

ნავთობის რეზერვუარებში დონისა და ფაზებს შორის საზღვრების გაზომვის თანამედროვე მეთოდების მიმოხილვა

ზაალ აზმაიფარაშვილი, გურამ მურჯიკენელი,
გიორგი ქიტიაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განხილულია ნავთობის რეზერვუარებში ნავთობპროდუქტების დონების გაზომვის მეთოდები სხვადასხვა ტიპის საზომი ხელსაწყოების საშუალებით. ნაჩვენებია თუ ნავთობის რომელი პროდუქტების შემთხვევაში გაზომვის რომელი მეთოდისა და ხელსაწყოს გამოყენებაა მიზანშეწონილი. წარმოდგენილია აგრეთვე ნავთობის რეზერვუარში ნავთობსა და წყალს შორის არსებული ემულსიური ზონის „ნავთობი-წყალი“ საზღვრების დადგენის (გაზომვის) მეთოდები და საშუალებები.

საკვანძო სიტყვები: ნავთობრეზერვუარი. დონის საზომები. ნავთობის მომზადება.

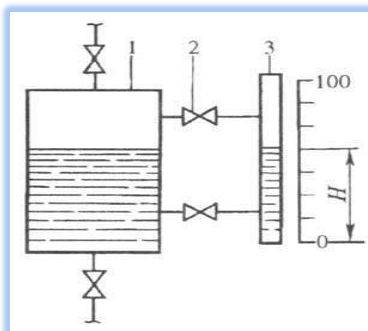
1. შესავალი

ნავთობის დონის საზომი ხელსაწყოები გამოირჩევა დიდი მრავალფეროვნებით. ნებისმიერ მათგანს გააჩნია თავისი დადებითი და უარყოფითი მხარეები. მათ შორის უკეთესის არჩევა დამოკიდებულია დონის გაზომვის პროცესის ბუნებაზე, მოთხოვნილ სიზუსტეზე, აგრეთვე ფინანსურ შეზღუდვაზე.

ნედლი ნავთობის მომზადებისას აუცილებელია განისაზღვროს რეზერვუარებში ნავთობის დონე და სითხის – „ნავთობი-წყალი“ შუალედის საზღვრები. ამისათვის გამოიყენება ვიზუალური, მექანიკური, ელექტრული, აკუსტიკური (ულტრაბგერითი), მიკროტალღური (რადარული), რეფლექსური (ტალღაგამტარული), სითხის დონისა და გამყოფი შუალედის საზღვრების გაზომვის სისტემა და ა.შ. განვიხილოთ ისინი.

2. ძირითადი ნაწილი

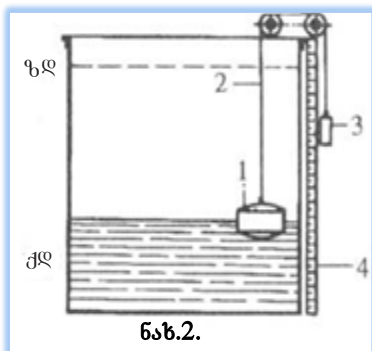
2.1. ვიზუალური დონის საზომები



ნახ.1.

ესენია დონის უმარტივესი საზომები (ნახ.1). აპარატთან 1 ჩამკეტი ვენტილებით მიერთებულია მაჩვენებელი მინა (მილი-3). აპარატი და მილი ზიარჭურჭელია, ამიტომ მილში სითხის დონე H ყოველთვის ტოლია აპარატში სითხის დონისა და აითვლება სკალაზე სმ-ში. დონის ასეთი საზომები საიმედო, ზუსტი და მარტივია, მაგრამ შესაბამისი სიგნალის გენერაციისა და გადაცემის არარსებობა ზღუდავს მათ შესაძლებლობებს.

2.2 მექანიკური დონის საზომები



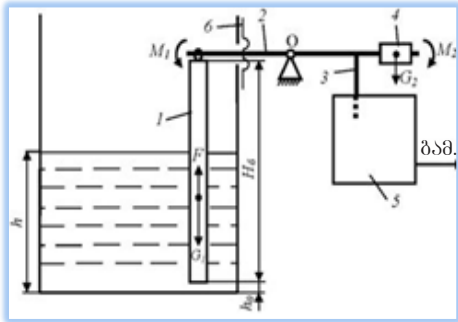
ნახ.2.

ასეთი სახის დონის საზომებს ეკუთვნის ლივლივიანი, ტივტივიანი და ჰიდროსტატიკური ხელსაწყოები.

ა) **ლივლივიანი დონის საზომები.** ასეთი დონის საზომების (ნახ.2) მგრძობიარე ელემენტია ლივლივა 1. რომელიც სითხის ზედაპირზეა და გაწონასწორებულია ტვირთით 3. ტვირთი და ლივლივა ერთმანეთს უკავშირდება მოქნილი ტროსით 2. სითხის დონე განისაზღვრება ტვირთის მდებარეობით სკალის 4 მიმართ.

გაზომვის საზღვრები ღვინდება ზედა (ზ.დ.) და ქვედა (ქ.დ.) ღონეებით, რომელთა შორის დიაპაზონი 15-20 მეტრია. ასეთი ღონის საზომებში გათვალისწინებულია აგრეთვე ჩვენების დისტანციური გადაცემა.

ლივლივანი ღონის საზომები გამოირჩევა სიმარტივით, სიმტკიცით, მაღალი სიზუსტით, მცირე ფასით და სხვ. მაგრამ ისინი გამოუსადეგარია წებოვანი სითხეებისთვის. ლივლივას მოძრაობა დამოკიდებულია მის ზომებზე და აქვს პრობლე-
მები გაზომვებისას აშხეფებულ სითხეებში.

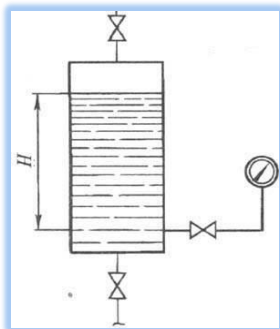


ნახ.3.

ბ) ტივტივანი ღონის საზომები. მათში სითხეში მოთავსებულ სხეულზე არქიმედეს კანონის თანახმად მოქმედებს ამომდები ძალა, რომელიც პროპორციულია სხეულის მიერ გამოდევნილი სითხისა (ნახ.3). მგრძნობიარე ელემენტია ცილინდრული ტივტივა 1, რომლის სიმკვრივე მეტია სითხის სიმკვრივეზე.

ტივტივას სიგრძე უნდა იყოს გასაზომი ღონის მაქსიმალური სიმაღლის ტოლი. როცა სითხის ღონე მეტია არამგრძნობიარე ზონის h_0 სიმაღლეზე, გამზომი ძელი 2, რომელზეც ჩამოკიდებული ტივტივა-1 იმყოფება წონასწორობაში. მომენტი M_1 , რომელიც იქმნება G_1 ტივტივითი, გაწონასწორებულია 4 საპირწონეს M_2 მომენტით.

თუ სითხის ღონე გაუტოლდება h -ს, მაშინ ტივტივას წონა შეცვრდება. შეცვრდება ასევე M_1 - ც, (M_2 -ზე ნაკლები გახდება) და ძელი გადაადგილდება საათის ისრის მიმართულებით, რომელიც გადაადგილებს 5 საზომი გარდამქმნელის 3 ბერკეტს. შედეგად 5-ის გამოსასვლელზე გაჩნდება სივანალი. ასეთი საზომების დიაპაზონია 0,025-16 მ. მათ იგივე ღირსებები და ნაკლოვანებები აქვს, რაც ლივლივა ღონის საზომებს.



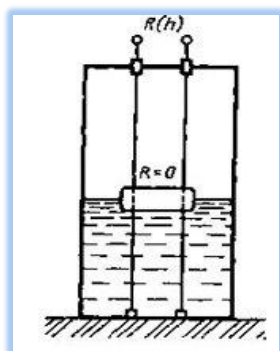
ნახ.4.

გ) ჰიდროსტატიკური ღონის საზომები. მათი მუშაობის პრინციპი ემყარება 1 სითხის სვეტის წნევის გაწონასწორებას 2 მგრძნობიარე ელემენტზე ზამბარიანი მექანიზმით (ნახ.4). ისინი გამოირჩევა კონსტრუქციის სიმარტივით, სიზუსტით, გამოყენების შესაძლებლობით დაბინძურებული სითხეების შემთხვევაში, შედარებით მცირე ფასით. ნაკლოვან მხარეებს მიეკუთვნება: მონტაჟი რეზერვუარის ფსკერზე, გამოყენება გასაზომი ობიექტის მხოლოდ მუდმივი სიმკვრივისა და მედეგობისას, აგრეთვე გასაზომ ობიექტთან მუდმივი კონტაქტი. გაზომვის დიაპაზონი შეადგენს 15-25 მ-ს.

3. ელექტრული ღონის საზომები

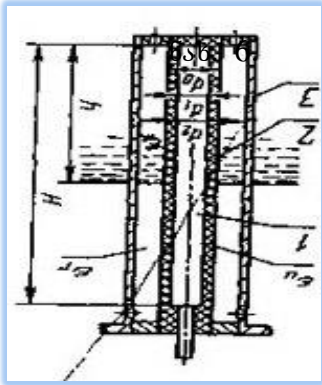
მათი საშუალებით შეიძლება გაზომოთ როგორც გამტარი, ისე დიელექტრიკული სითხეების ღონეები. გამტარების ძირითად პარამეტრია მათი ელექტროგამტარობა, დიელექტრიკებისა კი — ფარდობითი დიელექტრიკული შეღწევადობა. არსებობს კონდუქტომეტრული და ტევადური ღონის საზომები.

ა) კონდუქტომეტრული საზომები გამოიყენება სითხეების გამტარობის გასაზომად, მათი პირველადი საზომი გარდამქმნელია ორი ელექტროდი, რომელთა ჩაძირვის სიღრმე სითხეში განსაზღვრავს მის



ნახ.5.

დონეს (ნახ.5). მისი გამომავალი პარამეტრია წინაღობა. ასეთი დონის საზომების სიზუსტე შეზღუდულია ელექტროდების განივი კვეთის ფართობის ცვალებადობით, აგრეთვე ელექტროდების ზედაპირზე არსებული ჟანგისა და მარილების ფენის გამო. შედეგად, ამ საზომების ცდომილება საკმაოდ მაღალია (5 – 10 %).



ნახ.6.

ბ) ტევალური დონის საზომები. მათი პირველადი საზომი გარდაქმნილია კოაქსიალური ცილინდრული კონდენსატორი, რომლის შიგა შემონაფენი იზოლაციით 2 დაფარული ზონდია 1 (ნახ.6). ის მოთავსებულია მილის 3 ლერძის გასწვრივ, რომელიც არის კონდენსატორის გარე შემონაფენი. ზონდის იზოლაციის გარე ზედაპირსა და გარე შემონაფენს შორის მანძილს ეწოდება მუშა ღრეჩო. ის სვრელებით ქვედა მაცენტრირებელ მასრაში და გარე მილით უკავშირდება ჯურჯელს, რომელშიც იზომება დონე. სითხე აღნიშნული სვრელებით ხვდება გარდაქმნილის მუშა ღრეჩოში და ცვლის მის ტევადობას. საზომი სქემა აფიქსირებს ნულოვანი და მიმდინარე დონეების შესაბამის ტევადობათა სხვაობას. ხელსაწყოს ძირითადი ცდომილება არ აღემატება 0,1 – 0,2%. სიმარტივისა და

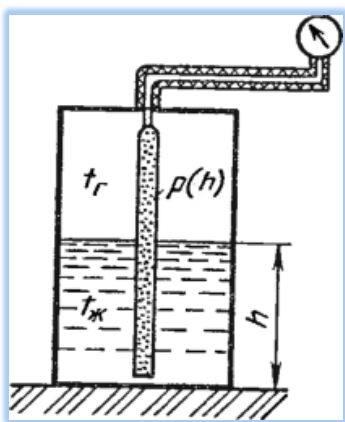
მაღალი საიმედოობის გამო ასეთი საზომები ფართოდ გამოიყენება. მათი მგრძობიარობა დიდადა დამოკიდებული სითხეების ელექტრული თვისებების ცვალებადობაზე, რისი მიზეზიცაა პირველადი გარდაქმნილის ელექტროდების ტემპერატურისა და შემადგენლობის ცვალებადობა მათზე დანალექების წარმოქმნის შედეგად.

2.4. სითბური დონის საზომები

სითბური დონის საზომების მოქმედება დამყარებულია ან სითხესა და მის თავზე წარმოქმნილი ორთქლისა და გაზის ნარევს შორის ტემპერატურათა სხვაობის გამოყენებაზე (დილატომეტრული საზომები) ან მათ თბოგამტარობებს შორის სხვაობის გამოყენებაზე (თერმორეზისტორული საზომები).

დილატომეტრული საზომების (ნახ.7) მგრძობიარე ელემენტი ღერძი ან მილი, რომელიც შეხებაშია სითხესთან და ორთქლისა და გაზის ნარევთან.

თბოგაცვლის შედეგად მგრძობიარე ელემენტი მიიღებს სითხისა და გაზის პროპორციულ ტემპერატურებს და სითხის დონის მიმდინარე მნიშვნელობას. შედეგად, სითხისა და გაზის ტემპერატურათა უცვლელობის შემთხვევაში, მგრძობიარე ელემენ-



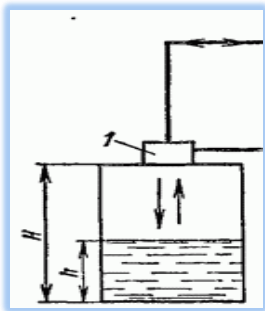
ნახ.7.

ტის საშუალო ტემპერატურე იქნება დონის მიმდინარე მნიშვნელობის საზომი. მგრძობიარე ელემენტის საშუალო ტემპერატურის შესახებ მსჯელობენ მისი ფარდობითი დაგრძელების მიხედვით. ამ საზომებს იყენებენ, როცა სითხისა და მის თავზე გაზისებრი ნარევის ტემპერატურები შედარებით სტაბილურია და ამასთან მათ შორის მნიშვნელოვანი განსხვავებაა.

მიუხედავად მათი სიმარტივისა და მაღალი საიმედოობისა, ასეთი დონის საზომები მათი გაზომვების მცირე დიაპაზონისა და დაბალი სიზუსტის გამო მრეწველობაში ნაკლებად გამოიყენება.

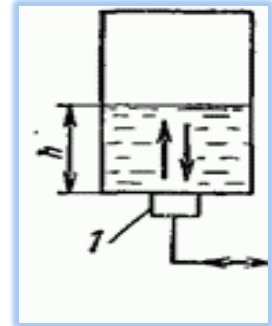
2.5. აკუსტიკური და ულტრაბგერითი დონის საზომები

აკუსტიკური და ულტრაბგერითი დონის საზომებში გამოყენებულია ბგერითი რხევების არეკვლის ეფექტი ორი გარემოს გამყოფი საზღვრიდან.



ნახ.8.

აკუსტიკურ დონის საზომებში გამოიყენება სითხის დონის ლოკაციის მეთოდი გაზის გარემოს გავლით (ნახ.8). ამ საზომებში არ გვაქვს ელემენტები, რომლებიც უშუალოდ ეხება სითხეებს. ამიტომ მათი გამოყენება შეიძლება ნებისმიერი სითხისათვის, რომელთა წნევა 4 მპა-ია და ტემპერატურა 5-80°C.

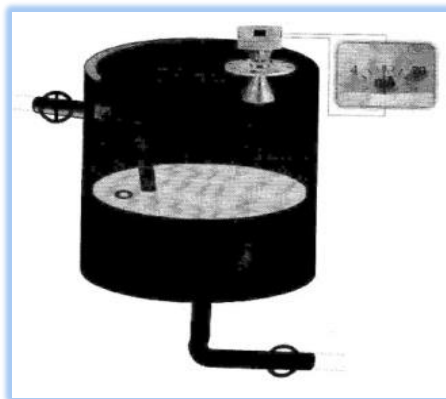


ნახ.9.

ულტრაბგერითი დონის საზომებში გამოიყენება მეთოდი, რომელიც ემყარება ულტრაბგერითი რხევების არეკვლის ეფექტს ორი გარემოს გამყოფი საზღვრიდან სითხის მხრიდან (ნახ.9). ასეთი დონის საზომები გამოიყენება მხოლოდ ერთგვაროვანი მაღალი წნევის მქონე სითხეებისათვის.

2.6. მიკროტალღური (რადარული) დონის საზომები

რადარული დონის საზომებში, აკუსტიკური საზომების მსგავსად, გამოიყენება ელექტრომაგნიტური რხევების არეკვლის მოვლენა სითხე-გაზის გამყოფი სიბრტყიდან (ნახ.10).



ნახ.10.

მათ არ გააჩნია კონტაქტი გასაზომ ობიექტთან. ეს საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ ისინი მაღალი წნევისა და ტემპერატურის პირობებში, ორთქლისა და გაზის არსებობისას ზედაპირზე. მათი საშუალებით შეიძლება აგრეთვე აგრესიული, ბლანტი, არაერთგვაროვანი სითხეებისა და ფხვიერი მასალების დონეების განსაზღვრა. ულტრაბგერითი უკონტაქტო საზომებისგან მათ განსხვავებს წნევისა და ტემპერატურის ცვლილებისადმი ნაკლები მგრძობიარობა, აგრეთვე მაღალი მდგრადობა ზედაპირის დამტვერიანებისა და აორთქლებისადმი. რადარული დონის საზომების სიზუსტე ± 1 მმ-ია.

დონის პირველადი გარდამქმნელი მოწყობილია რადიოლოკატორის პრინციპის მიხედვით. ეს იძლევა საშუალებას მინიმუმამდე დავიყვანოთ გასაზომი ობიექტის პარაზიტული და უსწორმასწორობასთან დაკავშირებული ხელშეშლების გავლენა.

მათზე არ მოქმედებს ტემპერატურა, წნევა, ტენიანობა, ქაფი, მტვერი, მასალის სახე (თხევადი, ფხვიერი), სიმკვრივე და სხვ. მათი ნაკლოვანი მხარეა ელექტრომაგნიტური ტალღების

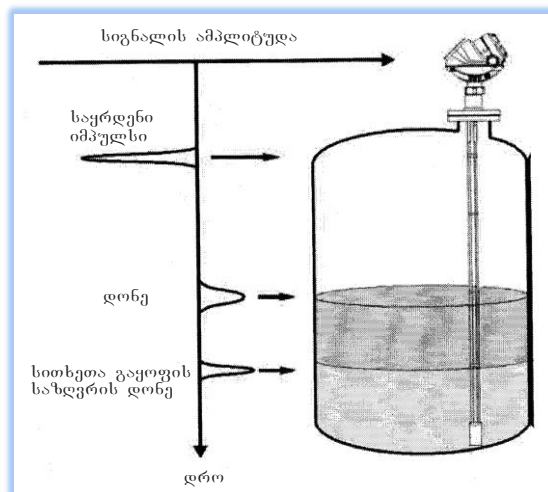
შთანთქმა დიელექტრიკების მიერ გასაზომი ნივთიერების დიელექტრიკული მუდმივა უნდა იყოს 1,6-ზე მეტი, ხოლო წებოვანმა ნივთიერებებმა შეიძლება გამოიწვიოს გარდაქმნელის გაჩერება.

2.7. რეფლექსური (ტალღამტარული) დონის მზომები

მათი დანიშნულებაა დონის, დისტანციისა და მოცულობის გაზომვა სითხეების, პასტების და ფხვიერი პროდუქტების შემთხვევაში, აგრეთვე თხევადი პროდუქტების საზღვრების გაყოფა. ასეთი საზომები რადარული დონის საზომების მსგავსია, მაგრამ ელექტრომაგნიტური იმპულსი მათში ვრცელდება ტალღამტარში. ეს ხელსაწყოები გამოიყენება მაშინ, როცა დონის სხვა საზომების გამოყენება გაძნელებულია მაღალი მტვრიანობის, სქელი ქაფის ან არასაკმარისი ენერგიის გამო. რადარულ იმპულსებზე პრაქტიკულად არ მოქმედებს გარემოს შემადგენლობა, რეზერვუარის ატმოსფერო, ტემპერატურა და წნევა. ამიტომ ისინი შეიძლება გამოიყენოთ უფრო მკაცრ პირობებში: მაღალ ტემპერატურებზე და წნევებზე, სითხის ძლიერი ლეღვისას, როდესაც სითხის ზედაპირზე ორთქლი და გაზია. ისინი გამოიყენება აგრეთვე მომცრო და ვიწრო რეზერვუარებისათვის.

აღნიშნულ ხელსაწყოში ხდება ელექტრომაგნიტური იმპულსების არეკვლა ტალღამტარში გავლისას დიელექტრიკული მუდმივას მკვეთრი ცვლის საზღვრიდან ჰაერსა და პროდუქტს შორის. გამოსხივებულ იმპულსებს აქვს მცირე სიმძლავრე და ისინი კონცენტრირებულია ზონდის გასწვრივ. შედეგად ენერგია თითქმის არ იკარგება. ეს ნიშნავს, რომ არეკვლილი სიგნალის ძალა იქნება თითქმის ერთნაირი ზონდის სიგრძის მიუხედავად.

მიკროტალღური მცირე სიმძლავრის რადარული იმპულსები მიემართება ქვევით ზონდის გასწვრივ. როდესაც რადარული იმპულსი მიაღწევს განსხვავებული დიელექტრიკული შეღწევადობის გარემოს, მისი ენერგიის ნაწილი აირეკლება უკუმიმართულებით (ნახ.11).



ნახ.11.

რადარული იმპულსის გაგზავნის მომენტსა და ექოს მიღების მომენტს შორის დროში სხვაობა პროპორციულია მანძილისა, რომლის შესაბამისად განისაზღვრება სითხის ან ორი გარემოს გამყოფი საზღვრის დონე.

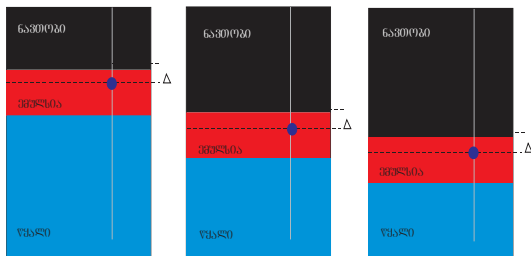
არეკვლილი ექო/სიგნალის ინტენსივობა დამოკიდებულია გარემოს დიელექტრიკულ შეღწევადობაზე. ორი გარემოს გამყოფი საზღვრის დონის გასაზომად, ხელსაწყოში გამოიყენება პირველი არეკვლის შემდეგ დარჩენილი იმპულსის ენერგია. იმპულსის ენერგიის ნაწილი არ

აირეკლება აღნიშნული საზღვრიდან ვიდრე არ აირეკლება გარემოს ქვედა საზღვრიდან. ამასთან, ტალღის გავრცელების სიჩქარე დამოკიდებულია ზედა გარემოს დიელექტრიკულ შეღწევადობაზე.

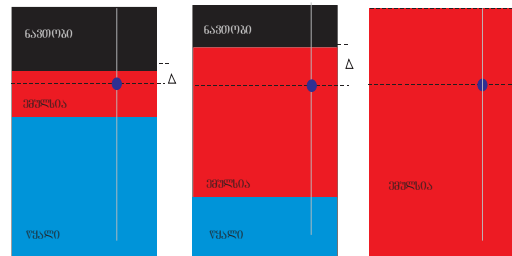
2.8. დონისა და გარემოს გამყოფი საზღვრების საზომი სისტემა

ეს სისტემა არის დონისა და გამყოფი საზღვრების საზომი მრავალკომპონენტური გარემოში და თითოეული პროდუქტის რაოდენობის განმსაზღვრელი. ის საშუალებას იძლევა მივიღოთ რეზერვუარში პროდუქტის რაოდენობრივი და ხარისხობრივი შეფასებები.

რეალურად ნავთობსა და წყალს შორის მკვეთრი გამყოფი ფენა არ არსებობს. არის გარდამავალი ემულსიური ზონა – „შუალედური ფენა“. ეს ნიშნავს, რომ საზღვრის ცნება „ნავთობი-წყალი“ საკმაოდ პირობითია. ტექნოლოგიური პროცესების მცირე დინამიკის პირობებში მოცემული დაშვება შეიძლება არაკრიტიკული აღმოჩნდეს „შუალედური ფენის“ სტაბილურობის გამო (ნახ.12).



ნახ.12



ნახ.13

თუმცა უფრო რთული რეჟიმების შემთხვევაში არასტაბილური „შუალედური ფენის“ არსებობისას, ან თუ რეზერვუარებში და ტექნოლოგიურ აპარატებში არ არის არც ნავთობი არც წყალი და არის მხოლოდ „შუალედური ფენა“ ემულსიის სხვადასხვა თვისებებით (ნახ.13), გასაზომი ინფორმაცია ნავთობი-წყალი საზღვრებს შორის დონის შესახებ იქნება არაუტყუარი და შეიძლება გამოიწვიოს მცდარი ტექნოლოგიური გადაწყვეტილებები.

YMΦ-300 სისტემის განვითარების კონცეფციაში „შუალედური ფენა“ იკავებს მთავარ ადგილს, რამდენადაც ზუსტად იქ ხდება ძირითადი პროცესები ნავთობისა და წყლის განცალკევებისათვის.. YMΦ-300 ნავთობისა და წყლის დონეების გარდა ზომავს ემულსიის დონეს, განსაზღვრავს „ნავთობი-ემულსიის“ და „ემულსია-წყლის“ საზღვრების არსებობას და სიმკვეთრეს, განსაზღვრავს „შუალედური ფენის“ სტრუქტურას – მდგრადია თუ არა, ერთგვაროვანია თუ არა.

3. დასკვნა

როგორც დონის განხილული საზომებიდან ჩანს, თითოეულ მათგანს აქვს თავისი დადებითი და უარყოფითი მხარეები. ასეთებია: გაზომვის დიაპაზონი, სიზუსტე, ცდომილება, მგრძობიარობა და სხვ. გარდა ამისა, ამ ხესაწყობებს გააჩნია რიგი სპეციფიკური მახასიათებლები, რომლებიც განსაზღვრავს მათი გამოყენების შესაძლებლობას სხვადასხვა ტიპის ნავთობპროდუქტების მიმართ. კერძოდ, მათი საშუალებით შეიძლება გავზომოთ სხვადასხვა ტემპერატურის, სიბლანტის, აალებადობის, გამჭვირვალობის, სიმკვრივის ნავთობპროდუქტების დონეები და ა.შ. გარდა დონეების გაზომვისა, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ნავთობპროდუქტების გამყოფი საზღვრების გაზომვას, მრავალკომპონენტური გარემოში და თითოეულ გარემოში პროდუქტის რაოდენობის განსაზღვრას. ასეთი გაზომვებისას იქმნება გარკვეული სიძნელებები. რომლებიც შეიძლება გადაწყდეს YMΦ-300 ხელსაწყოთა საშუალებით.

ლიტერატურა:

1. Бунчук В.А.(1977). Транспорт и хранение нефти, нефтепродуктов и газа. -М.: „Недра“.
2. <http://skif-analit.com.ua/doc/Saab.pdf>
3. Вильнина А., Вильнин А.Д., Ефремов Е.В. (2001). Современные Методы и Средства Измерения Уровня в Химической Промышленности. Томского политехнического университета.
4. Шайхутдинова М.Ш. Определение границы раздела фаз нефть-вода в резервуарах сырой и товарной нефти. Институт проблем транспорта энергоресурсов г. Уфа. e-mail: margo_mt@bk.ru
5. www.td-urovnemer.ru/info/articles/bujkovye-urovnemery.html
6. http://sci.alnam.ru/book_ttp.php?id=136
7. разработка ПО подсчета количества нефти в РВС оснащенных системами измерения уровня производства фирмы НИЦ МИ. г.Уфа. 2012 г.
8. http://www.td-urovnemer.ru/info/articles/radarnie_yrovnemeri.htm

OVERVIEW OF MODERN METHODS FOR MEASURING LEVEL AND INTERFACE PHASES IN OIL TANKS

Azmaiparashvili Zaal, Murjikneli Guram, Qitiashvili Georgi.
Georgian Technical University

Summary

The paper discusses methods of oil level measurements in an oil tank by means of measuring instruments of different types. Described the advantages and disadvantages of each method. It is shown what method of measurement and measurement instruments must be used for different types of oil products. It is also considered the methods and means for determining (measurement) an intermediate emulsion "oil-water" zone in the oil reservoir

**ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ И ГРАНИЦ
РАЗДЕЛА ФАЗ В НЕФТЯНЫХ РЕЗЕРВУАРАХ**

Азмаипарашвили З., Мурджикнели Г., Китиашвили Г.
Грузинский технический университет

Резюме

Рассматриваются методы измерения уровней нефтепродуктов в нефтяных резервуарах с помощью измерительных приборов разного типа. Приводятся достоинства и недостатки каждого из них. Показано при каких видах нефтепродуктов какой метод измерения и измерительный прибор целесообразно применить. Рассматриваются также методы и средства определения (измерения) промежуточной эмульсионной зоны «нефть-вода» в нефтяном резервуаре.