

ლევან ლელუაშვილი, თეიმურაზ ფირცხალავა, სვეტლანა სტერიაკოვა,
გიორგი ლელუაშვილი

მიწისქვეშა ლითონის კონსტრუქციების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან
კათოდური დაცვის ეფექტური მოწყობილობის სქემა

ანოტაცია. ნაშრომში განხილულია მიწისქვეშა ლითონის კონსტრუქციების კოროზიით გამოწვეული მატერიალური დანაკარგები და ეკოლოგიური ზარალი მათი ავარიული დაზიანების შემთხვევაში. აღწერილია კოროზიული პროცესების მიმდინარეობის ძირითადი კანონზომიერებები, პრინციპები, რომლებსაც ეფუძნება მათგან ლითონის ნაგებობების დაცვის მეთოდები. მოყვანილია გრ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის თანამშრომლების მიერ ჩატარებული ზოგიერთი კვლევების შედეგები, რომლებიც შეეხება მიწისქვეშა ლითონის კონსტრუქციების კოროზიისაგან კათოდური დაცვის მოწყობილობების შემუშავებას საქართველოს სამრეწველო რეგლამენტების შესაბამისად.

საკვანძო სიტყვები: მიწისქვეშა ნაგებობები; ლითონის კონსტრუქციები; დაპროექტება; ელექტროქიმიური კოროზია; ავარია; საიმედოობა; კათოდური დაცვა; საქართველოს სამრეწველო რეგლამენტები.

რეცენზენტი: სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის ფეთქებადი მასალების კვლევის და აფეთქების ტექნოლოგიების ლაბორატორიის უფროსი მეცნიერი თან., აკად. დოქტორი, მ. ნადირაშვილი.

შესავალი

ნავთობისა და გაზის მრეწველობის ხვედრითი წილი საქართველოს ეკონომიკაში თანდათან იზრდება, რაც თავის მხრივ მაგისტრალური ნავთობგაზსადენების ქსელის გაფართოებას იწვევს. მიწისქვეშა ლითონის მილსადენების მიმდებარე გრუნტის მაღალი კოროზიული აქტივობის გამო მათი ავარიული დაზიანების რისკები ძალიან მაღალია. მაგალითად, 1000 მმ დიამეტრის მქონე ყაზახი-საგურამოს მაგისტრალური გაზსადენზე ელექტროქიმიური კოროზიის გამო ორჯერ მოხდა მსხვილი ავარია: ტრასის 55 კმ-ზე დასახლებულ პუნქტ ქესალოსთან, რასაც მოჰყვა 3,6 მლნ მ³ გაზის გაფრქვევა და აირის მიწოდების შეწყვეტა; ტრასის 61 კმ-ზე - 2,8 მლნ მ³ გაზის გაფრქვევა და აირის ტრანზიტის შეწყვეტა [1].

მაგისტრალური გაზსადენების ავარიების მიზეზების ანალიზი აჩვენებს, რომ ლითონის მიწისქვეშა კონსტრუქციების დაზიანების ძირითად მიზეზია ელექტროქიმიური კოროზია. მაგალითად, რუსეთში კოროზიული დაზიანებით მომხდარი ავარიების რიცხვი ყოველწლიურად ათიათასობით აღირიცხება და მათი წვლილი ტექნოგენურ ავარიების საერთო რიცხვში 40 %-ს აღემატება [2]. ინდუსტრიულად განვითარებულ ქვეყნებში მიწისქვეშა ლითონის კოროზიისაგან მიყენებული ზარალი

უდრის ქვეყნის მთლიანი შიდა პროდუქტის ღირებულების 2-3%-ს [3, 4]. მიუხედავად მსოფლიო მეცნიერთა ძალისხმევისა კოროზიასთან ბრძოლისა, მაგისტრალური ნავთობგაზსადენების კოროზიული რღვევისაგან დაცვის ეფექტური ხერხების დამუშავება დღემდე რჩება სამილე ტრანსპორტის უმთავრეს პრობლემად [5].

ანტიკოროზიული დაცვის პრობლემის გადაჭრის აქტუალობა ნაკარნახევია ბუნებრივი რესურსების შენარჩუნებისა და გარემოს დაცვის აუცილებლობით. ეს პრობლემა ფართოდ არის ასახული პრესაში. ქვეყნდება სამეცნიერო ნაშრომები, ბროშურები, კატალოგები, ეწყობა საერთაშორისო გამოფენები მსოფლიოს განვითარებულ ქვეყნებს შორის გამოცდილების გაცვლის მიზნით. ლითონებისა და შენადნობების ანტიკოროზიული დაცვის მთავარი პირობაა კოროზიის სიჩქარის შემცირება [6]. კოროზიის სიჩქარის შემცირება შესაძლებელია ლითონის კონსტრუქციების კოროზიისგან დაცვის სხვადასხვა მეთოდების გამოყენებით. მთავარია: დამცავი საფარი; კოროზიული გარემოს დამუშავება კოროზიულობის შესამცირებლად; ელექტროქიმიური დაცვა; კოროზიისადმი გაზრდილი წინააღმდეგობის მქონე ახალი სტრუქტურული მასალების შემუშავება და წარმოება; ლითონის კონსტრუქციებისა და ნაწილების რაციონალური დიზაინი და ექსპლუატაცია [7-10].

ძირითადი ნაწილი

მიწისქვეშა მაგისტრალური ნავთობგაზსადენები, როგორც წესი, თავსდება დაახლოებით 2,5 მ სიღრმეზე. გრუნტი შეიცავს ნიადაგის ელექტროლიტს, რაც წყალში გახსნილი მინერალური მარილებით არის წარმოდგენილი, აღნიშნულის გამო ნიადაგს გააჩნია იონური გამტარობა და კოროზიული პროცესი მიმდინარეობს ელექტროგამტარ გარემოში ელექტროქიმიური მექანიზმის შესაბამისად. ნიადაგში მოთავსებულ ლითონის კონსტრუქციის ზედაპირზე ელექტროქიმიური კოროზიის პროცესი მიმდინარეობს გალვანური კოროზიული ელემენტის ანალოგიურად (ნახ. 1). პროცესს თან სდევს ელექტრული მუხტის დენის გავლა ორი მიმართულებით: მინუსი - კათოდური და პლიუსი - ანოდური. ნიადაგში წარმოიქმნება ელექტროგამტარი გარემო-ელექტროლიტი, რომლის მეშვეობითაც მილსადენის ზედაპირზე ჩნდება გარკვეული ელექტროქიმიური პოტენციალი - კათოდური და ანოდური უბნები. რკინის კოროზიის დროს წარმოიქმნება უხსნადი პროდუქტი - ჟანგი. ჟანგის ცვლადი შედგენილობა, ზოგადი სახით, აღიწერება ფორმულით:

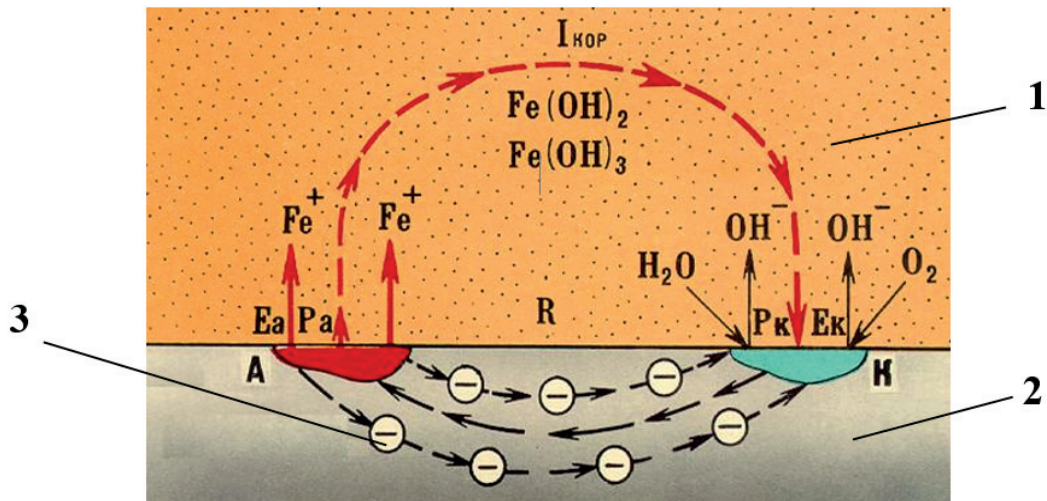


სადაც n, m, q - მთელი რიცხვებია [11].

პირველადი ანოდური პროცესის შედეგად მიიღება ორვალენტური (n) რკინა Fe , ნეიტრალურ ხსნარებში - რკინის გიდროოქსიდი $Fe(OH)_2$. შემდგომ, ხსნარში ჟანგბადის არსებობის შემთხვევაში - მიიღება რკინის სამვალენტოანი ჰიდროოქსიდი $mFe(OH)_3$:



რკინის სამვალენტიანი ჰიდროქსიდი ნაკლებად ხსნადია, ვიდრე $Fe(OH)_2$, ამასთან გვხვდება ორი ფორმით (ნახ. 1) - არამაგნიტური $\alpha-Fe_2O_3$ (ჰემატიტი) და მაგნიტური $\gamma-Fe_2O_3$, მაგნიტური ჰიდრატირებული რკინის ოქსიდი - $Fe_3O_4 - nH_2O$, ჩვეულებრივ ქმნის შუალედურ შრეს ჰიდრატირებული ოქსიდებს - Fe_2O_3 და FeO -ს. ამასთან ქვედა შრე შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს ოქსიდით [12].



ნახ. 1. ნიადაგში მოთავსებული ლითონის კონსტრუქციის და მასზე გარშემორტყმულ ნიადაგში ელექტრული მუხტების გადაადგილების სქემა [12]: 1 - გრუნტის ელექტროლიტი; 2 - ლითონის კონსტრუქციის კედელი; 3 - ელექტრონი; I_{KOP} -კოროზიული დენი; A - ანოდი; K - კათოდი

გრუნტის კოროზიული აქტივობის შეფასების ძირითადი მეთოდები მილსადენების ლითონთან მიმართებაში არის მათი ელექტროგამტარობისა და კუთრი ელექტროწინალობის განსაზღვრა [13]. მაღალი კოროზიული აქტივობა გააჩნიათ გრუნტებს, რომელთა კუთრი ელექტროწინალობა ρ_{gr} ნაკლებია 20 ომ·მ-ზე, ხოლო დაბალი, თუ $\rho_{gr} > 50$ ომ·მ-ზე (ცხრ. 1).

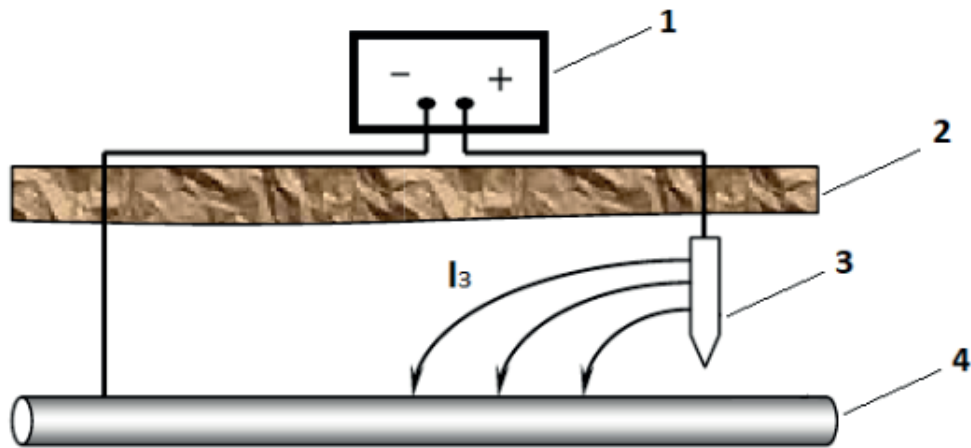
ცხრილი 1

გრუნტის კოროზიული აგრესიულობა ნახშირბადიანი და დაბალლეგირებული ფოლადის მიმართ [11]

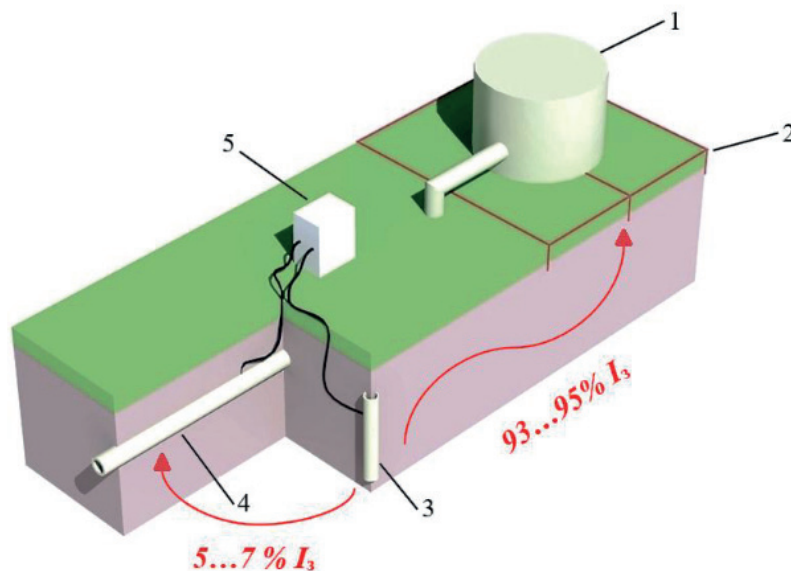
გრუნტის კოროზიული აგრესიულობა	გრუნტის კუთრი წინალობა, ρ_{gr} , ომ·მ	კათოდური დენის საშუალო სიმკვრივე, i_k , ა/მ²
მაღალი	<20	>0,20
საშუალო	20 – 50	0,05 – 0,20
დაბალი	>50	≤0,05

იმისათვის, რომ ლითონის კონსტრუქციის ზედაპირი ავაცილოთ ნიადაგის ელექტროლიტს და გავწყვიტოთ ელექტროწრედი მიკრო და მაკრო კოროზიული ელემენტს შორის, ზედაპირს ფარავენ დიელექტრიკული თვისებების მქონე

საიზოლაციო მასალით. ამ პროცესს ეწოდება პასიური დაცვა [14]. მაგრამ გულმოდგინედ შესრულებული საიზოლაციო დანაფარი ექსპლუატაციის შედეგად კარგავს დიელექტრიკულ თვისებებს, წყალმედგობას, ხშირად მას აზიანებს მცენარეების ფესვები, გრუნტის ტემპერატურული ცვლილებები, რის შედეგადაც საიზოლაციო მასალა ვერ უზრუნველყოფს ელექტროქიმიური კოროზიის აუცილებელ დაცვას. აქედან გამომდინარე ელექტროქიმიური კოროზიის ეფექტური დაცვა არ შეიძლება განხორციელდეს მხოლოდ საიზოლაციო მასალით (პასიური დაცვა) და ელექტროქიმიური დაცვის მოწყობილობის (აქტიური დაცვა) ერთად გამოყენებით.



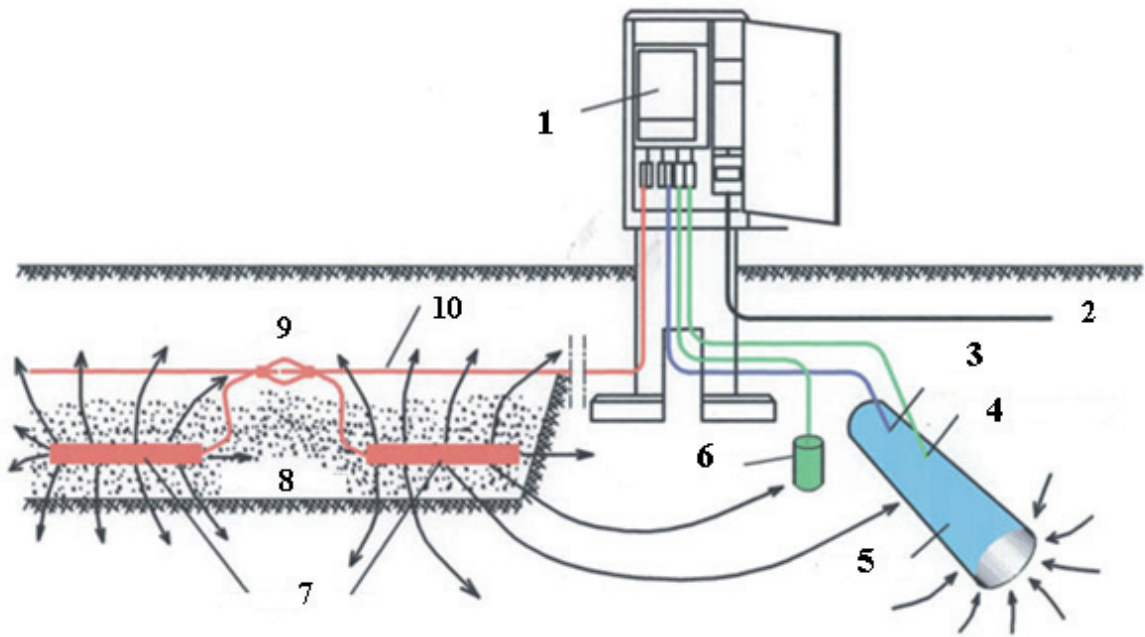
ნახ. 2. მიწისქვეშა მილსადენის კათოდური პოლარიზაციის სქემა [11]: 1 - კათოდური დაცვის სადგური; 2 - გრუნტის ზედაპირი; 3 - ანოდური დამიწება; 4 - მიწისქვეშა მილსადენი; I_3 - დამცავი დენი



ნახ. 3. კათოდური დენის გავრცელების სქემა ელექტროდანადგარების დამიწების შემთხვევაში [14]: 1 - რეზერვუარი; 2 - დამცავი დამიწების კონტური; 3 - ანოდური დამიწება; 4 - მილსადენი; 5 - კათოდური დაცვის სადგური

კათოდური ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვის სისტემაში ლითონის მილზე ერთდება მუდმივი დენის წყაროს უარყოფითი პოლუსი, ხოლო დადებითი

პოლუსი - ანოდურ დამმიწებელზე, რის შედეგაც მილსადენის პოტენციალი გადაინაცვლებს უარყოფით მხარეს. ამ პროცესს ეწოდება კათოდური პოლარიზაცია [14]. კათოდური პოლარიზაციის შედეგად მიწისქვეშა მილსადენი გადაიქცევა კათოდად, ხოლო ანოდური დამმიწებელი - ანოდად (ნახ. 2). ელექტროქიმიური კოროზიის დროს ეს უკანასკნელი იშლება და გამოდის მწყობრიდან, რაც იწვევს მთელი დაცვის სისტემის მოშლას. დაცვის სისტემაში ანოდური დამმიწებელი წარმოადგენს ყველაზე მნიშვნელოვან ელემენტს, რომლის ეფექტურ მუშაობაზეა დამოკიდებული მთელი დაცვის სისტემის წარმატებული ფუნქციონირება. ამიტომ დღეისათვის ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვის აღიარებული პრობლემაა ანოდური დამმიწებლის დაშლა ელექტროლიზის შედეგად.



ნახ. 4. კათოდური დაცვის რეალიზაციის სქემა [15]: 1 - კათოდური დაცვის სადგური; 2 - ძალოვანი კაბელი; 3 - დრენაჟის წერტილი; 4 -გამომყვანი გაზომვებისათვის; 5 - მილსადენი; 6 - სპილენძის სულფატის შედარების ელექტროდები; 7 - ანოდური დამმიწებლები; 8 -კოქსის დანაყარი; 9 - ქურო; 10 - ანოდური კაბელი

რთული სიტუაცია იქმნება განშტოებულ მილსადენ სისტემებში, გასამართ სადგურებზე (აღჭურვილი სხვადასხვა რთული ლითონის კონსტრუქციებით) სადაც ელექტროდები (დამმიწებლები, ხიმინჯებიანი ფუნდამენტი, ფოლადის არმატურა და სხვ.) ხშირად განსახილველი სისტემის კათოდურ ელემენტებს წარმოადგენენ, კათოდური დაცვის დენი განიცდის მავრანირებელ ეფექტს დამიწების სისტემის დამცავი კონტურის მხრიდან [12]. კათოდური დაცვის სისტემაზე დამიწების დამცავი კონტურის მავრანირებელ ეფექტის გავლენის სქემა წარმოადგენილია ნახაზზე 3. კათოდური დაცვის სადგურის 5 ჩვეულებრივ რეჟიმში ფუნქციონირების დროს, კათოდური დენი I_3 სრულად იხარჯება მილსადენის 4 კოროზიიდან დაცვაზე. მაგრამ გალვანური კავშირის შემთხვევაში ლითონის მილსადენსა და რეზერვუარს 1 შორის, მავრანირებელი ეფექტის გავლენის გამო, კათოდური დენის დიდი წილი (93-95

%) გაივლის დამცავი დამიწების კონტურში 2, რის გამოც წარმოიშობა მილსადენის დაუცველი არეები და არარაციონალურად იხარჯება ელექტროენერგია და ანოდური დამიწების ლითონი. მიწისქვეშა ლითონის მილსადენების გაუმჯობესებული კათოდური დაცვის სქემა წარმოდგენილია ნახაზზე 4.

საქართველოში გაზსადენების, ნავთობსადენების, წყალსადენების, ავტო-გასამართი სადგურების, ელექტროკაბელების და სხვ., მუშაობის საიმედოობის, ეკოლოგიური და ეკონომიკური უსაფრთხოების საკითხების გაუმჯობესების თვალსაზრისით ძალზე მნიშვნელოვანია და პერსპექტიულია მიწისქვეშა ლითონის კომუნიკაციების კოროზიულ დაზიანებებთან დაკავშირებული ეფექტური ფუნქციონირების უზრუნველყოფა, რისკებისა და საფრთხეების ანალიზი. ქვეყნის მომავალი განვითარებისათვის ერთ-ერთი აუცილებელი პირობაა მიწისქვეშა ლითონის კონსტრუქციების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან გამოწვეული დაზიანებების მინიმუმამდე დაყვანა, რაც შესაძლებელია განხორციელებული იქნას ახალი თანამედროვე და ეფექტური დაცვის მოწყობილობების დანერგვით, რომლებიც დააკმაყოფილებენ ამჟამად მოქმედ ტექნიკური რეგლამენტების მოთხოვნებს [16-22]. გრ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის თანამშრომლების მიერ დამუშავებულია: მიწისქვეშა ლითონის კონსტრუქციების კათოდური დაცვის კონდენსატორული ანოდური დამიწების მოწყობილობის სქემა [23]; კათოდური დაცვის ჟანგვა-აღდგენით რეჟიმში მომუშავე ანოდური დამიწებელი [24]; მიწისქვეშა ლითონის რეზერვუარის პროტექტორული დაცვის სქემა [25]; კათოდური დაცვის ანოდური დამიწების გაწყლოვანების მოწყობილობა [26] და ელექტროქიმიური კოროზიისაგან ანოდური დაცვის ახალი მოწყობილობა [27].

დასკვნები

დღეისათვის მიწისქვეშა კომუნიკაციებზე (მაგისტრალური სამრეწველო გაზსადენები და ნავთობსადენები, შახტების და მადაროების საკომპრესორო და სატუმბო სადგურების მილსადენები, გაზისა და ნავთობის ჭაბურღილების გარსაცმი მილები, ბენზოგასამართი და გაზგასამართი მიწისქვეშა რეზერვუარები და სხვა) მომხდარი ტექნოგენური ავარიების 40 %-ზე მეტი ელექტროქიმიური კოროზიით არის გამოწვეული, რის შედეგად ინდუსტრიულად განვითარებულ ქვეყნებში ეკონომიკური ზარალი მთლიანი შიდა პროდუქტის ღირებულების 2-3 %-ს აღწევს.

ნიადაგში მოთავსებულ ლითონის კონსტრუქციის ზედაპირზე ელექტროქიმიური კოროზიის პროცესი მიმდინარეობს გალვანური კოროზიული ელემენტის ანალოგიურად. ნიადაგში წარმოიქმნება ელექტროგამტარი გარემო-ელექტროლიტი, რომლის მეშვეობითაც მილსადენის ზედაპირზე ჩნდება გარკვეული ელექტროქიმიური პოტენციალი - კათოდური და ანოდური უბნები. რკინის კოროზიის დროს წარმოიქმნება უხსნადი პროდუქტი ჟანგი. მაღალი კოროზიული აქტივობა გააჩნიათ გრუნტებს, რომელთა კუთრი ელექტროწინაღობა ρ_{gr} ნაკლებია 20 ომ-მ-ზე, ხოლო დაბალი, თუ $\rho_{gr} > 50$ ომ-მ-ზე.

იმისათვის, რომ ლითონის კონსტრუქციის ზედაპირი ავაცილოთ ნიადაგის ელექტროლიტს და გავწყვიტოთ ელექტროწრედი მიკრო და მაკრო კოროზიულ ელემენტებს შორის, ზედაპირს ფარავენ დიელექტრიკული თვისებების მქონე საიზოლაციო მასალით. ამ პროცესს ეწოდება პასიური დაცვა. მაგრამ გულმოდგინედ შესრულებული საიზოლაციო დანაფარი ექსპლუატაციის შედეგად

კარგავს დიელექტრიკულ თვისებებს, რის შედეგადაც საიზოლაციო მასალა ვერ უზრუნველყოფს ლითონის ელექტროქიმიური კოროზიის აუცილებელ დაცვას. აქედან გამომდინარე ლითონის კონსტრუქციის ელექტროქიმიური კოროზიისაგან ეფექტური დაცვა არ შეიძლება განხორციელდეს მხოლოდ საიზოლაციო მასალით (პასიური დაცვა). მასთან ერთად აუცილებელია აქტიური ელექტროქიმიური დაცვის მოწყობილობის (კათოდური დაცვის) გამოყენება.

კათოდური ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვის სისტემაში ლითონის მიღზე ერთდება მუდმივი დენის წყაროს უარყოფითი პოლუსი, ხოლო დადებითი პოლუსი - ანოდურ დამმინებელზე, რის შედეგაც მილსადენის პოტენციალი გადაინაცვლებს უარყოფით მხარეს. ამ პროცესს ეწოდება კათოდური პოლარიზაცია. კათოდური პოლარიზაციის შედეგად მიწისქვეშა მილსადენი გადაიქცევა კათოდად, ხოლო ანოდური დამმინებელი - ანოდად. ელექტროქიმიური კოროზიის დროს ეს უკანასკნელი იშლება, სამაგიეროდ ლითონის კონსტრუქცია არ განიცდის კოროზიას.

გრ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის თანამშრომლების მიერ შემოთავაზებული დაცვის სისტემები მეტად მარტივი, ეფექტური და ორიგინალურია, რაც განაპირობებს მათ კომერციულ პოტენციალს მიწისქვეშა ლითონის კონსტრუქციების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვის ახალი სისტემების დამზადებასა და დანერგვაში.

ლიტერატურა

1. <https://www.gogc.ge/uploads/tinyMCE/documents/2020,%2025.11.2020.pdf>
2. Запечалов Д.Н. Повышение эффективности систем защиты от коррозии подземных магистральных газопроводов. Газовая промышленность, №5 (724), Москва, 2015. с. 67-70.
3. Mitolo M., Pettinger A. Interactions between cathodically protected pipelines and grounding systems. "Industry Applications IEEE Transactions", vol. 52, 2016. p. 3694-3698.
4. Yi Huang, Dawei Ji. Experimental study on seawater-pipeline internal corrosion monitoring system. "Sensors and Actuators B: Chemical", Vol. 135. Iss. 1, Elsevier Ltd., 2008. p. 375-380.
5. Tamura, H. The role of rusts in corrosion and corrosion protection of iron and steel. Corrosion Science, № 50, 2008. P. 1872-1883.
6. F.M. Song. Predicting the mechanisms and crack growth rates of pipelines undergoing stress corrosion cracking at high pH. „Corrosion Science“, Vol. 51, Iss. 11. 2009. P. 2657-2674
7. Goidanich, S., Lazzari L., Ormellese M. AC corrosion - Part 1: Effects on over potentials of anodic and cathodic processes. „Corrosion Science“, V.52, 2010. P.491-497.
8. Buchler, M. Alternating current corrosion of cathodically protected pipelines: Discussion of the involved processes and their consequences on the critical interference values. "Materials and Corrosion", № 63, 2012. P. 1181.
9. Xu, L.Y., Su X., Cheng Y.F. Effect of alternating current on cathodic protection on pipelines. corrosion science, v. 66, 2013. p. 263-268.
10. Tang D.Z., Du Y.X., Lu M.X., Jiang Z.T., Dong L., Wang J.J. Effect of AC current on corrosion behavior of cathodically protected Q235 steel. Materials and Corrosion, V.64, 2013. P.1-8.
11. Семенова И. В., Флорианович Г. М., Хорошилов А. В. Коррозия и защита от коррозии. Учебное пособие - 3-е изд., перераб. и доп. ФИЗМАТЛИТ, Москва, 2010. 416 с.

12. Мустафин Ф. М., Быков Л. И., Гумеров А. Г. и др. Защита трубопроводов от коррозии: том 2: Учебное пособие. Недра, Санкт-Петербург, 2007. 708 с.
13. ГОСТ 9.602-2016. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии. - взамен ГОСТ 9.602-2005; Введ. 01.06.2017. Стандартиформ, Москва, 2016. 87 с.
14. Медведева М.Л. и др. Коррозия и защита магистральных трубопроводов и резервуаров: Учебное пособие для вузов нефтегазового профиля. Издательский центр РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, Москва, 2013. 250 с.
15. https://dzen.ru/a/YxUYwvhC_zLZaSom
16. მაგისტრალური ნავთობსადენის უსაფრთხო ექსპლუატაციის შესახებ. ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების თაობაზე. საქართველოს მთავრობის დადგენილება №75, 2014 წლის 15 იანვარი, ქ. თბილისი. <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/2196678?publication=0>
17. ტექნიკური რეგლამენტი - ელექტროსადგურების და ქსელების ტექნიკური ექსპლუატაციის წესების დამტკიცების შესახებ. საქართველოს მთავრობის დადგენილება №434 2013 წლის 31 დეკემბერი ქ. თბილისი. https://gse.com.ge/sw/static/file/eleqtrosadgurebis_da_qselebis_teqnikuri_eqspluataciis_tsesebi...pdf
18. ნავთობის ბაზების უსაფრთხო ექსპლუატაციის შესახებ. საქართველოს მთავრობის 2014წლის 15 იანვრის №65 დადგენილებით დამტკიცებული ტექნიკური რეგლამენტი
19. <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/2198142?publication=0>
20. მაგისტრალური გაზსადენის უსაფრთხო ექსპლუატაციის შესახებ. ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების თაობაზე. საქართველოს მთავრობის დადგენილება №257, 2014 წლის 26 მარტი, ქ. თბილისი.
21. http://www.inmetro.gov.br/barreirastecnicas/pontofocal/..%5Cpontofocal%5Ctextos%5Cregulamentos%5CGEO_83.pdf
22. ლ. ლელუაშვილი, თ. რიგიშვილი, გ. ლელუაშვილი, ს. სტერიაკოვა. მიწისქვეშა ლითონის კონსტრუქციების კათოდური დაცვის კონდენსატორული ანოდური დამმიწებელი. სამთო ჟურნალი, #1(43), თბილისი, 2020. გვ. 58-60.
23. ლ. ლელუაშვილი, თ. რიგიშვილი, გ. ლელუაშვილი, ს. სტერიაკოვა. მიწისქვეშა ლითონის კონსტრუქციების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან კათოდური დაცვის ჟანგვა-აღდგენითი რეჟიმში მომუშავე ანოდური დამმიწებლის მქონე სისტემა. სამთო ჟურნალი, #1(44), თბილისი, 2021. გვ. 74-77.
24. ლ. ლელუაშვილი, გ. ლელუაშვილი, ს. სტერიაკოვა. მიწისქვეშა ლითონის რეზერვუარების ელექტროქიმიური კოროზიისაგან დაცვა. სამთო ჟურნალი, #1(45), თბილისი, 2022. გვ. 63-67.
25. ლ. ლელუაშვილი, თ. რიგიშვილი, გ. ლელუაშვილი, ს. სტერიაკოვა. კათოდური დაცვის ანოდური დამმიწებლის გაწყლოვანების მოწყობილობა. სამთო ჟურნალი, #1(45), თბილისი, 2022. გვ. 67-70.
26. ლ. ლელუაშვილი, გ. ლელუაშვილი, ს. სტერიაკოვა. ელექტროქიმიური კოროზიისაგან ანოდური დაცვის ახალი მოწყობილობა. სამთო ჟურნალი, #1(46), თბილისი, 2023. გვ. 105-106.

**LELUASHVILI LEVAN, PIRTSKHALAVA TEIMURAZ, STERIAKOVA SVETLANA,
LELUASHVILI GIORGI**

SCHEME OF EFFECTIVE CATHODIC PROTECTION DEVICE AGAINST ELECTROCHEMICAL CORROSION OF UNDERGROUND METAL STRUCTURES

ANNOTATION. The article examines material losses from corrosion of underground metal structures and environmental damage in the event of their accidental damage. The basic patterns of the course of corrosion processes and the principles on which methods of protecting metal structures from them are based are described. The results of some studies conducted by employees of the G. Tsulukidze Mining Institute, which relate to the development of cathodic protection devices against corrosion of underground metal structures in accordance with industrial standards of Georgia.

KEYWORDS: underground structures; metal constructions; design; electrochemical corrosion; accident; reliability; cathodic protection; regulatory documents of Georgia.