

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

გივი სანიკიძე

ენერგობიექტების მოხმარების ხარისხის მართვა და საიმედოობის
საკითხების გამოკვლევა

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

სადოქტორო პროგრამა “ენერგეტიკა და ელექტროინჟინერია“
შიფრი 0405

თბილისი
2016 წელი

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

ხელმძღვანელი: პროფესორი დიმიტრი ნამგალაძე

რეცენზენტები:

დაცვა შედგება 2017 წლის ”.....” თებერვალს, საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და
ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს
კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი VIII, აუდიტორია 118
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

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

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი
ასოცირებული პროფესორი

გ. გიგინეიშვილი

თემის აქტუალობა. გაზგამანაწილებელ ქსელებზე ავარიებს ახასიათებს მნიშვნელოვანი მასშტაბი, გარემოსა და ადამიანებზე უარყოფითი ზემოქმედების ფორმების მრავალფეროვნება. გაზგამანაწილებელი ქსელების ექსპლუატაციისას ერთ-ერთ აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს გაზსადენების უსაფრთხო ექსპლუატაციის უზრუნველყოფა, რომლის გადაჭრაც უმთავრესად შესაძლებელია სარემონტო-აღდგენითი სამუშაოების დროულად ჩატარების ხარჯზე. კატასტროფებისა და ავარიების გამაფრთხილებელი ადეკვატური ზომების შესარჩევად აუცილებელია მათი გამოვლენის რისკის რაოდენობრივი შეფასების სამეცნიერო-მეთოდური ბაზის ქონა. ამ პრობლემის გადასაწყვეტად მნიშვნელოვანია, რომ გარემოსა და ადამიანების დაცვა ინტეგრირებულ იქნეს ინჟინრული გადაწყვეტილებების მიღების პროცესში, რომლებიც ეკონომიკური დასაბუთების საფუძველზე მინიმიზირებას გაუკეთებს ნეგატიური ზეგავლენების შედეგებს ყველაზე რაციონალური გზებით.

გაზგამანაწილებელი ქსელების უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად რისკის ანალიზის მეთოდოლოგიის გამოყენება ითხოვს მეცნიერულად დასაბუთებულ, მოცემულ პრობლემატიკასთან ადაპტირებულ ავარიების წარმოქმნის ალბათობის პროგნოზირების მეთოდიკების დამუშავებასა და გაზგამანაწილებელი ქსელების მიერ გადაზიდული საშიში ნივთიერებების გამოტყორცნების შესაძლებლობას გაზგამანაწილებელ ქსელებზე ავარიების დროს. რისკის შეფასების არსებული მეთოდების ანალიზი აჩვენებს, რომ ერთიანი მეთოდიკა, რომელიც განსზღვრავდა რისკისა და ეკოლოგიური ზარალის მაჩვენებლებს, სამწუხაროდ არ არსებობს. ამგვარად, გაზგამანაწილებელ ქსელებზე ავარიების დროს რისკის შეფასების მეთოდური აპარატის შემუშავებას გააჩნია დიდი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა და მეტად აქტუალურია.

გაზგამანაწილებელი ქსელების მდგომარეობის და ავარიული გაგლეჯის შედეგების პროგნოზირების, თავიდან აცილების და

გარემოსდაცვითი ღონისძიებების დაგეგმვისათვის აუცილებელი მეცნიერულად დასაბუთებული, დასრულებული, მეთოდოლოგიურად გამართლებული, ნატურულ მონაცემებზე და თეორიაზე დამყარებული მეთოდი აგრეთვე არარსებობს. ასევე სრულად არ არის შემუშავებული ნატურულ გამოკვლევებზე და თეორიაზე დაყრდნობილი ისეთი მეთოდიკა, რომლის თანახმად შესაძლებელია გაზგამანაწილებელი ქსელების საიმედოობის და უსაფრთხოების შექმნა. ზემონათქვამიდან გამომდინარე, აღნიშნული პრობლემის მეცნიერული გადაწყვეტა აუცილებელია და მეტად აქტუალურია.

სამუშაოს მიზანია შეიქმნას მეცნიერულად დასაბუთებული, ნატურულ მონაცემებზე დაყრდნობილი თეორია, რომლის საშუალებით შესაძლებელი იქნება ბუნებრივი გაზის სექტორის რეგულირება, გაზგამანაწილებელი ქსელების საიმედოობის გაზრდა, გაზის მოხმარების პროგნოზის დადგენა, მოსალოდნელი ავარიების შემთხვევაში სტრესული მოვლენების რისკების პროგნოზირება, გარემოსდაცვითი ღონისძიებების შემუშავება და ეკონომიკური ეფექტიანობის ამაღლება. ამიტომ ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს გაზგამანაწილებელი ქსელების ექსპლუატაციისას საწარმოო უსაფრთხოების გაზრდა მილსადენებზე ავარიების რისკის და მოხმარების ანალიზის მეთოდური მიდგომების სრულყოფის საფუძველზე.

დასახული მიზნის მისაღწევად ფორმულირებული იყო შემდეგი მეცნიერული ამოცანა - გაზგამანაწილებელი ქსელების ავარიის დროს რისკის შესაფასებლად დამუშავდეს მეთოდური აპარატი ავარიების რისკის ანალიზის თეორიის შედეგებისა და ავარიების დროს გარემოსა და ადამიანებისთვის მიყენებული ზარალის ანალიზის არსებული მეთოდიკების ანალიზის გამოყენების საფუძველზე. აგრეთვე დღე-ღამური ბუნებრივი გაზის პროგნოზის დადგენა. მიზნის მისაღწევად დასმული და შემდგომ ამოხსნილი იქნა შემდეგი ძირითადი ამოცანები: 1. თეორიულად შესწავლილია შპს “ყაზტრანსგაზ-თბილისის” გაზგამანაწილებელი ქსელების მისახმარისი, ნორმალური და დაღლილობითი მტყუნებები და

საიმედოობის ანალიზური და ემპირიული მახასიათებლები; 2. საქართველოს გაზის სექტორში რისკის ანალიზის და გადაწყვეტილების მიღების ასპექტები, მათი სტოქასტიკური პროცესების ანალიზი, ავარიების და დაზიანების გათვალისწინებით; 3. ნატურულ და არსებულ თეორიულ კვლევებზე დაყრდნობით, ისეთი მოდიფიცირებული მეთოდიკის შექმნა, რომლის თანახმად შესაძლებელია დღე-ღამური გაზის მოხმარების პროგნოზის გაანგარიშება.

კვლევის ობიექტი და მეთოდები. გაანგარიშებების არსებული ალგორითმები თეორიული განზოგადებისა და პრაქტიკული შემოწმების საშუალებას იძლევა. კერძოდ: 1. ავარიების დროს რისკის შეფასების მეთოდები უნდა ითვალისწინებდეს ავარიების რეალიზაციისას წარმოქმნილ მოვლენებსა და ეფექტებს, ავარიის სხვადასხვა სცენარის წარმოშობისა და განვითარების სიხშირეს. 2. მეთოდებმა უნდა გადაწყვიტოს გაზგამანაწილებელი ქსელების პოტენციური ხიფათის მიყენების რაოდენობრივი შეფასების ამოცანა.

კვლევის ობიექტად შერჩეულია საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკულ კომპლექსში, გაზის სექტორში არსებული გაზგამანაწილებელი მეურნეობების მდგომარეობა, კერძოდ შპს “ყაზტრანსგაზ-თბილისის” გაზგამანაწილებელი მეურნეობა. საკითხის თანამედროვე მოთხოვნების დონეზე დამუშავების მიზნით გაანალიზებულია საქართველოს გაზის სექტორის განვითარების პროგნოზირების გამოცდილება და დასმულია საქართველოში გაზის სექტორის სტრუქტურის პროგნოზირების ამოცანა. დასახული კომპლექსური პროგრამის შესაბამისად, კვლევის საწყის ეტაპზე ჩატარებულია საქართველოში ენერგეტიკული რესურსების მდგომარეობის ანალიზი 1999-2012 წლებში.

ნაშრომის ძირითადი შედეგები და მეცნიერული სიახლე წარმოადგენს რისკის შეფასების მეთოდურ აპარატს, რომელიც საშუალებას იძლევა გაზგამანაწილებელი ქსელების მიერ გარემოსა და ადამიანებისთვის

მიყენებული პოტენციური საშიშროების რაოდენობრივი შეფასების ამოცანა გადაწყვიტოს, რომლებიც განსახავებულია არსებულისაგან იმით, რომ მათი რეალიზაციის დროს გათვალისწინებულია დაზიანების ყველა მდგენელი. დამუშავებულია გაზგამანაწილებელი ქსელების "სუსტი ადგილების" განმსაზღვრელი მეთოდიკა, რომელიც განსახავდება არსებული მეთოდიკებისაგან იმით, რომ განისაზღვრება რისკის ანგარიშის საშუალებით. შემუშავებულია მოდიფიცირებული მეთოდიკა გაზგამანაწილებელი ქსელების სისტემების ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ნარევის ფუნქციების დადგენისათვის. პირველად მიღებულია ურთიერთკორელაციური კავშირი დღელამურ მოხმარებასა და ბუნებრივი გაზის მოხმარებას შორის, სხვადასხვა დღე-ღამეების და თვეების საშუალო სიდიდეები.

ნატურული და თეორიული კვლევების საფუძველზე დამუშავებულია გაჟონვებისა და ავარიების მოცულობათა განსაზღვრის მექანიზმი. საქართველოს გაზის სექტორში დადგენილია მტყუნების საფრთხეების და აღდგენების ინტენსივობების ინტეგრალური მახასიათებლები, რომლებიც შექმნიან საორიენტაციო ბაზას. ნატურული და თეორიული კვლევების საფუძველზე, შემუშავებულია მოდიფიცირებული მეთოდიკა. ნატურულმა და ექსპერიმენტულმა გამოკვლევებმა ცხადყო, რომ შესაძლოა დადგინდეს შპს "ყაზტრანსგაზ-თბილისის" გაზგამანაწილებელი ქსელების საიმედოობის ერთეულოვანი და კომპლექსური მაჩვენებლები, რომლებიც ქმნიან გაზგამანაწილებელი მეურნეობის საორიენტაციო საინფორმაციო ბაზას. ნატურული და თეორიული კვლევების მიხედვით შემუშავებულია მოდიფიცირებული მეთოდიკა, რომელიც ეფუძნება დღე-ღამური და თვიური გაზის მოხმარების პროგნოზირებას ფურიეს-კოეფიციენტების საშუალებით.

ნაშრომის უტყუარობა: მიღებული შედეგების, დასკვნებისა და რეკომენდაციების უტყუარობა და დასაბუთება უზრუნველყოფილია თანამედროვე მათემატიკური, ეკონომიკური, ალბათობის თეორიის და

საიმედოობის თეორიის შემთხვევითი პროცესების მეთოდებისა და ხერხების, სტანდარტიზებული და აპრობირებული მეთოდური და პროგრამულ-ტექნიკური საშუალებების გამოყენებით.

შედეგების გამოყენების სფერო: კვლევის შედეგები წარმატებით შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ბუნებრივი გაზის სექტორში, ასევე გარკვეული მიდგომები სარეკომენდაციო საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიისათვის. საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკული სექტორის განვითარების სტრატეგიული გეგმისთვის დამუშავებულია (2011-2020წწ) მეცნიერულად დასაბუთებული პროგნოზები და პროგრამის ტექნიკური უზრუნველყოფა.

ცნობები დისერტაციის მოცულობისა და სტრუქტურის შესახებ:

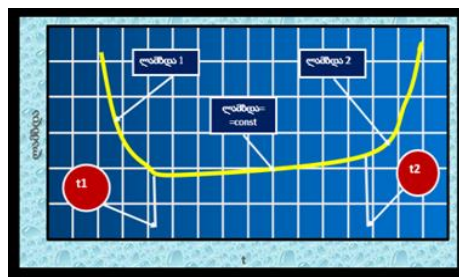
დისერტაცია შედგება 6 თავისაგან, 48 ცხრილისაგან, 73 ნახაზისაგან.

დისერტაციის თავების მსჯელობა ორგანულად მიყვება ნაშრომს. თითოეული შემდგომი თავი ჰარმონიულად გამოდის წინა თავის შედეგებიდან. კერძოდ, შესავლისა და მიმოხილვის შემდეგ, პირველ თავში ნაჩვენებია გაზგამანაწილებელი ქსელის ალბათობის განაწილების მახასიათებლების დადგენა, ხოლო მეორე თავში გაზგამანაწილებელი ქსელის კომპლექსური ალბათური მახასიათებლების დადგენა. მესამე თავში მოყვანილია გაზმომარაგების უთანაბრო მოხმარების პროგნოზირების დადგენა. საბოლოოდ, მეოთხე თავში განიხილება ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელ ქსელში მომსახურების ხარისხი და რისკის ანალიზი.

პირველ თავში ჩატარებულია საქართველოს ბუნებრივი გაზის სექტორის მიმოხილვა და მოხმარების პროგნოზირების და დაზიანების შესახებ ლიტერატურული წყაროების ანალიზი.

მეორე თავში განხილულია გაზგამანაწილებელი ქსელის ალბათობის განაწილების მახასიათებლების დადგენა. გაზგამანაწილებელი ქსელის ექსპლუატაციის მართვას განსაზღვრავს უმტყუნობა და ხანგრძლივობა. უმტყუნობა არის გაზსადენის პროდუქტის საანგარიშო პარამეტრებით უწყვეტი მოწოდების თვისება და უნარჩუნებს ჰერმეტიულობას მოცემული

დროის ინტერვალში. ხანგრძლივობა წარმოადგენს გაზსადენის მიერ ფუნქციის შესრულებას, შესაძლო გამორთვებით რემონტების ჩატარებისას, ზღვრული მდგომარეობისას. გაზგამანაწილებელი ქსელის ექსპლუატაციის კლასიკური სქემის თანახმად გვაქვს უმტყუნობის ანალიზის საშუალება, რომელიც მოიცავს სამ ძირითად ეტაპს: მისიხმარისი პერიოდი (ამ დროს ვლინდება ქარხნული და მონტაჟის დეფექტები), ნორმალური მუშაობის პერიოდი და დაღლილობა (ნახ. 1). დროის ინტერვალში ($t_1 - t_0$) გვაქვს ე.წ. მისახმარისი პერიოდი ანუ ადრეული მტყუნების პერიოდი. მისახმარისი დროისათვის მტყუნებების პერიოდი, რომელიც განპირობებულია კოსტრუქციული ან საწარმოო დეფექტებით, აგრეთვე განპირობებულია მოწყობილობის მონტაჟით.



ნახ. 1. მტყუნების საფრთხეს ტიპური ფუნქცია. 1. ზოგადი სქემა; 2. კონკრეტული მაგალითი

მტყუნების საფრთხეს ($t_2 - t_1$) პერიოდს უწოდებენ ნორმალური მუშაობის პერიოდს. ეს პერიოდი იწყება მისახმარისი პერიოდის ბოლოდან, დაღლილობის დასაწყისამდე. იმის გამო, რომ გაზგამანაწილებელ ქსელს გააჩნია დიდი რაოდენობის მქონე კვანძები, ამიტომ ცალკეულად ისინი დამოუკიდებელნი არიან. ამიტომ ა. ხინჩინის და ბ. გრიგოლიონის თეორემის თანახმად, თუ არსებობს გეგმიური რემონტები, მტყუნების ჯამური ნაკადი ისწრაფვის სტაციონარულისკენ და გვაქვს ალბათობის განაწილების ექსპონენციალური კანონი. დაღლილობისას, იწყება პერიოდი, როდესაც კვანძმა ამოწურა რესურსი, რის გამოც მკვეთრად იზრდება მტყუნების რაოდენობა. ამგვარად, სტატისტიკური დამუშავების შედეგად,

შესაძლებელია მივიღოთ საჭირო მოცულობების პროგნოზირება კორექტული შედეგების შესაბამისად.

განვიხილოთ გაზგამანაწილებელი ქსელის ნარევის ალბათობის განაწილების დადგენა. იმ შემთხვევაში, როდესაც ამონაკრების „ფორმა“ არ აღიწერება რომელიმე ერთი განაწილებით, მაშინ შესაძლოა ნარევის ალბათობის განაწილების გამოყენება. ხშირად, ნამუშევარის აღწერა შესაძლოა სხვაგვარი სახით. ასეთ შემთხვევაში გამოიყენება ე.წ. განაწილების ნარევი.

ვთქვათ გვაქვს n შემთხვევითი სიდიდეები $\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_n$; k -ური შემთხვევითი სიდიდე მიიღება ალბათობით w_k , სადაც $\sum_{k=1}^n w_k = 1$, ისე რომ $\bar{F}_k(t) = G(\xi_k > t)$. თუ ვიხილავთ ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ნარევი x სიმრავლისათვის, მაშინ ნარევის k -ს სიმკვრივის განაწილება შემდეგია :

$$\begin{cases} G(t) = \sum_{j=1}^k w_j p_j(t). \\ \sum_{j=1}^k w_j = 1. \quad w_j \geq 0. \end{cases} \quad (1)$$

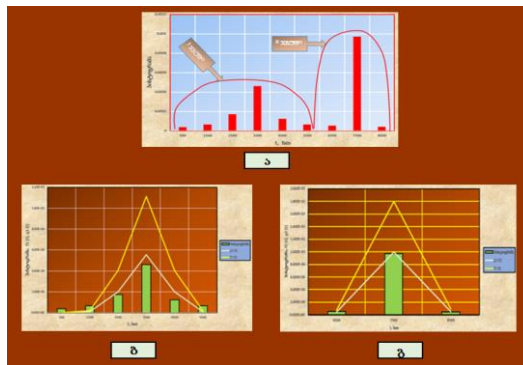
სადაც $p_j(x)$ არის დამაჯერებლობის ფუნქციის j -ური კომპონენტის ნარევი; p_j - აპრიორული ალბათობა. დამაჯერებლობის კონკრეტული ფუნქცია w_j , შეიძლება გარკვეული სიზუსტით გაუტოლდეს ამონაკრების ცალკეულ წილს : $w_1 = N_1/N$; $w_2 = N_2/N$; $w_3 = N_3/N$ და ა.შ.

მაგალითისათვის განვიხილოთ გარკვეული სრული ამონაკრები. აქ მიღებულია, რომ სრული ამონაკრები წარმოადგენს ელემენტის ნამუშევარის მონაცემებს, გარკვეული დროის პერიოდის განმავლობაში. შესაძლოა, რომ ამონაკრებში იყოს იგივე, მაგრამ სხვადასხვა ქარხნული წარმოების ელემენტები (მაგალითად, ფლანცები).

ნახ. 2ა-ზე ნაჩვენებია სტატისტიკური მონაცემები და ჰისტოგრამის სახე. აშკარად ჩანს ორი ჯგუფის ტენდენცია (I და II ჯგუფი). ნახ. 2 (ბ და გ)-

ზე ნაჩვენებია ლოკალური ჰისტოგრამები და შესაბამისი ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ფუნქციები (ნორმალური კანონი).

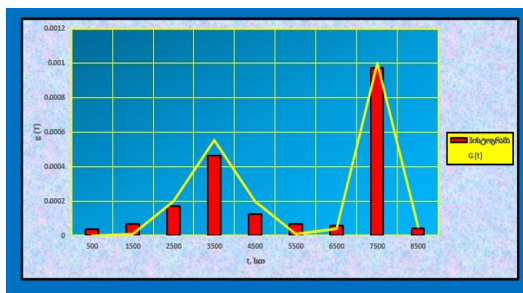
რადგანაც, ნახ. 2 (ბ და გ)-ზე აშკარად ჩანს, რომ $f_1(t)$ და $f_2(t)$ მნიშვნელოვნად განსხვავებული ჰისტოგრამებია, ამიტომ გამოვიყენოთ ნარევის სიმკვრივის ფუნქციები. გამოვიყენოთ ჯგუფების წილების დადგენა. თუ გვაქვს მონაცემთა სრული ამონაკრები რომლის რაოდენობაა N , შესაბამისი წილები გვექნება: w_1 და w_2 და საბოლოოდ სრული ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ფუნქცია (ნარევის სიმკვრივე), ტოლი იქნება:



ნახ. 2. ა) სრული ამონაკრების ჰისტოგრამა; ბ) პირველი და გ) მეორე ჯგუფის ამონაკრების ჰისტოგრამა

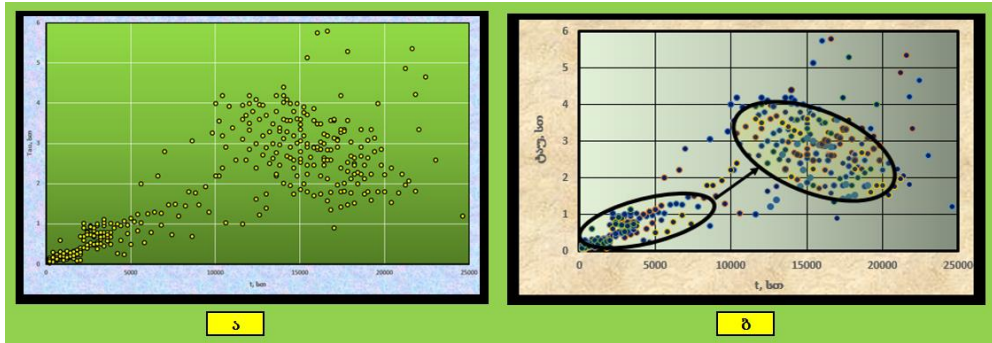
$$G(t) = w_1 f_1(t) + w_2 f_2(t) = \frac{w_1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\mu_1 - t)^2}{2\sigma_1^2}\right] + \frac{w_2}{\sigma_2 \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\mu_2 - t)^2}{2\sigma_2^2}\right]. \quad (2)$$

ნახ. 3-ზე, ნაჩვენებია ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ნარევის ფუნქცია და ჰისტოგრამა.



ნახ. 3. ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ნარევის ფუნქცია და ჰისტოგრამა

მესამე თავში მოყვანილია გაზგამანაწილებელი ქსელის კომპლექსური ალბათური მახასიათებლების დადგენა, კერძოდ განხილულია ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ფუნქციების ნარეგების სიმკვრივის ფუნქციის დადგენა. ვთქვათ ვიხილავთ დინამიკური სისტემის მტყუნების (ნამუშავრებს) და აღდგენის დროების პროცესს, t და τ კოორდინატულ, ფაზურ სივრცეში (ნახ. 4ა).



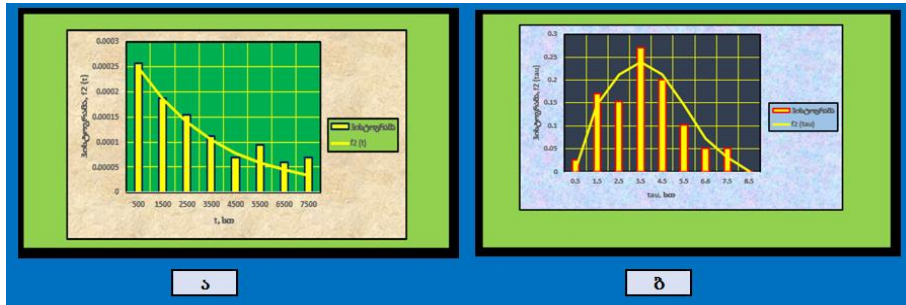
ნახ. 4. ა) ნამუშავრების და აღდგენის დროები t და τ , ფაზურ სივრცეში; ბ) ფაზურ სივრცეში ნამუშავრების და აღდგენის დროების (t და τ) დაჯგუფება

განვიხილოთ გარკვეული სრული ამონაკრები. აქაც მიღებულია, რომ სრული ამონაკრები წარმოადგენს ელემენტის ნამუშევარის (მტყუნების დრო) მონაცემებს, გარკვეული დროის პერიოდის განმავლობაში და შესაძლოა, რომ ამონაკრებში იყოს ერთიდაიგივე, მაგრამ სხვადასხვა ქარხნული წარმოების ელემენტები (მაგალითად, მილტუჩები). ვიზუალიზაციის შედეგად, ვცადოთ მონაცემების გარკვეული დაჯგუფება (ნახ. 4ბ). მოვახდინოთ ჯგუფების შესაბამისად სტატისტიკური დამუშავება და მოვახდინოთ ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ფუნქციების აპროქსიმაცია. აშკარად ჩანს ორი ჯგუფის ტენდენცია I და II ჯგუფი.

I ჯგუფებისათვის ნამუშევარის აპროქსიმაცია აღიწერება ექსპონენციალური, ხოლო აღდგენის დროის - ნორმალური კანონით. ამონაკრების პარამეტრები შემდეგია: ამონაკრების რაოდენობა $N_1 = 117$; მტყუნების საფრთხე $\lambda = 0,000286$ სთ⁻¹; შესაბამისად მათემატიკური მოლოდინი და საშუალო კვადრატული გადახრა $m = 3,52$ სთ და $\sigma = 1,15$ სთ.

$$\begin{cases} f_1(t) = \lambda e^{-\lambda t}; \\ f_2(\tau) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\mu - \tau)^2}{2\sigma^2}\right]. \end{cases} \quad (3)$$

ნახ. 5-ზე ნაჩვენებია სტატისტიკური მონაცემები და ჰისტოგრამის სახე.



ნახ. 5. ნამუშევარის (ა) და აღდგენის (ბ) ჰისტოგრამა და ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ფუნქცია I ჯგუფისათვის

II ჯგუფისათვის ნამუშევარის და დროის აღდგენის აპროქსიმაცია აღიწერება ნორმალური კანონით. ამონაკრების პარამეტრები შემდეგია: ამონაკრების რაოდენობა $N_1 = 207$; მტყუნების საფრთხე და აღდგენის დროები შესაბამისად გვექნება: მათემატიკური მოლოდინი და საშუალო კვადრატული გადახრა - $\mu_1 = 4377,2$ სთ; $\sigma_1 = 1456$ სთ; $\mu_2 = 3,07$ სთ; $\sigma_2 = 1,07$ სთ.

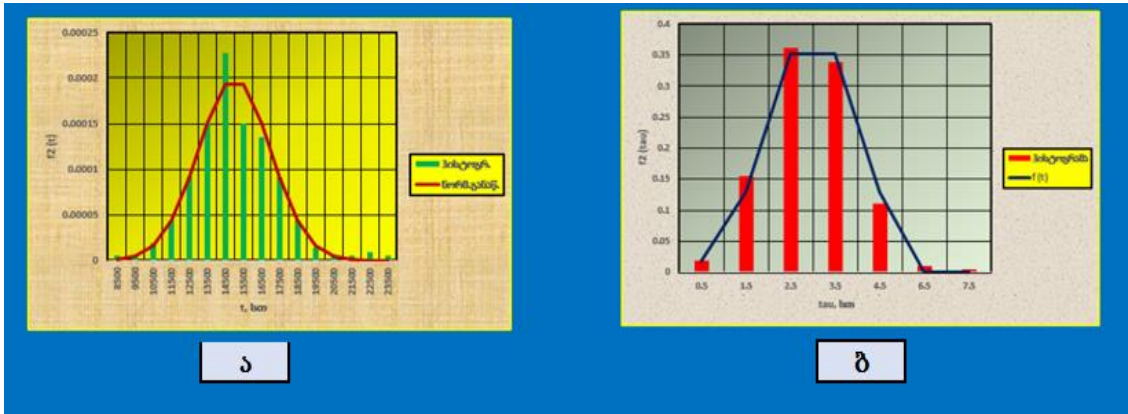
$$\begin{cases} f_1'(t) = \frac{1}{\sigma_1\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\mu_1 - t)^2}{2\sigma_1^2}\right]; \\ f_2'(\tau) = \frac{1}{\sigma_2\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\mu_2 - \tau)^2}{2\sigma_2^2}\right]. \end{cases} \quad (4)$$

ნახ. 6 (ა და ბ)-ზე ნაჩვენებია სტატისტიკური მონაცემები და ჰისტოგრამის სახე.

ვთქვათ გვაქვს ნამუშევარის ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ორი ფუნქცია: ექსპონენციალური და ნორმალური. ამონაკრების შესაბამისად ვეძებთ პარამეტრებს, მტყუნებების სრულ რაოდენობას და შესაბამისი წილების რაოდენობებს. გვექნება:

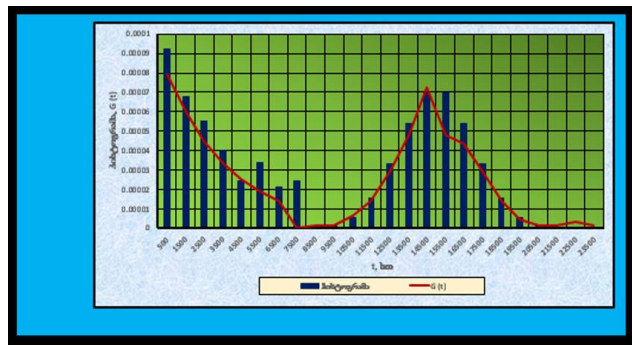
$w_1 = N_1/N = 0,36$; $w_2 = N_2/N = 0,64$. ამგვარად, საბოლოოდ გვექნება:

$$G(t) = w_1 \lambda e^{-\lambda t} + w_2 \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} = 0,000010296e^{-0,00028t} + 0,222075714e^{-\frac{(t-3,53)^2}{2,645}} \quad (5)$$



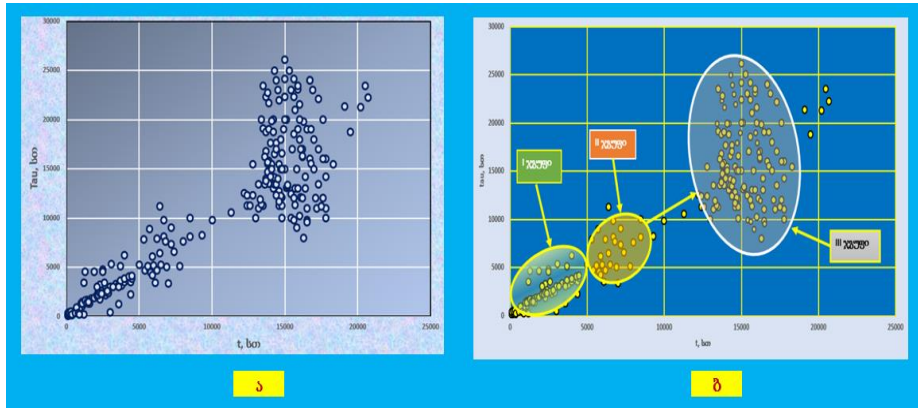
ნახ. 6. ნამუშევარის (ა) და აღდგენის (ბ) ჰისტოგრამა და ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ფუნქცია II ჯგუფისათვის

ნახ. 7-ზე ნაჩვენებია აღდგენის დროის ჰისტოგრამა და ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ფუნქცია სრული ამონაკრებისათვის.



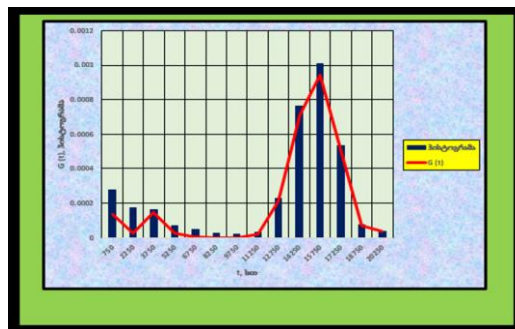
ნახ. 7. ნამუშევრის დროის ჰისტოგრამა და ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ფუნქცია სრული ამონაკრებისათვის

ანალოგიურად მიღებულია სამი ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ფუნქციების ნარევის სიმკვრივის ფუნქციის დადგენა (I ვარიანტი). განვიხილოთ გარკვეული სრული ამონაკრები (ნახ. 8).



ნახ. 8. ა) ნამუშევრების და აღდგენის დროები t და τ ფაზურ სივრცეში; ბ) ფაზურ სივრცეში ნამუშევრების და აღდგენის დროების (t და τ) დაჯგუფება

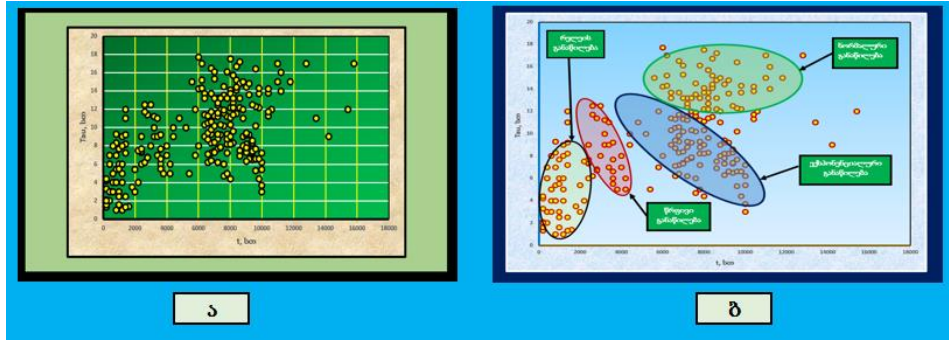
საბოლოოდ სრული პროცესის ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ნარევის ფუნქცია $G(t)$, აღნიშნული რეალური შემთხვევისათვის (ნახ. 9).



ნახ. 9. ნამუშევრის სრული ამონაკრების ჰისტოგრამა და ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ნარევის ფუნქცია $G(t)$

შემდეგ, ანალოგიურად მიღებულია ოთხი ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ფუნქციების ნარევების სიმკვრივის ფუნქციის დადგენა.

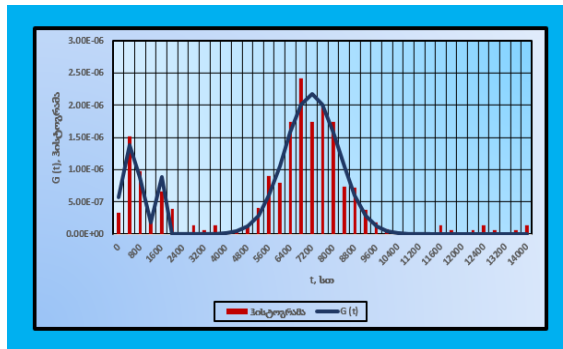
განვიხილოთ მტყუნებების და აღდგენების სტატისტიკური ამონაკრები. მონაცემების დასამუშავებლად, ხელსაყრელია ჩატარდეს ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მეთოდი, კერძოდ ფაზური სივრცის მეთოდი. ამ მეთოდის მიხედვით, თვითეულ ხდომილებას შეესაბამება კონკრეტული წერტილი კოორდინატებით t და τ (ნამუშევრის და აღდგენის დრო). მიღებული სურათის ინტერპრეტაცია ნაჩვენებია ნახ. 10, ა და ბ-ზე.



ნახ. 10. ა) ფაზური სივრცის ილუსტრაცია; ბ) ფაზური სივრცის ინტერპრეტაცია

$$G(t) = w_1 \frac{t}{B^2} e^{-\frac{t^2}{2B^2}} + w_2 \frac{2}{b} \left(1 - \frac{t}{b}\right) + w_3 \lambda e^{-\lambda t} + w_4 \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (6)$$

ნახ. 11-ზე ნაჩვენებია ჰისტოგრამის და $G(t)$ განაწილების სიმკვრივეების ნარევის ფუნქცია.



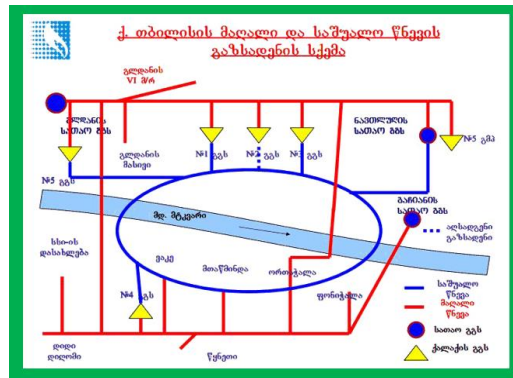
ნახ. 11. ჰისტოგრამა და $G(t)$ განაწილების სიმკვრივეების ნარევის ფუნქცია

მეოთხე თავში განხილულია გაზომვების უთანობრო მოხმარების პროგნოზირების დადგენა. თბილისის გაზგამანაწილებელი ქსელი ბუნებრივი გაზით სამი სხვადასხვა მისამართიდან: გლდანის, გაჩიანისა და ნავთლუდის გაზგამანაწილებელი სადგურებიდან მარაგდება (ნახ. 12).

2013 წლის მონაცემებით ქალაქის გაზგამანაწილებელი ქსელი იყოფა მაღალი, საშუალო და დაბალი წნევების გაზსადენებად, საერთო სიგრძით 3,958.065კმ, მათ შორის:

- მაღალი წნევის გაზსადენი – 214.263 კმ

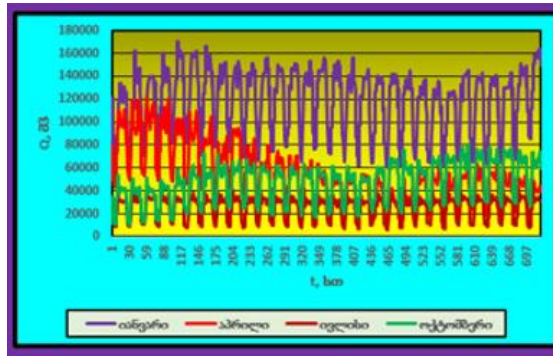
- საშ. წნევის გაზსადენი – 737.075 კმ
- დაბ. წნევის გაზსადენი – 3,006.727 კმ



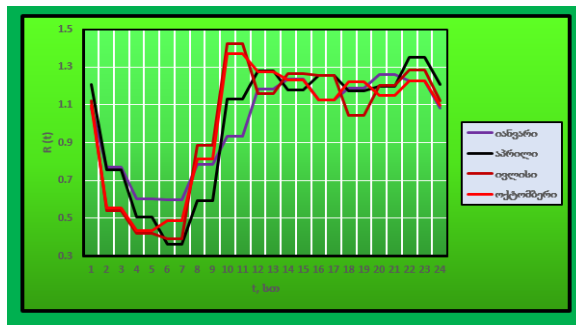
ნახ. 12. ქ. თბილისის მაღალი და საშუალო წნევის გაზსადენის სქემა

გაზსადენების გაზგამანწილებელი სისტემების ოპერატიული და ხანგრძლივი დაგეგმვისათვის საჭირო პერიოდული რხევების და გაჟონვების და გაჭედული ამოცანებისათვის, გამოიყენება ალბათური და სტატისტიკური მეთოდები. ამგვარად, გაზის ქსელის დროში განვითარების პროცესისათვის აუცილებელია განისაზღვროს ქსელის სტრუქტურის ცვლილების მართვადი პროცესი და მისი პარამეტრების ძირითადი ფუნქციონალური მიზნის დანიშნულება. ამ დროს, არსებობს გაზის მოხმარების სამი ძირითადი კომპონენტი (პოლინომიალური ტრენდი, პოლიჰარმონიული კომპონენტი და შემთხვევითი ხმაური), რაც იწვევს გაზის ქსელში ნაკადის გადანაწილების მართვის სამდონიანი სქემის აგების აუცილებლობას. განვიხილოთ შპს “ყაზტრანსგაზ-თბილისის” საათური მოხმარება 2013 წლისათვის, კერძოდ ოთხი ტიპური თვისათვის – იანვარი, აპრილი, ივლისი, ოქტომბერი). ნახ. 13-ზე ნაჩვენებია სრული ანსამბლი.

ნახ. 14-ზე ნაჩვენებია 2013 წლის, დამახასიათებელი, ტიპური იანვრის, აპრილის, ივლისის და ოქტომბრის თვის, დღე-ღამური 24 საათიანი მოხმარების მწკრივები.



ნახ. 13. ა) შპს “ყაზტრანსგაზ-თბილისის” საათური მოხმარება 2013 წლისათვის (სრული ანსამბლი)



ნახ. 14. 2013 წლის, იანვრის, აპრილის, ივლისის და ოქტომბრის დამახასიათებელი, 24 საათიანი მიწოდების მოხმარების მწკრივები.

ვთქვათ გვაქვს პროცესის გაშლა ჰარმონიკების საშუალებით, ანუ გვაქვს ფურიეს-მწკრივი. ჩავთვალოთ, რომ დამოუკიდებელი ცვლადი

შემდეგია: $t = \omega t = \frac{2\pi}{T}$, მაშინ გვექნება ფუნქცია:

$$f(t) = a_0 + (a_1 \cos t + b_1 \sin t) + (a_2 \cos 2t + b_2 \sin 2t) + (a_3 \cos 3t + b_3 \sin 3t) + \dots = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nt + b_n \sin nt) \quad (7)$$

ამ ფორმულების შესაბამისად მიახლოებით უნდა განისაზღვროს გაშლის კოეფიციენტები. როგორც წესი, პრაქტიკულად, ვიყენებთ მწკრივის პირველ რამდენიმე წევრს. ხშირად, ფურიეს მწკრივის კოეფიციენტები მცირდება შემდგომი ჰარმონიკების გავლენით. ნაშრომში განხილულია რუნგეს მეთოდი, რისთვისაც ცხრილიდან (ან გრაფიკიდან) განიხილება x არგუმენტის თანაბარი მონაკვეთების შესაბამისი y ორდინატები. გამოთვლების გამარტივებისათვის განხილულია 12 ან 24 ორდინატის სქემა.

ჩავთვალოთ, რომ $k = 12$ დაგამოვიყენოთ 12 ორდინატის მნიშვნელობები- $y_0, y_1, y_2, \dots, y_{11}$, რომლებსაც შეესაბამება 12 ორდინატის თანაბარი არგუმენტის მნიშვნელობა.

$0, \frac{\pi}{6}, \frac{\pi}{3}, \frac{\pi}{2}, \frac{2\pi}{3}, \frac{5\pi}{6}, \pi, \frac{7\pi}{6}, \frac{4\pi}{3}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{3}, \frac{11\pi}{6}$. იმისათვის, რომ გავამარტივოთ და მინიმუმზე დავიყვანოთ გამოთვლები, ვიყენებთ რუნგეს მიერ შემოთავაზებულ სქემას (ცხრილი 1).

ცხრილი 1

რუნგეს სქემა ჯამების და სხვაობების მნიშვნელობებისათვის

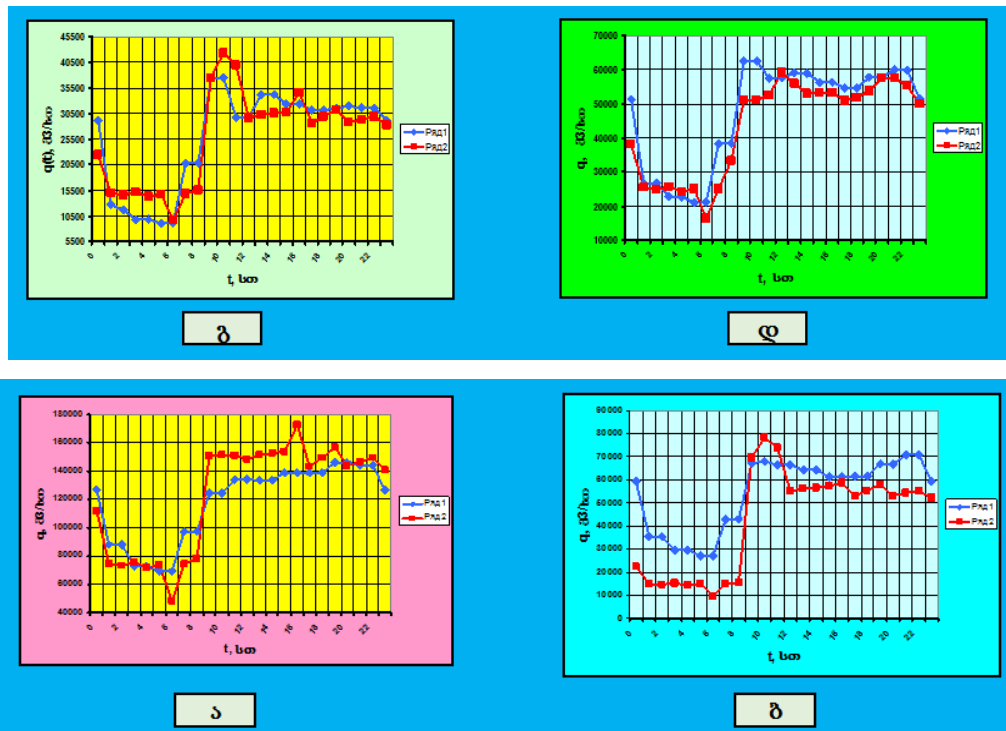
ჯამი	u_0	u_1	u_2	u_3
u_6	u_5	u_4		
ჯამი	s_0	s_1	s_2	s_3
სხვაობა	d_0	d_1	d_2	
სხვაობა	v_1	v_2	v_3	
v_5	v_4			
ჯამი	σ_1	σ_2	σ_3	
სხვაობა	δ_1	δ_2		

ამგვარად საბოლოოდ s, d, σ, δ სიდიდეების საშუალებით, შესაძლებელია განისაზღვროს კოეფიციენტები:

$$\left\{ \begin{array}{l} 12a_0 = s_0 + s_1 + s_2 + s_3; \\ 6a_1 = d_0 + 0,866d_1 + 0,5d_2; \\ 6a_2 = (s_0 - s_3) + 0,5(s_1 - s_2); \\ \quad 6a_3d_0 - d_2; \\ 6b_1 = 0,5\sigma_1 + 0,866\sigma_2 + \sigma_3; \\ 6b_2 = 0,866(\delta_1 - \delta_2); \\ 6b_3 = \sigma_1 - \sigma_s; \\ \dots\dots\dots \end{array} \right. \quad (8)$$

თუ ფუნქცია $f(t)$ მოცემულია ინტერვალზე $[0 < t < T]$ (კერძოდ გახის მოხმარების მწკრივი), გარკვეული ჰარმონიული ფუნქციების პერიოდებით $T, T/2, T/3, \dots$, შეიძლება წარმოვიდგენოთ ამ ფუნქციების სუპერპოზიციით, რისთვისაც შესაძლებელია ფურიეს რიცხვითი

კოეფიციენტების გაანგარიშება. ნახ. 15-ზე ნაჩვენებია აღნიშნული მოხმარების ემპირიული და აპროქსიმირებული ოთხი გრაფიკი.



ნახ. 15. შპს“ყაზტრანსგაზ-თბილისის”საათური მოხმარება 2013 წლისათვის (1. ემპირიული. 2. თეორიული): ა) იანვარი; ბ) აპრილი; გ) ივლისი; დ) ოქტომბერი

საშუალო ფარდობითი ცდომილება ემპირიულსა და აპროქსიმირებულ ფურიეს-მწკრივებს შორის ტოლია 5,47%-ის. რიცხვითი გაანგარიშებისას, ჩვენს მიერ, შექმნილია მარტივი პროგრამა Excel-ში. ანალოგიურად, 24 კოორდინატებიანი სქემის გამოყენებისას, ფარდობითი ცდომილება ცხადია შემცირდება.

განვიხილოთ შპს “ყაზტრანსგაზ-თბილისის” 2013 წლის საათური მოხმარების კორელაციური ანალიზი, ფურიეს მწკრივების საშუალებით. მწკრივის ჯამი, კვლევის სტატისტიკური მეთოდებისას, წარმოდგენილია რამდენიმე კომპონენტის მიხედვით, რომლებიც ასახევენ კანონზომიერებას და შემთხვევით განვითარებას: $f(t) = X(t) + Y(t) + Z(t)$, სადაც $X(t)$ არისტრენდი (ხანგრძლივიტენდენცია); $Y(t)$ - სეზონურიკომპონენტა; $Z(t)$ -

ნარჩენი კომპონენტა. ტრენდი წარმოადგენს მახასიათებლის მდგრადი ცვლილებას, ხანგრძლივი დროის განმავლობაში. როგორც წესი, იგი გამოისახება ანალიზური ფუნქციით, რომელიც გამოიყენება საპროგნოზო შეფასებების ფორმირებისათვის. სეზონური კომპონენტი ახასიათებს მდგრად რხევას სრული პერიოდის შიგნით (წლიური, თვიური, დღე-ღამური, სათური და ა.შ.). მდგრადი რხევა დღე-ღამის განმავლობაში, შეიძლება განიხილოს, როგორც ციკლური და აისახება სეზონური კომპონენტით. ნარჩენი კომპონენტა წარმოადგენს სხვაობას ფაქტიურსა და საანგარიშო მნიშვნელობას შორის.

ბუნებრივი გაზის თვიური მოხმარების მწკრივებს შორის კავშირის დასადგენად გამოვიანგარიშეთ ავტოკორელაციის და ურთიერთ-კორელაციის კოეფიციენტები.

ცხრილებში 2 და 3-ში მოყვანილია ავტოკორელაციის და მოხმარების დღე-ღამური ურთიერთკორელაციის K_{xy} კოეფიციენტის მნიშვნელობები

ცხრილი 2

მოხმარების დღე-ღამური ავტოკორელაციის კოეფიციენტი

	იანვარი	აპრილი	ივლისი	ოქტომბერი
K_{xx}	0,6172	0,1274	0,4478	0,2904

ცხრილი 3

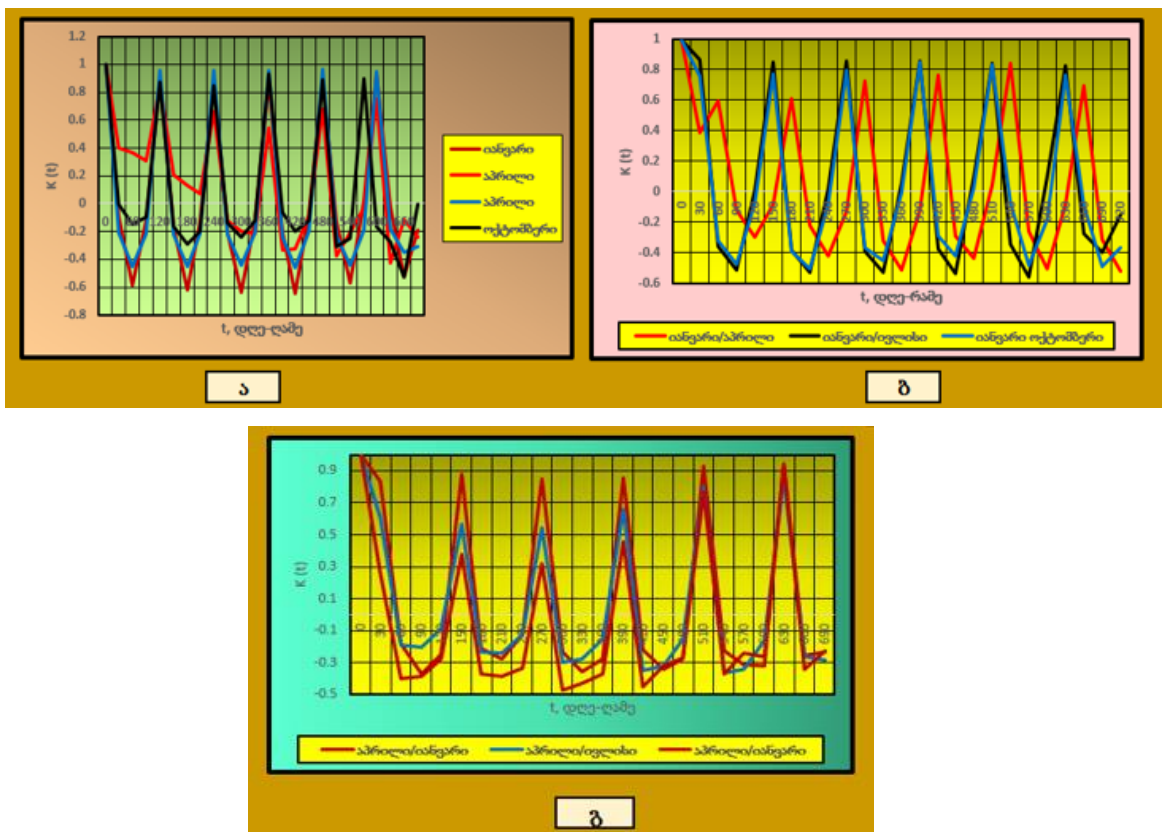
მოხმარების დღე-ღამური ურთიერთ კორელაციის K_{xy} კოეფიციენტის

მნიშვნელობები

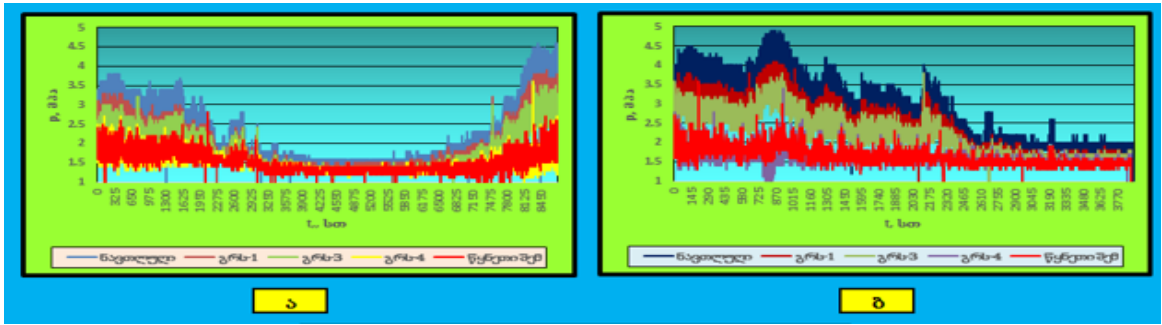
	იანვარი	აპრილი	ივლისი	ოქტომბერი
იანვარი	-	0.5958	0.8645	0.7578
აპრილი	0.5958	-	0.6068	0.2591
ივლისი	0.8645	0.6068	-	0.8340
ოქტომბერი	0.7578	0.2591	0.8340	-

განვიხილოთ შპს “ყაზტრანსგაზ-თბილისის” მარეგულირებელ ნაგებობებში წნევის დინამიკის სტოქასტიკური მახასიათებლების დადგენა

ემპირიული მონაცემების მიხედვით. ნახ. 16-ზე ნაჩვენებია წნევის დინამიკა ქ. თბილისის მარეგულირებელ ნაგებობებში 2013 წლის (სრული ანსამბლი) საათების მიხედვით: ნავთლულის გაზმარეგულირებელის სადგური; გაზმარეგულირებელი სადგური №1, №3, №4; გაზმარეგულირებელი სადგური წყნეთის შესასვლელში. აქვს ნახ. 17-ზე ნაჩვენებია მსგავსი წნევის დინამიკა ქ. თბილისის მარეგულირებელ ნაგებობებში 2014 წლის ნახევარი წლისათვის. ნავთლულის გაზმარეგულირებელ სადგურის წნევის მონაცემები – პრაქტიკულად იდენტურია გლდანის და გაჩიანის გაზმარეგულირებელი სადგურების წნევის მონაცემების.

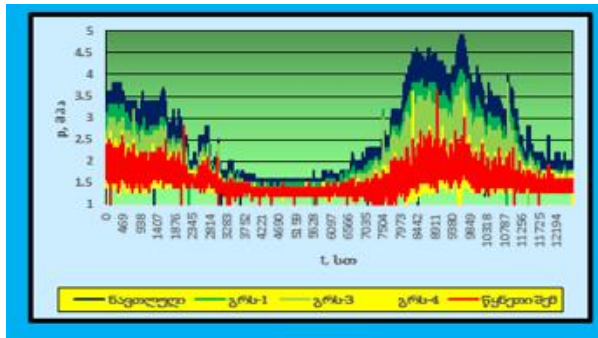


ნახ. 16. ა) ბუნებრივი გაზის მოხმარების დღეღამური ავტოკორელაციის ფუნქციები (2013 წელი, 1. იანვარი, 2. აპრილი, 3. ივლისი, 4. ოქტომბერი); ბ) ბუნებრივი გაზის მოხმარების დღეღამური ურთიერთ კორელაციის ფუნქციები (2013 წელი, 1. იანვარი-აპრილი; 2. იანვარი-ივლისი; 4. იანვარი-ოქტომბერი); გ) ბუნებრივი გაზის მოხმარების დღეღამური ურთიერთკორელაციის ფუნქციები (2013 წელი, 1. აპრილი-ივლისი; 2. აპრილი-ოქტომბერი; 3. ივლისი - ოქტომბერი)



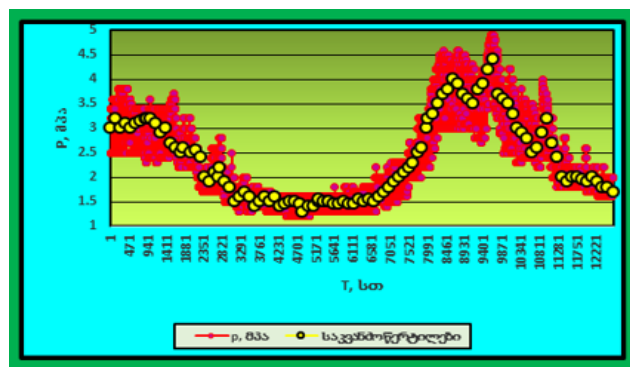
ა

ბ



ნახ. 17. წნევის დინამიკა ქ. თბილისის მარეგულირებელ ნაგებობებში 2013 წლის (სრული ანსამბლი): 1. ნავთლულის გაზმარეგულირებელის სადგური(გლდანი და გაჩიანი იგივეა); 2. გაზმარეგულირებელი სადგური №1; 3. გაზმარეგულირებელი სადგური №3; 4. გაზმარეგულირებელი სადგური №4; 5. გაზმარეგულირებელი სადგური წყნეთის შესასვლელში. ა) 2013 წლის (სრული ანსამბლი)

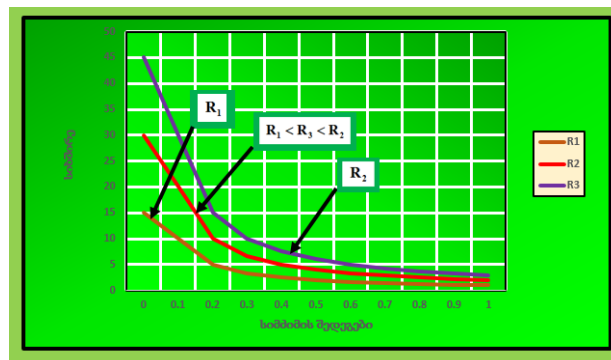
ლაგრანჟის მრავალ წევრების გამოყენებით, მიღებულია წნევის მწკრივის აპროქსიმაცია, ნახ. 18-ზე ნაჩვენებია წნევის მწკრივი (წითელი მრუდი) და ტრენდი – ლაგრანჟის პოლინომი (ყვითელი ფერი).



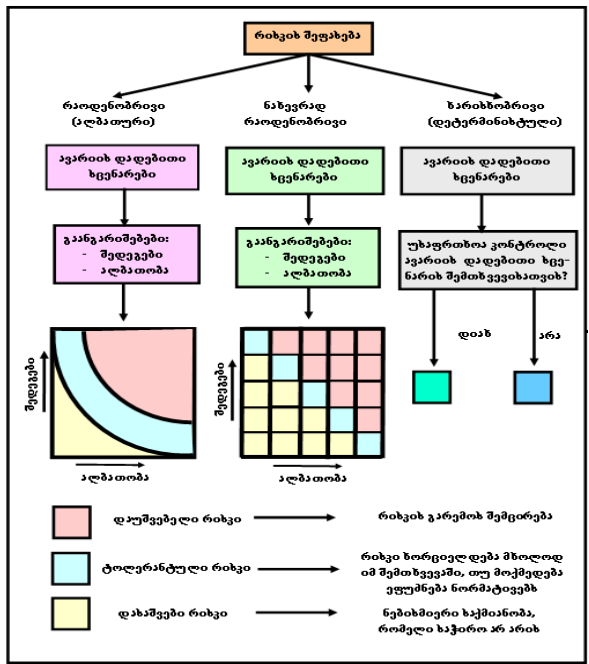
ნახ. 18. შპს “ყაზტრანსგაზ-თბილისის” წნევის დინამიკა ნავთლულის მარეგულირებელ ნაგებობაში 2013 წლის და 2014 წლის პირველი ნახევარი წლის (იანვარი-ივნისი) საათების მიხედვით: 1. ემპირიული მონაცემები; 2. ტრენდი მიღებული შედეგი დამაკმაყოფილებელია და გვაქვს აშკარა “თეთრი ხმაური”.

მეხუთე თავში გაანალიზდა ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელ ქსელში მომსახურების ხარისხი, რისკის-ანალიზი. განვითარებულ ინდუსტრიული ქვეყნების ბუნებრივი გაზის სექტორის უსაფრთხოება დამოკიდებულია უწყვეტ და კოორდინირებულ მუშაობაზე და კრიტიკულ ინფრასტრუქტურაზე. კრიტიკული ინფრასტრუქტურა შეიცავს ფიზიკურ რესურსებს, მომსახურეობას, საინფორმაციო ტექნოლოგიების საშუალებებს, ქსელებს და ინფრასტრუქტურის ობიექტებს, რომლებიც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ჯანმრთელობაზე, უსაფრთხოებაზე, ეკონომიკურ და სოციალურ კეთილდღეობაზე. რისკი შეიძლება იყოს მეტად მაღალი, რაშიც იგულისხმება დაბალი დონის ზემოქმედება, თუმცა შეიძლება გვექონდეს იშვიათი ხდომილებები კატასტროფული შედეგებით (ნახ. 19).

რისკის ანალიზის პროცესში, მისი შემცირების მნიშვნელოვანი ცვლილების და განსხვავების აღმოჩენა შესაძლებელია შეიზუდლოს შედეგების შემთხვევითი ხდომილების პრევენციის ღონისძიების განხორციელებით (მაგალითად ალბათობის შემცირება, ავარიის დამცავი ღონისძიებების გამოყენება), ან შემარბილებელი ღონისძიებებით, შემცირების უარყოფითი ეფექტით. რისკების ანალიზისას, გამოიყენება მეთოდების კლასიფიკაცია რაც ნაჩვენებია ნახ. 20-ზე. ავარიის რისკის დონის შეფასებისას, გამოიყენება ძირითადი მეთოდები: თვისობრივი, ნახევრადრაოდენობრივი და რაოდენობრივი.



ნახ. 19. 1. ინტუიციური რისკი- R_1 ; 2. პრევენციური რისკი- R_2 ; 3. შემარბილებელი რისკი- R_3 . $R_1 > R_2 > R_3$



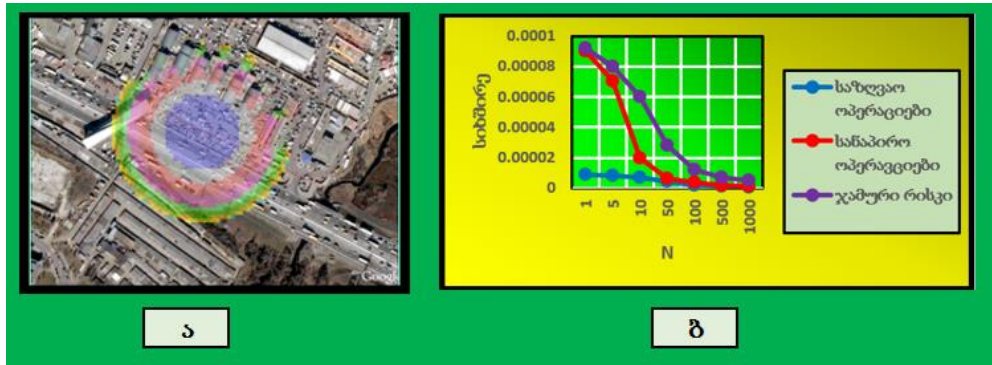
ნახ. 20. რისკის ანალიზის მეთოდების კლასიფიკაცია

ინდივიდუალური რისკი (IR–Individual Risk) წარმოადგენს ინდივიდუალური საშიშროების სიხშირეს. მიჩნეულია, რომ ადამიანი უნდა იყოს დაცული, სრული დროის განმავლობაში. ნახ. 21-ზე ნაჩვენებია ინდივიდუალური კონტურული წირების რისკის მონაცემები, ტოპოგრაფიულ რუკაზე.

ჩვენს მიერ შექმნილია პროცედურა, რომელიც ეფუძნება ინდივიდუალური რისკის გაანგარიშებას. საერთო ინდივიდუალური რისკი ყოველ წერტილისათვის, ტოლია ინდივიდუალური რისკების ჯამის (ნახ. 21):

$$IR_{x,y} = \sum_{i=1}^n IR_{x,y,i} , \tag{9}$$

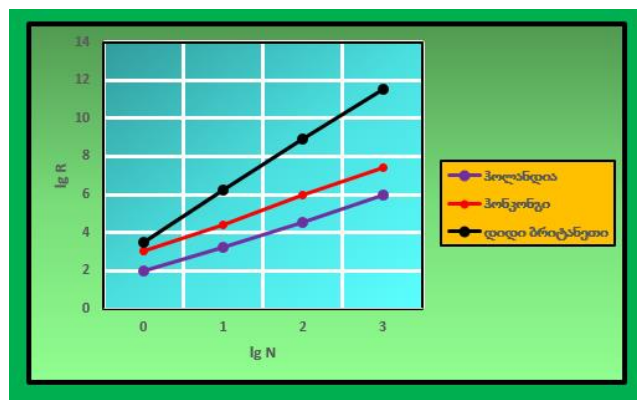
სადაც $IR_{x,y}$ - არის საერთო ინდივიდუალური რისკის ამ შემთხვევაში, გეოგრაფიულ x,y მდებარეობაში (საშიშის შანსია წელიწადი ან წელი⁻¹); $IR_{x,y,i}$ - საერთო ინდივიდუალური რისკის ამ შემთხვევაში, გეოგრაფიულ x,y მდებარეობაში i შემთხვევაში (საშიშროების მოხდენის რისკი წელიწადი); n - ყველა ინციდენტების რაოდენობა.



ნახ. 21. ა) ინდივიდუალური რისკი; ბ) სიხშირის და წელიწადში ინციდენტების საშიშროების დამოკიდებულება (სოციალური რისკის მაგალითები): 1. საზღვაო ოპერაციები; 2. სანაპირო ოპერაციები; 3. ობიექტების ჯამური რისკი.

საზოგადოებრივი რისკის კრიტერიუმებს განსაზღვრავს შემდეგი ფორმულა, რომელშიც შედის ფაქტორი α (კრიტერიუმის წირის დახრა) (ნახ.22): $R = FN^\alpha$. (10)

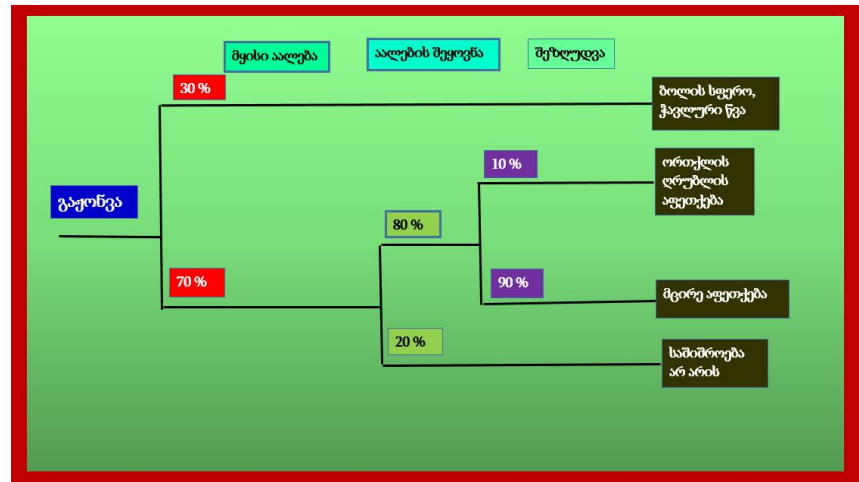
განვიხილოთ გაზგამანაწილებელი ქსელების მოდელირება. იმიტაციის მოდელირება ხდება სიმულატორით Aspen Plus-ით, მისი საშუალებით ხდება სტაციონარული პროცესის მოდელირება, პროექტირება, მწარმოებლობა, ბიზნეს-დაგეგმარება და ა.შ. იგი წარმოადგენს Aspen Engineering Suite™ (AES)-ს შემადგენელ ნაწილს.



ნახ. 22. კრიტერიუმები (F,N) 2010 წ: 1. ჰოლანდია; 2. ჰონგკონგი; 3. დიდი ბრიტანეთი

შემდეგ ნაბიჯს წარმოადგენს გაზსადენის ფუნქციონირებასთან დაკავშირებული რისკების იდენტიფიცირება. ამოცანების სიიდან უნდა განვიხილოთ პოტენციური საშიშროება, რომლის აღბათობა ნულის

არატოლია და შესაძლოა მოხდეს მნიშვნელოვანი დაზიანებები. მაგალითისათვის, განვიხილოთ ხდომილების ანალიზი რომელიც წარმოადგენს იცინდენტების გამოკვლევის სტანდარტულ პროცედურას. ნახ. 23 გვიჩვენებს ბუნებრივი გაზის გაჟონვას გაზსადენიდან.

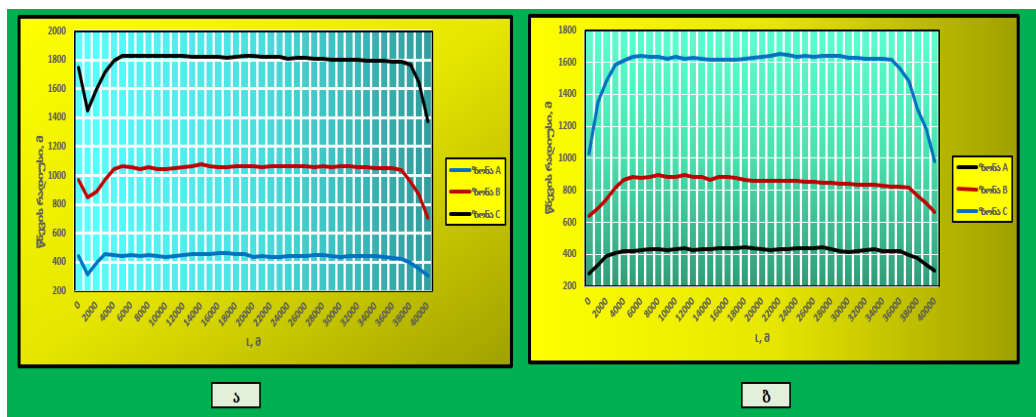


ნახ. 23. გაზსადენის ხეს ხდომილების სქემა

გაზსადენიდან გაჟონვამ შესაძლოა შექმნას ჰაელური ნაკადი, რომლის მყისიერმა აალებამ შეიძლება გამოიწვიოს რეაქტიული ხანძარი ან ცეცხლოვანი სფერო. მეთანი მსუბუქია ჰაერზე და შესაბამისად, ღია გარემოს გაშლისას აალების შეყოვნებამ შეიძლება გამოიწვიოს თვითაალება (90%) და მხოლოდ ორთქლის ღრუბლის აფეთქება (10%). აღნიშნული სიხშირეების და ალბათობების გაანგარიშებული მნიშვნელობებით შეიძლება დადგინდეს ლოკალური რისკი, ამოფრქვევის წერტილიდან გარკვეულ მანძილზე.

განვიხილოთ გაზსადენის გარკვეული ცოცხალი კვეთის გაგლეჯა და გაჟონვა. ამასთან დაკავშირებით მოვახდინოთ გაზის ნაკადის მოდელირება სიგრძის გასწვრივ. კერძოდ, გვექნება შემდეგი პარამეტრები: დიამეტრი $D = 1200$ მმ, უბნის სიგრძე $L = 37$ კმ, წნევა $p = 70$ ბარი, ხარჯი $Q = 140,4$ კგ/წმ. განვიხილოთ ორი გაჟონვა: სრული გაგლეჯა და ხვრეტი 560 მმ-ით. შევადგინოთ შესაბამისი დაზიანების პარამეტრები.

მაგალითისათვის, ნახ. 24-ზე ნაჩვენებია გაზსადენის სიგრძის მიხედვით შედეგების აფეთქების. რიცხვითი მოდელირება გვიჩვენებს, რომ დასაწყისში პროფილის მნიშვნელობები მცირეა, შემდეგ გვაქვს სტაციონარული მდგომარეობა, ხოლო გაზსადენის ბოლოში მნიშვნელობები კვლავ მცირდება. ეს იწვევს გადაქაჩვის რეჟიმს დასაწყისში, ხოლო ბოლოში ხდება ხარჯის შემცირება. ამიტომ შუა წელში გვაქვს დამყარებული რეჟიმი და შესაძლოა მხოლოდ ერთი უბნისგან ანგარიშება, ხოლო გაანგარიშება შემდეგ გრძელდება ანალოგიურად.



ნახ. 24. ა) აფეთქების რადიუსების გაანგარიშება: 1) სრული რღვევა; 2) ხვრეტი; ჭავჭავი აალებადობის რადიუსის გაანგარიშება; 3) სრული რღვევა; 4) ხვრეტი(ზონაA,ზონაB, ზონაC)

მეექვსე თავში განხილულია ლიცენზიატი საწარმოების მიერ, სადისერტაციო ნაშრომში წარმოდგენილი ბუნებრივი გაზის ტრანსპორტირებისა და განაწილების ქსელში არსებული რისკების იდენტიფიცირების, მათი რაოდენობრივი შეფასების და მოხმარების დღე-ღამური პროგნოზირების მეთოდების პრაქტიკაში დანერგვის აუცილებლობა და კომისიის მიერ მათი გამოყენება სატარიფო რეგულირებისას. კერძოდ, მტყუნების საფრთხეების განსაზღვრისა და სოციალური რისკების რაოდენობრივი მაჩვენებლების შეფასების შემდგომ, მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობით საწარმოს ექნება საშუალება მოახდინოს ქსელის უბნების პრიორიტეტიზაცია რისკის დონეების მიხედვით და შეიმუშაოს შესაბამისი საინვესტიციო გეგმა, მათი

პრევენციისა და მინიმიზაციის მიზნით. გონივრული საინვესტიციო გეგმა კი თავის მხრივ, გაზსადენის ქსელის უსაფრთხოების მაღალი დონისა და ავარიების სიხშირის შემცირების ხარჯზე დაკარგული ბუნებრივი გაზისა და მომხმარებლისათვის მიუწოდებელი მომსახურების მოცულობის შემცირების წინაპირობას წარმოადგენს. ასევე მიმოხილულია სემეკის მიერ სატარიფო რეგულირებისას გამოყენებული პრინციპები და კომპონენტები, რომლებზეც ერთი მხრივ უნდა გამახვილდეს ყურადღება ლიცენზიატი საწარმოების მხრიდან, რათა არ შეექმნას საფრთხე მათ ფინანსურ სტაბილურობას, ხოლო მეორე მხრივ არ მოხდეს უსაფუძვლოდ სამომხმარებლო ტარიფების ზრდა. გარდა აღნიშნულისა მოპოვებულ და გაანალიზებულ იქნა ინფორმაცია შპს „ყაზტრანსგაზ-თბილისის“ მიერ 2013, 2014 და 2105 წლებში განხორციელებილი ინვესტიციების, გეგმიური და არაგეგმიური რემონტებისა და გაზომომარაგებისას დაფიქსირებული წყვეტების შესახებ, რამაც კიდევ ერთხელ ცხადყო კომისიის ჩართულობის აუცილებლობა ლიცენზიატი საწარმოების საინვესტიციო გეგმების შემუშავების პროცესში.

ზოგადი დასკვნები

1. არსებული ლიტერატურის ანალიზის და მსოფლიოში გაზის სექტორის მიმოხილვის შედეგად შეიძლება დავასკვნათ, რომ დღეს საქართველოში გაზის სექტორში სუსტადაა შესწავლილი საკითხები საიმედოობის, პრევენციის ღონისძიებების და გადაწყვეტილების მიღების კუთხით, რაც მოითხოვს დამატებით კვლევას.

2. გაზგამანაწილებელი ქსელების რისკის შეფასებები წარმოადგენს საშიში საქმიანობის დეკლარირების რეალიზაციის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პირობას. ამიტომ, ჩვენ მიერ ნაშრომში დამუშავებულია გაზგამანაწილებელი ქსელების ავარიებისას დაზიანებების რისკის შეფასების მეთოდური აპარატი, რომელიც არსებულისგან იმით განსხვავდება, რომ მისი რეალიზაციის დროს გათვალისწინებულია ყველა შემადგენელი. აგრეთვე დამუშავებულია გაზგამანაწილებელი ქსელების უბნების „სუსტი ადგილების“ განსაზღვრის მეთოდიკა, რომელიც განსხვავებულია არსებულისგან იმით, რომ „სუსტი ადგილები“ განისაზღვრება რისკის გაანგარიშების საშუალებით.

3. ნატურულმა და ექსპერიმენტულმა გამოკვლევებმა ცხადყო საქართველოს გაზგამანაწილებელი მეურნეობების საიმედოობის მაჩვენებლების დადგენის აუცილებლობა, კერძოდ მტყუნების საფრთხეების და აღდგენების ინტენსივობების ინტეგრალური მახასიათებლების დადგენის აუცილებლობა, რომლებიც ქმნიან საორიენტაციო საინფორმაციო ბაზას.

4. პირველად შესრულდა გაზგამანაწილებელი ობიექტების რისკ-ფაქტორების თვისობრივი მოდელის შეფასება.

5. განსხვავებით არსებული მეთოდებისაგან, ჩატარებულია გაზგამანაწილებელი ქსელების მტყუნებისა და აღდგენების რაოდენობრივი მახასიათებლების შეფასება. კერძოდ, დადგენილია ექსპლუატაციის სრული დროის განმავლობაში დინამიკური პროცესის აღწერა ალბათობის

განაწილების ნარევის ფუნქციების საშუალებით. მიღებული ფუნქციის საშუალებით შესაძლოა მტყუნებისა და აღდგენების პროცესის მართვა.

6. ჩვენ მიერ პირველად მიღებულია ურთიერთკორელაციური კავშირი დღელამურ მოხმარებასა და სხვა თვეებს შორის - კერძოდ, მიღებულია ახალი შედეგი: წარმოდგენილია ავტოკორელაციის და ურთიერთკორელაციის ფუნქციები არსებული და პროგნოზული მიწოდების მწკრივებისათვის. დადგინდა, რომ ავტოკორელაციური კოეფიციენტები მაღალია და მიისწრაფვის ერთისაკენ.

7. წარმოდგენილი შედეგები მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნეს საქართველოს კანონმდებლობისათვის ნორმატიული დოკუმენტაციის დასამუშავებლად გაზგამანაწილებელი ქსელების ობიექტების უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიზნით, მათ შორის, უსაფრთხოების ტექნიკური რეგლამენტის და გაზგამანაწილებელი ქსელების უსაფრთხოების წესების შექმნაში.

8. ნაშრომში წარმოდგენილი ბუნებრივი აირის ტრანსპორტირებისა და გამანაწილებელი ქსელის ოპერირებასთან დაკავშირებული რისკების იდენტიფიცირებისა და მათი შეფასების, ასევე ბუნებრივი აირის დღელამური მოხმარების პროგნოზირების მეთოდები საშუალებას მისცემს, ერთი მხრივ გაზის ტრანსპორტირებისა და განაწილების ლიცენზიატ საწარმოებს მოახდინოს ქსელის უბნების პრიორიტეტიზაცია რისკის დონეების მიხედვით და შეიმუშაონ შესაბამისი მოკლე, საშუალო და გრძელვადიანი საინვესტიციო გეგმები არსებული საფრთხეების პრევენციისა და მათი რეალიზების შემთხვევაში უარყოფითი შედეგების მინიმიზაციის მიზნით, ხოლო მეორე მხრივ დაეხმარება კომისიას გონივრული სატარიფო პოლიტიკის გატარებაში, რაც ლიცენზიატი საწარმოების ფინანსური მდგრადობისა და საქართველოს ენერჯო სექტორის უსაფრთხო და სტაბილური ფუნქციონირების წინაპირობას წარმოადგენს.

ნაშრომის აპრობაცია და პუბლიკაციები:

1. სანიკიძე გ. გაზგამანაწილებელი ქსელების მზადყოფნის კოეფიციენტის განსაზღვრა ნატურული მონაცემების მიხედვით. “ენერჯია”. 2013, №4(68), 34-37.
2. ნამგალაძე დ., სანიკიძე გ. გაზმარეგულირებელი პუნქტების მზადყოფნის კოეფიციენტის განსაზღვრა, ნატურული მონაცემების მიხედვით. GEN. 2014, №4 (72), 55-58.
3. სანიკიძე გ. ბუნებრივი გაზის საპროგნოზო მოხმარების ტრენდის დადგენა, ქ. თბილისის გაზგამანაწილებელი ქსელის მაგალითზე. “ენერჯია”. 2015, №3(75), 40-45.
4. ნამგალაძე დ., სანიკიძე გ. გაზგამანაწილებელი ქსელის მტყუნების საფრთხის დროში დინამიკის დადგენის მეთოდი შპს “ყაზტრანსგაზ-თბილისის” მაგალითზე. GEN. 2015, №4 (76), 63-66.

მოხსენებები საერთაშორისო კონფერენციებზე:

1. სანიკიძე გ. Natural gas distribution network service quality, risk analysis and dynamic processes. საერთაშორისო კონფერენცია ”მექანიკა 2014”, 19-21 ივნისი, 2014, თბილისი, საქართველო.
2. ნამგალაძე დ., სანიკიძე გ. გაზგამანაწილებელი ქსელის ელემენტების დროში მტყუნების და აღდგენების ანალიზი. მესამე საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ენერჯეტიკა, რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“. 2015 წლის 24-25 ოქტომბერი, ქუთაისი.

Abstract

Natural gas is widely attracting the international energy market, but one of the major problems is reliable gas supply to consumers, because of its transportation, storage and consumption peculiarities. It is obvious, that special attention should be drawn to renovation of the existing gas distribution infrastructure, which is most important.

Solving the problem is especially important for Georgia, which is experiencing shortage of its own fuel resources. Dissertation work includes comprehensive research of the problem and describes all of the factors in detail, that affect formation of natural gas sector. Methods and final projections are obtained using modern forecasting techniques. Selected methods and techniques ensure reflection of sector conditions with maximum precision.

To be in accordance with modern requirements, there has been analyzed accumulated experience in the natural gas sector, based on which has been formed the natural gas sector problems and their systematic solving complex program.

The paper consists of an introduction, four basic chapters, conclusion, list of graphs and tables and references.

At the initial stage of the research, there has been conducted analysis of the world natural gas sector and related data from 2000 till 2014 were collected and systematized.

Gas supply units risk-factor and qualitative model evaluation, hazard identification, risk reduction recommendation, modified methods of risk analysis and risk parameters has been developed. Also, we have developed a solution for some specific problems, including pipeline risk analysis qualitative method – “failure and probability tree” method; Decision making process of risk prevention for gas supply units, taking into account a social-ecological factors.

As a result of using mathematical, economic, proven programming tools and other modern methods and techniques, the reliability of final results, conclusions and recommendations have been confirmed. Also, comparison between obtained results and the actual failure statistics shows the credibility of research outcomes.

The research defines Georgian fuel system reliability parameters for development of information base for GNERC and other entities.

In addition, implementation of research results in practice gives an opportunity to develop scientifically valid plan for various entities.