

ხელნაწერის უფლებით

ანარ მამმადოვი

„ექსპლუატაციაში მყოფი მაგისტრალური ტრანზიტული ნავთობგაზსადენების
ექსპლუატაციის ტექნიკური და ეკონომიკური ასპექტები“

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

სადოქტორო პროგრამა“ ენერგეტიკა და ელექტროინჟინერია“
შიფრი 0405

თბილისი

2015 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტში
ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტი
თბო და ჰიდროენერგეტიკის დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: პროფ. დ. ნამგალაძე

რეცენზენტები: პროფ. ომარ კილურაძე
პროფ. ოთარ გიორგობიანი

დაცვა შედგება 2015 წლის ”4” ივლისს, 14 საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და
ტელეკომუნიკაციის
ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის
სხდომაზე, კორპუსი VIII , აუდიტორია 123
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

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

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი პროფ. გ. ხელიძე

Abstract

Oil and gas trunk pipelines (OGTP) worldwide were built in the period from 1960-1990. Currently, 35 % of gas trunk pipelines (GTP) and 75 % of oil trunk pipelines (OTP) have been in operation for over 20 years. Gas pipelines with a lifetime of more than 20 years constitute 43.9 % of the total length, and 20.2 % - have exhausted the rated life. Oil trunk pipelines have even greater lifetime: 73% of the total pipeline length are over 20 years and 40.65% - have exceeded the rated lifetime of 33 years. More than 34 % of the pipeline length were built 30 years ago. Accidents on pipelines are usually large-scale and impact on the nature with the variety of forms. This is associated with the specifics of pipelines, which are characterized by large inertia of the flow of pumped substances due to the large distances between the pumping stations, the location of pipelines in areas with difficult climatic conditions.

Therefore, we have such a scientific problem: based on the results of the theory of the analysis of industrial accident risk and analysis of the existing methods for detection of environmental damage in case of accidents on oil and gas pipelines to develop the methodological mechanism of assessment of the ecological risk in case of accidents on oil and gas pipelines. The availability of a modern methodological mechanism of ecological risk assessment is one of the most important conditions for implementing the procedure of declaring hazardous industrial activities, in accordance with the Georgian laws.

The problem discussed in the paper is highly topical and of great scientific and practical importance. The actuality of the problem solved in the thesis is also determined by its place in the range of tasks of the executive body specifically authorized in the field of industrial safety at all levels.

Based on the foregoing, we shall take into consideration that certain provisions need further research, theoretical generalization and practical verification. In particular: 1. Risk assessment methods in TP accidents must consider physical phenomena and effects arising from the implementation of accidents and frequency of occurrence and development of various accident scenarios. 2. The methods shall allow to solve the problem of the

quantitative assessment of potential danger of oil and gas pipelines for the environment and people. Thus the results of the risk analysis and damage assessment should allow its use as a basis for determining the “weaknesses” of linear sections of the oil and gas pipelines.

Reliability and validity of the results, conclusions and recommendations are enabled by the use of modern methods and means of the mathematical, economic and other research, the use of standardized and tested methodical and software and hardware tools, as well as by comparing the results of calculations performed in accordance with the developed methodological mechanism with the data of actual accidents occurred.

The mapping of techniques in the standard documentation is planned. The characteristics of the reliability of the fuel and energy sector of Georgia are determined, which create a database.

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

სამუშაოს აქტუალურობა. მილსადენებზე ავარიებს ახასიათებს მნიშვნელოვანი მასშტაბი, ბუნებასა და ადამიანებზე უარყოფითი ზემოქმედების ფორმების მრავალფეროვნება. ეს განპირობებულია მილსადენების გადასატუმბი ნივთიერებების ნაკადის დიდი ინერციულობით გამოხატული სპეციფიკით. ეს ინერციულობა გამოწვეულია სატუმბ და სკომპრესორო სადგურებს შორის დიდი დაშორებით, აგრეთვე მილსადენების რთულ ბუნებრივ-კლიმატურპირობებიან ტერიტორიებზე განლაგებით.

მაგისტრალური ნავთობსადენების ექსპლუატაციისას ერთ-ერთ აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს სახაზო ნაწილის უსაფრთხო ექსპლუატაციის უზრუნველყოფა, რომელიც წყდება უმთავრესად, სარემონტო-აღდგენითი სამუშაოების დროულად ჩატარების ხარჯზე. კატასტროფებისა და ავარიების გასაფრთხილებელი ადეკვატური ზომების ასარჩევად აუცილებელია მათი გამოვლენის რისკის რაოდენობრივი შეფასების სამეცნიერო-მეთოდური ბაზის ქონა. ამ პრობლემის გადასაწყვეტად მნიშვნელოვანია, რომ გარემოსა და

ადამიანების დაცვა ინტეგრირებულ იქნეს მიღებული ინჟინრული გადაწყვეტილებების სფეროში, რომლებიც ეკონომიკურად დასაბუთებლად მინიმიზირებას გაუკეთებს ნეგატიური ზეგავლენების შედეგებს ყველაზე რაციონალური (მცირე დანახარჯიანი) გზებით.

ამ პირობებში ანალიზის მეთოდოლოგიის გამოყენებისა და რისკ-ორიენტირებული მიდგომის გარეშე საწარმოო უსაფრთხოების დასაბუთებისთვის უავარიო ექსპლუატაციის საკვანძო ტექნიკური პრობლემების გადაწყვეტა შეუძლებელია. მაგისტრალური მილსადენების უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად რისკის ანალიზის მეთოდოლოგიის გამოყენება თხოულობს მეცნიერულად დასაბუთებულ, მოცემულ პრობლემატიკასთან ადაპტირებულ ავარიების წარმოქმნის ალბათობის პროგნოზების მეთოდების დამუშავებასა და მილსადენების მიერ ტრანსპორტირებული საშიში ნივთიერებების გამოტყორცნების შესაძლო შედეგებს. მაგისტრალურ მილსადენებზე ავარიების რისკის ხარისხის შეფასებისა და გაჟონვების განსაზღვრასთან დაკავშირებული ანგარიშის დროს გამოიყენება სხვადასხვა მოდელები და მეთოდები. აღნიშნულ მეთოდებს გააჩნიათ თვალსაჩინო ფასეულობა ავარიული გაჟონვების გაანგარიშების დროს. ნავთობსადენებზე ავარიების დროს ეკოლოგიური რისკის შეფასების არსებული მეთოდების შეფასების ანალიზი აჩვენებს, რომ ერთიანი მეთოდიკა, რომელიც განსაზღვრავდა რისკისა და ეკოლოგიური ზარალის მაჩვენებლებს, სამწუხაროდ არ არსებობს. მოქმედი მეთოდები დაცალკევებულია და ატარებენ ფრაგმენტულ ხასიათს. ამგვარად, ნავთობსადენებზე ავარიების დროს ეკოლოგიური რისკის შეფასების მეთოდური აპარატის შემუშავება წარმოადგენს ძალზე აქტუალურ ამოცანას და გააჩნია დიდი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა.

სამუშაოს მიზანი - აგებული მაგისტრალური მილსადენების ხარისხის დონის დიფერენცირებული შეფასებისა და მილსადენის უბნების საიმედოობის

პარამეტრების ცვლილებათა პროგნოზირების საფუძველზე ავარიების დროს სამშენებლო კონტროლის პროცესში გამოვლენილ არაკრიტიკულ ლოკალურ დეფექტებთან ერთად მაგისტრალური მილსადენების რისკის და საიმედოობის გაზრდის შესაფასებელი მეცნიერულად დასაბუთებული მეთოდების შექმნა. ამიტომ სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს მაგისტრალური მილსადენების ექსპლუატაციისას საწარმოო უსაფრთხოების გაზრდა მილსადენებზე ავარიების რისკის ანალიზის მეთოდური მიდგომების სრულყოფის საფუძველზე.

ობიექტებისა და გამოკვლევის მეთოდები. გაანგარიშებების არსებული ალგორითმები საშუალებას იძლევა შევაფასოდ მიწისა და წყლის ობიექტების დაბინძურება. ზოგიერთი დებულება საჭიროებს შემდგომი გამოკვლევებს, თეორიულ განზოგადებასა და პრაქტიკულ შემოწმებას. კერძოდ: 1.ავარიების დროს რისკის შეფასების მეთოდები უნდა ითვალისწინებდეს ავარიების რეალიზაციისას წარმოქმნილ ფიზიკურ მოვლენებსა და ეფექტებს; ავარიის სხვადასხვა სცენარის წარმოშობისა და განვითარების სიხშირეს. 2. მეთოდებმა უნდა გადაწყვიტოს ბუნებრივი გარემოსადმი ნავთობსადენების პოტენციური ზიფათის მიყენების რაოდენობრივი შეფასების ამოცანა. ამასთან, რისკის ანალიზისა და ზარალის შეფასების შედეგები უდა იქცეს ნავთობგაზსადენების სახაზო ნაწილის უბნების "სუსტი ადგილების" განსაზღვრის საფუძვლად.

ძირითადი შედეგები და **მეცნიერული სიახლე** არის რისკის შეფასების მეთოდური აპარატი, რომელიც საშუალებას იძლევა ნავთობგაზსადენების მიერ გარემოსა და ადამიანებისთვის მიყენებული პოტენციური ზიფათის რაოდენობრივი შეფასების ამოცანა გადაწყვიტოს. დამუშავებულია ნავთობგაზსადენებზე ავარიების დროს ეკოლოგიური რისკის მეთოდები, რომლებიც განსახილველია არსებულისაგან იმით, რომ მათი რეალიზაციის დროს გათვალისწინებულია ზარალის ყველა მდგენელი. დამუშავებულია მილსადენების სახაზო ნაწილის "სუსტი ადგილების" განმსაზღვრელი მეთოდიკა, რომელიც განსახილველია არსებული მეთოდიკებისაგან იმით, რომ

”სუსტი ადგილები” განისაზღვრება ეკოლოგიური რისკის ანგარიშის საშუალებით.

სამუშაოს პრაქტიკული ღირებულება: ნატურული და თეორიული კვლევების საფუძველზე დამუშავებულია გაჟონებისა და ავარიების მოცულობათა განსაზღვრის, ორგანიზებული და არაორგანიზებული გამოფრქვევის პროდუქტების კონცენტრაციების ველების და ბუნების დაცვის ღონისძიებათა მეთოდები. შექმნილია მილსადენების სახაზო ნაწილის ”ვირტუალური” კონტროლის უზრუნველყოფელი და ავარიული სიტუაციების წინმსწრები მეთოდი, რომელიც დიდი ხარჯების ეკონომიის საშუალებას იძლევა საჯარიმო სანქციების, ნედლეულის დანაკარგების შემცირებისა და მილის შეცვლის ხარჯზე (დაახლოებით \$ 60000 ერთი ავარიის დროს წყალსაცავებში მოხვედრილი ნავთობის თითოეულ ტონაზე). დაგეგმილია მეთოდების ასახვა ნორმატიულ დოკუმენტებში. განსაზღვრულია საიმედოობის მახასიათებლები, რომლებიც ქმნიან საინფორმაციო ბაზას სათბობ-ენერგეტიკულ კომპლექსში.

გამოყენების სფეროს შედეგები: დამუშავებულია საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკული სექტორის განვითარების სტრატეგიული გეგმისთვის მეცნიერულად დასაბუთებული პროგნოზები და პროგრამის ტექნიკური უზრუნველყოფა, აგრეთვე ზოგიერთი რეკომენდაცია საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიისთვის.

ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა. სადისერტაციო ნაშრომი შეიცავს ხუთ თავს, დასკვნებს და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსახ. ნაშრომი შეიცავს 36 ცხრილს, 54 ნახაზს და 127 ბიბლიოგრაფიული წყაროების ნუსხას.

შესავალი

მაგისტრალური სამილსადენე ტრანსპორტი წარმოადგენს საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის უმნიშვნელოვანეს მდგენელს. ქვეყანაში შექმნილია მაგისტრალური ნავთობსადენების, ნავთობპროდუქტებისა და გაზსადენების განშტოებული ქსელი, რომელიც გადის საქართველოს მრავალი სუბიექტის ტერიტორიაზე. მაგისტრალური სამილსადენე სატრანსპორტო სისტემები წარმოადგენს სახელმწიფო პოლიტიკის რეალიზაციის ეფექტურ ინსტრუმენტს, რომელიც საშუალებას აძლევს სახელმწიფოს დაარეგულიროს გაზის, ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მიწოდება შიდა და გარე ბაზრებზე.

საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსი წარმოადგენს ქვეყნის ეკონომიკის ყველა დარგის განვითარების საფუძველს, რომლის უმნიშვნელოვანესი მდგენელია გაზის, ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მაგისტრალური სამილსადენე სატრანსპორტო სისტემები, აგრეთვე ამ პროდუქტების შეგროვების, შენახვისა და მომხმარებლებისთვის განაწილების წარმოებები.

მაგისტრალური მილსადენები - ეს რთული, მაღალდატვირთული საინჟინრო-ტექნიკური ნაგებობებია, რომლებიც მთელი სამუშაო ვადის განმავლობაში განიცდის სიმტკიცისა და მეტალის დენადობის ზღვრულ ნორმატიულ პარამეტრებთან მიახლოებულ მნიშვნელოვან დამახულებებს. ამიტომ სისტემის საპროექტო პირობებთან შედარებით უმნიშვნელო გადახრების დროსაც კი შეიძლება მიიყვანოს ავარიულ მდგომარეობამდე. ეს მდგომარეობა განსაზღვრავს მაგისტრალური მილსადენების ხარისხის კომპლექსური შეფასების მეთოდოლოგიისა და გადაწყვეტილებების მიღების მეთოდის დამუშავების აუცილებლობას, რომლებიც უზრუნველყოფს არსებული საპროექტო პოტენციალის მაქსიმალურ შენარჩუნებას ახალი სამილსადენ სისტემების შექმნისას. მშენებლობის პროცესში დეფექტების

აღმოჩენა და აღმოფხვრა ყოველთვის შეუძლებელია, ხოლო გამოცდისა და ექსპლუატაციის პროცესში შეიძლება მივიდეს სრიოზულ, და ზოგჯერ გამოუსწორებელ შედეგებამდე. ამასთან ყველაზე სახიფათო დეფექტებმა შეიძლება გამოიწვიოს ავარიები ექსპლუატაციის პირველ წლებსა და თვეებშიც კი. უფრო მცირე ზომის დეფექტები გაზრდის გამო გამოვლინდება ათეული წლის გავლის შემდეგ. ამიტომ დარგისთვის მნიშვნელოვანია დეფექტების გამოვლენის თავიდან ასაცილებლად და მილსადენების დაზიანების მიზეზებისა და წყაროების გამოსარიცხად წინასწარი გამაფრთხილებელი ღონისძიებების ჩატარება. ამგვარი სტრატეგია მოიტანს მაქსიმალურ ეკონომიკურ ეფექტს მაგისტრალურ მილსადენებში მისი დანერგვის დროს.

სამილსადენე ტრანსპორტის ძირითადი ფონდები, ისევე როგორც მთელი ინფრასტრუქტურა ძველდება. ამგვარად, მილსადენების სისტემების ესაფრთხო მუშაობის ვადის გახანგრძლივება წარმოადგენს ნავთობისა და გაზის მეტრანსპორტით უმნიშვნელოვანეს ამოცანას. მოქმედი მაგისტრალების მიწებსშიგა დიაგნოსტიკური გამოკვლევის დახმარებით გაწეული ნავთობსადენების ტექნიკური მდგომარეობის მუდმივი მონიტორინგი აჩვენებს, რომ ყოველწლიურად აუცილებელია ჩატარდეს ათასი კმ ნავთობაგაზსადენების დიაგნოსტიკა.

მყარი კომპრომისი უნდა გამოიძებნოს გაზის, ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების სამილსადენე ტრანსპორტის სისტემებსა და ბუნებრივ გარემოს შორის "ურთიერთობაში". არც ერთი საინჟინრო ნაგებობა ისე მჭიდროდ არ არის დაკავშირებული გარემოსთან, როგორც სამილსადენე სისტემები. ეს აიხსნება სამილსადენე ტრანსპორტის ფართო გეოგრაფიით, გაზსადენებისა და ნავთობსადენების დიდი სიგრძით, ხაზოვანი ნაწილის მიწისზედა და მიწისქვეშა მდებარეობით, აგრეთვე სატუმბი და საკომპრესორო სადურების სახვადასხვა ბუნებრივ პირობებში განლაგებით და მილსადენების ჰიდრავლიკურ გაანგარიშებასთან შეთანხმებით.

მაგისტრალური მილსადენების ობიექტების უმეტესი ნაწილი მსოფლიოში აშენებულია 60-80-ან წლებში, რის გამოც მაგისტრალური მილსადენების ობიექტებზე ავარიულობა იმყოფება მაღალ დონეზე.

ჩამოყალიბდა აზრი, რომ მილსადენებზე ავარიებით გამოწვეული მასშტაბური ზარალის თავიდან ასაცილებლად და მათი მუშაობის ვადის გასახანგრძლივებლად არსებითი ხარჯების გარეშე შეიძლება მოიძებნოს ექსპლუატაციის სხვადასხვა რეჟიმით მომუშავე სატრანსპორტო კომუნიკაციების მდგომარეობის "ვირტუალური" კონტროლისა და მილების საიმედოობის ცვლილების პროგნოზირების ხერხი.

მილსადენებზე ავარიების ნახევარზე მეტი გარკვეულად დაკავშირებულია მილის ლითონსა და შედუღების ნაკერებში დაგროვილ დაზიანებებთან. ამასთან, ბზარების განვითარება ხდება წარმოქმნის, ზომის ზრდისა და მიკრონაპრალების შერწყმის ხარჯზე. ამიტომ მილსადენის ექსპლუატაციის ოპტიმალური ვარიანტით ტექნიკური დიაგნოსტიკისა საშუალებების გამოყენებისა და დროული რემონტის ხარჯზე, ზოგიერთი მიზეზით გამოწვეული ავარია შეიძლება გამორიცხულიყო.

საქართველოს ტერიტორიაზე გადის მაგისტრალური ნავთობსადენები "ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანი", "ბაქო-სუფსა", სამხრეთ კავკასიის მაგისტრალური გაზსადენი "ბაქო-თბილისი-ერზრუმი". გარდა ამისა, არსებობს მაგისტრალური გაზსადენების სისტემა, რომელიც ატარებს გაზს რუსეთიდან სომხეთში საქართველოს გავლით.

მოცემული მეცნიერული ამოცანის გადაწყვეტის მსვლელობისას გადაწყვეტილი უნდა იქნეს კერძო კვლევითი ამოცანები, კერძოდ: 1. შესრულდეს არსებული ნორმატიული დოკუმენტებისა და ნავთობგაზსადენებზე ავარიების დროს გარემოსა და ადამიანებისთვის მიყენებული ზარალის განსაზღვრის მეთოდოლოგიის ანალიზი; 2. დამუშავდეს ნავთობგაზსადენების საწარმო უსაფრთხოების პრაქტიკულად გამოსაყენებელი

და სახაზო ნაწილის "სუსტი ადგილების" განმსაზღვრელი რისკის შეფასების მოდელები და მეთოდები; 3. დამუშავდეს მილის მდგომარეობის მოდელი, რომელიც ითვალისწინებს მაგისტრალური მილსადენის მდგომარეობის კონტროლის მეთოდის საფუძველს და დამუშავდა მილის ექსპლუატაციის ტიპური რეჟიმებისათვის შეფასების ალგორითმი; 4. შეიქმნას მაგისტრალური ნავთობგაზსადენების მდგომარეობის "ვირტუალური" კონტროლის ეკონომიკური ეფექტურობის შეფასების მოდელი.

თავი 1. ნავთობგაზსადენებზე რისკისა და ავარიული მოვლენების ანალიზი

რისკის ანალიზის ერთ-ერთი საკვანძო პრობლემა მაგისტრალურ მილსადენებზე დასაშვები რისკის საანალიზო კრიტერიუმებთან შესაბამისობის შეფასებაა. მისაღები რისკის რაოდენობრივი კრიტერიუმები დადგენილია აშშ-ს სტანდარტით, რუსეთის ფედერაციის კანონით, აგრეთვე მთელი რიგი ნორმატიული დოკუმენტებით. ზოგიერთი მათგანი შეიცავს უსწორობასა და შეცდომებს, რომლებსაც შეუძლია მიგვიყვანოს არასწორ დასკვნებამდე განსახილველი მაგისტრალურ მილსადენების უსაფრთხოების შესახებ.

ნაშრომის ცხრილ 1-ში მოყვანილია ტერიტორიების საფრთხის განმსაზღვრელი მატრიცა, კერძოდ, კრიტერიუმი "რეალიზაციის სიხშირე - ფინანსური ზარალი".

ცხრილი 1

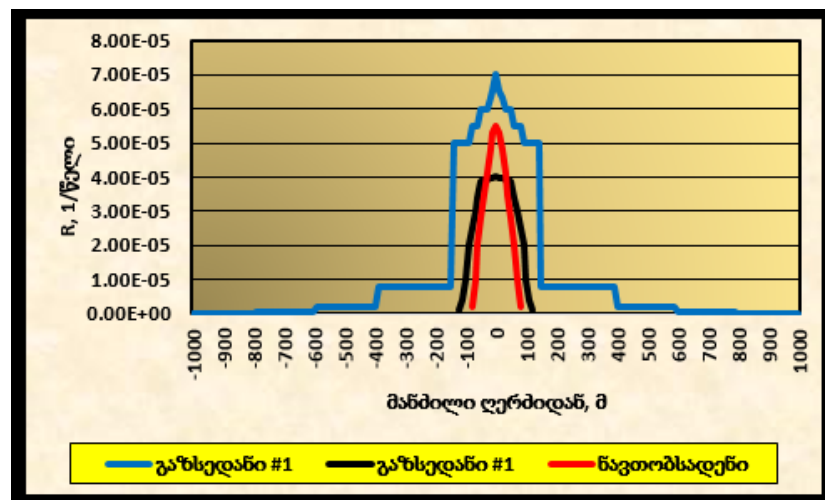
„სიხშირის რეალიზაცია-ფინანსური ზარალის“ მატრიცა, ტერიტორიის

საშიშროების ზონების კრიტერიუმები

საშიშროების რეალიზაციის სიხშირე, შემთხვევა/წელი	ფინანსური ზარალი, MPOT (\$ აშშ)				
	>600000	60000-600000	6000-600000	600-6000	<600
> 1	რეალიზაციის ზონა				
$1 \div 10^{-1}$	სასწრაფო ზომები		მკაცრი		
$10^{-1} \div 10^{-2}$			კონტროლის		

$10^{-2} \div 10^{-3}$	რისკის შესამცირებლად	მიზანშეწონილია ზომები რისკის შემცირება	ზონა	მისაღები რისკის ზონა
$10^{-3} \div 10^{-4}$			არ არის აუცილებლობა რისკის შემცირება	
$10^{-4} \div 10^{-5}$				
$10^{-5} \div 10^{-6}$				

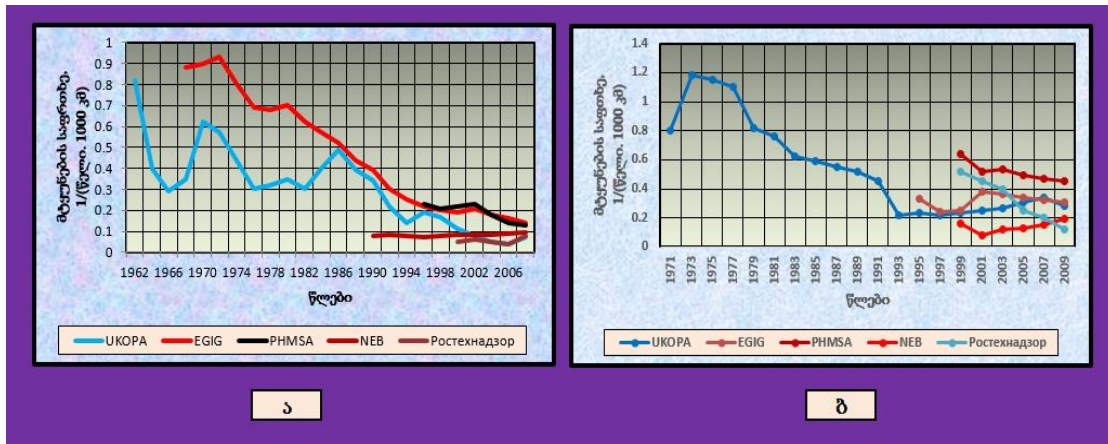
ნახ. 1-ზე, ჩვენს მიერ მოყვანილია მაგისტრალური ნავთობგაზსადენების ცალკეული უბნების, ადამიანების დაღუპვის პოტენციალური რისკები. ნაჩვენებია, რომ ნავთობგაზსადენების უსაფრთხო მანძილების ალბათური შეფასებები გვიჩვენებს, რომ უსაფრთხო მანძილების პოტენციალური რისკის მკვეთრი შემცირებისას, თანხვდება ალბათური და დეტერმინისტული მიდგომებით.



ნახ. 1. ადამიანების დაღუპვის პოტენციალური რისკის ტიპური პროფილები 1. გაზსადენი, ($D\ 700$, $p=5,5$ მპა); 2. გაზსადენი, ($D\ 600$, $p=5,7$ მპა); 3. ნავთობსადენი ($D\ 1000$, $p=6,3$ მპა)

ევროპაში ავარიული მონაცემების შეკრებასა და განზოგადებას აწარმოებენ ნებაყოფლობითი გაერთიანებები: ევროპული ჯგუფი (EGIG), დიდი ბრიტანეთის გაზსადენების ასოციაცია (UKOPA) და დასავლეთევროპული მაგისტრალური ნავთობსადენების ასოციაცია (CONCAWE). ევროპული გაზსადენების სტატისტიკა საშუალებას იძლევა, რომ მივყვეთ ავარიულობის

დინამიკას 20-ე საუკუნის 70-იანი წლებიდან, ხოლო ამერიკულის - უკანასკნელ 10-20 წელიწადს. ხუთწლიანი პერიოდებით გასაშუალებული ავარიების ინტენსიურობა მაგისტრალურ გაზსადენზე მოყვანილია ნახ. 2-ზე - თვალსაჩინოა ავარიების 6-ჯერ შემცირება ევროპის გაზსადენებზე 70-იან წლებთან შედარებით. აშშ-ს გაზსადენებზე უკანასკნელი 20 წლის განმავლობაში ეს მაჩვენებელი მყარად დგას დაბალ დონეზე.



ნახ. 2. ა) მაგისტრალური გაზსადენების ავარიის კუთრი ინტენსივობა ხუთწლიანი პერიოდით; ბ) მაგისტრალური ნავთობსადენების ავარიის კუთრი ინტენსივობა ხუთწლიანი პერიოდით

თავი 2. მაგისტრალური ნავთობსადენებისა და ნავთობპროდუქტებსადენების ავარიების დროს ჰიდროგაზოდინამიკური მოვლენების გამოკვლევა

ნაშრომში წარმოდგენილია ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების დაღვრის ლიკვიდაციისა და გამაფრთხილებელი გეგმის დამუშავებისა და შეთანხმების პრობლემის გაანალიზების მცდელობა. ტექნოგენური ხასიათის საგანგებო სიტუაციის წარმოქმნის ერთ-ერთი მიზეზს წარმოადგენს ნავთობის დაღვრა, რომელსაც შეიძლება თან ერთოდეს ადამიანთა მსხვერპლი, ადამიანებისა ჯანმრთელობის შერყევა და ბუნებრივი გარემოს დაზიანება, მნიშვნელოვანი მატერიალური და ფინანსური დანაკარგები. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების დაღვრის სტატისტიკური მონაცემების ანალიზი

ადასტურებს იმას, რომ რიგ შემთხვევებში განსაზღვრული დაღვრების მოცულობები დაუსაბუთებლად მრავალჯერ გადამეტებულია. ცხრილ 2-ში მოყვანილია გადმოღვრილი ნავთობის მოცულობის ანგარიშის შედეგები მილსადენებისთვის დიამეტრით 300-დან 1200 მმ-მდე რეკომენდაციების თანახმად.

ცხრილი 2

სხვადასხვა დიამეტრის მქონე ნავთობსადენის დაზიანებული უბნიდან ნავთობის დაღვრილი საანგარიშო მოცულობები

დიამეტრი, მმ	ხარჯი, მ ³ /წმ	დაღვრილი ნავთობის მოცულობა, მ ³ როდესაც:				
		სრული “გარღვევა”	ნაწილობრივი “გარღვევა”, კმ			
			1	10	20	30
300	500	3360	820	1460	2150	2870
500	1000	7190	1800	3570	5530	7490
800	4030	27080	6550	11070	16100	21120
1000	6700	45020	10840	1790	25750	33600
1200	10470	70360	16840	27010	38310	49620

დაზიანებულთა და ბუნებისთვის მიყენებული მავნეობის რაოდენობის შეფასების პირველ ეტაპზე აუცილებელია ობიექტის იდენტიფიცირება მაგისტრალური ნავთობსადენების სახიფათო ნივთიერების სახის მიხედვით. ამისათვის ცხრილი 3-დან შემდგომი შეფასებისათვის საჭიროა განისაზღვროს კონკრეტული სახიფათო ნივთიერების შესაბამისი ციფრული კოდი.

ცხრილი 3

ნავთობგაზსადენების საშიში ნივთიერების ნუსხა და ციფრული კოდი

ნივთიერების ტიპი	თვისება	ნივთიერება		კოდი
საწვავი სითხეები	ნაჯერი ორთქლის წნევა 20°C და 0,3 ბარზე ნაკლები	დიზელის საწვავი, ნავტობი		1*
	ნაჯერი ორთქლის წნევა 20°C და 0,3 ბარზე ნაკლები	ბენზინი, ნავთი		2*
აალებადი აირები	გათხევადებული წნევით	ბუტანი, პროპანი		3*
	წნევის ქვეშ	წყალბადი, მეთანი, ეთილენი	მეთილაცეტილენი, ბუნებრივი გაზი	4*

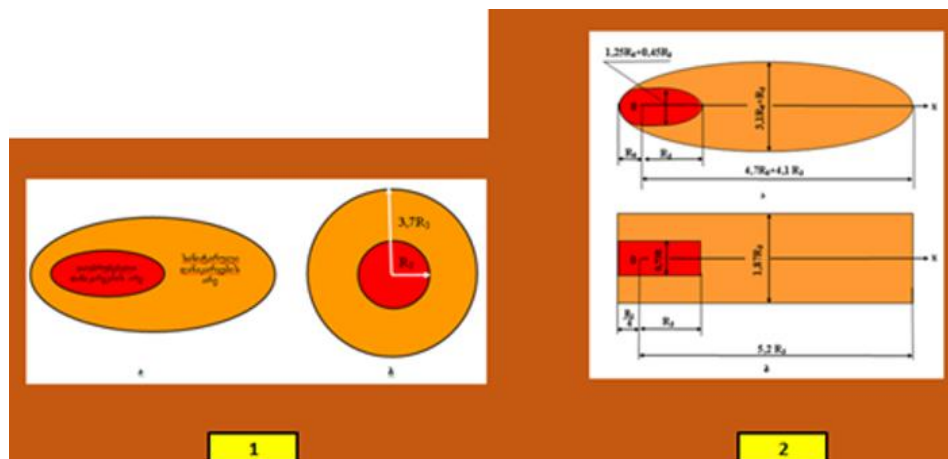
ცხრილი 4-ს მიხედვით მეორე ეტაპზე უნდა შეფასდეს დაზიანებულთა რაოდენობა სახიფათო ნივთიერების იდენტიფიცირებული ობიექტისა და მოცულობის (მასის) მიხედვით.

ცხრილი 4

მაგისტრალური მილსადენების ობიექტზე ზემოქმედების კლასის დადგენა

ციფრული კოდი	მილსადენის მაქსიმალური დიამეტრი, მ						
	< 0,02	0,02-0,04	0,04-0,1	0,1-0,2	0,2-0,4	0,4=1,0	>1,0
1*	-	-	-	-	A I	A I	A I
2*	-	-	-	-	A I	B II	B II
3*	C I	C I	C I	D I	E I	E I	E I
4*	-	-	-	-	A I	A I	B I
5*	E III	E III	E III	F III	-	-	-
6*	F III	F III	F III	G III	-	-	-
7*	D III	E III	F III	-	-	-	-

შეფასების მესამე ეტაპზე ისაზღვრება საკნები ზონის პარამეტრები (ნახ. 3), შემდგარი: 1) დაკარგული დანაკარგების არედ ითვლება ის, რომ საგანგებო სიტუაციის შედეგად ამ არეში მოხვედრილი ყველა ადამიანი უნდა დაიღუპოს და გარემოს უნდა მიაღდეს დიდი ზარალი, 2) სანიტარული დანაკარგების არედ ითვლება ის, რომ საგანგებო სიტუაციის შედეგად ადამიანების ჯანმრთელობას და ბუნებას მიაღდება ამა თუ იმ ზომის ზიანი.



ნახ. 3. 1) დაზიანების ზონა; 2) დაზიანების ზონა - ტიპი I (წრე) - დამახასიათებელია აფეთქებისას

თავი 3. ნავთობგაზსადენების ეკოლოგიურ-ეკონომიკური მოდელები

ამჟამად ცხადი გახდა, რომ გარემოს დაცვის უზრუნველყოფაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ეკონომიკური რეგულაციების მეთოდები. გარემოს რაციონალური გამოყენებისა და გარემოს დაცვის ეკონომიკური მექანიზმის შემოღების ობიექტური აუცილებლობა შეიქმნა მეოცე საუკუნის 80-იანი წლების დასასრულს.

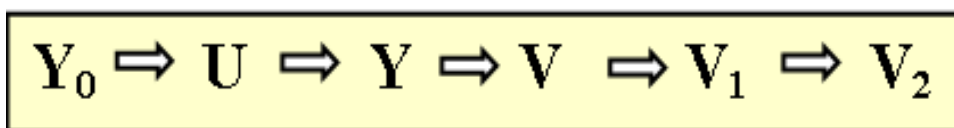
ეკოლოგიური ხარჯები W იყოფა ორ ნაწილად - გარემოსდამცავი ხარჯები - U და ეკოლოგიური დარღვევებით გამოწვეული ეკონომიკური ზარალი $V: W = U + V$. გარემოსდამცავი ხარჯები - ეს არის ხარჯები ეკოლოგიური დარღვევების გაფრთხილებაზე გარემოსდამცავი ღონისძიებების დახმარებით. ეკოლოგიური დარღვევებით V გამოწვეული ეკონომიკური ზარალი (იურიდიულად - ეს არის დანაკარგები, ე.ი. ზარალი და მიუღებელი შემოსავლები) მოიცავს დანახარჯებს შესაბამისად გაფრთხილებაზე V_1 და V_2 არის დარღვევების ზემოქმედებაზე რეციპიენტებზე: $V = V_1 + V_2$. ეკონომიკური ზარალი V წარმოიქმნება გარემოსდამცავი ღონისძიებების არარსებობის, მათი მასშტაბების არასაკმარისობისა და მათი სუსტი ეფექტურობის გამო. ცხადია, რომ ზარალი V და გარემოსდამცავი ღონისძიებები U ურთიეთკავშირშია: რაც უფრო მეტია ბუნებისდამცავი ხარჯები, მით აკლებია მიყენებული ზარალი.

$$\begin{cases} \frac{dV}{dt} < 0; & V = 0, & W = U; \\ & U = 0, & W = V. \end{cases} \quad (1)$$

ეკოლოგიური ხარჯების სტრუქტურა გამოხატავს გარემოსდამცავი ხარჯებს ეკოლოგიური დარღვევების გაფრთხილებაზე ნავთობგაზსადენების სფეროს საწარმოებისათვის და ეკოლოგიური დარღვევებით გამოწვეული ეკონომიკურ ზარალს. ეკოლოგიური დარღვევების არარსებობისას ეკოლოგიური ხარჯები W მთლიანად შედგება გარემოსდამცავი U ხარჯებისგან, ამასთან, სრულად გამოირიცხება ტექნოგენური ზემოქმედება

გარემოზე. თუ გარემოსდამცავი ღონისძიებები არ ტარდება, მაშინ ეკოლოგიური ხარჯები W ემთხვევა ეკონომიკურ ზარალ V -ს. რეალური სიტუაცია განსხვავდება ამ ორ კიდურა შემთხვევებისგან, და დგება წარმოების პროცესში ეკოლოგიური დარღვევების ეკონომიკური ოპტიმუმის მიღწევის პრობლემა. საუბარია გარემოს ხარისხის შენარჩუნებაზე პირობისთვის, რომ ეკოლოგიური ხარჯები W მინიმალურია.

ეკოლოგიური ხარჯები ოპტიმიზაციის ამოცანის გადაწყვეტისა და გარემოს ხარისხის შენარჩუნების მიზნით განვიხილოთ წარმოების ეკოლოგიური ხარჯების სისტემის ფორმირების სქემა (ნახ. 4).



ნახ. 4. სისტემის ეკოლოგიური დანახარჯების ფორმირების სქემა

აქ მიღებულია შემდეგი აღნიშვნები: Y_0 წარმოების პროცესის ტექნოგენური დატვირთვა; X - გარემოსდამცავი ღონისძიებები; W - გარემოზე ტექნოგენური დატვირთვა; U - გარემოსთვის მიყენებული ზარალი; V_1 - ღონისძიებები, მიმართული გამაფრთხილებელ დარღვევების ზემოქმედებაზე რეციპიენტებზე; V_2 - ამ ზემოქმედების საკომპენსაციო ღონისძიებები.

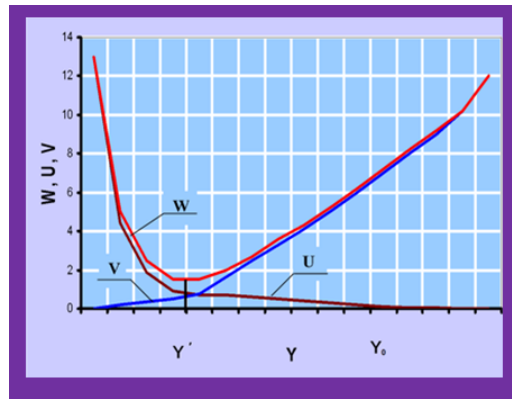
ეს სიდიდეები ვექტორულია და შეიცავს კომპონენტებს, რომლებიც განისაზღვრება განხილული საწარმოო პროცესის ხასიათით X და მისი ზემოქმედებით გარემოზე. საწარმოო X პროცესსა და გარემოს შორის იმყოფება გარემოსდამცავი ღონისძიებების კომპლექსი, რომლის შინაარსს საბოლოოდ განსაზღვრავს გარემოზე ტექნოგენური დატვირთვები. ნათელია, რომ გარემოსდამცავი ღონისძიებების X ჩატარებისას და გარემოზე ტექნოგენური დატვირთვა ტოლია სხვაობისა მაგისტრალური მილსადენის ტექნოგენური დატვირთვის პროცესსა და აცილებულ დარღვევებს $Y_1 : Y = Y_0 - Y_1$ შორის.

მაგალითად, გარემოში გამოფრქვეული მოცულობა უფრო მცირეა, ვიდრე წარმოქმნილი დამაბიბძურებელი მოცულობა დაჭერილი დაბინძურების სიდიდით (“მილის ბოლოს” ეფექტი). ამგვარად, გამაფრთხილებელი ხარჯებისა და ეკოლოგიური ზარალის ზღვრული მნიშვნელობები დამოკიდებულია გარემოზე ტექნოგენური დატვირთვის ინტენსიურობაზე.

ნახ. 5-დან ჩანს, რომ $\frac{dV}{dY} > 0$, ე.ი. ეკოლოგიური ზარალი იზრდება

გარემოზე ტექნოგენური Y დატვირთვის ზრდასთან ერთად. როდესაც $\frac{dU}{dY} < 0$,

გარემოსდამცავი ხარჯები U იზრდება გარემოზე ტექნოგენური დატვირთვის შემცირებასთან ერთად, ამასთან ეს ზრდა ყველაზე შემაძჩნევია



ნახ. 5. ეკოლოგიური დანახარჯების დამოკიდებულება W , გარემოსდაცვითი დანახარჯები U და ეკოლოგიური დარღვევების ეკონომიკური დანახარჯი V , ტექნოგენური დატვირთვების დატვირთვებზე Y

გარემოსდამცავი საქმიანობის სამეცნიერო-ტექნიკური და ეკონომიკური დასაბუთება უნდა განხორციელდეს გარემოს მდგომარეობის ეკონომიკური ოპტიუმის კრიტერიუმიდან გამომდინარე. ამ ეკონომიკური ოპტიუმის ქვეშ იგულისხმება ეკოლოგიური დარღვევების ისეთი დონე, რომლის დროსაც მიიღწევა ეკოლოგიური ხარჯების მინიმუმი. ცხადია, რომ ეს მინიმუმი მიიღწევა, როდესაც გარემოსდამცავი ხარჯების ნამატი ეკოლოგიური დარღვევების ცოტათი შემცირებისას ტოლი ხდება ეკოლოგიური ზარალისა: $dU = dV$. ამ პირობას შეესაბამება ტექნოგენური დატვირთვის ოპტიმალური

მნიშვნელობა $Y = Y'$ (ნახ. 5), რომლის დროსაც ეკოლოგიური ხარჯების მინიმალურია $W(Y') = \min$.

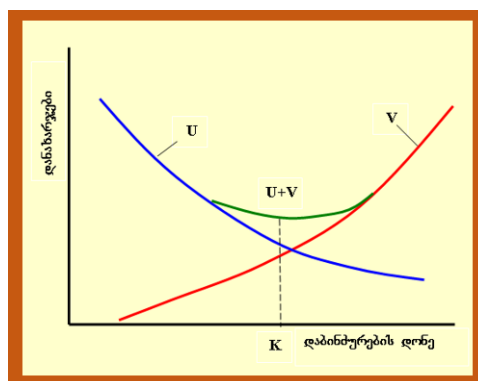
განვიხილოთ მაგისტრალური ნავთობგაზსადენების მდგომარეობის „ვირტუალური“ ეკონომიკური ეფექტურობის შეფასების მოდელი.

ჩამოყალიბდა აზრი, რომ მილსადენებზე ავარიებისაგან მიყენებული მასშტაბური ზარალის თავიდან ასაცილებლად და მათი მუშაობის ვადის გასახანგრძლივლებლად შესაძლებელია არსებითი დანახარჯების გარეშე, ვიპოვოთ სატრანსპორტო კომუნიკაციების მდგომარეობისა და ექსპლუატაციის სხვადასხვა რეჟიმით მომუშავე მილების საიმედოობის ცვლილების პროგნოზირების „ვირტუალური“ კონტროლის

ჩვენთვის უცნობია, თუ ზუსტად როდის მოხდება ავარია. თუ სარემონტო ავარიები არ შესრულდება, რაც აუცილებლად მიგვიყვანს ავარიამდე, მაშინ მაგისტრალური ნავთობგაზსადენები განიცდის ზარალს ნავთობის ან გაზის დანაკარგების, გადატუმბვის შეჩერების, გარემოს აღსადგენად ზომების მიღების აუცილებლობის და ავარიის შედეგად მიყენებული ზაეალის ასანაზღაურებელი საჯარიმო სანქციების გამო. მეორე მხრივ, თუ თავს დავიზღვევთ და შევცვლით პოტენციურად სახიფათო უბნებს რამოდენიმე წლით ადრე, მაშინ კომპანია იგებს იმაში, რომ არ კარგავს გადასაქაჩ პროდუქტს, არ აქვს დანაკარგები საამორტიზაციო საშუალებათა შეუვსებლობის გამო. შედეგად, აუცილებელია მოიძებნოს მილსადენებზე სარემონტო სამუშაოთა ჩატარების დროის განსაზღვრის ხერხი მინიმალურად შესაძლებელი ხარჯებით, აგრეთვე მოიძებნოს მილსადენის ხაზოვანი ნაწილის მდგომარეობის „ვირტუალური“ კონტროლის გამოყენების ეკონომიკური ეფექტურობის შეფასების ხერხი. სხვა სიტყვებით, საჭიროა დროის იმ ინტერვალის განსაზღვრის ხერხი, რომლის განმავლობაში უნდა მოესწროს მილსადენის შეკეთება, არ დაიყვანოს ავარიულ მდგომარეობამდე, არ დაიკარგოს საშუალებები მილის გამოუყენებლობის გამო.

ამოცანის გადასაწყვეტად მივმართოთ ხარჯების ოპტიმიზაციის იდეას. ზოგიერთ სამუშაოში ჩვეულებრივ მოჰყავთ სქემა, საზღვრავს “ოპტიმუმს” საშუალებათა ჩადებაში ეკოლოგიურ ღონისძიებებში (ნახ. 6). მრუდი U გამოსახავს დაბინძურების თავიდან ასაცილებელ ხარჯებს, მრუდი V - ეკონომიკურ ზარალს. ფუნქციურ დამოკიდებულებას ადგილი აქვს მხოლოდ U მრუდისთვის, ხოლო მრუდი V გრაფიკზე თითქოსდა გადაბრუნებულია, ვინაიდან ჩვეულებრივ დაბინძურების დონის ცვლილება წარმოადგენს “დაბინძურების საწინააღმდეგო” ღონისძიებათა შედეგებს.

გრაფიკზე მრუდები შეთანწყობილია თვალსაჩინოებისათვის. ხარჯის თითოეულ მნიშვნელობას შეესაბამება დაბინძურების გარკვეული დონე, რომელიც თავის მხრივ იწვევს განსაზღვრულ ეკონომიკურ ზარალს. ხარჯების მრუდი ამ ადგილას იზრდება ძალზე მკვეთრად, რაც ნიშნავს არის აბსოლუტურ გაწმენდის სირთულეს ხელთარსებული საშუალებების გამოყენებისას. ეკონომიკური თვალსაზრისით ოპტიმალური დანახარჯები იქნება მაშინ, როდესაც ხარჯების ჯამი (მრუდი $W = U + V$) და ეს შეესაბამება დაბინძურების K დონეს.



ნახ. 6. დანახარჯების და გარემოს ხარისხის ურთიერთკავშირი

ჩვენს შემთხვევაში უნდა მოიძებნოს დამოკიდებულებები, რომლებიც მაგისტრალური მილსადენის ექსპლუატაციის პროცესში დაახასიათებენ მილის გამოუყენებლობით გამოწვეულ ზარალს ავარიის დროს მისი “დროზე ადრე”

რემონტის ან შეცვლისას. „ოპტიუმის“ წერტილი, რომელიც აჩვენებს დროის მომენტს, როდესაც მილის რემონტი ან შეცვლა უკვე შესაძლებელია ეკონომიკური მოტივებით, შეიძლება მიღებულ იქნეს ორი მრუდის გადაკვეთაზე: 1. მილის გამოუყენებლობით გამოწვეული ზარალი; 2. ხარჯები მილის მტყუნების შემთხვევაში. მილის გამოუყენებლობით გამოწვეულს ზარალს განვსაზღვრავთ შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$\left\{ \begin{array}{l} V = \frac{C_z}{t_n}(t_n - t); \quad t_n \geq t_{av}; \quad 0 \leq t \leq t_{av}; \\ V = \frac{C_z}{t_n}(t_n - t); \quad t_n < t_{av}; \\ V = 0; \quad t_n > t_{av}; \quad 0 \leq t \leq t_{av}. \end{array} \right. \quad (2)$$

სადაც V - მილსადენის უბნის გამოუყენებლობით გამოწვეული ზარალი, პირობითი ერთეულები; C_z - მილსადენის უბნის სრული შეცვლის ღირებულება, პირობითი ერთეულები; t_n - მუშაობის მოცემული (ნორმატიული) ვადა, წელიწადი; t_{av} - ავარიამდე მაგისტრალური მილსადენის ექსპლუატაციაში შესვლის მომენტიდან დრო, წელიწადი; t - დრო, წელიწადი $0 \leq t \leq t_{av}$.

განვიხილოთ ხარჯების შემთხვევაში, განისაზღვრის მტყუნების ხერხი. საიმედოობის თეორიით ნებისმიერ ნაკეთობის მტყუნებების ინტენსიურობა $\lambda(t)$ დროის $(0; t_1)$ პერიოდში, ეცემა რაღაც λ_1 მნიშვნელობიდან λ_0 ($\lambda_1 > \lambda_0$) მიშვნელობამდე, ამ პერიოდს უწოდებენ მისახმარის პერიოდს. ნაკეთობის $(0, t)$ ექსპლუატაციის ძირითად პერიოდში მტყუნებების ინტენსიურობა ნარჩუნდება მუდმივი λ_0 , და დროის მომენტიდან $t > t_2$, მტყუნებების ინტენსიურობებს ზრდას, ამ პერიოდს უწოდებენ დაღლილობას. ჩვენ არ განვიხილავ მისახმარის პერიოდს, რადგან მექანიკურ-ქიმიური კოროზიის მიზეზით გამოწვეული მტყუნებები ჩვეულებრივ მჟღავნდება 20-წლიანი ექსპლუატაციის შემდეგ. ეა

საშუალებას იძლევა ექსპონენციალური დამოკიდებულების გამოყენებას ავარიების თანხის ეკვივალენტობის დაყვანილი ალბათობის შეფასებისთვის.

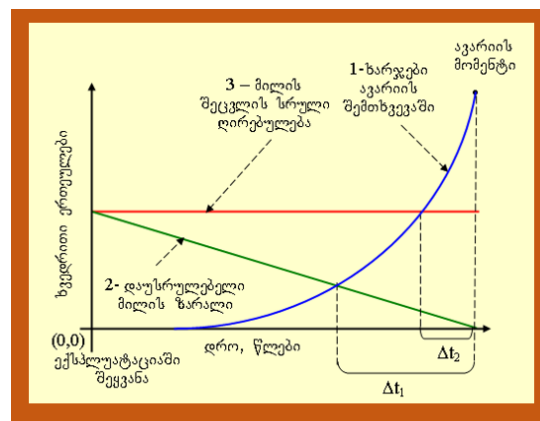
მტყუნების შემთხვევაში შესაძლო ხარჯების სიდიდე ტოლია:

$$I = e^{-\lambda_u t} - 1, \quad (3)$$

სადაც $\lambda_u = -\frac{\ln(V_{sr} + 1)}{t_{av}}$ არის მტყუნებათა საფრთხე, წელი⁻¹; V_{sr} - გარემოსადმი

მიყენებული ზიანია, რომელიც კომპენსაციას ექვემდებარება; t_{av} - წლების რაოდენობა ექსპლუატაციაში შესვლის მომენტიდან ავარიამდე, წელი; t - დრო, წელი $0 \leq t \leq t_{av}$.

მილის უბნის შეცვლის მიზანშეწონილების შეფასების მოდელისა და მილსადენის ხაზოვანი ნაწილის მდგომარეობის „ვირტუალური“ კონტროლის გამოყენების ეკონომიკური ეფექტურობის სქემა წარმოდგენილია ნახ. 7-ზე. ხარჯებისა და ზარალის მრუდების გარდა ამავე ნახაზზე წარმოდგენილია მესამე, მილსადენის მონაკვეთის სრული შეცვლა. არსებობს ორი კრიტიკული წერტილი მრუდების გადაკვეთაზე: Δt_2 - მეორე წერტილი აჩვენებს, რომ Δt_2 - წლის მანძილზე ავარიამდე მილის მონაკვეთის შეცვლისას, დანახარჯების ავარიული მონაკვეთის შეცვლაზე უფრო მცირეა, ვიდრე დანახარჯები.



ნახ. 7. მაგისტრალური მილსადენის „ვირტუალური“ კონტროლის მოდელის შეფასების სქემა, როდესაც $t_n = t_{av}$: 1. ფორმულა (3); 2. ფორმულა (2)

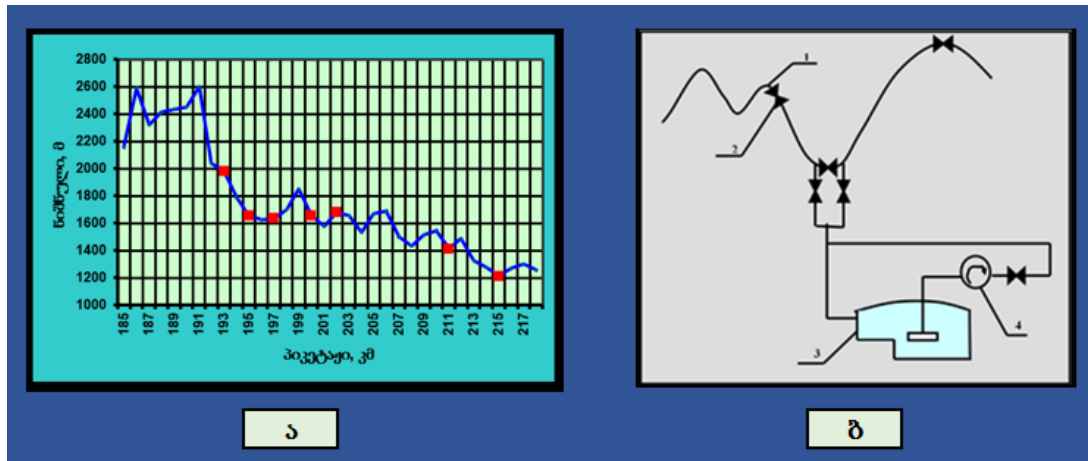
ამგვარად, შემოთავაზებულია მილის უბნის შეცვლის მიზანშეწონილების და მილსადენის ხაზოვანი ნაწილის მდგომარეობის "ვირტუალური" კონტროლის გამოყენების ეკონომიკური ეფექტურობის შეფასების მოდელი. ამ მოდელის საფუძველზე მიღებულია სასაზღვრო წერტილი, რომელიც საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ავარიამდე დროის ის პერიოდი, რომლის განმავლობაში გამოცვლა მიზანშეწონილია (ნაადრევად ნაწინასწარმეტყველები დროის არა ნაკლები პროცენტისა).

თავი 4. მაღალი ეკოლოგიური რისკ-ფაქტორის მქონე გარემოში ჩალაგებული მაგისტრალური ნავთობსადენის ავარიული გაგლეჯის ნავტობის გაჟონვის მოვლენის გამოკვლევა

როგორც ცნობილია, მაგისტრალური ნავთობსადენის გაგლეჯის ალბათობა განსხვავებულია ნულისაგან. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მაგისტრალური ნავთობსადენების ისეთი უბნები, რომლებიც ჩალაგებულნი არიან მაღალი რისკ-ფაქტორების მქონე ტერიტორიაზე, მაგალითად საკურორტო ზონები, მდინარეების გადასავლები, ახლო მდებარე აქცეატორიემი, გაჯერებული მინერალური წყლებით და ა.შ.

ნაშრომში ქვემოთ დასმულია ამოცანა, რომელიც წარმოიქმნა ბორჯომის კანიონში პროექტირებადი მაგისტრალური ნავთობსადენის ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანისათვის. ამ უბნის სქემა მოყვანილია ნახ. 8ა-ზე. ასეთი უბანი, წარმოადგენს სენსიტურ ტერიტორიას, ამიტომ, პროექტით გათვალისწინებული იყო სავარაუდო ავარიის ნავთობსადენის შემთხვევაში დამცლელი ობიექტის მშენებლობა. იგი მოთავსებულია ნავთობსადენის უბნის ყველაზე ქვედა კვეთში (უნაგირი). შესაბამისად, ამ ობიექტის მოწყობილობას გააჩნია გარემოზე ზემოქმედების მიზანის უარყოფითი გავლენის მინიმიზაციისას, რადგანაც არ მოხდეს ნავთობის დაღვრა. აღნიშნული ობიექტი

შეადგენს სისტემას: დამცლელი მილსადენები, შემკრები რეზერვუარი და სხვა მოწყობილობები. ნავთობსადენის კოდიანას უბნის ქვედა ნაწილში, დადგმულია ურდული (ნახ. 8).

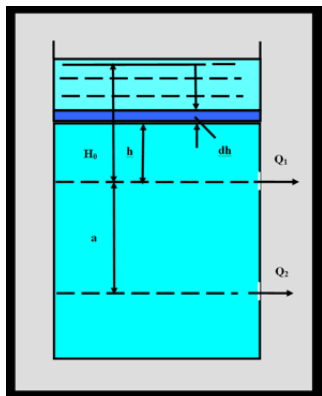


ნახ. 8. ა. ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანი მაგისტრალური ნავთობსადენის უბნის გრძივი პროფილი; ბ. ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის მაგისტრალური ნავთობსადენის უბნის მოწყობილობის დაცლის სქემა

რადგანაც, ავარიისას ნავთობის გარკვეული მოცულობა იწრიტება გრუნტში, ამიტომ მახლობელ ტერიტორიაზე უნდა დაყენდეს ნავთობ-წყლოვანი ნარევის დამჭერები. ამგვარად გვაქვს იდეალიზირებული სქემის ჰიდრავლიკური სქემა (ნახ. 9). ე.ი. გვაქვს რეზერვუარიდან სითხის ხვრეტიდან გამოდინების ამოცანა, ცვლადი დაწნევით. ჩვენი მიზანია განვსაზღვროთ ზედა ხვრეტიდან ნავთობის დაცლის დრო და ნავთობის მოცულობა. ამოცანის გამარტელებისას, ჯერ განვიხილოთ ამოცანა, როდესაც ხვრეტების ფართობები ერთნაირია და ტოლია ω . აგრეთვე ჩავთვალოთ, რომ ხარჯის კოეფიციენტები ასევე ერთნაირია ($\mu_1 = \mu_2 = \mu$).

ზედა და ქვედა ხვრეტებიდან ხარჯები, შესაბამისად ტოლია:

$$\begin{cases} Q_1 = -\mu\omega\sqrt{2gh}; \\ Q_2 = -\mu\omega\sqrt{2g(h+a)}. \end{cases} \quad (4)$$



ნახ. 9. ნავთობის დაცლის ჰიდრავლიკური იდეალიზრებული სქემა

აქ a არის მანძილი ხვრეტებს შორის, ხოლო μ - ხარჯის კოეფიციენტი. მოცულობის ბალანსის განტოლებას გააჩნია შემდეგი სახე;

$$\Omega dh = -(Q_1 + Q_2) dt, \quad (5)$$

სადაც Ω - არის რეზერვუარის ფართობი (მიღებულია, რომ $\Omega = \text{const}$, სადაც რეზერვუარი ანალოგიურია მილსადენის უბნის მუდმივი დიამეტრით). (5) - დან მივიღებთ:

$$dt = -\frac{A dh}{\sqrt{h} + \sqrt{h+a}}, \quad (6)$$

ამგვარად მივიღებთ ჩვეულებრივ დიფერენციალურ განტოლებას, რომელიც იხსნება ცვლადების განცალკევებით:

$$t = \frac{2A}{3a} \left[(H_0 + a)^{3/2} - (h + a)^{3/2} - (H_0^{3/2} - h^{3/2}) \right]. \quad (7)$$

დრო, რომლის განმავლობაში სითხის თავისებულ ზედაპირი მიაღწევს ქვედა ხვრეტს, როდესაც $h = 0$, მაშინ:

$$T = \frac{2A}{3a} H_0^{3/2} \left[\frac{3a}{2H_0} - \left(\frac{a}{H_0} \right)^{3/2} \right], \quad (8)$$

განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც ხვრეტების ფართობები განსხვავებულია ერთმანეთისაგან $\omega_1 \neq \omega_2$ და $\mu_1 \neq \mu_2$. ბუნებრივია, რომ გვექნება ანალოგიური მსვლელობა:

$$\begin{aligned}
t = & \frac{2M\sqrt{h}}{1-N^2} + \frac{N^2Ma}{1-N^2} \frac{2}{\sqrt{-N^2a(1-N^2)}} \operatorname{arctg} \frac{(1-N^2)\sqrt{h}}{\sqrt{-N^2a(1-N^2)}} - \\
& - \frac{2MN\sqrt{h+a}}{1-N^2} + \frac{aMN}{1-N^2} \frac{2}{\sqrt{-a(1-N^2)}} \operatorname{arctg} \frac{(1-N^2)\sqrt{h+a}}{\sqrt{-a(1-N^2)}} - \\
& - \frac{2M\sqrt{H_0}}{1-N^2} - \frac{N^2Ma}{1-N^2} \frac{2}{\sqrt{-N^2a(1-N^2)}} \operatorname{arctg} \frac{(1-N^2)\sqrt{H_0}}{\sqrt{-N^2a(1-N^2)}} + \\
& + \frac{2MN\sqrt{H_0+a}}{1-N^2} - \frac{aMN}{1-N^2} \frac{2}{\sqrt{-a(1-N^2)}} \operatorname{arctg} \frac{(1-N^2)\sqrt{H_0+a}}{\sqrt{-a(1-N^2)}}. \quad (9)
\end{aligned}$$

სადაც

$$\begin{cases} M = \frac{\Omega}{\mu_1 \omega_1 \sqrt{2g}}; \\ N = \frac{\mu_2 \omega_2}{\mu_1 \omega_1}. \end{cases} \quad (10)$$

მიღებული შედეგები გვაძლევს საშუალებას, რათა მოხდეს ნავთობსადენიდან ნავთობის გაჟონვის ნებისმიერი სცენარის გათამაშდება.

თავი 5. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ტრანსპორტირებისათვის მართვის რეჟიმების რეოლოგიური მეთოდების გამოყენება

რეოლოგიამ - მეცნიერება ნივთიერების დეფორმაციებისა და დენადობის შესახებ, ფართო გამოყენება ჰპოვა ტექნოლოგიური ამოცანების გადაწყვეტისას, ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ტრანსპორტირების გამოყენებისას. ეს იმას ნიშნავს, რომ თუ საბოლოო ძალების ზემოქმედებით სხელის დეფორმაცია იზრდება დროში უწყვეტად და შეუქცევადად, მაშინ მასალა მიედინება. პლასტიკური დინება წარმოიქმნება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც ძალები ამეტებენ რაღაც ზღვარს, რომელსაც მასალის დენადობის ზღვარი გააჩნია. სწორედამ რომ ეს შემთხვევაა მიღებული მილსადენებში ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მოძრაობისას.

ძვრის სიჩქარეთა მაქსიმალურად ფართო ინტერვალში ექსპერიმენტული მონაცემების ნებისმიერ ფასად აპროქსიმაციის მცდელობამ მიგვიყვანა ნახევრადემპირიული გამოსახულებების სიჭარბემდე. სტაციონარული დინების ფენომენოლოგიური მოდელები თავს იყრის შემდეგი სახის რეოლოგიურ განტოლებებში $\tau = \tau(\dot{\gamma})$ ან $\eta = \eta(\dot{\gamma})$ სადაც $\eta = \tau / \dot{\gamma}$ - დისპერსიული სისტემის ეფექტური სიბლანტა.

ექსპერიმენტალური კომპლექტი მოთავსებულია ლაბორატორიუმი „ჯორჯია გაზ პეტროელუმ“-ში. აქ არსებული ვისკოზიმეტრებით ხდება ნახშირწყალბოდებით და სხვა სითხეების სიბლანტის განსაზღვრა. ხელსაწყოებით HVU Herzog 480/481/482-ით საზღვრავენ სიბლანტის დასაშვები დიაპაზონის განსაზღვრა, ზუსტი გაზომვებით. ვისკოზიმეტრი HVU Herzog 480/481/482 (ნახ. 10) წარმოადგენს ინტეგრირებულ მოწყობილობას. ძირითადი კომპონენტებია: ელექტრონული კონტროლერი, ორი კაპილარის აბაზანის ტემპერატურის რეგულატორი და ა.შ.



ნახ. 10. HVU Herzog 480-ის ვისკოზიმეტრის ზოგადი ხედი

მოდელების შერჩევა, რომლებიც ადეკვატურად აღწერს ანომალურ სითხეებს, მივყევართ სიტუაციამდე, სადაც ძნელია მოდელებიდან რომელი ავირჩიოთ. მასთან დაკავშირებით ამოცანის დასმისას ჩნდება ექსპერიმენტის

გეგმის არჩევა, აგრეთვე იმ ზოგიერთი კრიტერიუმისაც, რომლებიდანაც დიდი უეჭველობით შეიძლება რაღაც მოდელის მიღება სითხის დინების ან ფიზიკური პარამეტრების ცვლილებათა კანონზომიერების აღწერით.

დავუშვათ, რომ რეოლოგიური მრუდის ასაგებად მიღებულია n ექსპერიმენტები და მიღებული შედეგების აღსაწერად გვთავაზობენ სამ მოდელს, განსხვავების აღმოჩენა მიღებულ საერთო კრიტერიუმებს შორის შეუძლებელია. ამ შემთხვევაში საჭიროა $(n+1)$ ექსპერიმენტი, რომელიც აუცილებლად გაგვცემს მოცემულ შეკითხვაზე პასუხს. ამ შემთხვევაში გათვალისწინებულია პირველ n ექსპერიმენტში მიღებული ინფორმაცია. მიღებულ შედეგზე დაფუძნებით აფასებენ მოდელების ექსპერიმენტულ დისპერსიებს. ამის შემდეგ იანგარიშება მოდელების თავისუფლების ხარისხების შეფარდებები ნარჩენი კვადრატის ჯამისთვის, რაც წარმოადგენს აპრიორული ალბათობების $P_i^{(n)}$ პროპორციულ სიდიდეებს, გამოთვლილს თითოეული საცდელი მოდელისთვის. და ბოლოს, ირჩევა ცდის $(n+1)$ ვექტორის ექსპერიმენტული პირობები, დისკრინიმინაციული ფუნქციის მაქსიმუმის მიხედვით:

თვალსაჩინაობით განვსაზღვროთ შვედოვის-ბინგამის და კესონ-შულმანის მოდიფიცირებული მოდელი:

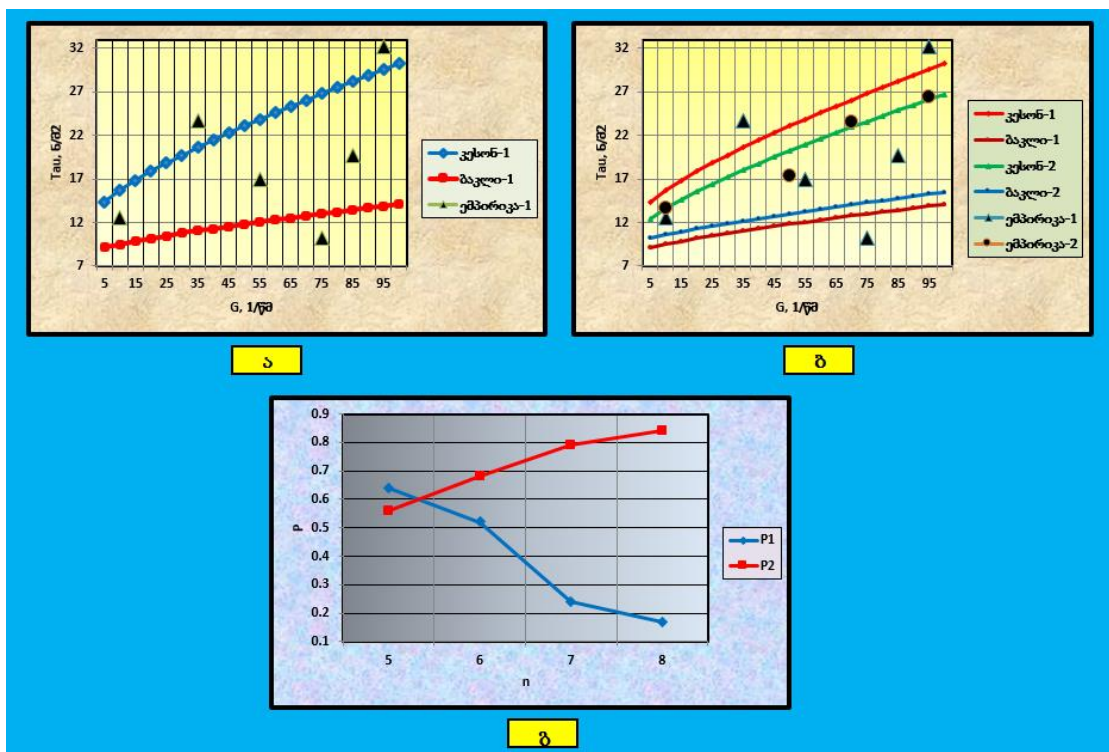
$$\tau = \tau_0 + \eta_0 \gamma^* . \quad (11)$$

$$\tau^{1/m} = \tau_0^{1/m} + \left(\eta_0 \gamma^* \right)^{1/m} . \quad (12)$$

(11) და (12) მოდელების შეფასებისათვის, ხუთი ცდის მისაღებად მიღებულია შემდეგი პარამეტრები: $\tau_0 = 3,41$ ნ/მ²; $\eta_0 = 0,062$ ნწმ/მ²; $\tau_0 = 8,8$ ნ/მ²; $\eta_0 = 0,063$ ნწმ/მ²; $m = 1,89$.

ნახ. 11-ზე ნაჩვენებია $\tau = f(\gamma^*)$ -ს შვედოვის-ბინგამის და კესონ-შულმანის მოდელები, ხუთი ექსპერიმენტისათვის, ერთსა და იგივე იდენტურობის ზომისას. მაქსიმიზაციის შემდეგ, მიმდევრობით მოხდა

დამატებითი სამი ექსპერიმენტი. მოდელის რვა ექსპერიმენტის დაზუსტებისას (11) და (12)-ის შესაბამისად, პარამეტრები შემდეგია: $\tau_0 = 5,82 \text{ ნ/მ}^2$; $\eta_0 = 0,071 \text{ დინ}\cdot\text{წმ/სმ}^2$; $\tau_0 = 6,71 \text{ ნ/მ}^2$; $\eta_0 = 0,055 \text{ დინ}\cdot\text{წმ/სმ}^2$; $m = 1,77$.



ნახ. 11. ა) გრაფიკები $\tau = f(\dot{\gamma})$: 1. კესონ-შულმანის მოდელი; 2. შვედოვ-ბინგამის მოდელი; 3. ▲ - წინასწარი ექსპერიმენტის ხუთი წერტილი; ბ) გრაფიკები $\tau = f(\dot{\gamma})$: 1. კესონ-შულმანის ძველი მოდელი; 2. შვედოვ-ბინგამის ძველი მოდელი; 3. კესონ-შულმანის დაზუსტებული მოდელი; 4. შვედოვ-ბინგამის დაზუსტებული მოდელი; 5. ▲ - წინასწარი ექსპერიმენტის ხუთი წერტილი; 6. * - დამატებითი სამი წერტილი. გ) ალბათობის ცვლილება ექსპერიმენტის პროცესში

ანალოგიურად სხვა სცენარისათვის მოყვანილია რამდენი ნავთობისათვის.

დასკვნები

1. მაგისტრალური მილსადენების რისკის შეფასებები წარმოადგენს საშიში საქმიანობის დეკლარირების რეალიზაციის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პირობას. ამიტომ ჩვენ მიერ დამუშავებულია ნავთობგაზსადენებზე ავარიებისას რისკის შეფასების მეთოდური აპარატი, რომელიც არსებულისგან იმით განსხვავდება, რომ მისი რეალიზაციის დროს გათვალისწინებულია ზარალის ყველა შემადგენელი. აგრეთვე დამუშავებულია ნავთობგაზსადენების ხაზოვანი ნაწილის უბნების “სუსტი ადგილების” განსაზღვრის მეთოდოლოგია, რომელიც განსხვავებულია არსებულისგან იმით, რომ “სუსტი ადგილები” განისაზღვრება რისკის გაანგარიშების საშუალებით.

2. სადისერტაციო სამუშაოში მოცემულია დაუმყარებელი ნაკადებისას, მაგისტრალური ნავთობადენის გილიოტინური გარღვევისას ნავთობის ავარიული გადმოძინების განსაზღვრის სხვადასხვა მეთოდოლოგიის ანალიზი. შედეგად დადგენილია, რომ არსებული კერძო წარმოებლიან დიფერენციალურ განტოლებებზე დაფუძნებული, ერთ განზომილებიანი მოდელები, სადაც მხები ძაბვები იანგარიშება დარსი-ვეიბახის ფორმულით, უვარგისია პრაქტიკული გამოყენებისათვის მაგისტრალურ ნავთობსადენებზე გილიოტინური გარღვევის ამოცანებისთვის.

3. შემოთავაზებულია ძირითადი ჰიდრავლიკური დამოკიდებულებები ნავთობსადენის ორი ხვრეტიდან ნავთობის დაცლის მასალოდნელი მოცულობის განსაზღვრისათვის ნაკადის დაუმყარებელი რეჟიმის პერიოდში; გამოყვანისას გამოიყენება ხარჯის ბალანსი და ამოიხსნება მიღებული წრფივი დიფერენციალური განტოლება.

4. დაგენილია მილსადენის ტექნოლოგიური პარამეტრების უსაფრთხო მანძილებისა და დაზიანების ზონების ზომებზე გადასატუმბი სითხეების მახასიათებლების, გარემოს მახასიათებლების, მეტეოპირობებისა და სხვა

ფაქტორების გავლენა. აღნიშნული ფაქტორების მნიშვნელობა დამოკიდებულია მაგისტრალური მილსადენის ტიპზე, ამიტომ პრაქტიკური ამოცანების გადასაწყვეტად აუცილებელია მაგისტრალური მილსადენის კონკრეტული უბნების საფრთხის ანალიზი და უსაფრთხოების კრიტერიუმების დასაბუთებული არჩევა. რისკის რაოდენობრივი შეფასების ჩვენი მეთოდოლოგიის გამოყენება საშუალებას მოგვცეს დასაბუთდეს მინიმალურად უსაფრთხო მანძილები, რომელთა ზომა შეიძლება იყოს ნორმატიულზე ან მაგისტრალური მილსადენის გარკვეული დაზიანებების ზონებზე ნაკლები.

5.პირველად არის შემოთავაზებული მილის უბნის გამოცვლის მიზანშეწონილებისა და მაგისტრალური მილსადენის მდგომარეობის "ვირტუალური კონტროლის" გამოყენების ეკონომიკური ეფექტურობის შეფასების მოდელი. შემოთავაზებული მოდელის საფუძველზე მიღებულია სასაზღვრო წერტილი, რომელიც განზღვრავს ავარიამდე დროის პერიოდს, რომლის განმავლობაში მიზანშეწონილია მილის გამოცვლა. შემუშავებული მოდელი ავარიამდე ექსპლუატაციის სრული დროიდან უფრო ადრე წინასწარმეტყველებს ავარიას. შემუშავებული მოდელის გამოყენება მიზანშეწონილია, რადგანაც ნაწინასწარმეტყველები ავარიის დროში ჯდება დროის გარკვეულ ინტერვალში, როდესაც სარემონტო სამუშაოები და მილის გამოცვლა უკვე ეკონომიკურად გამართლებულია. შემოთავაზებული მეთოდის საფუძველზე მიღებულია სასაზღვრო წერტილი, რომელიც საშუალებას იძლევა ავარიამდე დროის პერიოდის განსაზღვრა, როდესაც მილის გამოცვლა მიზანშეწონილია.

6.განხილულია სტრუქტურირებული დისპერსიული სისტემების დინების ძირითადი მოდელები და კონცეპციები, კერძოდ ნიუტონისებრ დისპერსიულ არეში. ნაჩვენებია არსებული რეოლოგიური მოდელების ნაკლოვანებები და სიბლანტის სტრუქტურული მოდელების გამოყენების შესაძლებლობები, როგორც არაწრფივი პლასტიკური, ისე ფსევდოპლასტიკური დინების

აღსაწერად. ლაბორატორიული კვლევებისა და დისკრიმინაციული მოდელის საფუძველზე შემუშავებულია რეოლოგიური მოდელი და მისი პარამეტრები.

7. წარმოდგენილი შედეგები მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნეს საქართველოს კანონმდებლობისათვის ნორმატიული დოკუმენტაციის დასამუშავებლად სამილსადენე ტრანსპორტის ობიექტების უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიზნით, მათ შორის, თხევადი და გაზობრივი ნახშირწყალბადების სატრანსპორტო მაგისტრალური მილსადენების უსაფრთხოების ტექნიკური რეგლამენტის და მაგისტრალური მილსადენების უსაფრთხოების წესების შექმნაში.