наносіць вялікую шкоду канструкцыям трубаправодаў. Страты ад карозіі значна большыя, чым ўсе астатнія страты, звязаныя з працаздольнасцю і абслугоўваннем трубаправодных сістэм [1].

Галоўная прычына ўзнікнення карозіі – тэрмадынамічная няўстойлівасць металаў, з-за чаго ў прыродзе яны заўсёды знаходзяцца ў акісленым стане. Па гэтай прычыне для абароны акісленую паверхнасць трэба палярызаваць (актыўная абарона) і/або ізаляваць (пасіўная абарона) ад кантакта з каразійна-актыўным асяроддем.

Для паспяховай абароны трэба ведаць: механізм працякання карозіі (хімічная або электрахімічная), умовы працякання і асаблівасці знешняга асяроддзя. У залежнасці ад характару разбурэння, карозія можа быць поўнай (усеагульнай),

агульнай і частковай (лакальнай). Пры гэтым першыя два віды робяць практычна немагчымым выкарыстанне такіх металаканструкцый.

Шэраг асаблівасцей мае падземная карозія. Трубаправоды ўкладаюцца ў грунт на глыбіню ад 2,5 да 5 м. Грунт – гэта шматфазная дысперсная сістэма. Цвёрдая аснова грунта ў працэсе карозіі ўдзелу не прымае, але аказвае ўплыў на фізіка-механічныя ўласцівасці грунту [2].

Грунт змяшчае ў сабе вадкасць з наборам мінеральных соляў, якая з’яўляецца электралітам і ўдзельнічае ў біяхімічных рэакцыях. Глебавае паветра – яшчэ адзін кампанент грунту, які ўяўляе з сябе сумесь газападобных рэчываў, што запаўняюць свабодныя пустэчы ў глебе (азот, кісларод, вуглякіслы газ і пары вады) [3].

Так як вільготнасць глебавага паветра блізкая да 100 %, то на павернасці падземных трубаправодаў заўсёды ўтвараецца вільготная пленка.

Хуткасць працякання каразійных працэсаў ў грунце залежаць ад яго каразійнай актыўнасці, якая вызначаецца наборам фізіка-хімічных фактараў (хімічныя фактары – наяўнасць кіслот, солей, шчолачаў; фізічныя – вільготнасць, электраправоднасць).

Для вызначэння колькаснай ацэнкі прымяняюць удзельнае электрычнае супраціўленне ρ , якое вызначаецца як супраціўленне працякання электрычнага тока праз грунту праваднік плошчай сячэння, роўнай 1 м^2 і даўжыней, роўнай 1 м. Чым менш дадзены паказчык, тым больш актыўны працэс карозіі. Дадзеную ацэнку праводзяць рознымі ометрамі увясну або ўвосень, гэта значыць у сезоны вялікай вільготнасці ў кліматычных умовах Беларусі.

Нарматыўна-правовым тэхнічным актам, які апісвае хуткасць працякання каразійнага працэсу ў залежнасці ад удзельнага электрычнага супраціўлення, з’яўляецца ГОСТ 9.602-2016 [4].

Так, грунты падзяляюцца на 3 ступені каразійнай актыўнасці – высокую (пры $\rho \leq 20 \text{ Ом} \cdot \text{м}$: тарфянікі, чарназёмы з высокай вільготнасцю), сярэдняю (пры $\rho = 20\text{--}50 \text{ Ом} \cdot \text{м}$: тарфянікі, чарназёмы з малай вільготнасцю), нізкую (пры $\rho \geq 20 \text{ Ом} \cdot \text{м}$: пясок, гліна, бедны чарназём). Падземныя металаканструкцыі падвяргаюцца электра-хімічнай карозіі, драйверам якой з’яўляецца агрэсіўнае асяроддзе. Пры гэтым дадзены працэс узмацняецца пры прысутнасці ў грунце блукаючых токаў.

Метады абароны падзяляюцца на пасіўны і актыўны [1–6].

Пасіўны метады – гэта прымяненне розных ізаляцыйных пакрыццяў, сэнс якіх заключаецца ў стварэнні буфернага слоя паміж металаканструкцыяй і агрэсіўным асяродзем (электралітам грунту), а таксама паніжэнні каразійных токаў. «Класічным» пакрыццём з’яўляецца бітумна-гумовае. У сучаснасці ўсе больш знаходзяць прымяненне розныя палімеры, якая маюць у разы большы эканамічны эффект. Ізаляцыйнае пакрыццё павінна характарызавацца воданепранікальнасцю, адгезіяй, суцэльнасцю, хімічнай устойліваасцю, тэрмаўстойліваасцю, механічнай трываласцю, дыэлектрычнымі ўласцівасцямі, нейтральнасцю да абараняемага аб’екта.

Прымяненне розных тэхнічных сродкаў для абароны адносіцца да актыўных метадаў: электрадрэнажная і электрахімічная абарона (ЭХА).

Электрадрэнаж (прамы, палярызаваны і ўзмоцнены) прымяняецца для абароны ад блукаючых токаў у грунце, калі яго выкарыстоўваюць як токаправоднае асяроддзе. Напрыклад, трубаправод знаходзіцца блізка да чыгуначных шляхоў. Пры гэтым, блукаючы ток у шмат разоў павышае хуткасць каразійных працэсаў.

Прынцып электрахімічнай абароны заключаецца ва ўздзеянні на абараняемы аб’ект электрычнага тока пастаяннай велічыні, які стварае катодную палярызацыю да ўзроўню «ахоўнага патэнцыялу» (патэнцыял анодных участкаў) ад крыніцы

сілкавання або пратэктара. Вынікам катоднай палярызыцыі з'яўляецца пераход анодных участкаў на паверхні метала ў катодныя і, як канчатковы вынік, – разбурэнне ахвярнага анода, а не абараняемай металаканструкцыі [1, 3, 6].

У залежнасці ад напрамку зруху патэнцыяла абараняемай металічнай паверхні, электрахімічную абарону дзеляць на анодную і катодную.

Паверхня металаканструкцыі – сістэма, якая ўключае ў сабе мноства анодных і катодных участкаў. Прычына карозіі – іянізацыя металу на анодным участку сістэмы «метал – электраліт». Пры далучэнні ў такую сістэму метала з патэнцыялам меншым, чым патэнцыял аноднай рэакцыі, адбываецца ўраўненне патэнцыялаў участкаў, і ўся металаканструкцыя робіцца катодам.

Электрычны ток, неабходны для абароны, можа быць атрыманы ад работы гальванічнай пары або асобнай крыніцы току. Пры выкарыстанні 2-га спосабу, абараняемая металаканструкцыя далучаецца да адмоўнага полюсу крыніцы пастаяннага току, а да дадатнага полюсу далучаецца анод, выраблены, як правіла, са слабарастваральнага матэрыялу – катодная абарона накладзеным токам [1, 3].

Асноўныя крытэрыі электрахімічнай абароны – электрычны патэнцыял абараняемага металу і велічыня зруху ад яго звычайнага значэння. Пры гэтым вылучаюць мінімальныя і максімальныя крытэры абароны паводле ГОСТ 9.602-2016. Да мінімальнага крытэра адносяць мінімальна дапушчальнае значэнне патэнцыялу, неабходнага да спынення працэса разбурэння – мінімальны ахоўны патэнцыял складае мінус 0,85 В (меднасульфатны электрод). Для абароны ад шкоднага ўздзеяння вадароду, які выдзяляецца пры вялікіх значэннях ахоўных патэнцыялаў (вадароднае акрохванне высокатрывалых металаў, разбурэнне і адслаенне ізаляцыі), уведзены максімальны крытэр абароны – максімальна магчымае значэнне ахоўнага патэнцыяла [1, 3].

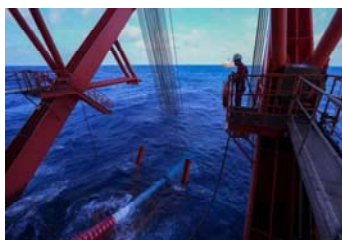
Для арганізацыі электрахімічнай абароны трубаправодаў выкарыстоўваюць станцыі катоднай абароны (СКА), якія выступаюць у ролі крыніцы сілкавання: адмоўны выхад падключаецца да абараняемай металаканструкцыі, дадатны – да аноднага зазямляльніка. Негледзячы на пастаяннае развіццё і эвалюцыю тэхнічных рашэнняў, СКА маюць шэраг праблем: нераўнамернасць размеркавання патэнцыяла пры вялікай працягласці аб'екта і нізкая энергаэфектыўнасць [1].

Сучасныя станцыі катоднай абароны могуць быць прадстаўлены трыма асноўнымі тыпамі – выпрамляльныя, тырыстарныя і інвертарныя. Інвертарныя станцыі з'яўляюцца найбольш эфектыўным рашэннем (больш высокая энергетычная і эканамічная эфектыўнасць, аператыўнае рэагаванне на змяненне патэнцыяла, наяўнасць алгарытму стабілізацыі абараняемага патэнцыялу і рэгулявання па амплітудзе і працягласці выхадных імпульсаў, магчымасць прымянення сістэм аўтаматызацыі з тэлеметрыяй і тэле механікай).

Усе станцыі катоднай абароны павінны адпавядаць патрабаванням ГОСТ 9.602-2016 [4] і ГОСТ Р 51164-2001 [5].

Другім спосабам ЭХА з'яўляецца пратэктарная (знешняя або ўнутраная) абарона, якая мае аналагічны механізм, але ў параўнанні з катоднай абаронай не патрабуе актыўнай крыніцы току. Для яе рэалізацыі прымяняюць пратэктар (ахвярны анод з больш нізкім электрычным патэнцыялам, чым у абараняемага аб'екта). Такія аноды робяць з магнію, цынку, алюмінію. Апошнія выкарыстоўваюцца ў якасці абароны трубаправодаў, якія працуюць ва ўмовах пясчана-парафінавых адкладанняў з больш нізкай удзельнай электраправоднасцю, чым пластавыя воды. Пратэктары з алюмінію абараняюць зварныя злучэнні трубаправодаў. Электрычны кантакт металаканструкцыі з пратэктарам прыводзіць да зруху патэнцыялу і ўзнікнення катоднай палярызацыі на паверхні абараняемага аб'екта.

Асобным па складанасці рэалізацыі антыкаразійных мерапрыемстваў выпадкам з'яўляецца пракладанне падводных трубаправодаў. Адным з прыкладаў сучасных тэхналогій падводнай пракладкі з'яўляецца нафтагазаправод, пракладзены ў 2023 г. Кітайскай нацыянальнай афшорнай нафтавай карпарацыяй (CNOOC), які злучыў правінцыю Хайнань з паўпагружанай плывучай платформай «Шэньхай-1». Гэта першая ў свеце паўпагружная глыбокаводная платформа масай 100 тыс. тон. Максимальная глыбіня ў раене пракладкі нафтагазаправода ў Паўднева-Кітайскім моры склала каля 1 тыс. метраў. Канструкцыя дадзенага збудавання абаронена ад знешняй карозіі з дапамогай бітумнага і эпаксіднага пакрыццяў, дапоўненых актыўнай (катоднай) абаронай з «ахвярнымі» анодамі.



а)



б)

Мал. 1. Нафтагазаправод ў Паўднева-Кітайскім моры:

а – пракладка труб; б – паўпагружная глыбокаводная платформа «Шэньхай-1»

Такім чынам, у цяперашні час, эфектыўным спосабам абароны падземных і падводных металічных трубаправодаў, рэзервуараў, механізмаў, з'яўляецца комплекснае ўжыванне пасіўных і актыўных спосабаў. Комплекснае ўжыванне ізаляцыйных пакрыццяў з электрахімічнай антыкаразійнай абаронай змяншае агульныя энергастраты на ЭХА, дзякуючы паніжэнню неабходнай сілы ахоўнага току праз павялічэнне палярызацийнага супраціўлення катода.

Літаратура

1. Александров, Ю. В. Разработка методологии эффективного предупреждения разрушения длительно эксплуатируемых газопроводных систем, подверженных стресс-коррозии: автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 25.00.19 / Александров Юрий Викторович. – Ухта : УГТУ, 2013. – 43 с.
2. Глазков, В. И. Определение переходного сопротивления подземных металлических трубопроводов / В. И. Глазков, В. Г. Котик, Н. П. Глазов // Коррозия и защита в нефтедобывающей промышленности. – 1967. – № 5. – С. 29–34.
3. Иванов, В. Т. Влияние неоднородных участков изоляции на распределение тока при электрохимической защите металлов от коррозии / В. Т. Иванов, Ф. Г. Гадилова // Электрохимия. – 1981. – Вып. 2, Т. 17. – С. 321–325.
4. ГОСТ 9.602-2016. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии. Издание официальное. – Москва: Стандартинформ, 2016.
5. ГОСТ Р 51164-2001. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии. – Минск : БелГИСС, 2002.
6. Умовы фарміравання ахоўнага току ў сістэмах электрахімічнай абароны / Ю. В. Крышнеў, У. І. Собалеў, А. Я. Запольскі, М. В. Дравіца // Современные проблемы машиноведения: сборник научных трудов: в 2 ч. Ч. 1 / Министерство образования Республики Беларусь, Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, ПАО «ОАК» ОКБ Сухого, Таизский университет (Йеменская Республика) ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – С. 190–193.