

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

გიორგი ცივქარაშვილი

მაგისტრალური ნავთობსადენების საექსპლუატაციო რეჟიმების
გაანგარიშების და რეგულირების საკითხები

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

სადოქტორო პროგრამა “ენერგეტიკა და ელექტროინჟინერია“

შიფრი 0405

თბილისი

2019 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში
ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტი
ჰიდროენერგეტიკისა და მაგისტრალური სამილსადენო სისტემების
დეპარტამენტი

ხელმძღვანელები: პროფესორი დ. ნამგალაძე
ასოც. პროფესორი ლ. შატაკიშვილი

რეცენზენტები:

.....

დაცვა შედგება 2019 წლის "-----" "-----" "-----" საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და
ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის
სხდომაზე, კორპუსი VIII, აუდიტორია

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი
ასოცირებული პროფესორი

გ. გიგინეიშვილი

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

მაგისტრალური ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მილსადენები წარმოადგენს საფრთხის გაზრდის წყაროებს. ამჟამად მილსადენებისადმი წაყენებულია მოთხოვნები მისი უსაფრთხო ფუნქციონირების უზრუნველსაყოფად, საჭიროა მეტი ყურადღების დათმობა ავარიების თავიდან აცილების და მათი ნეგატიური შედეგების შემცირებისათვის. ნავთობის ტრანსპორტირების უსაფრთხოების გაუმჯობესება დიდწილად ეფუძნება რისკის ანალიზს.

იმის გათვალისწინებით, რომ მსოფლიო თანამეგობრობის ეკონომიკა საკმაოდ სტაბილურად ვითარდება და უმრავლეს ქვეყნებში მთლიანი შიდა პროდუქტის წლიური ზრდა 3-6%-ის ფარგლებშია, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ენერგორესურსების ენერჯის მოხმარების ზრდის ენერგოდაზოგვის პოლიტიკა - **მნიშვნელოვანი და აქტუალურია.**

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, დაგეგმილია ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ძირითადი ტრანსპორტის განვითარება (სარკინიგზო ტრანსპორტის წარმატებული კონკურენციის გამო). ყველაზე მნიშვნელოვანი პირობაა სატუმბი დანახარჯების შემცირება, რომელიც ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი კომპონენტია ენერგოხარჯებში.

არსებობს ძირითადი მაგისტრალური ტუმბოების ამძრავის ელექტროენერჯის მოხმარების შემცირების სხვადასხვა გზები. მათ შორის: ნავთობსადენის ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის შემცირება პერიოდული გაწმენდის ან მისართების შერევის გზით; ტუმბოს მუშა ხარჯის რეგულირება, ოპტიმიზაციის თანამედროვე მეთოდების გამოყენებით; გამანაწილებელ ქსელებში და საექსპლუატაციო მოწყობილობებში ელექტროენერჯის დანაკარგების შემცირება; თანამედროვე ტექნოლოგიების გადასვლა ენერგოდაზოგავ მოხმარებაზე.

სადისერტაციო ნაშრომი მიზნად ისახავს ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მაგისტრალურ მილსადენებში ენერგოდაზოგვის

მეთოდების და საშუალებების გამოყენებას - რეჟიმების ოპტიმიზაციით.
დასმული ამოცანა მეტად აქტუალურია.

სადისერტაციო ნაშრომის კვლევის ობიექტი და მეთოდები: სატუმბო სადგურების და მილსადენების ფაქტიური ჰიდრავლიკური მახასიათებლების თეორიული პოზიციებისა და კომპიუტერული მეთოდების შემუშავება. ასევე სატუმბო დანადგარების ჩართვის სქემის ოპტიმიზაციის მეთოდები; მაგისტრალური ტუმბოს მუშაობის რეგულირების მეთოდების შერჩევა და მათი გამოყენების რეკომენდაციების შემუშავება; სატუმბო სადგურების ავტონომიური ელექტრომომარაგების გამოყენების ტექნოლოგიების განვითარება. ენერგო დანაკარგების შემცირება კომუნიკაციებში.

პრობლემების და ამოცანების გადაჭრისას გამოყენებულ იქნა ჰიდროდინამიკის ძირითადი პრინციპები, ასევე ალბათობის სტატისტიკური მეთოდები, მწკრივების თეორია და სხვა სამილსადენო ტრანსპორტის ოპტიმიზაციის პრობლემების გადაჭრის მეთოდები.

დისერტაციაში გამოყენებული მეთოდებისა და ალგორითმების დადასტურების მიზნით გამოიყენებოდა მაგისტრალური ნავთობსადენის „ბაქო-სუფსა“ დისპეტჩერიზაციის ინფორმაცია, სატუმბო სადგურების კომპიუტერული გაზომვისა და კონტროლის სისტემების მონაცემთა ბაზა, როგორც ექსპერიმენტული მონაცემები და სხვა ინფორმაცია.

ნაშრომის ძირითადი შედეგები და სიახლეს წარმოადგენს: ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მილსადენის ენერგოეფექტურობის ანალიზი, ასევე განიხილულია მილსადენების ექსპლუატაციის დროს ენერგოდაზოგვის ძირითადი გზები. დარგის ენერგოეფექტურობა განისაზღვრება შემდეგი ძირითადი ფაქტორებით: საწარმოს საკუთარი საჭიროებების ენერგოდანახარჯები, ელექტროენერგიის დანაკარგების რაოდენობა - ტრანსფორმატორებში, საკაბელო ხაზებში და თბოიზოლაციის სისტემაში. აგრეთვე ნავთობპროდუქტების დანაკარგები ტრანსპორტირების და შენახვის დროს.

ტექნოლოგიური ენერჯის მოხმარება, უპირველეს ყოვლისა, მოიცავს ელექტრომოხმარებას, რომელიც მოიხმარება ძირითადი და დამხმარე ტუმბოებით, რაც მთლიანი ენერგომოხმარების 70-95%-ს შეადგენს. ამ ტიპის დანახარჯები დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე - მილსადენების ჰიდრავლიკურ მახასიათებლებზე, მათ ტექნიკურ მდგომარეობაზე, წნევაზე უბნის საწყის და ბოლო წერტილში, სატუმბო აგრეგატების დანადგარების ჩართვის სქემაზე და ა.შ.

ზემოაღნიშნული ასპექტების გათვალისწინებით, ერთ-ერთი მიზანია განისაზღვროს ნავთობსადენების გრძელვადიანი ექსპლუატაციის დრო და მათი სამრეწველო უსაფრთხოების მართვის სისტემის გაუმჯობესება.

ტურბომექანიზმების ამძრავის რეგულირება - დროსელირების გამოყენებით, გააჩნია რიგი უპირატესობები. სტაციონალურ რეჟიმებში ეს არის მოწყობილობის მცირე დატვირთვები, შემცირებული გაჟონვები და სხვა დანაკარგები მაგისტრალურ ნავთობსადენებში. დინამიკაში, ეს არის რეგულირების გაუმჯობესებული ხარისხი, ჰიდრავლიკური დარტყმების წარმოშობის ალბათობის შემცირება, ურთიერთდაკავშირებული ცვლადების მართვის ავტომატიზირება. რიგი კვლევები აჩვენებს, რომ ზოგიერთ შემთხვევაში, მისი გავლენა მნიშვნელოვნად აღემატება ენერჯის დაზოგვის შედეგებს.

თუმცა, ამ საკითხზე გარკვეული შეკითხვები საჭიროებს უფრო სიღრმისეულ განვითარებას. კერძოდ, მილსადენებში პროდუქტის მოძრაობის დროს მათემატიკური მოდელები წარმოდგენილია გამარტივებული ფორმით. „ელექტრულიამძრავის - ტურბომექანიზმი - მაგისტრალის მილსადენის“ სისტემის ტექნოლოგიური ცვლადებით მართვის აგება წნევის კარნახის წერტილებში, დონეები რეზერვუარებში, კონცენტრაციები ნარევებში და ა.შ. - მეტად რთულია. ნავთობსადენებში პროდუქტის მოძრაობის დინამიკური განტოლებების არარსებობა ართულებს ისეთი ტექნოლოგიური ცვლადების კონტროლის მექანიზმების წარმოქმნას, როგორცაა მწარმოებლობა, წნევის კარნახის წერტილებში,

რეზერვუარების რაოდენობა და ა.შ. - ქმნის მართვის რთულ პროცედურებს.

აღნიშნული ანალიზის შედეგად გამოვლინდა პრობლემები, რომლებიც შემდგომ განვითარებას საჭიროებს. ნაშრომის თავდაპირველ ნაწილში, შემუშავდა თეორია წნევის კარნახის სისტემის მოდელირებისა და გაანგარიშებისათვის. გაირკვა, თუ რა გავლენას ახდენს სატუმბო სადგურების წნევის ცვლილების ხასიათს, მაღალი წნევის სისტემის პარამეტრებს.

ნაშრომში მიიღება ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მოძრაობის მათემატიკური მოდელები სტაციონარული და არასტაციონარული რეჟიმებისთვის. განიხილება სტაციონარული რეჟიმების განტოლების ეფექტურობის მეთოდების ანალიზი. მიღებულია მილსადენის მაგისტრალის მახასიათებლების ცნება და დადგენა. ნაჩვენებია, რომ დროსელირებით მართვა დაკავშირებულია მილსადენის ხელოვნური მახასიათებლების ფორმირებით.

მიღებული სტაციონარული რეჟიმების განტოლება გამოიყენება მილსადენის მარგი ქმედების კოეფიციენტის თანაფარდობისათვის. დამაჯერებლად ჩანს, რომ დროსელირების მეთოდი არის ენერგოდანახარჯის გზით მწარმოებლობის რეგულირება. გაწერილია ღონისძიებები მარგი ქმედების კოეფიციენტის გაზრდისათვის სრულად გაღებული ჩამკეტი არმატურისათვის.

შემუშავებულია ტურბომექანიზმის მარგი ქმედების კოეფიციენტის ეფექტურობის გაანგარიშების მეთოდი, რაც დამოკიდებულია სხვადასხვა სტატისტიკური დაწნევის მართვაზე, როდესაც ხდება მწარმოებლობის მართვა მექანიზმის ბრუნვის სიხშირის შეცვლის გზით. შემოტანილია საშუალო მარგი ქმედების კოეფიციენტის ცნება მწარმოებლობის ცვლილება გარკვეულ დიაპაზონში სიხშირის ცვლილების გათვალისწინებით. მიღებული საშუალო კოეფიციენტების შედარება ამცირებს ენერჯის დაზოგვის მიღებულ ეფექტს. ტურბომექანიზმების მწარმოებლობის მართვა

დროსელირების და ბაიპასირებით მეთოდის შედარებით გვიჩვენებს, რომ ისინი თითქმის ექვივალენტურია ენერგოდაზოგვის თვალსაზრისით, ამიტომ ბაიპასირებით ენერგოდაზოგვა - შემდგომში აღარ განიხილება. ტურბომექანიზმის მწარმოებლობის ამ ორი მეთოდის შედარება, გვამღევეს სტაციონარული რეჟიმის მახასიათებლებს, რადგანაც დროსელირების მეთოდი წარმოადგენს არაწრფივს, ტურბომექანიზმის ბრუნვის სიხშირის ცვლილებასთან შედარებით.

შედეგების გამოყენების სფეროს წარმოადგენს: „ბაქო სუფსას“ მაგისტრალური მილსადენის ნატურულმა და რიცხვითმა ექსპერიმენტმა გვიჩვენა, რომ მოდელის და მისი კომპიუტერული პროგრამით რეალიზაცია ადეკვატურად აისახება სისტემაში გარდამავალი პროცესების დროს. კერძოდ, სხვადასხვა გაერთმთლიანების შემთხვევაში: სატუმბო სქემები, ტანკერებში ნავთობის ჩასხმის პროცესში და ა.შ.

თანამედროვე მათემატიკური მოდელები და პროგრამული უზრუნველყოფა შეიძლება გამოყენებულ იქნეს საპროექტო დოკუმენტაციის შემუშავებაში.

ნაშრომის აპრობაცია. სადისერტაციო სამუშაოს შედეგები მოხსენებულ იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის, ჰიდროენერგეტიკისა და მაგისტრალური სამილსადენო სისტემების დეპარტამენტში I, II და III კოლოქვიუმებზე და დისერტაციის წინასწარ განხილვაზე. ასევე, სტუ-ს სტუდენტთა 86-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე - ჰიდროენერგეტიკისა და მაგისტრალური სამილსადენო სისტემების სექცია, თბილისი 2018 წელი.

დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებულია 3 სამეცნიერო სტატია.

ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა. სადისერტაციო ნაშრომი მოიცავს 166 გვერდს, მათ შორის 28 ცხრილსა და 68 ნახაზს. იგი შეიცავს შესავალს, 6 თავს, დასკვნებსა და გამოყენებულ ლიტერატურის სიას.

ნაშრომის მოკლე შინაარსი

პირველ თავში განხილულია მაგისტრალური ნავთობსადენის აღწერა და მიმოხილვა: მაგისტრალური ნავთობსადენი, სათავო გადასატუმბი სადგურიდან - ბოლო სარეზერვუარო პუნქტამდე და შეიცავს: სახაზო ნაგებობებს და ნავთობგადასატუმბ სადგურებს, რომლებიც უზრუნველყოფს ნავთობის გადატუმბვას. ხშირ შემთხვევაში ნავთობსადენის ბოლოს, მოწყობილია ტერმინალი, საიდანაც ხდება ნავთობის ჩასხმა ტანკერებში.

იმის და მიხედვით, თუ როგორ ხდება ნავთობის მოძრაობის ორგანიზაცია, ჩატარდა გადაქაჩვის შემდეგი სისტემების ანალიზი: სადგურებიანი გადაქაჩვა; გადაქაჩვა რეზერვუარის გავლით; გადაქაჩვა მიერთებული რეზერვუარით გადაქაჩვა „ტუმბო - ტუმბოში“.

შემდეგ განხილულია ნავთობსადენების სახაზო ნაწილი და სატუმბი სადგურების მოწყობილობის საიმედოობა, რომელიც განსაზღვრავს მისი ელემენტების, კვანძების და უბნების ტექნიკურ მდგომარეობას: მათ შორის ჩამკეტი აპარატურის, ავტომატიკის საშუალებების, კოროზიის საწინააღმდეგო ელექტროქიმიური დაცვის მდგომარეობა; ტექნიკური მომსახურებისა და რემონტის დონე; მილსადენის არასასურველი ზემოქმედებისგან დაცვის დონე. სახაზო ნაწილის საიმედოობაზე დიდ გავლენას ახდენს გამოყენებული კონსტრუქციების, ნაკეთობების და მასალების ხარისხი, მშენებლობის ხარისხი, მიღება-ჩაბარების სამუშაოების ჩატარების ტექნიკური დონე. სახაზო ნაწილის ავარიულობა ფასდება მტყუნებათა ნაკადის პარამეტრით, ამ შემთხვევაში, რადგანაც რემონტის დრო საშუალოდ გაცილებით ნაკლებია ნამუშევარზე, თანხვდება კუთრი მტყუნების საფრთხეს.

მეორე თავში განხილულია მაგისტრალური ნავთობსადენის „ბაქო-სუფსა“-ს აღწერა. დასავლეთის მიმართულების საექსპორტო ნავთობსადენი, რომელსაც ასევე ”ბაქო-სუფსა“-ს ნავთობსადენს უწოდებენ, რომლის

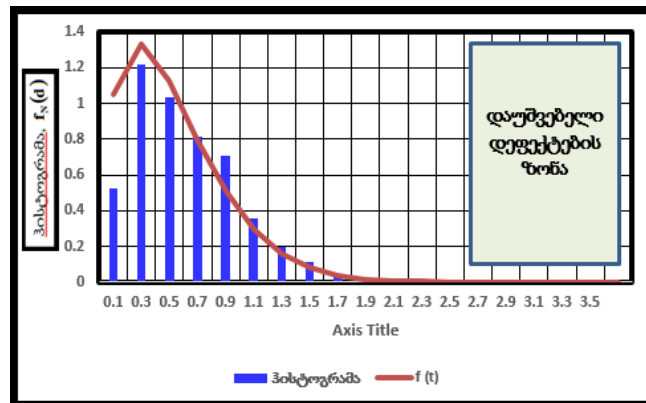
შემადგენლობაშიც შედის ნავთობსადენი, წნევის ამწევი და დამწევი სადგურები, ოფშორში ნავთობის ჩასატვირთი მოწყობილობები და ნავთობის საცავი ტერმინალი. ნავთობსადენის დანიშნულებაა ნავთობის გადაქაჩვა კასპიის ზღვის სანაპიროზე მდებარე სანგაჩალის ტერმინალიდან, შავი ზღვის სანაპიროზე სუფსის ტერმინალში. ნავთობსადენის დიამეტრი 530 მმ-ია, ხოლო მთლიანი სიგრძე 834.5 კმ-ს შეადგენს. ნავთობსადენს გააჩნია რვა სადგური: ხუთი წნევის ამწევი სადგური (PS) და ორი წნევის დამწევი სადგური (PRS). შუალედური სატუმბი სადგურების ტერიტორიაზე განლაგებულია სამი ჰორიზონტალურ ლილვიანი ცენტრიდანული ტუმბო. ისინი ქსელში პარალელურად არის განლაგებული. თითოეულ ტუმბოს ამძრავის სახით გააჩნია 1152 კვტ. სიმძლავრის დიზელის ძრავი. სუფსის ტერმინალში ხდება ნავთობსადენის მიერ გადატუმბული ნავთობის შენახვა და აღრიცხვა ტანკერებში ჩატვირთვამდე.

მესამე თავში ჩატარებულია ნავთობსადენების კოროზიული დეფექტების ალბათური მახასიათებლების და ობიექტის ნარჩენი რესურსის პროგნოზირება. მიწისქვეშა ნავთობსადენებში ხდება შიგა და გარე ზედაპირების კოროზია. გარე ზედაპირების კოროზიის მიზეზია საიზოლაციო საფარის კონტაქტი გრუნტის წყლებთან და ნიადაგის მავნე ზემოქმედება. კოროზიული დეფექტების განაწილება და ზრდა ექვემდებარება შემთხვევითი რიცხვების კანონებს, ნატურული მონაცემების დამუშავების გზით.

ნავთობსადენის მუშაუნარიანობის პროგნოზირება, მოიცავს მისი ტექნიკური მდგომარეობის ალბათობას, დროის მოცემულ ინტერვალში. იგი უშუალოდ დაკავშირებულია სიმტკიცის და ნარჩენი რესურსის შეფასებასთან, კოროზიული და სხვა სახის დეფექტების განვითარებასთან, ლითონის თვისებების და ექსპლუატაციის რეჟიმების ცვლილებასთან. რადგანაც ნავთობსადენები წარმოადგენს ხანგამძლე ტექნიკურ ობიექტებს, ამიტომ მათი მუშაობის დრო შესაძლოა გაგრძელდეს პრაქტიკულად

განუსაზღვრელი ვადით, დაზიანებული უბნის რემონტირების ან შეცვლის შემთხვევაში. ნარჩენი რესურსის სარემონტო სამუშაოების მოცულობების გაზრდით, ხდება გადაწყვეტილება, ნავთობსადენის მუშა მდგომარეობის შენარჩუნების მიზანშეწონილობის საფუძველზე.

ნარჩენი რესურსის შეფასებისას რეკომენდირებულია ყველა შესაძლო მუშაუნარიანობის დაკარგვის ანალიზირება, მათ შორის: 1. კოროზიული დეფექტების წარმოქმნა და ზრდა, ჰერმეტიულობის დაკარგვისას ზოგადი ან ლოკალიზებული კოროზიის სახით; 2. ბზარების ზრდა, დაღლილობის ან მცირეციკლური მექანიზმების წყალბადური ან კრისტალიტურშორისი კოროზიისას; 3. ლითონის დაბზარვა ძაბვის ქვეშ, მექანიზმების წყალბადური ან კრისტალშორისი კოროზიისას; 4. ნავთობსადენის რღვევა პერსონალის, სხვა ორგანიზაციების და კერძო პირების მცდარი ქმედებების გამო.



ნახ. 1. პისტოგრამა და განაწილების სიმკვრივის ფუნქცია

მაგალითისათვის, განვიხილოთ პირველ შემთხვევაში - რღვევა კოროზიის ლითონის დაკარგვა. ამ დროს არსებობს ნავთობსადენის ნარჩენი რესურსის შეფასების ორი მიდგომა: დეტერმინისტული და ალბათური. შემდგომში განხილულია რუსეთში არსებული (რომელმაც ამოწურა რესურსი) ნავთობსადენის საკონტროლო უბნების ჯამური სიგრძით $l = 76,5$ კმ-ის მქონე შემდეგი მონაცემები. საბოლოოდ, სტატისტიკური მონაცემების დამუშავების შედეგად ვღებულობთ მტყუნების ალბათობის

განაწილების სიმკვრივის ვაიბულის ფუნქციას (ნახ. 1):

$$f(d) = 3,219166 t^{0,48} e^{-2,1751d^{1,48}}.$$

მოცემული ალგორითმი შეიძლება გამოყენებულ იქნას ნავთობსადენის მდგომარეობის საიმედოობის პროგნოზირება სხვა პროცესებისას, მაგალითად გარდამავალი წინააღმდეგობის საიზოლაციო დაფარვის შერჩევისას.

მეოთხე თავში დადგენილია ნავთობსადენში სითხის ნაკადის მათემატიკური მოდელი. ისეთი ობიექტის მართვა, რომლის ძირითადი პარამეტრია მაგისტრალური ნავთობსადენის მწარმოებლობა - რაც მეტად რთულია. ამიტომ, ფიზიკური არსიდან გამომდინარე, ამ ეტაპზე უფრო მარტივია დამყარებული მათემატიკური მოდელის მიღება.

ჩვენს მიერ მიღებული მათემატიკური მოდელი შემდეგია:

$$H = \left[1 + \lambda \frac{L}{D} + \sum \zeta_c + \zeta_0(\bar{y}) \right] \frac{\gamma Q^2}{2g\omega^2}, \quad (1)$$

სადაც ζ არის ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის კოეფიციენტი;

γ - სითხის კუთრი წონა, ნ/მ³;

g - სიმძიმის ძალის აჩქარება, მ/წმ²;

L და D - შესაბამისად ნავთობსადენის სიგრძე და დიამეტრი;

$\sum \zeta_c$ - ჯამური ადგილობრივი წინააღმდეგობის კოეფიციენტი;

$\zeta_0(\bar{y})$ - ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის კოეფიციენტი;

ω - არის ნავთობსადენის ცოცხალი კვეთის ფართობი;

$0 \leq \bar{y} \leq 1$ - მარეგულირებელი ორგანოს ფარდობითი მდგომარეობა;

განტოლება (1)-ში, კვადრატულ ფრჩხილებში მოთავსებული გამოსახულება გამრავლებული $\frac{\gamma Q^2}{2g\omega^2}$ -ზე, შეესაბამება დაწნევას. ამიტომ, (1)

შესაძლებელია მივიღოთ შემდეგი სახე:

$$H = \Delta H_v + \Delta H_T + \Delta H_c + \Delta H_a; \quad (2)$$

სადაც H არის h სიმაღლის სვეტის დაწნევა (დაწნევა ნავთობსადენის შესასვლელზე);

$\Delta H_v = \frac{\gamma Q^2}{2g\omega^2}$ - შექმნილი სიჩქარითი დაწნევის დახარჯული წნევის ნაწილი;

$\Delta H_T = \lambda \frac{L}{D} \frac{\gamma Q^2}{2g\omega^2}$ - დაწნევის ნაწილი, რომელიც მოდის ნავთობსადენის კედლებთან ხახუნზე;

$\Delta H_c = \sum \zeta_c \frac{\gamma Q^2}{2g\omega^2}$ - ნავთობსადენში ადგილობრივ წინააღმდეგობაზე მოსული დაწნევის ნაწილი;

$\Delta H_a = \zeta(\bar{y}) \frac{\gamma Q^2}{2g\omega^2}$ - არმატურაში ადგილობრივ წინააღმდეგობაზე მოსული დაწნევის ნაწილი;

სიმარტივისათვის, გავამრავლოთ მარცხენა და მარჯვენა მხარეები Q -ზე, მაშინ ნამრავლის განზომილება გვექნება $[\mathbf{H} \cdot \mathbf{Q}] = (\text{ნ/მ}^2) \cdot (\text{მ}^3/\text{წმ}) = \text{ნ} \cdot \text{მ}/\text{წმ}$, რაც შეესაბამება სიმძლავრის განზომილებას.

მაშინ, მარჯვენა მხარის შემადგენლები შეიძლება ინტერპრეტირდეს, როგორც ნავთობსადენში სითხის ტრანსპორტირებაზე დახარჯული საერთო სიმძლავრე.

ამ შემთხვევაში (2) ჩავწერთ ასეთი სახით:

$$\mathbf{N} = \Delta \mathbf{N}_v + \Delta \mathbf{N}_T + \Delta \mathbf{N}_c + \Delta \mathbf{N}_a, \quad (3)$$

სადაც $\Delta \mathbf{N}_v$ არის სიმძლავრის ნაწილი, რომელიც უზრუნველყოფს სითხის სიჩქარით მოძრაობას, ანუ სასარგებლო სიმძლავრე;

$\Delta \mathbf{N}_T$ - სიმძლავრის ნაწილი, რომელიც იხარჯება ნავთობსადენის კედლებზე ხახუნის შედეგად;

$\Delta \mathbf{N}_c$ - სიმძლავრის ნაწილი, რომელიც იხარჯება ნავთობსადენში ადგილობრივ წინააღმდეგობაზე;

$\Delta \mathbf{N}_a$ - სიმძლავრის ნაწილი, რომელიც იხარჯება არმატურაში ადგილობრივ წინააღმდეგობაზე;

ბოლოს, განვიხილოთ (1)-ში კვადრატულ ფრჩხილებში მყოფი გამოსახულება. კედლებზე ხახუნი განისაზღვრება შიგა ზედაპირით,

სიგრძითა და დიამეტრით მაგალითად, ფოლადის მილებისათვის $\lambda = 0,01 \div 0,03$.

მაშინ, ასეთი გამოსახულება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\zeta_a(\bar{y}) = \frac{20g\omega_{Pir}^2}{(Q_{Pir}\bar{y})^2} \quad (4)$$

აქედან ჩანს, რომ მარეგულირებელი ორგანოს საკეტის გადაადგილებისას, შეიძლება შეიცვალოს არმატურის და სრული ნავთობსადენის ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის კოეფიციენტი.

შემდეგ ვატარებთ მაგისტრალური ნავთობსადენის სითხის ხარჯის დამყარებული მათემატიკური მოდელის ანალიზს. მიღებული მათემატიკური მოდელი (1) და ამ საფუძველზე მიღებული თანაფარდობები (3) და (4) გვაძლევს მარეგულირებელი მახასიათებლების მიღების საშუალებას, ნავთობსადენის მწარმოებლობის და ენერგეტიკული მახასიათებლების მართვას.

პირველ რიგში საინტერესოა სტატიკური მახასიათებლის მართვა - დამოკიდებულება გამოსასვლელ სიდიდესა და მართვადი ზემოქმედებისა, ანუ ხარჯის მახასიათებელი. (1)-დან შეიძლება მივიღოთ:

$$Q = \sqrt{\frac{2gH\omega_{Pir}^2}{\left[1 + \lambda \frac{L}{D_{Pir}} + \sum \zeta_c + \frac{20g\omega_{Pir}^2}{(Q_{Pir}\bar{y})^2}\right] \gamma}} \quad (5)$$

ბოლო გამოსახულებიდან, არსებობს გამოსასვლელი სიდიდის მართვის ორი ხერხი:

- დროსელირება - ეს არის მარეგულირებელი ორგანოს საკეტის გადაადგილება; \bar{y} -ის ცვლილებისას ნულიდან ერთამდე კოეფიციენტი $\xi_a(\bar{y})$ იცვლება ზღვრებში $0 \leq \xi_a(\bar{y}) \leq \xi_{a \max}$; შესაბამისად მწარმოებლობა იზრდება ნულიდან მაქსიმალურამდე. ამ დროს მხედველობაშია, რომ დაწნევა გამოსასვლელში არ იცვლება, ან იცვლება დაწნევის წყაროს თვისებებით ტექნოლოგიურ ზღვრებში;

- წნევის ცვლილების მეთოდი, როდესაც ნავთობსადენს გააჩნია სრულად ღია ჩამკეტი და მარეგულირებელი არმატურა. წნევის წყაროები შეიძლება იყოს სხვადასხვა, მაგალითად, დონეები ტევადობებში და ა.შ.

შემდეგ, მიღებულია ნავთობსადენის მაგისტრალის მ.ქ.კ-ის დადგენის მეთოდიკა. ჩვენს მიერ მიღებულია (3)-ის გამოსახულება:

$$N = \Delta N_V + \Delta N_T + \Delta N_c + \Delta N_a,$$

სიმძლავრის ამ ოთხი შემადგენლიდან, გვაქვს სასარგებლო შემადგენელი, რომელიც უზრუნველყოფს სიჩქარით დაწნევას, ΔN_V . აქედან გამომდინარე, გარდაქმნების შედეგად შევიტანოთ მქკ შემდეგი სახით:

$$\eta_{\text{Xax}} = \frac{Q^2 \gamma / 2g\omega_{\text{Pir}}^2}{\left[1 + \lambda \frac{L}{D_{\text{Pir}}} + \sum \xi_c + \xi_a(\bar{y}) \right] \frac{Q^2 \gamma}{2g\omega_{\text{Pir}}^2}} = \frac{1}{1 + \lambda \frac{L}{D_{\text{Pir}}} + \sum \xi_c + \xi_a(\bar{y})}. \quad (6)$$

დროსელირებისას, ენერგეტიკული ტევადობის დანაკარგებს განსაზღვრავს მუშაობა შერჩეული მახასიათებლის წირით. განსხვავებით დროსელირებისგან, ნავთობსადენის მქკ-ს მწარმოებლობის მართვა დაწნევის ცვლილებით, მწარმოებლობა რჩება მუდმივი რეგულირების მთელ დიაპაზონში. ეს სიდიდე განისაზღვრება მახასიათებლის მაჩვენებლებით და შესაბამისად (6), მით უფრო მეტია, რაც უფრო ნაკლებია ნავთობსადენის ჰიდრავლიკური წინაღობა.

ნავთობსადენში სითხის ნაკადის მათემატიკური მოდელი ასახავს ყველა ცვლადების მოქცევას, როგორც დამყარებული ასევე დაუმყარებელ რეჟიმებში, წარმოადგენს დაუმყარებელ მათემატიკურ მოდელს. ეს მოდელი წარმოადგენს უნივერსალურს, რადგანაც ხდება ნებისმიერი კოორდინატების პარამეტრების ცვლილების ხასიათის დადგენა შესასვლელი ზემოქმედებისას, ასევე მუდმივი პარამეტრების დროში. ასეთი დაუმყარებელი მოდელი წარმოადგენს დამყარებელი მოდელის კერძო შემთხვევას.

ამგვარად, მიღებულია განტოლება ნავთობსადენში სითხის ხარჯის დაუმყარებელი მათემატიკური მოდელი, კერძოდ შემდეგი დიფერენციალური განტოლება:

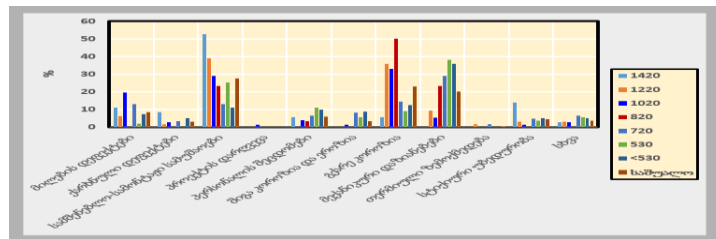
$$\frac{dQ}{dt} = \frac{H\omega g}{L\gamma} - \left[1 + \lambda \frac{L}{D} + \sum \zeta_c + \zeta(\bar{y}) \right] \frac{Q^2}{2g\omega}; \quad (7)$$

ამგვარად, ეს განტოლება აღწერს მართვად ზემოქმედებას $Q(t)$ -ს, დროში შესასვლელი ზემოქმედების $H(t)$ და $\bar{y}(t)$ ცვლილებისას.

ეს ზემოქმედებები, კერძო შემთხვევაში, წარმოადგენს: \bar{y} - მარეგულირებელი ორგანოს საკეტის გადაადგილება, ხოლო მწარმოებლობის ცვლილება ახასიათებს გარე დაწნევას - H . შეშფოთების სახით ვიხილავთ კვადრატულ ფრჩხილებში არსებულ სიდიდეებს: λ , D_{Pr} და ა.შ. დამყარებულ მდგომარეობაში (7)-ს მარცხენა ნაწილი უტოლდება ნულს და მივდივართ დამყარებულ განტოლებაზე (1).

მეხუთე თავში ჩატარდა მაგისტრალური ნავთობსადენის ავარიული სიტუაციების და სცენარების შესწავლა, ასევე მათი თვისობრივი ანალიზი.

მაგისტრალურ ნავთობსადენებზე ავარიული სიტუაციების ანალიზი გვიჩვენებს: ამჟამად, რუსეთში ექსპლუატაციაშია 145 ათასი კმ-ის მაგისტრალური ნავთობსადენი, რომელთა დიამეტრი წარმოადგენს 1020 მმ-ზე მეტს და დაზიანებები შეადგენს 60%-ს. განზოგადებული მონაცემები, მტყუნების მიზეზები ბოლო 20 წლისათვის, ნაჩვენებია ნახ. 2-ზე.



ნახ. 2. სხვადასხვა დიამეტრის მქონე ნავთობსადენების ავარიების მიზეზების განაწილება

ანალიზის შედეგად გამოვლინდა დაზიანებებისა და ავარიების შემდეგი ძირითადი მიზეზები: კოროზიული დაზიანებები; სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების და ქარხნული წუნი. ასეთი მიზეზებით მტყუნებათა რაოდენობა - პირველ ადგილზეა; სწორედ ასეთი ფაქტორებს გააჩნია გავლენა ნავთობსადენის საიმედოობაზე.

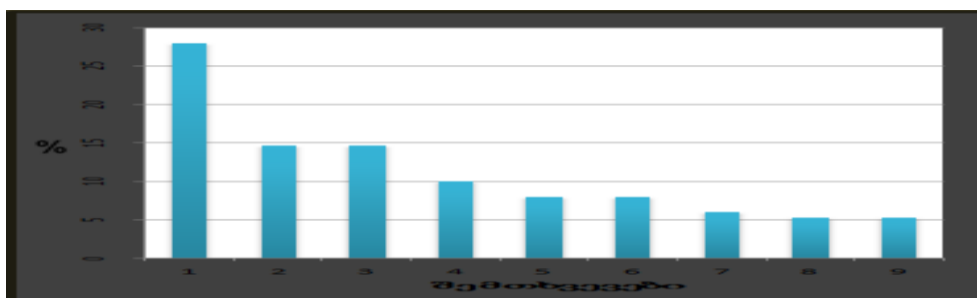
მაგისტრალური ნავთობსადენების ავარიების სტატისტიკის თანახმად, მსოფლიოში ბოლო 10 წლის, ავარიის მიზეზები მოყვანილია ცხრილი 1-ში:

ცხრილი 1. მაგისტრალური ნავთობსადენების ავარიის სტატისტიკა

კატეგორია	რაოდენობა	%
მიწისქვეშა კოროზია	516	48.41
სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების წუნი	280	26.27
მილის დეფექტები	108	10.13
მექანიკური დაზიანებები	47	4.41
შიგა ეროზია და კოროზია	29	2.72
სტიქიური ზემოქმედება	26	2.44
მოწყობილობის დეფექტები	17	1.59
სხვა	43	4.03
	ჯამი: 1066	100

მაგისტრალურ ნავთობსადენზე, ჭაბურღილებზე, ტანკერებზე და ა.შ., მიუხედავად უსაფრთხოების ზომებისა, მაინც იქმნება ავარიული სიტუაციები, რასაც მოყვება მნიშვნელოვანი ზარალი. ტრასის თითოეულ 1000 კმ-ზე, დაახლოებით ხდება 3-4 ავარია, მნიშვნელოვანი პროდუქტის დაღვრით. დაღვრილი პროდუქტის მოცულობის, დაახლოებით ნახევრის აკრეფაა მხოლოდ შესაძლებელი. დაზიანების აღდგენაზე იხარჯება მილიონებით დოლარი.

ჩატვირთვა-გადატვირთვის დროს ნავთობის დაღვრის მიზეზების რანჟირება შემდეგია (იხ. ნახ. 3):



ნახ. 3. ნავთობის ჩატვირთვა-ამოტვირთვისას დაღვრის მიზეზების სტატისტიკა

1. ავზების გადავსება - 42 შემთხვევა (28 %);
2. ტექნოლოგიის ან ინსტრუქციის დარღვევები - 22 შემთხვევა (14,67%);
3. კონტროლის არარსებობა - 22 შემთხვევა (14,67 %);
4. შლანგის (მილსადენის) გაგლეჯა - 15 შემთხვევა (10 %);
5. სხვა მიზეზები- 12 შემთხვევა (8 %).
6. ბზარი ხომალდის კორპუსში ან მისი დაზიანება - 12 შემთხვევა (8 %);
7. მოწყობილობის უწყესივრობა - 9 შემთხვევა (6 %);
8. აფეთქება - 8 შემთხვევა (5,3 %).
9. ხანძარი- 8 შემთხვევა (5,3 %).

ცხრილი 2. კუმულაციური წირის აგება (პირველი ვარიანტი)

ექსპერტი	ფაქტორების რაოდენობა								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	9	2	2	2	9	9	9	2
2	4	7	3	1	3	8	10	9	2
3	5	8	2	1	4	10	10	10	1
4	4	8	3	1	3	10	9	9	2
5	3	10	3	2	3	9	9	8	1
6	3	8	3	1	2	10	8	8	1
საშუალო	3.67	8.33	2.67	1.33	2.83	9.33	9.17	8.83	1.50
დისპერსია	2.67	0.13	0.48	0.12	0.61	5.41	0.13	3.96	0.06
კოეფიციენტი	7.78	26.91	12.34	17.28	15.10	11.33	26.91	11.61	19.95
რაოდენობა	12	8	42	22	12	8	22	15	9
დიაგრამა	592.12	518.31	380.25	215.32	181.24	179.52	174.15	93.38	90.64
რანჟირება	6	7	1	2	3	4	9	8	5
პარეტოს წირი	24.42	45.79	61.47	70.35	77.83	85.23	92.41	96.26	100

შემდეგ ჩატარდა ავარიების თვისობრივი ანალიზი, რომლის დროს ძირითადი პრევალირებული როლი არის აღნიშნული დაზიანების შედეგად. ექსპერტების მიერ სუბიექტური თვალსაზრისის მიხედვით, ჩათვლილი ქულების რაოდენობა, განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$K = 10 \lg \left(\frac{y}{D} \right)^{-2}, \quad (8)$$

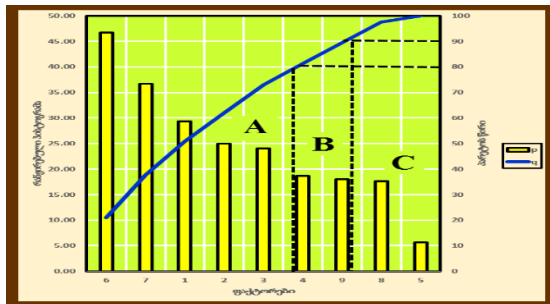
სადაც \bar{y} არის ექსპერტების მიერ ჩათვლილი ქულების რაოდენობის

მათემატიკური მოლოდინი; $D = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$ - სადაც y_i არის ექსპერტის

შეფასება; n - ექსპერტების რაოდენობა.

რაც უფრო მეტია კრიტერიუმები, მით უფრო მნიშვნელოვანია ხარისხის მართვა და კონტროლი.

განვიხილოთ, ნახ. 4-ის შესაბამისი მონაცემები და ჩავატაროთ ექსპერტის მიერ მიღებული ქულების განსაზღვრა ორი მეთოდით: საშუალო სიდიდის და დისპერსიის მიხედვით. ჯერ განვიხილოთ პირველი ვარიანტი. ორივე შემთხვევაში გვაქვს ფაქტორები, რომელთა რაოდენობა არის ცხრა და გვყავს ექვსი ექსპერტი. შევიტანოთ ცხრილ 2-ში, განვსაზღვროთ მათემატიკური მოლოდინი და საბოლოოდ ავაგოთ ჰისტოგრამა და კულუმაციური წირი (ნახ. 4).



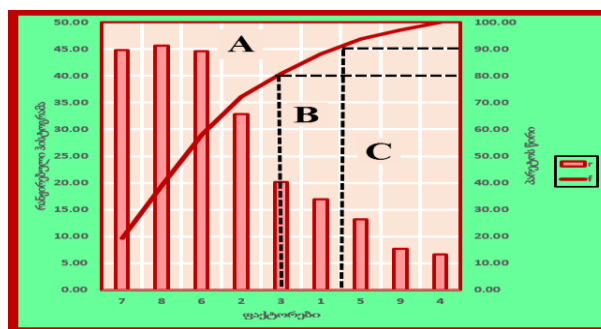
ნახ. 4. ჰისტოგრამა და კულუმაციური წირი

ცხრილი 3. კუმულაციური წირის აგება (მეორე ვარიანტი)

ექსპერტი	ფაქტორების რაოდენობა								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	9	2	2	2	9	9	9	2
2	4	7	3	1	3	8	10	9	2
3	5	8	2	1	4	10	10	10	1
4	4	8	3	1	3	10	9	9	2
5	3	10	3	2	3	9	9	8	1
6	3	8	3	1	2	10	8	8	1
საშუალო	3.67	8.33	2.67	1.33	2.83	9.33	9.17	8.83	1.50
დისპერსია	0.67	1.07	0.27	0.27	0.57	0.67	0.57	0.57	0.30
კოეფიციენტი	13.01	18.13	14.22	8.16	11.48	21.14	21.19	21.36	8.75
რანჟირება	7	8	6	2	3	1	5	9	4
პარეტოს წირი	16.93	32.87	20.21	6.66	13.17	44.68	44.89	45.63	7.66

განვიხილოთ A, B და C ზონები, რომლებიც შეესაბამება პროცენტულ ოდენობებს (80%, 10% და 10%). შესაბამისად პირველ რიგში უნდა მოხდეს დაზიანების პრევენცია შემდეგი რიგით: ზონა A – 6, 7, 1, 2 და 3; ზონა B – 4 და 9; ზონა C – 8 და 5. ე.ი. თუ ჩავატარებთ მეორე ვარიანტს - ექსპერტების ქულების დისპერსიის მიხედვით, პროცედურა ანალოგიურია (ცხრილი. 3, ნახ. 5).

შესაბამისად პირველ რიგში უნდა მოხდეს დაზიანების პრევენცია შემდეგი რიგით: ზონა A – 7, 8, 6 და 2; ზონა B – 3 და 1; ზონა C – 5, 9 და 4.



ნახ. 5. ჰისტოგრამა და პარცენტოს წირი

თუ ჩავატარებთ ორივე ვარიანტის ანალიზს, დავასკვნით, რომ მეორე ვარიანტი უფრო ხელსაყრელი და საიმედოა, რადგანაც ქულების განსაზღვრა დისპერსიის მიხედვით უფრო ზუსტია.

მეექვსე თავში შემუშავებულია ტურბომექანიზმების მწარმოებლობისა და დაწნევის მართვის სტრუქტურული სქემა, დროსელირების მეთოდის გამოყენებით.

ადრე მიღებული მათემატიკური მოდელები (დამყარებული და დაუმყარებული), რომლის საშუალებით ხდება ტუმბოების რეგულირება ჩამკვეტ-მარეგულირებელი არმატურის საშუალებით (დროსელირება). განიხილება მაგისტრალური ნავთობსადენის რეჟიმების ცვლილება, კერძოდ ყველაზე უფრო გავრცობილი სამი კონკრეტული შემთხვევა:

- ერთი ტუმბო, საკეტის სრული გახსნისას;
- პარალელურად შეერთებული ორი ტუმბო, საკეტების რეგულირებისას;

- ერთი ტუმბოს რეგულირება საკეტებით, ორი განშტოებით პარალელურ ხაზებში.

ტექნოლოგიური პროცესების მართვისას, განსაკუთრებით ნავთობგადამუშავებაში, ენერგეტიკაში და ა.შ., გამოიყენება მატერიალური ნაკადების ოპტიმიზაცია ცვლადი პარამეტრებით. მწარმოებლობის ნაკადების მართვისათვის, შესაძლოა მოხდეს ტექნოლოგიური ცვლადების სტაბილიზირება, ან ამ მნიშვნელობების შეცვლა საჭირო მიმართულებით. ერთ ერთ ასეთ ცვლადს წარმოადგენს მოცემული ჰიდრავლიკური სქემის არჩეული წერტილის წნევა. ამ შემთხვევაში გვაქვს გარანტია, რომ შესაძლოა შეშფოთებებისას, ყველა მომხმარებელი იქნება უზრუნველყოფილი საჭირო მოცულობის მიწოდებით დროის ერთეულში. მოცემული ტექნოლოგიური პროცესებისათვის, ასეთ წერტილებს დომინანტი წერტილები ეწოდება, მსგავსი წერტილი ნაჩვენებია ნახ. 6-ზე.

ამ შემთხვევაში გვაქვს: პირველი აგრეგატი - ორი ტუმბო შეერთებული პარალელურად; მეორე აგრეგატი - ერთი ტუმბო. ორივე აგრეგატი შეერთებულია პარალელურად და ნაკადი გადის ძირითად ხაზში.

მოცემულ ნაშრომში მოყვანილია დომინანტ წერტილში მართვის შესაძლებლობით მწარმოებლობის ცვლილების გამოკვლევა, დროსელირების მეთოდზე დაყრდნობით.

გამოვიყვანოთ ნავთობსადენების მაგისტრალეში პროდუქტის ნაკადების მიღებული მათემატიკური მოდელის ძირითადი განტოლებები:

დამყარებული რეჟიმი:

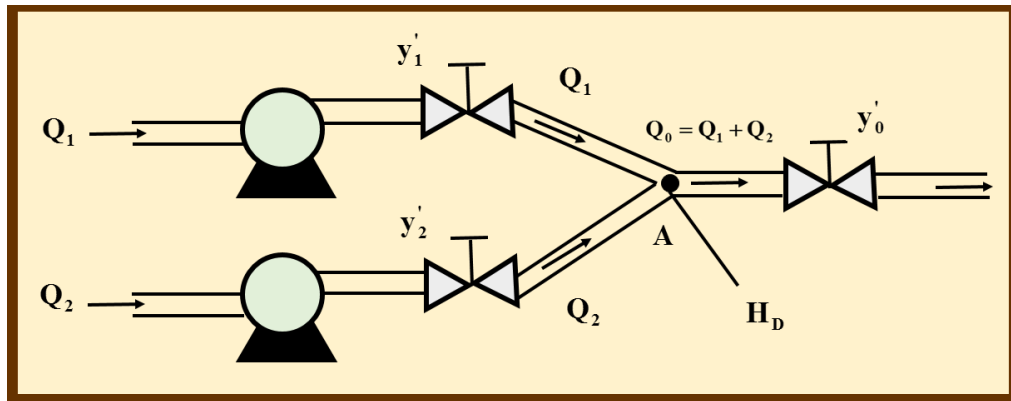
$$H = \left[1 + \lambda \frac{L}{D} + \sum \xi_c + \sum \xi_a(y') \right] \frac{\gamma Q^2}{2g\omega^2}, \quad (9)$$

დაუმყარებული რეჟიმი:

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{H\omega_y g}{\gamma L} - \left[1 + \lambda \frac{L}{D_y} + \sum \xi_{yc} + \sum \xi_a(y') \right] \frac{\gamma Q^2}{2g\omega_y^2} \quad (10)$$

სადაც Q არის ნავთობსადენის სითხის ხარჯი; D და L - შესაბამისად ნავთობსადენის დიამეტრი და სიგრძე; ω - ნავთობსადენის ცოცხალი

კვეთის ფართობი; $\lambda \frac{L}{D}$ - ნავთობსადენის კედლების სითხესთან ხახუნის სიმძლავრის დანაკარგის წილი; $\sum \xi_c$ - ნავთობსადენის ადგილობრივი წინააღმდეგობების, სიმძლავრის დანაკარგის წილი; ინდექსი y - ნავთობსადენის ცოცხალი კვეთის ფართობი.



ნახ. 6. ნავთობსადენის ჰიდრავლიკური სქემა: ორი პარალელურად შეერთებული ტუმბოს მუშაობა მაგისტრალზე

წნევა, დომინანტ წერტილში უზრუნველყოფს მაგისტრალში შესაბამის მიწოდებას - ხარჯს. უმარტივესი ჰიდრავლიკური სქემის მაგალითზე, დავადგინოთ მათემატიკური მოდელი, როგორც დამყარებული, ასევე დაუმყარებული ნაკადებისათვის. ამგვარად, შესაძლოა ავაგოთ მათემატიკური მოდელი, წნევის დომინანტ წერტილში.

ნახ. 7-ზე ნაჩვენებია, რომ შესაძლოა დომინანტ A წერტილში წნევა სტაბილიზირდება. აქვე ჩანს, რომ A წერტილში ერთიანდება ორი მილსადენი, თუმცა ზოგადად შესაძლოა გვექონდეს რამდენიმე განშტოება. თვითნებური ნავთობსადენისათვის, შესაძლოა ხარჯის მართვა მარეგულირებელი ორგანოს საშუალებით (ნახ. 7, y'_1 და y'_2).

დამყარებული რეჟიმის მუშაობისას, ერთერთი ტოტის ხარჯის მნიშვნელობა ტოლია Q_1 , ხოლო მეორეში - Q_2 , ასევე ძირითად ნავთობსადენში სითხის ხარჯი - ორი ნავთობსადენის ხარჯების ჯამის ტოლია. ვთქვათ, რომ საკვალთის ჩამკეტები y'_1 და y'_2 - შუალედურ

მდგომარეობაშია. თუ \mathbf{A} წერტილში დავაყენებთ მანომეტრს, იგი გვიჩვენებს წნევის გარკვეულ მნიშვნელობას. უპირატესი ალბათური შემფოთება განიხილება გარკვეული საკვალთის ჩამკეტით y'_0 . თუ გვაქვს ჩამკეტების y'_1 და y'_2 , ასევე ერთერთი მათგანი მთლიანად ღიაა, ხოლო მეორე გვაძლევს ხარჯით შევსებას, რომელიც აუცილებელია \mathbf{A} წერტილში შესაბამისი წნევის შენარჩუნებისათვის.

სისტემის შემფოთების პასუხად, გავიანგარიშოთ გარდამავალი პროცესი შესაბამისი ხარჯების მიხედვით. ამავე დროს, სამივე ხარჯი დროის მიხედვით - იცვლება. როდესაც გარდამავალი პროცესი დამთავრდება, მაშინ თვითეული ხარჯისათვის გვექნება ახალი მნიშვნელობა, რაც მთავარია, რომ შეიცვლება წნევა დომინანტ წერტილში. დავადგინოთ ამ გაანგარიშების გადაჭრის გზები. ისევე, როგორც ადრე, დამყარებული და დაუმყარებელი ნაკადების განტოლებებისათვის, გამოვიყენოთ ელექტროდინამიკის ანალოგიები. კერძოდ, წნევა ჩავთვალოთ ძაბვის ანალოგად, ხოლო ხარჯი - ელექტული დენი. მაშინ ჰიდრავლიკური ჯაჭვებისათვის გამოვიყენოთ კირგჰოფის პირველი და მეორე კანონი. ამ შემთხვევაში, განტოლება დამყარებული რეჟიმისათვის გვექნება:

$$\mathbf{H}_D = \left[\mathbf{1} + \lambda \frac{\mathbf{L}_0}{\mathbf{D}_0} + \sum \xi_{c0} + \sum \xi_{a0}(\mathbf{y}') \right] \frac{\gamma \mathbf{Q}_0^2}{2g\omega_0^2}, \quad (11)$$

სადაც \mathbf{H}_D არის სიჩქარითი დაწნევა, ანუ წნევა დომინანტ წერტილში.

მიღებული თანაფარდობა წარმოადგენს სტატიკურ მათემატიკურ მოდელს, სქემის დომინანტ \mathbf{A} წერტილში.

დამყარებული მათემატიკური მოდელისათვის უნდა გამოიყოს ობიექტზე მართვადი და შემამფოთებელი გავლენა. თუმცა, დომინანტ წერტილში, ყველა მართვადი სიდიდის ზუსტი ქცევისათვის, შეიძლება მივიღოთ დამყარებული მოდელი, რომელსაც დომინანტ წერტილში გააჩნია შემდეგი სახე:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dQ_1}{dt} = \frac{(H_1 - H_D)\omega_{yc}g}{\gamma L_1} - \left[\lambda \frac{L_1}{D_1} + \sum \xi_{c1} + \sum \xi_{a1}(y'_1) \right] \frac{\gamma Q_1^2}{2g\omega_{yc1}^2}; \\ \frac{dQ_2}{dt} = \frac{(H_2 - H_D)\omega_{yc}g}{\gamma L_2} - \left[\lambda \frac{L_2}{D_2} + \sum \xi_{c2} + \sum \xi_{a2}(y'_2) \right] \frac{\gamma Q_2^2}{2g\omega_{yc2}^2}; \\ Q_0 = Q_1 + Q_2; \\ H_D = \left[1 + \lambda \frac{L_0}{D_0} + \sum \xi_{c0} + \sum \xi_{a0}(y') \right] \frac{\gamma Q_0^2}{2g\omega_0^2}; \\ H_1 = H_{01e} - kQ_1^2 \quad (H_2 = H_{21e} - kQ_2^2). \end{array} \right. \quad (12)$$

ჩავატაროთ მოყვანილი განტოლებების სისტემის მოკლე განმარტება. შეშფოთება სისტემაში, გამოწვეულია ნავთობსადენის არმატურის y'_0 ჩამკეტის გადაადგილებით მთავარ ნავთობსადენში. მაშინ ამ უბანზე იწყება მწარმოებლობის ცვლილება იმ ნავთობსადენებში, რომლებიც კვებავენ ძირითად ნავთობსადენს. ამგვარად, განტოლებების სისტემის ამოხსნა იწყება (12)-ის მეოთხე განტოლების ამოხსნით, აქვე გამოითვლება წნევის ახალი მნიშვნელობა დომინანტ წერტილში. საერთო მწარმოებლობის ზრდა (ან შემცირება) გამოვლინდება განტოლების ამოხსნით. (12)-ის მეოთხე და მეორე თანაფარდობებში გამოითვლება ნავთობსადენის ხარჯები, რომლებიც კვებავენ ძირითად ნავთობსადენს. Q_0 სიდიდეს ცვლილება იწვევს თვითთელი ტუმბოების $Q-H$ მახასიათებლების მუშა წერტილის გადაადგილებას. ყველა აღნიშნული ოპერაცია სრულდება ინტეგრირების გარკვეული ბიჯით. მათემატიკური მოდელის განტოლებების ამოხსნის შედეგად, გარდა H_D წნევის განსაზღვრისა, შეიძლება მოხდეს ყველა ცვლადის დროში დაკვირვება - შესაბამისი უბნების მწარმოებლობები და ტუმბოების წნევები. გარდამავალი პროცესის დამთავრების შემდეგ მიიღება ახალი სიდიდის მნიშვნელობები.

თუ ჩავრთავთ სტაბილიზაციის სისტემის H_D სიდიდეს, მაშინ მოდელის განტოლებების სისტემაში წარმოიქმნება შემდეგი ცვლილებები. რეგულატორი ფორმირდება და გადაამუშავებს მდებარეობის ფარდობით y'_1 ჩამკეტის ახალ მნიშვნელობას და ამგვარად შეიცვლება $\xi_{a1}(y'_1)$ ($\xi_{a2}(y'_2)$)

განტოლებაში შესაბამისად გვექნება (12)-ის პირველი და მეორე

$$\text{განტოლებების კოეფიციენტი. ე.ი. } \xi_{a1}(\bar{y}_1) = \frac{20g\xi_{ycl}^2}{(Q_{ycl}\bar{y}_1)^2}.$$

ამგვარად, ნაჩვენებია, რომ ნავთობსადენში პროდუქტის მოძრაობის მათემატიკური მოდელის საშუალებით, შესაძლოა მივიღოთ დომინანტი წერტილის წნევის ახალი მათემატიკური მოდელი.

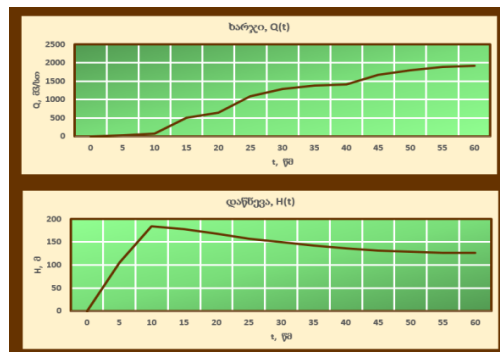
ტუმბოს სადაწნეო მახასიათებელი დროსელირების მეთოდით - უცვლელი რჩება და ხდება ნავთობსადენის სადაწნეო მახასიათებლის პარამეტრების ცვლილება. ნომინალური მწარმოებლობისას ტურბომექანიზმის სადაწნეო მახასიათებელს შეიძლება დაერქვას ბუნებრივი, ხოლო მწარმოებლობისას შემცირება დროსელირებისას, მართვის სისტემა გადადის ნავთობსადენის ხელოვნურ მახასიათებელში, ე.ი. მახასიათებელი დიდი ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობით. აქედან მიიღება ტუმბოს სადაწნეო მახასიათებელი.

$$H = \left[1 + \lambda \frac{L}{D} + \sum \xi_c + \sum \xi_a(\bar{y}) \right] \frac{\gamma Q^2}{2g\omega_y^2}. \quad (13)$$

სადაც H არის ნავთობსადენის დაწნევა შესვლისას; λ - სიგრძეზე წინააღმდეგობის კოეფიციენტი; L და D_y - შესაბამისად ნავთობსადენის სიგრძე და შიგა დიამეტრი; $\sum \xi_c$ - ადგილობრივი წინააღმდეგობების ჯამური კოეფიციენტი; $\xi_a(\bar{y})$ - წინააღმდეგობის კოეფიციენტი, რომლის წვლილია რეგულირების ორგანოთი - მიმმართველი აპარატი, შიბერი და ა.შ.; $0 \leq \bar{y} \leq 1$ - რეგულირებული ორგანოს ჩამკეტის ფარდობითი მდებარეობა; Q - მოცულობითი მწარმოებლობა; $\bar{y} = 0$ - სრულად ჩაკეტილია და $\xi(\bar{y} = 0) = \infty$; $\bar{y} = 1$ - სრულად გაღებულია; γ - ტრანსპორტირებული პროდუქტის კუთრი წონა; ω - ცოცხალი შიგა კვეთის ფართობი; \bar{y} -ით შეიძლება მოხდეს ცვლილება 1-დან 0-მდე და შესაბამისად მილსადენის მწარმოებლურობა შეიცვლება ნომინალურის

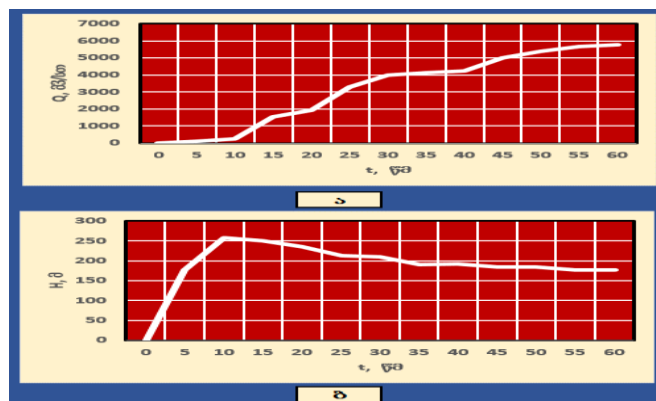
მნიშვნელობიდან - ნულამდე. მაშინ როდესაც $\bar{y} = 1$ სადაწნეო მახასიათებელი გვაქვს ხელოვნური.

მიღებული შედეგების ილუსტრაციისათვის, ნახ. 7 და 8-ზე მოყვანილია ორი შემთხვევა. ნახ 8-ზე მოყვანილია ერთი ტუმბოს დაწნევისა და ხარჯის დინამიკა, საკეტის სრული გაღებისას. დომინანტი წერტილი ამ შემთხვევაში მდებარეობს ტუმბოს შემდგომ განხილულ წერტილში.



ნახ. 7. ერთი ტუმბოს დაწნევისა და ხარჯის დინამიკური წირები

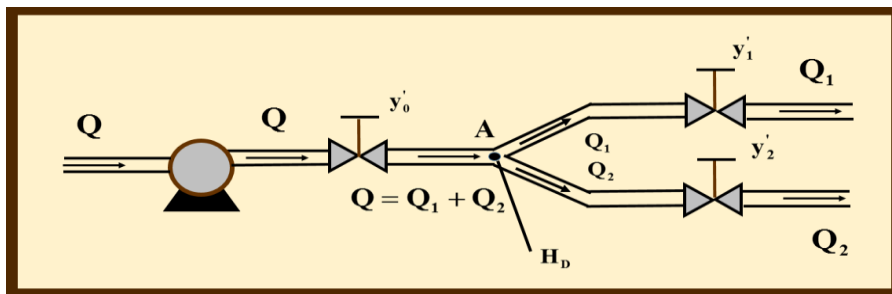
ნახ. 8-ზე მოყვანილია ანალოგიური პროცესი. თუმცა აქ გვაქვს ორი პარალელურად შეერთებული აგრეგატი: პირველი აგრეგატი - ორი ტუმბო შეერთებული პარალელურად; მეორე აგრეგატი - ერთი ტუმბო. ორივე აგრეგატი შეერთებულია პარალელურად და ნაკადი გადის ძირითად ნავთობსადენში.



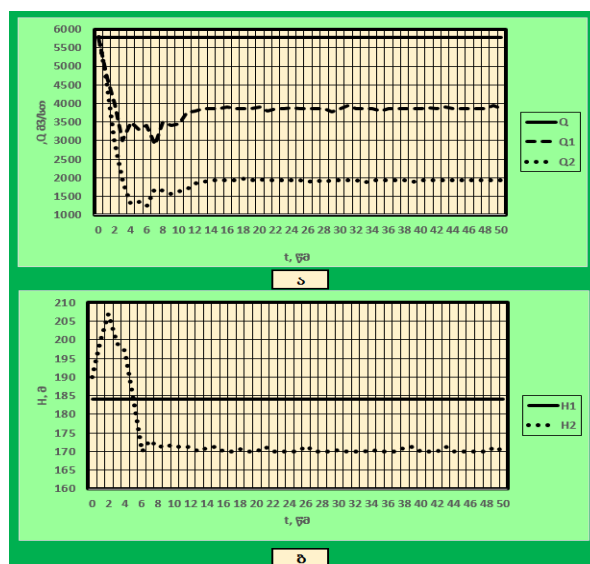
ნახ. 8. ორივე ტუმბო შეერთებულია პარალელურად და ნაკადი გადის ძირითად ხაზში, დაწნევისა (ა) და ხარჯის (ბ) დინამიკური წირები

ბოლოს განხილულია შემდეგი ორი ვარიანტი: პირველი - ჩასხმა ერთი ტუმბოთი, ერთ ტანკერში, მაგრამ ორი ავზით მიწოდება წილით 1/3 ხარჯით და 2/3 ხარჯით; მეორე - ჩასხმა ორ ტანკერში იგივე წილებით (ნახ. 9).

ორივე შემთხვევა - მათემატიკურად ანალოგიურია. პირველ გრაფიკზე მოყვანილია წნევის დინამიკა დომინანტ წერტილში. მეორე ნახაზზე - ორი ხარჯის დინამიკა (ნახ. 10). ერთი ტუმბოს ჩართვა (ვთქვათ სამი ტუმბო გამორთულია. შემდეგ ირთვება, მხოლოდ ერთი ტუმბო, ან სამივე პარალელურად, საკეტის სრული გახსნისას. 1 - ხარჯის დინამიკა; 2 - წნევის დინამიკა დომინანტ წერტილში.



ნახ. 9. ერთი ტუმბოს, ორ ტანკერში ნაკადის მიწოდება



ნახ. 10. ერთი ტუმბოს, ორ ტანკერში ნაკადის მიწოდების დაწნევა (ა) და ხარჯის (2) დინამიკური წილები

დასკვნა

1. ნაშრომში ჩატარებულ გაანგარიშებებში გამოყენებულია ტრადიციული მეთოდები (სტატისტიკური ანალიზი, დროის მწკრივების პროგნოზირება, ფაქტორული ანალიზი და ეკონომიკური პროცესების პროგნოზირება, შეფასებისა და პროგნოზირების ექსპერტული მეთოდები). ანალიზის შედეგების შემუშავებისას აღმოჩნდა, რომ მათ გააჩნიათ შეზღუდული გამოყენების შესაძლებლობა, თეორიული და პრაქტიკული თვალსაზრისით, ნავთობტერმინალების პროდუქტის გადაზიდვის დატვირთვის დაგეგმვასა და ოპტიმიზაციისათვის.
2. შემუშავდა მაგისტრალური ნავთობსადენების სარეჟიმო პარამეტრების ოპტიმიზაციის მეთოდი სატუმბი ენერგო-დაზოგვის კრიტერიუმით. შემოთავაზებულია საანგარიშო მეთოდები სატუმბი სადგურების მახასიათებლების გაანგარიშების და კონტროლისთვის, რომლებიც ხელმისაწვდომია სატუმბო აგრეგატების სხვადასხვა კომბინაციებით. დადგენილია, რომ ამ მეთოდის გამოყენება საშუალებას იძლევა გაიზარდოს სატუმბი სადგურის ეფექტურობა არსებული აღჭურვილობის მაქსიმალური დატვირთვით. მაგისტრალურ ნავთობსადენებზე ავარიების რისკის დადგენა მოხდა თანამედროვე მეთოდებით. შემუშავდა ტექნოლოგიების რისკების მახასიათებლების პროგრამული პაკეტი.
3. მიღებულია მაგისტრალურ ნავთობსადენში ნაკადის ენერგოდაზოგვის მათემატიკური მოდელი დამყარებული რეჟიმისათვის. ტრანსპორტირების ენერგეტიკული ეფექტურობის შეფასებისათვის შეტანილია კრიტერიუმის ცნება და იგი გამოიკვლევა მაგისტრალის მარგი ქმედების კოეფიციენტისთვის. განხილულია დროსელირების მეთოდი, რომელიც გვამლევს

მწარმოებლობის მართვას ენერგოდაზოგვით. მიღებული შედეგი გვაძლევს 2-2,5-ჯერ ენერგოდაზოგვის საშუალებას. შემუშავებულია მაგისტრალების ხელოვნური სადაწნეო მახასიათებლების აგების მეთოდიკა.

4. გარდამავალი პროცესებისას, დომინანტ წერტილში მწარმოებლობა და წნევის მართვის სქემისათვის, გამოიკვლევა ხარისხის რეგულირება, რომლის დროს ენერგოდაზოგვა მაღალია ტურბომექანიზმების ბრუნვის სიხშირის ცვლილებით;
5. სამილსადენო მაგისტრალში შემუშავებულია ნავთობის მოძრაობის მათემატიკური მოდელია პროდუქტის დამყარებული რეჟიმისას, მიღებული თანაფარდობა აკავშირებს სითხის მწარმოებლობას გარე ზემოქმედებასთან - მარეგულირებელი ორგანოს არმატურის გადაადგილებით. აგრეთვე გარე დაწნევა და სითხის თვისებები. მიღებული მათემატიკური მოდიფიცირებული მოდელის შესაბამისად გამოკვლეულია მწარმოებლობის მართვის სტაციონარული მახასიათებლები, სადაც გამოიყენება ნავთობსადენის არმატურის (დროსილირების მეთოდი) და გარე წნევის ცვლილება. ნაჩვენებია, რომ დროსილირების მეთოდისას ფორმირდება მაგისტრალის ხელოვნური სადაწნეო მახასიათებლები.
6. ჩატრდა გარდამავალი პროცესების რეგულირების გამოკვლევა, რაც გვაძლევს ტურბომექანიზმების ბრუნვას მაღალი სიხშირით; შემუშავებულია ჰიდრავლიკური ქსელის დომინანტ წერტილში წნევისა და ხარჯის მათემატიკური მოდელი, რომელიც გვიჩვენებს მართვად ცვლად და შეშფოთების ზემოქმედებებს. კერძოდ ტურბომექანიზმის რეგულირებისას, ოპტიმალური მწარმოებლობის მისაღებად, განხილულია კონკრეტული შემთხვევები გარდამავალი პროცესების ზემოქმედებისათვის და შეშფოთებისათვის.

7. ნავთობტერმინალებით ტანკერებში ჩასხმის (დატვირთვის) დაგეგმვისა და ოპტიმიზაციის მიზნით, შემუშავდა პროდუქტის გადაზიდვის მათემატიკური ოპტიმიზაციის მეთოდი, კომპიუტერული ტექნოლოგიის პროგრამების გამოყენებით, შემუშავებულია საზღვაო ჩამომსხმელი ტერმინალებით ტანკერში პროდუქტის ჩასხმის მოდელირება რთული კონფიგურაციის მილსადენების გათვალისწინებით. ჩამკეტი-მარეგულირებელი და დამცავი მოწყობილობის მოდელირება, დამყარებულია ფაქტიურ ჰიდრავლიკურ მახასიათებლებზე.
8. შემოთავაზებულია მაგისტრალური ნავთობსადენების უსაფრთხოებისა და საიმედოობის ალბათური ანალიზის ადაპტირებული მეთოდოლოგია. მიღებულია რაოდენობრივი და თვისობრივი დასაბუთებული კრიტერიუმები.

დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებული სამეცნიერო შრომები:

1. ნამგალაძე დ., კიზირია თ., ცივქარაშვილი გ. ექსპლუატაციაში მყოფი კოროზირებული ნავთობსადენის ტექნიკური მდგომარეობის პროგნოზირება ალბათური მეთოდებით. “ენერჯია”. № 1 (81). 2017. გვ. 24-29
2. ცივქარაშვილი გ. პარალელურად შეერთებული ტუმბოს რეგულირების არმატურიანი მართვის სისტემის გამოკვლევა. “ენერჯია” №1 (85). 2018. გვ. 45-48
3. ნამგალაძე დ., ცივქარაშვილი გ. მილსადენის მაგისტრალის მარგი ქმედების კოეფიციენტი. GEN - საქართველოს საინჟინრო სიახლენი. №. 2. (86). 2018. გვ. 34-37

Abstract

Dissertation work aims to use of energy saving methods and means of the oil and oil products by the pipelines to optimize the regimes. The solution of this problem is a very actual issue.

The main objectives of the research are: to determine the actual hydraulic characteristics of pumping stations and pipelines for the Baku-Supsa oil pipeline. Also the methods of optimizing the pumping equipment scheme (theoretical positions and computer techniques); Selection of methods of regulating magistral pump work and developing recommendations for their use; Development of technologies of the use of autonomous power supply pumping stations; Optimization of territorial distribution of energy resources and reduction of energy losses in communications.

In order to verify the methods and algorithms used in the dissertation, the Baku-Supsa dispatch information of the main oil pipeline is discussed; Database of measurement and control systems carried out by pumping stations computer programs as experimental data and other production information. In the dissertation the study has been conducted by traditional methods (statistical analysis, forecasting of time series, factor analysis and forecasting of economic processes, evaluation and forecasting expert methods). Research found that they have limited use to theoretical and practical viewpoint; Planning and optimizing the loading of the product by oil terminals is a topical problem.

The work is dedicated to analyzing the energy efficiency of the oil and oil products pipelines, as well as the main ways of energy saving exploitation of oil pipelines. The energy efficiency of the sector is determined by the following key factors: the energy costs of the station's own needs, which, in turn, are divided into technological and supportive means; The volume of electricity losses - in transformers, cable lines and in the insulation system. Also loss of oil products during transportation and storage.

Regulation of the turbo mechanism engine - the use of drosseling has a number of advantages. In stationary modes this is the device's low loads, reduced leaks and other losses in the main pipelines. In dynamics, this is an improved degree of regulation, reduction of the likelihood of hydro hammer, automating interconnected variables management. A number of studies show that in some cases its impact is significantly higher than energy savings.

In the work, the mathematical models for flow of oil and oil products are established for stationary and non-state regimes. The efficiency of analyzing the methods of equation of stationary regimes is considered. The concept and determination of the pipeline highway characteristics has been obtained. It is shown that management of drosseling method is related to the formation of artificial characteristics of the pipeline. In the dissertation the method of optimization of the parameters of pipelines is developed by the energy efficiency criteria of pumping stations. The calculation methods for estimation and control of

pumping stations are available through different combinations of pump aggregates. It is estimated that the use of this method allows to increase efficiency of pumping station at the maximum cost of existing equipment. The software package of technology risk characteristics, its use and evaluation has been developed.

In the work, held the process of regulating transient processes, which gives us the possibility of rotation of turbo-mechanisms with high frequency; The mathematical model of pressure and expenditure in the dominant point of the hydraulic system has been developed, which shows that we have managed and variable impact.

A mathematical model of energy efficiency of flow in the main oil pipeline is obtained for the established regime. For the evaluation of the energy efficiency criterion of transport, the concept is included and it will examine the coefficient of the Pipeline linear part. This component during drosseling method gives us of handling flow - energy saving. The resulting results can save energy 2-2.5 times. Methods of building artificial pumping characteristics have been developed. Mathematical Optimization Method for product shipping has been developed in order to plan and optimize the loading of tankers with oil terminals. Using computer technology programs, marine bottling terminals have been developed to handle product loading in the tanker with considerable configuration pipelines. Modeling of shutter-regulating and protective equipment is based on factual hydraulic characteristics.

Experiments based on the Baku-Supsa pipeline showed that realization of the model and its computer program will be adequately reflected during the transition process in the system. In particular, during various interactions: pump circuits, during loading oil in tankers, etc.

Modern mathematical models and software can be used in creation construction documentation.

Adapted methodology for probability analysis of safety and reliability of mains oil pipelines is provided by quantitative and qualitatively grounded criteria.