

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

გიორგი ბაინდურაშვილი

გაზგამანაწილებელი ქსელების საშუალო წნევის გაზსადენების
საიმედოობის გამოკვლევა და ეფექტურობის გაზრდის
საკითხები

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

სადოქტორო პროგრამა: „ენერგეტიკა და ელექტროინჟინერია“
შიფრი: 0405

თბილისი

2019

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

ხელმძღვანელი: პროფესორი დ. ნამგალაძე

რეცენზენტები:

დაცვა შედგება 2019 წლის "-----" "-----" "-----" საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და
ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის სადისერტაციო კოლეგიის სხდომაზე,
კორპუსი VIII, აუდიტორია
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

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

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი,
ასოცირებული პროფესორი

გ. გიგინეიშვილი

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

ბუნებრივი გაზი ფართოდ იპყრობს საერთაშორისო ენერგეტიკულ ბაზარს, თუმცა მისი ტრანსპორტირების, შენახვისა და მოხმარების თავისებურებების გამო, მნიშვნელოვან პრობლემად წარმოჩინდება მოხმარებელთა საიმედო გაზომომარაგება. ცხადია, რომ განსაკუთრებული ყურადღება უნდა დაეთმოს გაზის განაწილების არსებული ინფრასტრუქტურის აღდგენა-განახლებას, რაც მეტად მნიშვნელოვანი და **აქტუალურია**. სარეაბილიტაციო სამუშაოების დაგეგმვა და განხორციელება უნდა მოხდეს ქსელის მდგომარეობის სწორი შეფასების, პრობლემური მონაკვეთების იდენტიფიცირების, რისკების ზუსტი შეფასების და მოხმარების დინამიკის გათვალისწინებით.

პრობლემის გადაწყვეტა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია საქართველოსათვის, რომელიც განიცდის საკუთარი სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების დეფიციტს. სადისერტაციო ნაშრომში პრობლემის კვლევა ატარებს სისტემურ ხასიათს და მასში პრაქტიკულად მთელი სისრულით ასახულია ყველა ის ფაქტორი, რომლებიც მოქმედებს ბუნებრივი გაზის სექტორის სტრუქტურის ფორმირებაზე.

ნაშრომი მოიცავს გაზგამანაწილებელი ქსელის ალბათობის განაწილების მახასიათებლების დადგენას, გაზგამანაწილებელი ქსელის კომპლექსური ალბათური მახასიათებლების დადგენას, გაზომომარაგების უთანობრო მოხმარების პროგნოზირებას და ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელ ქსელში მომსახურების ხარისხის და რისკის ანალიზს.

გაზგამანაწილებელ ქსელებზე ავარიები ხასიათდება მასშტაბურობითა და გარემოსა და ადამიანებზე უარყოფითი ზემოქმედების ფორმების მრავალფეროვნებით. გაზსადენების უსაფრთხო ექსპლუატაციის უზრუნველყოფა გაზგამანაწილებელი ქსელების ექსპლუატაციისას ერთ-ერთ ყველაზე მნიშვნელოვან და **აქტუალურ პრობლემას** წარმოადგენს, რომლის გადაჭრაც უმთავრესად შესაძლებელია სარემონტო-აღდგენითი სამუშაოების დროულად ჩატარების ხარჯზე. დაზიანებებისა და ავარიების

გამაფრთხილებელი ადეკვატური ზომების მისაღებად აუცილებელია მათი გამოვლენის რისკის რაოდენობრივი შეფასების სამეცნიერო-მეთოდური ბაზის აესებობა.

გაზის სექტორის განვითარების სტრატეგიული მიმართულებების განსაზღვრა მოსახლეობისა და მეურნეობის სხვადასხვა დარგის მზარდი მოთხოვნის კონკურენტული ფასიანი და ხარისხიანი სათბობი რესურსებით დაკმაყოფილების მიზნით, სადღეისო **აქტუალურ პრობლემას** წარმოადგენს.

ბუნებრივი გაზის სექტორის უსაფრთხოება, საპროგნოზო მეთოდების და პარამეტრების მეცნიერულ დონეზე შემუშავება თანამედროვე პირობებში მეტად **აქტუალურია** ნებისმიერი ქვეყნისათვის. ამ პრობლემის გადაწყვეტა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია საქართველოსათვის, რომელიც განიცდის საკუთარი სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების დეფიციტს. სადისერტაციო ნაშრომში საპროგნოზო პარამეტრები და მეთოდები განსაზღვრულია პროგნოზირების თანამედროვე აპრობირებული მეთოდების კომპლექსურად გამოყენებით. შერჩეულია მეთოდიკის ისეთი ალგორითმი, რომელიც მაქსიმალური სიზუსტით ასახავს საქართველოში ენერგეტიკის დაბალანსებულ განვითარებას.

სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს საშუალო და დაბალი გაზგამანაწილებელი სისტემის მართვის შემუშავება, გაზგამანაწილების ქსელების ტექნოლოგიური საიმედოობის გაზრდა სტატისტიკური ანალიზის საფუძველზე. მიღებული შედეგები საშუალებას გვაძლევს კონკრეტული გაზგამანაწილებელი ქსელის უზნების საიმედოობის მახასიათებლების დადგენას და შესაბამისი ოპერატიული მართვის პრინციპებს.

ნაშრომის შესაბამისად განხილულია **კვლევის ამოცანები**: შემუშავდეს მათემატიკური მოდელი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს გაზგამანაწილები ქსელის უზნის რეზერვირების, ზღუდარებისა და ლუპინგების ზოგადი სისტემის საიმედოობის კრიტერიუმის შემუშავებას;

გაზგამანაწილების ქსელების ელემენტების საიმედოობის მახასიათებლების მოძიება, შერჩევა, დასაბუთება და დამუშავება; გაზგამანაწილების უბნების საიმედოობის ინტეგრალური ანალიზური კრიტერიუმების დადგენას, რაც მოიცავს გაზსადენების, მოწყობილობისა და გაზის სამსახურების საიმედოობის პრინციპებს.

კვლევის ობიექტი და მეთოდები. კვლევის ობიექტად შერჩეულია შპს “ყაზტრანსგაზის-თბილისის” გაზგამანაწილების მეურნეობა საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკულ კომპლექსში.; კერძოდ ჩატარდა გაზგამანაწილებელი ქსელების მტყუნებისა და აღდგენის ალბათური მახასიათებლების დადგენა საშუალო და დაბალი გაზგამანაწილებელი ქსელებისათვის, სტატისტიკური, ნატურული და ანალიზური მეთოდებით.

ნაშრომის სამეცნიერო სიახლე მდგომარეობს შემდეგში: შემუშავებულია ქალაქის გაზგამანაწილებელი რეზერვირების, ზღუდარებისა და ლუპინგების სისტემის ალბათური მეთოდები, რომლებიც დაფუძნებულია ნატურული მონაცემებზე და სტატისტიკურ ანალიზზე; შემუშავებულია ქალაქის გაზგამანაწილებელი სისტემის უბნების (ჩიხური და რგოლური შერეული უბნების) მოხმარების რეჟიმების საიმედოობის პროგნოზი, რაც ახორციელებს გაზის ნაკადების რეჟიმების მართვას; დისერტაციაში შემუშავებული თეორიული და პრაქტიკული დებულებები უზრუნველყოს საიმედოობის გაზრდას; გაზმომარაგების სისტემების ფუნქციონირებას.

მიღებული შედეგების, დასკვნებისა და რეკომენდაციების უტყუარობა და დასაბუთება უზრუნველყოფილია მათემატიკური, ეკონომიკური და სხვა გამოკვლევების თანამედროვე მეთოდებისა და ხერხების, და აპრობირებული მეთოდური და პროგრამულ-ტექნიკური საშუალებების გამოყენებით, აგრეთვე დამუშავებული მეთოდური აპარატის შესაბამისად ჩატარებული გაანგარიშების შედეგების შედარებით რეალურად მომხდარი ავარიების მონაცემებთან.

შედეგების გამოყენების სფერო. კვლევის შედეგები წარმატებით შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ბუნებრივი გაზის სექტორში (კერძოდ ქალაქების გაზგამანაწილებელი ქსელები), ასევე გარკვეული მიდგომები სარეკომენდაციო საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიისათვის.

დისერტაციის თავების მსვლელობა ორგანულად მიყვება ნაშრომს. თვითეული 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 უთანობრო მოხმარების პროგნოზირების დადგენა. საბოლოოდ, მეოთხე და მეხუთე თავში განიხილება ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელ ქსელში მომსახურების ხარისხი და რისკის ანალიზი.

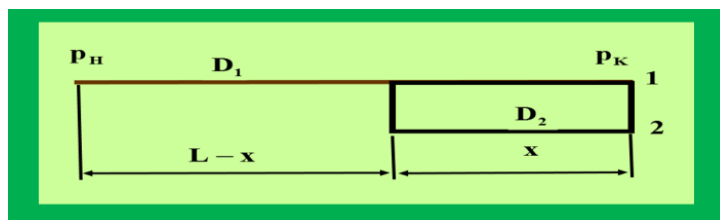
აპრობაცია: სადისერტაციო სამუშაოს შედეგები მოხსენებულ იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის ჰიდროენერგეტიკის და სამილსადენო სისტემების დეპარტამენტში გამართულ I, II და III კოლოქვიუმებზე. ასევე 2019 წლის 01 მაისს ჰიდროენერგეტიკის და სამილსადენო სისტემების დეპარტამენტში გამართულ წინასწარ დაცვაზე და სტუ-ის სტუდენტთა 85-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე (2017 წელი).

ცნობები დისერტაციის მოცულობისა და სტრუქტურის შესახებ. სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავალის, 5 თავის, დასკვნების და გამოყენებული ლიტერატურის ჩამონათვალისაგან. იგი მოიცავს 153 გვერდს, მათ შორის 18 ცხრილსა და 59 ნახაზს.

ნაშრომის მოკლე შინაარსი

პირველ თავში განხილულია საქართველოსა და მსოფლიოს ბუნებრივი გაზის სექტორის და ლიტერატურული წყაროების მიმოხილვა და ანალიზი. აქვე მიმოხილულია საქართველოს ბუნებრივი გაზის სექტორი. ჩატარებულია გაზგამანაწილებელი ქსელის მტყუნებისა და აღდგენის ალბათური მახასიათებლების დადგენის მეთოდოლოგია და მოყვანილია საიმედოობის მეთოდოლოგიის კრიტერიუმები.

მეორე თავში განხილულია გაზგამანაწილებელი ქსელის გაზსადენის გამტარუნარიანობის გაანგარიშება ლუპინგის საშუალებით. ლუპინგს ეწოდება დამატებითი გაზსადენი, რომელიც გატარებულია ძირითადი გაზსადენის პარალელურად და მიერთებულია მასთან ორ კვეთში: საწყისი და ბოლო. ლუპინგის დანიშნულებაა ან გამტარუნარიანობის გაზრდა, ან წნევის გაზრდა გაზსადენის ბოლო, ან საწყის წერტილში. გაანგარიშების მიზანია დადგინდეს ლუპინგის ისეთი სიგრძე, რომელიც უზრუნველყობს საჭირო ეფექტს. გაზსადენების ლუპინგით გაანგარეშებისას, გამოიყენება ხარჯის კოეფიციენტები (ნახ. 1).



ნახ. 1. ლუპინგის საანგარიშო სქემა

უბნები $L-x$ და x შეერთებული არის პარალელურად. ამიტომ, შესაბამისად გვექნება:

$$\frac{L}{k_Q^2} = \frac{L-x}{k_{Q1}^2} + \frac{x}{k_{Q2}^2}.$$

(1)სადაც k_Q არის გაზსადენის სრული გაზსადენის ხარჯის

კოეფიციენტი; ხარჯის კოეფიციენტი k_{Q1} - ცნობილია; ხარჯის კოეფიციენტი k_{Q2} - დასადგენია.

რადგანაც მილსადენები 1 და 2 შეერთებულია პარალელურად, ამიტომ $k_{Q12} = k_{Q1} + k_{Q2}$ (რადგანაც კოეფიციენტი k_{Q1} და კოეფიციენტი k_{Q2} - ასევე ცნობილია). ამიტომ:

$$\frac{L}{k_Q^2} = \frac{L-x}{k_{Q1}^2} + \frac{x}{(k_{Q1} + k_{Q2})^2}. \quad (2)$$

აქედან:

$$k_Q = \frac{k_{Q1}}{\sqrt{1 - \frac{x}{L} \left[1 - \left(\frac{k_{Q1}}{k_{Q1} + k_{Q2}} \right)^2 \right]}}. \quad (3)$$

ახლა შევადაროთ ლუპინგიანი გაზსადენის გამტარუნარიანობასთან (Q), გაზასედინის გამტარუნარიანობას ლუპინგის გარეშე (Q_1). იმ პირობებში, რომ წნევები p_H და p_K ლუპინგის გატარების შემდეგ იგივეა, ამიტომ ცხადია, რომ გამტარიანობის კოეფიციენტი იზრდება: $\chi = \frac{Q}{Q_1} = \frac{k_Q}{k_{Q1}}$.

ამის გათვალისწინებით, მივიღებთ:

$$\chi = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{x}{L} \left[1 - \left(\frac{k_{Q1}}{k_{Q1} + k_{Q2}} \right)^2 \right]}}. \quad (4)$$

ამგვარად, აუცილებელი გამტარიანობის გაზრდის ლუპინგის სიგრძე იზრდება χ -ჯერ.

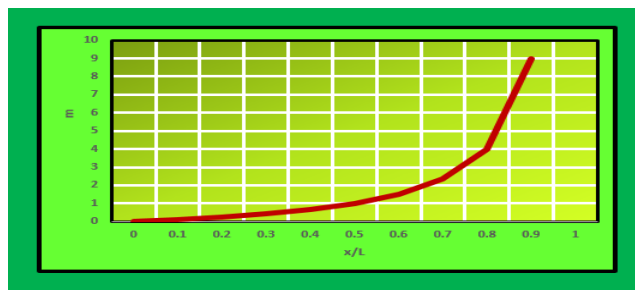
$$x = L \frac{1 - \frac{1}{\chi^2}}{1 - \left(\frac{k_{Q1}}{k_{Q1} + k_{Q2}} \right)^2}. \quad (5)$$

შემდეგ მოყვანილია საშუალო წნევის გაზსადენების ზღუდარების ეფექტურობა. ზღუდარს ეწოდება მილსადენს, რომელიც აერთებს ორ პარალელურ გაზსადენს. ზღუდარები გამოიყენება გამტარუნარიანობის

რეგულირებას და მრავალხაზიანი გაზსადენების საიმედოობის გაზრდას. ზღუდარიანი გაზსადენის გამტარუნარიანობის ფარდობა, გამტარიანობასთან ზღუდარის გამორთვისას, ეწოდება ზღუდარის ეფექტურობა. ზღუდარები ეფექტურია არა მხოლოდ ლუპინგების შემაერთებელ წერტილებში, არამედ იმ წერტილებში სადაც იცვლება მილსადენების დიამეტრები. ამ წერტილებში წნევის კვადრატის წირის დახრის კუთხე იცვლება, და ასეთისხვა ხაზების შეერთება გამოიწვევს ხარჯების გადანაწილებას, და შესაბამისად გამტარუნარიანობის გაზრდა.

განვსაზღვროთ ზღუდარების რაოდენობა, რომლის დროს გამტარუნარიანობა მცირდება მოცემულ ზღვარამდე. აღვნიშნოთ სარემონტო უბნის სიგრძეს $L - x$, მაშინ მივიღებთ ზღუდარების რაოდენობას (ნახ. 2):

$$m = \frac{L}{L-x} - 1 = \frac{\frac{x}{L}}{1 - \frac{x}{L}}. \quad (6)$$



ნახ. 2. m -ის x/L -ის დამოკიდებულების გრაფიკი

განვიხილოთ ლუპინგი. არსებული ნორმების შესაბამისად, გეგმიური ნაკად-ტვირთისათვის, პროექტირებულია გაზგამანაწილებელი გაზსადენის ერთი ხაზით და შემდგომი განვითარებით მეორე ხაზის (ლუპინგის) აგება, რაც დასაშვებია მხოლოდ შემდეგ შემთხვევაში:

1. როდესაც მოცემული გამტარუნარიანობა ვერ უზრუნველყოფს დიდი დიამეტრის მილების არ არსებობა, მაგრამ წარმოებისათვის საჭიროა გამტარუნარიანობის გაზრდა;

2. როდესაც გაზსადენების გამტარუნარიანობის გაზრდა ხდება ზღვრულ მომენტში და ვადები მეტია 8 წლამდე.

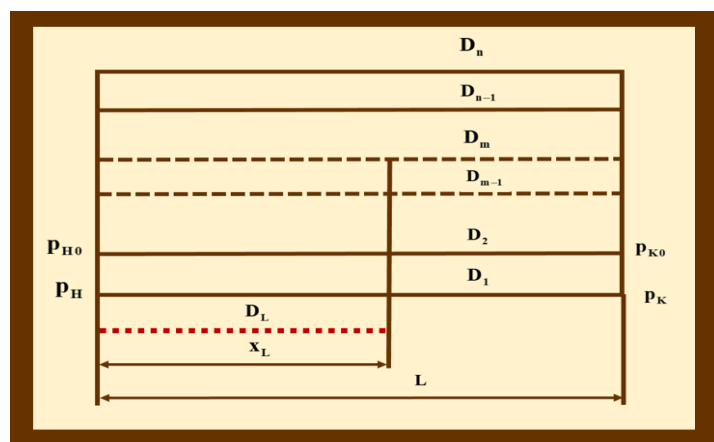
ამჟამად ექსპლუატაციაში არსებობს დიდი რაოდენობის მქონე მრავალხაზიანი გაზსადენი. თვითეული შემდგომი ხაზი ერთეულ მოქმედ სისტემასთან მზადყოფნის გამო. ამგვარად, თვითეული მშენებარი ხაზის ნაწილი - ქმნის ლუპინგს. ლუპინგის საშუალებით გამტარუნარიანობის გაზრდის საანგარიშო სქემა ნაჩვენებია ნახ. 3-ზე.

ვთქვათ სისტემა შეიცავს ერთობლივად მომუშავე n პარალელური გაზსადენს. სისტემის საწყისი გამტარუნარიანობა Q_0 - ტოლია:

$$Q_0 = K \sqrt{\frac{P_{H0}^2 - P_{K0}^2}{L} \sum_{i=1}^n \frac{D_i^{2,5}}{\sqrt{\lambda_{0i}}}}. \quad (7)$$

ინდექსი "0" გვიჩვენებს, პარამეტრებს გაზრდილ საწყის გამტარუნარიანობაზე. თუ სისტემის "m" ხაზებს ($m \leq n$), მივუერთოთ D_L დიამეტრის და x_L სიგრძის ლუპინგს, მაშინ გამტარუნარიანობა გაიზრდება Q -მდე ($Q > Q_0$):

$$Q = K \sqrt{\frac{P_H^2 - P_K^2}{L} \frac{1}{\sqrt{\frac{x_L}{L} \left[\frac{D_L^{2,5}}{\lambda_L} + \sum_{i=1}^m \frac{D_i^{2,5}}{\sqrt{\lambda_i^*}} \right]^2 + \left(1 - \frac{x_L}{L}\right) \left[\sum_{i=1}^m \frac{D_i^{2,5}}{\sqrt{\lambda_i}} \right]^2 + \sum_{i=m+1}^n \frac{D_i^{2,5}}{\sqrt{\lambda_i}}}}}}, \quad (8)$$



ნახ. 3. ლუპინგის საშუალებით გამტარუნარიანობის გაზრდის საანგარიშო სქემა

$$\frac{x_L}{L} \left\{ 1 - \frac{\left[\sum_{i=1}^m \frac{D_i^{2,5}}{\sqrt{\lambda_i}} \right]^2}{\frac{D_L^{2,5}}{\sqrt{\lambda_L}} + \sum_{i=1}^m \frac{D_i^{2,5}}{\sqrt{\lambda_i^*}}} \right\} = 1 - \frac{\left[\sum_{i=1}^m \frac{D_i^{2,5}}{\sqrt{\lambda_i}} \right]^2}{\frac{\chi}{\sqrt{p}} \sum_{i=1}^m \frac{D_i^{2,5}}{\sqrt{\lambda_{0i}}} - \sum_{i=m+1}^n \frac{D_i^{2,5}}{\sqrt{\lambda_i}}} . \quad (9)$$

სადაც

$$\bar{p} = \frac{p_H^2 - p_K^2}{p_{H0}^2 - p_{K0}^2} . \quad (10)$$

როგორც წესი, გაზსადენები მუშაობენ კვადრატულ ზონაში, ამიტომ ერთნაირი ხორკლიანობის დროს $\lambda_i = \lambda_i^* = \lambda_L$ და გვექნება:

$$\frac{x_L}{L} \left\{ 1 - \frac{\left[\sum_{i=1}^m D_i^{2,5} \right]^2}{D_L^{2,5} + \sum_{i=1}^m D_i^{2,5}} \right\} = 1 - \frac{\left[\sum_{i=1}^m D_i^{2,5} \right]^2}{\frac{\chi}{\sqrt{p}} \sum_{i=1}^m D_i^{2,5} - \sum_{i=m+1}^n D_i^{2,5}} . \quad (11)$$

(9) და (10) დამოკიდებულების მიხედვით, მოცემული გამტარუნარიანობის გაზრდის ხარისხის კოეფიციენტისათვის, შეიძლება განვსაზღვროთ ლუპინგის სიგრძე, ან პირიქით - x_L სიგრძის ლუპინგის ჩართვა გამტარუნარიანობის გაზრდის განსაზღვრისათვის.

თუ ჩავთვლით, რომ ყველა მილსადენების დიამეტრი ერთი და იგივეა (ე.ი. გვაქვს ერთი და იგივე წინააღმდეგობის კოეფიციენტები), ამიტომ (9) და (10) ფორმულები მარტივდება:

$$\frac{x_L}{L} = \frac{(m+1)^2}{2m+1} \left[1 - \frac{1}{\left[\left(\frac{\chi}{\sqrt{p}} - 1 \right) \frac{n}{m} + 1 \right]^2} \right] . \quad (12)$$

შესაძლო ზღვრული გამტარუნარიანობის გაზრდა საბოლოოდ მიიღება,

სადაც $\frac{x_L}{L} = 1$.

$$\chi_{Lim} = \sqrt{p} \frac{1 + \sum_{i=1}^m \sqrt{\frac{\lambda_L}{\lambda_i^*}} \left(\frac{D_i}{D_L} \right)^{2,5} + \sum_{i=m+1}^n \sqrt{\frac{\lambda_L}{\lambda_i}} \left(\frac{D_i}{D_L} \right)^{2,5}}{\sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{\lambda_L}{\lambda_{0i}}} \left(\frac{D_i}{D_L} \right)^{2,5}} . \quad (13)$$

კვადრატული ზონისათვის გვაქვს;

$$\chi_{Lim} = \sqrt{p} \frac{1 + \sum_{i=1}^n \left(\frac{D_i}{D_L} \right)^{2,5}}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{D_i}{D_L} \right)^{2,5}}. \quad (14)$$

ხოლო, თუ ყველა დიამეტრი ერთნაირია, მაშინ: $\chi_{Lim} = \frac{n+1}{n} \sqrt{p}$.

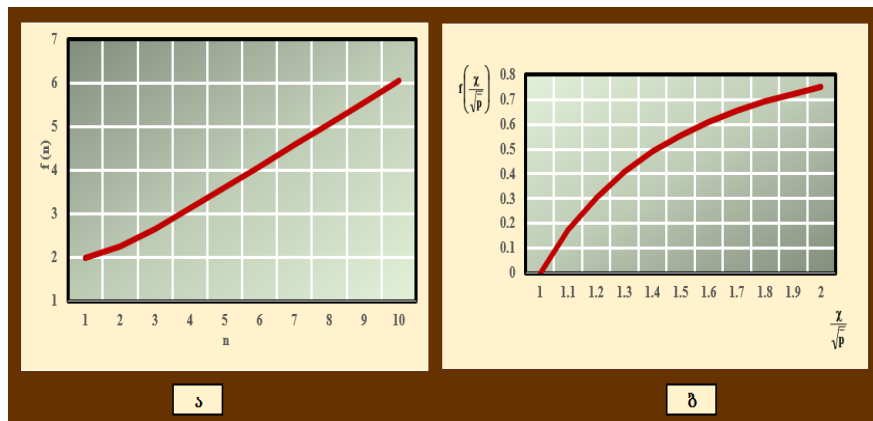
ნებისმიერი n ლუპინგისათვის, რომელიც ჩართულია ყველა ხაზთან, მაშინ ეს უფრო ეფექტურია თუ გვაქვს ერთი ხაზის ჩართვა. ლუპინგის სიგრძე, რომელიც ჩართულია სისტემის ყველა ხაზთან, განისაზღვრება (როდესაც $m = n$):

$$\frac{x_L}{L} = \frac{(n+1)^2}{2n+1} \left(1 - \frac{p}{x^2} \right). \quad (16)$$

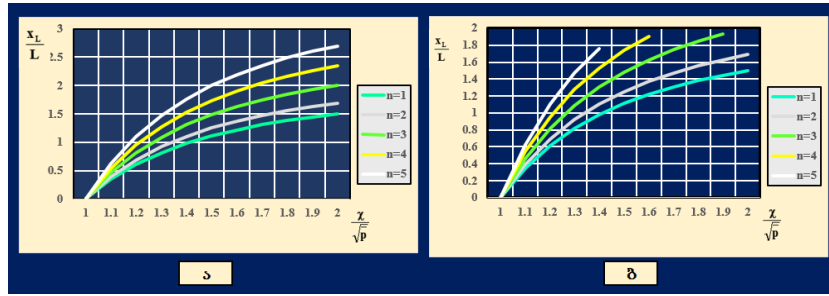
აქედან ცხადია, რომ:

$$f\left(\frac{\chi}{\sqrt{p}}\right) = \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{\chi}{p}\right)^2} \right]. \quad (17)$$

ნახ. 4 (ა,ბ)-ზე მოყვანილია $\frac{x_L}{L}$ დამოკიდებულებების გრაფიკები და იგივე შესაბამისი გრაფიკები ზღვრული მნიშვნელობებისათვის. ნახ. 5-ზე.

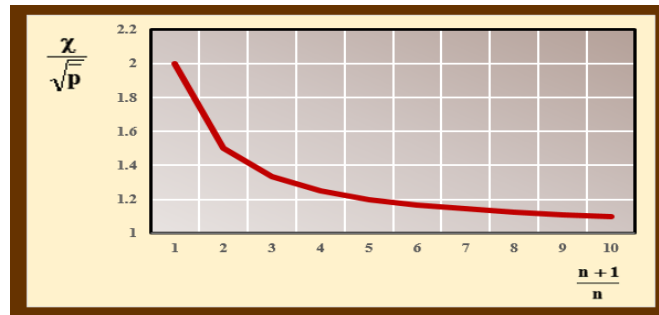


ნახ. 4. ა. $f(n)$ ფუნქციის გრაფიკი; ბ. $f\left(\frac{\chi}{\sqrt{p}}\right)$ ფუნქციის გრაფიკი



ნახ. 5. ა. $\frac{x_L}{L}$ გრაფიკები; ბ. იგივე შესაბამისი გრაფიკები ზღვრული მნიშვნელობებისათვის

საბოლოოდ, ნახ. 6-ზე მოყვნილია $\frac{\chi}{\sqrt{p}}$ დამოკიდებულების გრაფიკი.



ნახ. 6. $\frac{\chi_{Lim}}{\sqrt{p}}$ დამოკიდებულების გრაფიკი

ფორმულა (13)-დან, თუ გვეყენება $\lambda_i = \lambda_{0i} = \lambda_i^* = \lambda$, მაშინ

$$\frac{\chi_{Lim}}{\sqrt{p}} = \frac{1 + \sqrt{\frac{\lambda_L}{\lambda}} \left(\frac{D}{D_L} \right)^{2,5} + \sqrt{\frac{\lambda_L}{\lambda}} \left(\frac{D}{D_L} \right)^{2,5}}{\sqrt{\frac{\lambda_L}{\lambda}} \left(\frac{D}{D_L} \right)^{2,5}} = \frac{1 + 2\sqrt{\frac{\lambda_L}{\lambda}} \left(\frac{D}{D_L} \right)^{2,5}}{\sqrt{\frac{\lambda_L}{\lambda}} \left(\frac{D}{D_L} \right)^{2,5}}. \quad (18)$$

თუ $D = D_L$, მაშინ

$$\frac{\chi_{Lim}}{\sqrt{p}} = \frac{1 + 2\sqrt{\frac{\lambda_L}{\lambda}}}{\sqrt{\frac{\lambda_L}{\lambda}}}. \quad (19)$$

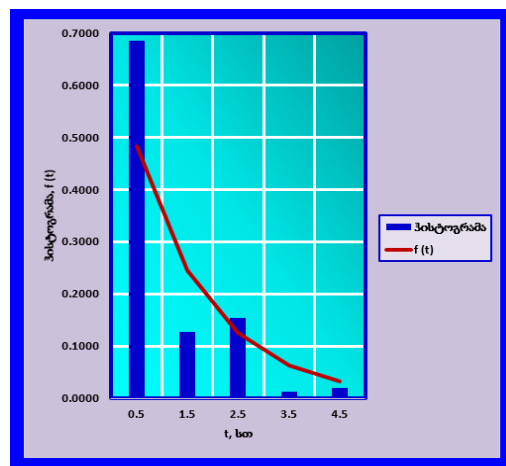
მესამე თავში განხილულია გაზგამანაწილებელი სისტემების საიმედოობა. გაზგამანაწილებელი სისტემების საიმედოობა არის მათი თვისება უზრუნველყოფს გაზის მიწოდება საჭირო მოცემული პარამეტრებით, ყველა მოხმარებლისათვის, დროის საანგარიშო პერიოდში, მომსახურებისა და რემონტების აუცილებელი ჩატარებით. გაზგამანაწილებელი სისტემების დამახასიათებელი თვისებებია მოქმედების ხანგრძლივობა, იქამდე სანამ მოხდება ახალი ენერგომატარებლის ჩანაცვლება ბუნებრივი გაზით.

გაზის მომხმარებლები რომლებიც განაწილებულია გაზგამანაწილებელი სისტემებში, არსებითად შემოსაზღვრულია გაზის ავარიული წყაროების გამოყენება. რეზერვირების ძირითადი საშუალებებია ქსელების დარგოლვა და ცალკეული უბნების დუბლირება. საიმედოობის გაზრდისას იყენებენ ორ გზას. პირველი - იმ ელემენტების საიმედოობის და ხარისხის გაზრდა, რომლებიც შედიან სისტემაში, ხოლო როდესაც ამ ელემენტების ხარისხის ზრდა ამოწურულია, მაშინ მიდის მეორე გზით - რეზერვირების გზა, რომელიც საშუალებას გვაძლევს აიგოს ისეთი სისტემა რომლის საიმედოობა მეტია ვიდრე ელემენტების საიმედოობა. დროის ნებისმიერ მომენტში სისტემის მდგომარეობა განისაზღვრება ელემენტების მდგომარეობით. თუ ელემენტები წესრიგშია, მაშინ სისტემა სრულად წესრიგშია. მტყუნებადი ელემენტების გარკვეული ერთობლიობა განაპირობებს სრული სისტემის მტყუნებას.

გაზგამანაწილებელი ქსელებს აპროექტებენ იერარქიული დონეებით: მაღალი (საშუალო) წნევის და დაბალი ქსელები. პირველები ასრულებენ მომხმარებლებისთვის მიწოდებას რგოლური და ჩიხური განშტოებით. აუცილებელი რეზერვი, გაანგარიშდება როგორც სტრუქტურული, ასევე ტრანსპორტირებული. მეორეები საიმედოობას არ ანგარიშობენ, მაგრამ ქსელის და სტრუქტურის სქემის დიამეტრებისათვის ჩადებულია ფუნქციონირების საიმედოობის პრინციპები. დაბალი წნევის ქსელის სქემას აპროექტებენ ძირითადი გაზსადენების დარგოლვით. ქსელის კვება

ხორციელდება გაზმარეგულირებელი პუნქტებისა და დანადგარებიდან, რომლებიც წნევის დაბალ დონეზე გაზსადენები ერთიანდებიან და ისინი ასრულებენ სარეზერვო კავშირების ფუნქციას.

განვიხილოთ საშუალო წნევის გაზსადენების დაზიანების აღდგენის ალბათური მახასიათებლების დადგენა, შპს „ყაზტრანსგაზ-თბილისის“ საშუალო ქსელის გაზსადენების მაგალითზე. საშუალო ქსელის გაზსადენების დაზიანების აღდგენის ალბათური მახასიათებლების დადგენა ხდება შპს „ყაზტრანსგაზ-თბილისის“ საშუალო ქსელის გაზსადენების მაგალითზე, კერძოდ რუსთავისა და მარნეულის გზატკეცილები, ლომინაძის, ჟორდანის, დოღობერიძის, სურგულაძის ქუჩები, ზემო ფონიჭალა, ლისი ვერანდა. ალბათური მახასიათებლების დადგენის მიზნით, მოხდა შპს „ყაზტრანსგაზ-თბილისის“ ნატურული მონაცემების სტატისტიკური დამუშავება. შპს „ყაზტრანსგაზ-თბილისის“ ნატურული მონაცემები მოყვანილია შესაბამისი ჟურნალები, და მოყვანილია ნაშრომში. საბოლოოდ ნახ. 7-ზე მოყვანილია ჰისტოგრამა და შესაბამისი ალბათობის სიმკვრივის განაწილების ექსპონენციალური აპროქსიმაციის ფუნქცია.

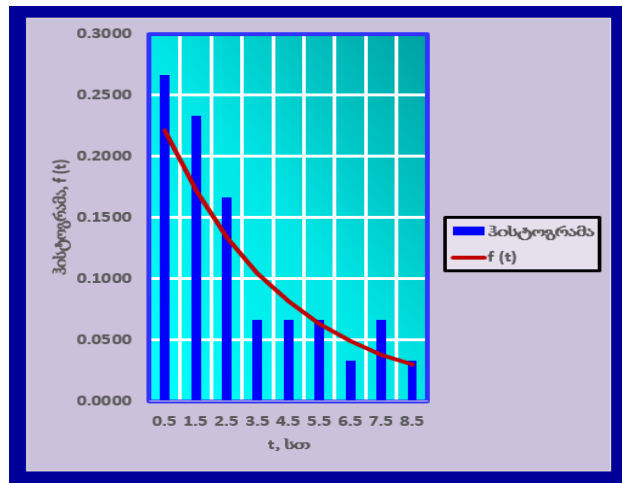


ნახ.7. ჰისტოგრამა და შესაბამისი ვაიბულის ალბათობის სიმკვრივის განაწილების აპროქსიმაციის ფუნქცია (სრული მექანიკური დაზიანება)

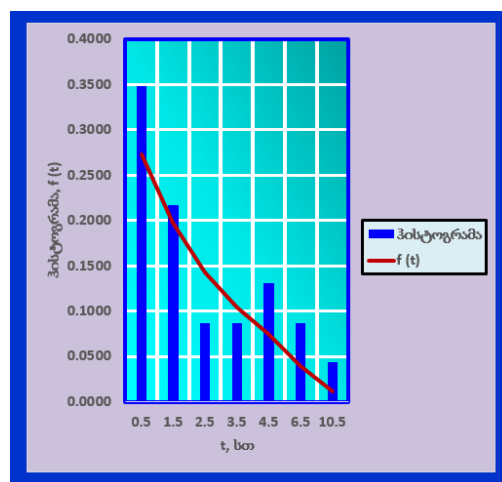
შემდგომში განვიხილოთ გაზგამანაწილებელი ქსელის აღდგენის (რემონტების) დროების სტატისტიკა იმ შემთხვევაში, როდესაც ვიხილავთ

კოროზიით გამოწვეულ დაზიანებებს, გვაქვს $N = 245$ ცალი შესაბამისი მტყუნება (დაზიანება) და შესაბამისად რემონტის (აღდგენა). საბოლოოდ, ნახ. 8-ზე მოყვანილია ჰისტოგრამა და შესაბამისი ალბათობის სიმკვრივის განაწილების ექსპონენციალური აპროქსიმაციის ფუნქცია.

შემდგომში განვიხილოთ გაზგამანაწილებელი ქსელის აღდგენის (რემონტების) დროების სტატისტიკა იმ შემთხვევაში, როდესაც ვიხილავთ კოროზიით გამოწვეულ დაზიანებებს. ნახ. 9-ზე მოყვანილია ჰისტოგრამა და შესაბამისი ალბათობის სიმკვრივის განაწილების ექსპონენციალური აპროქსიმაციის ფუნქცია.



ნახ. 8. ჰისტოგრამა და შესაბამისი ვაიბულის ალბათობის სიმკვრივის განაწილების აპროქსიმაციის ფუნქცია (კოროზიული დაზიანება)

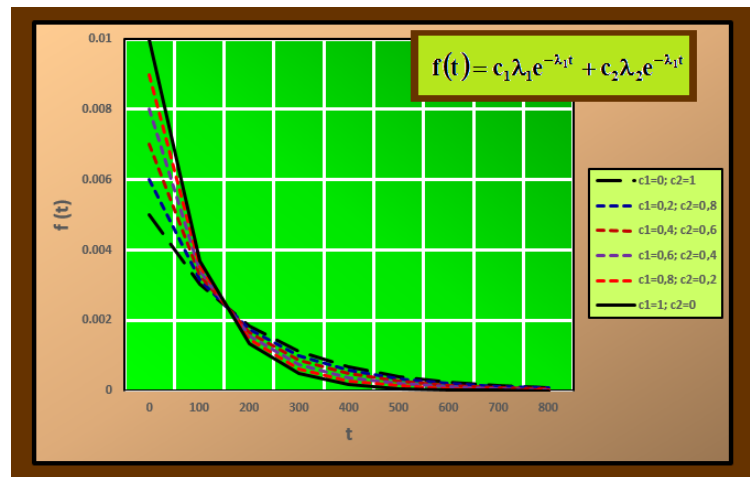


ნახ.9. ჰისტოგრამა და შესაბამისი ვაიბულის ალბათობის სიმკვრივის განაწილების აპროქსიმაციის ფუნქცია (შემთხვევითი დაზიანება)

შემდგომში ვიხილავთ ნამუშევარის ნარევის უმტყონო მუშაობის ალბათობის დადგენა. ვიხილავთ ალბათობის განაწილების ნარევის სიმკვრივის ფუნქცია მოცემულია შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$f(t) = c_1 \lambda_1 e^{-\lambda_1 t} + c_2 \lambda_2 e^{-\lambda_2 t},$$

და ნახ. 10-ზე ნაჩვენებია ალბათობის განაწილების ნარევის სიმკვრივის ფუნქციების გრაფიკები სხვადასხვა პარამეტრებისათვის.



ნახ. 10. ნარევის ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ფუნქციების გრაფიკები სხვადასხვა პარამეტრებისათვის

დავადგინოთ ალბათობის უმტყონოდ მუშაობის ალბათობა:

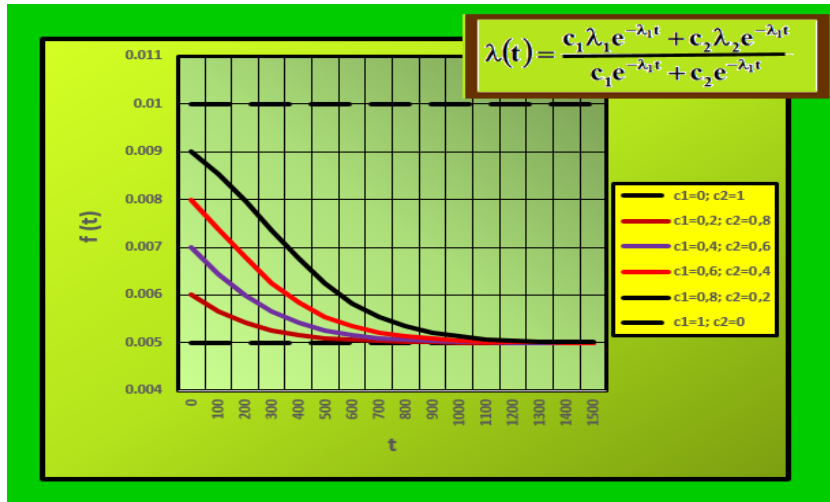
$$P(t) = c_1 e^{-\lambda_1 t} + c_2 e^{-\lambda_2 t}. \quad (20)$$

მტყუნების საფრთხის ფუნქცია, ტოლია:

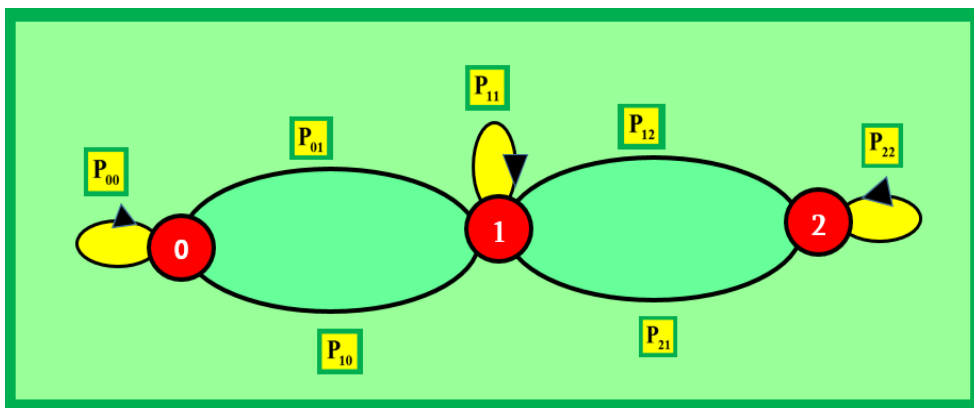
$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = \frac{c_1 \lambda_1 e^{-\lambda_1 t} + c_2 \lambda_2 e^{-\lambda_2 t}}{c_1 e^{-\lambda_1 t} + c_2 e^{-\lambda_2 t}}. \quad (21)$$

ნახ. 11-ზე ნაჩვენებია მტყუნების საფრთხეს ფუნქციების გრაფიკები სხვადასხვა პარამეტრებისათვის.

შემდგომში ჩატარებულია აღდგენადი სისტემის საიმედოობა, კერძოდ განხილულია დუბლირებული აღდგენადი სისტემის გადასვლის გრაფს მდგომარეობებს შორის, ნაცვენებია ნახ. 12-ზე.



ნახ. 11. მტყუნების საფრთხეს ფუნქციების გრაფიკები სხვადასხვა პარამეტრებისათვის



ნახ. 12. დუბლირებული აღდგენადი სისტემის გრაფი

პირველად გავანგარიშოთ ასეთი სისტემის საიმედოობის მახასიათებლები, დაშვებით რომ ორივე ელემენტის მტყუნების საფრთხე და აღდგენის ინტენსივობები ერთნაირია, ე.ი.: $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$; $\mu_1 = \mu_2 = \mu$.

მზადმყოფი კოეფიციენტისათვის, დუბლირებული სისტემისათვის მრავალჯერადი ერთი აღდგენით ($r=1$) და ორი ($r=2$) სარემონტო ბრიგადებით, გვექნება:

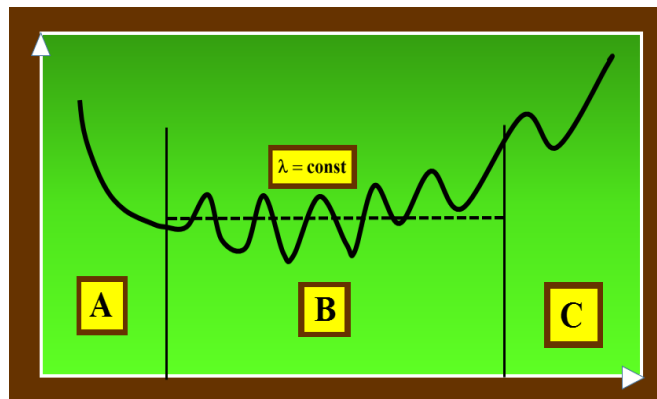
$$K_{r(r=1)} = \frac{(y+1)\lambda\mu + \mu^2}{(y+1)\lambda^2 + (y+1)\lambda\mu + \mu^2} \quad (22)$$

$$K_{r(r=2)} = \frac{2(y+1)\lambda\mu + 2\mu^2}{(y+1)\lambda^2 + 2(y+1)\lambda\mu + 2\mu^2} \quad (23)$$

ამგვარად მივიღეთ ცალკეული აღდგენადი ელემენტის და დუბლირებული სისტემა, რომელშიც შედის ორი აღდგენადი ელემენტი.

ანალოგიურად განხილულია სისტემის საიმედოობის მახასიათებლები, რომელიც შეიცავს მიმდევრობით ჩართული ელემენტები, რომელთაგანაც თვითეული ქმნის ცალკე აღდგენად ელემენტს, ან დუბლირებულ სისტემას.

აგრეთვე განხილულია მტყუნების საფრთხეს წირი (ნახ. 13).



ნახ. 13. მტყუნების საფრთხე რეგლამინტერებული რემონტით

ითვლება, რომ ელემენტის (სისტემის) რესურსი აღდგება სრულად (ან ნაწილობრივად). მტყუნების საფრთხეს ცვლილება რემონტსშორისი პერიოდი, როგორც წესი, იგნორირდება და ითვლება, რომ მტყუნების საფრთხე - მუდმივია.

გამოკვლევები გვიჩვენებს, რომ დროის აღდგენა τ ნორმალური განაწილებისათვის უფრო უპრიანია ვიდრე ექსპონენციალური. მაგრამ რადგანაც $\tau < t$, ამიტომ შემთხვევითი τ შემთხვევითი დროის განაწილება, მცირე ხდება ხანგრძლივი პერიოდის დროის აღდგენის პროცესებისათვის. ამიტომ, სტრუქტურირებისას, შესაძლოა მარკოვების პროცესების

გამოყენება, და დაშვება რომ ექსპონენციალურია არა მხოლოდ t , არამედ $\tau - t$.

ნაშრომის მეოთხე თავში განხილულია ქსელის ზღუდარიანი ელემენტის ალბათობა, გაზსადენის ორი პარალელური ხაზი და ზღუდარი, არაადგენადი სისტემის დუბლირების ნამუშევრის უმტყუნების მუშაობის ალბათობის განაწილების დადგენა, მსუბუქი რეზერვის სქემისას, საიმედოობის პროცესები ადდგენის დროით გაზომომარაგებაში, რეზერვირების საკითხები გაზომომარაგებაში. ვღებულობთ საიმედოობის სამი მდგომარეობის მქონე გრაფს გაზომომარაგებაში.

განვიხილოთ მილსადენის ორი პარალელური ხაზი და ზღუდარი. ზღუდარის მტყუნების საფრთხე მუდმივია.. ორი მოწყობილობა წარმოადგენს ზღუდარის ჩამკეტ მოწყობილობას (ურდულს), რომლის პირველი ავტომატურია ჰიდრავლიკით მტყუნების საფრთხის წრფივი კანონით, ხოლო მეორე ჩამკეტი მოწყობილობა მექანიკურია და მტყუნების საფრთხე არაწრფივია. დადგინილია სისტემის უმტყუნოდ მუშაობის ალბათობის ანალიზური გამოსახულება.

შემდეგ ჩატარებულია არაადგენადი სისტემის დუბლირების ნამუშევრის უმტყუნების მუშაობის ალბათობის განაწილების დადგენა, მსუბუქი რეზერვის სქემისას. საბოლოოდ დადგინილია ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ანალიზური ფუნქცია.

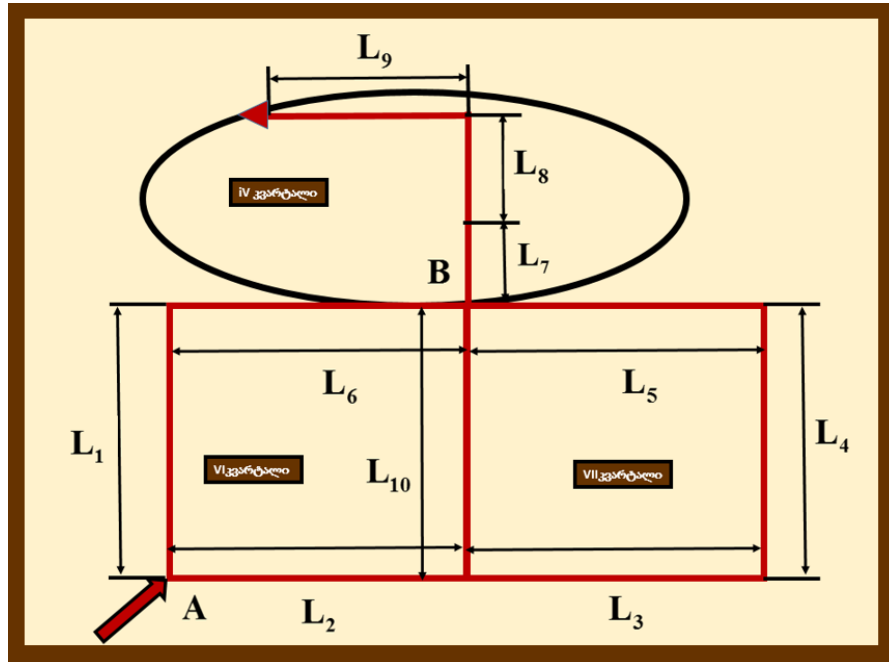
საბოლოოდ ამ თავში განხილულია გაზომომარაგებაში საიმედოობის პროცესები ადდგენა და რეზერვირების საკითხები. რადგანაც არსებობს მარკოვის მოდელების განზომილების პრობლემა, ამიტომ იგი მაინც ბოლომდე არ სრულდება. მარკოვის პროცესის მდგომარეობების გამსხვილება შესაძლებელია თუ გვაქვს ზუსტი, ან მიახლოებითი გამსხვილება. ამიტომ ნაშრომში მაგალითისათვის განიხილება რეალიზაციის ზუსტი გამსხვილება. კერძოდ განიხილება სხვადასხვა საიმედოობის მქონე ელემენტების დუბლირებულ სისტემას, მუდმივი მტყუნების და ადდგენის ინტენსივობები. შემდეგ, ჩატარებულია

სხვადასხვა ელემენტების მქონე დუბლირებული სისტემის ერთჯერადი მტყუნების მარკოვის მოდელი გამსხვილებული მდგომარეობის მცდელობა.

მეხუთე თავში განხილულია დაბალი წნევის გაზომომარაგების ორი რგოლის და ჩიხის საიმედოობის მახასიათებლების დადგენა. გაზგამანაწილებელი ქსელები შედგებიან ძირითადად იმ უბნებისგან, საიდანაც მიედინება გაზი და კვანძებიდან, რომლებშიც მომხმარებლებთან ერთდებიან უბნებით და განშტოებებით. კონფიგურაციის (გაერთმთლიანების) ფიგურებს, რომლებიც შედგებიან გვერდებისგან და წვეროებისგან, როდესაც თვითოეულ გვერდს შეესაბამება ორი წვერო, რომელიც არის ამ წახნაგების ბოლო წერტილები, ეწოდებათ გრაფები. შემაერთებული გრაფის ნებისმიერი წვერო უნდა იყოს შეერთებული გვერდების გზით ნებისმიერ სხვა წვეროსთან. ნებისმიერი გაზის ქსელი წარმოადგენს საბოლოო შემაკავშირებელ ორიენტირებელ გრაფს, რომელიც შედგება მწვერვალების სასრული რიცხვისაგან (კვანძებისაგან), შეერთებული ერთმანეთს შორის გვერდებით (უბნებით). გაზის ქსელები, რომლებიც წარმოადგენენ საბოლოო შემაკავშირებელ მაორიენტირებელ გრაფებს. ჩიხისებრი განშტოებული გაზის ქსელი წარმოადგენს ხეს, ხოლო რგოლისებრი ქსელი წარმოადგენს გრაფს, რომელიც შედგება მხოლოდ ციკლებისაგან და რომელსაც არ გააჩნია ჩიხისებრი განშტოებები.

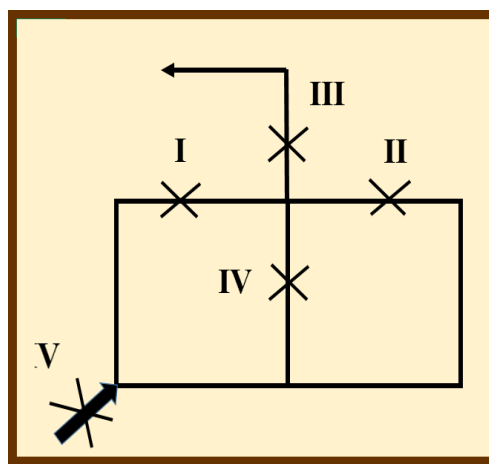
განვიხილოთ გაზგამანაწილებელი ქსელის შემდეგნაირი სახის სქემა. ვთქვათ გვაქვს მიერთებული ორი რგოლური ქსელი, რომელზედაც მიერთებულია ჩიხური ქსელი (ნახ. 14). აქ განხილულია ქ. თბილისის შპს 'ყაზტრანსგაზ-თბილისის' გაზგამანაწილებელი ქსელის ერთერთი უბანი, რომელიც შეიცავს ვაჟა ფშაველას გამზირის IV, VI და VII კვარტლების გაზგამანაწილებელი ქსელს. ცხრილ 1-ში მოყვანილია აღნიშნული ქსელის გაზსადენების ტექნიკური პარამეტრები, კერძოდ უბნების (ელემენტების) სიგრძეები L_i და დიამეტრები D_i .

განვიხილოთ აღნიშნული ქსელის იდეალიზირებული სქემა, რომელიც ნაჩვენებია ნახ. 15-ზე.



ნახ. 14. ორი რგოლური ქსელი, ჩიხური ქსელის მიერთებით

გარკვეული მოსაზრებებისა და დაშვებების შემდეგ ჩავთვალოთ: რომ გვაქვს I, II და III ე.წ. საკვანძო საფრთხეების წერტილები. მათი განლაგება ნებისმიერია, მაგრამ ამ წერტილებში გვაქვს მტყუნებები. I ან II მტყუნებებისას, გვექნება რგოლების ნაწილობრივი მტყუნებები.



ნახ. 15. გაზგამანწილებელი ქსელის იდეალიზირებული სქემა

ცხრილი 1. ქსელის გაზსადენების ტექნიკური პარამეტრები, კერძოდ უბნების (ელემენტების) სიგრძეები L_i და დიამეტრები D_i

გაზსადენების უბნების სიგრძეები, L_i , კმ	გაზსადენების უბნების დიამეტრები, D_i , მმ
$L_1 = 4,8$	$D_1 = 100$
$L_2 = 8,4$	$D_2 = 150$
$L_3 = 3,93$	$D_3 = 200$
$L_4 = 3,51$	$D_4 = 200$
$L_5 = 4,44$	$D_5 = 250$
$L_6 = 6,78$	$D_6 = 250$
$L_7 = 2,16$	$D_7 = 150$
$L_8 = 1,84$	$D_8 = 100$
$L_9 = 1,56$	$D_9 = 100$
$L_{10} = 1,78$	$D_{10} = 200$

ცხრილი 2. ქსელის სიტუაციური ანალიზის საიმედოობის პოზიციები

სიტუაცია	მტყუნებები
0	სრული მუშაუნარიანობა
0'	λ_1 (მარყუჟი, სიტუაცია I)
0''	λ_2 (მარყუჟი, სიტუაცია II)
1	$\lambda_1 + \lambda_2$ (ჩიხის სიტუაცია I, II და IV, 3 მტყუნება)
2	$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3$ (ჩიხის სიტუაცია I, II და III, 3 მტყუნება)
3	λ_0 (სრული მტყუნება, სიტუაცია IV)

იგივე გვექნება ჩიხის III წერტილისათვის. V წერტილისათვის გვაქვს გაზის მიწოდების წერტილს და მისი მტყუნებისას გვექნება სრული მტყუნება. თუ I ან II მტყუნებებისას გაზის მიწოდების ახლოს, მაშინ აქაც გვაქვს სრული მტყუნება. თუ I, II და IV წერტილები ახლოსაა ჩიხის დასაწყისის წერტილთან, ასევე გვექნება ჩიხის მტყუნება. ამგვარად, ცხრილ 2-ში მოყვანილია აღნიშნული ქსელის სიტუაციური ანალიზის საიმედოობის პოზიციები.

საიმედოობის თეორიის პოზიციიდან, შესაძლებელია გამოვეყოთ ოთხი ძირითადი მდგომარეობა, რომლებშიც პერიოდულად გადადის გაზის სექტორის ენერგობიექტი, მისი ექსპლუატაციის მთელი დროის განმავლობაში: 1. მუშა მდგომარეობა, როდესაც ობიექტს გააჩნია ფუნქციონალური დატვირთვა ან იმყოფება დატვირთულ (“ცხელ”) რეჟერვში. 2. ყოფნა დაუტვირთავ (“ცივ”) რეჟერვში, როდესაც გამართული ობიექტი არ იმყოფება დატვირთვის ქვეშ. 3. პროფილაქტიკის ან გეგმიური რემონტის მდგომარეობა, რომლის დროს ხდება ობიექტის ტექნიკური მომსახურება. 4. ობიექტის მტყუნების მდგომარეობა, რომლის დროს იგი ვერ ასრულებს მასზე დაკისრებულ ფუნქციებს.

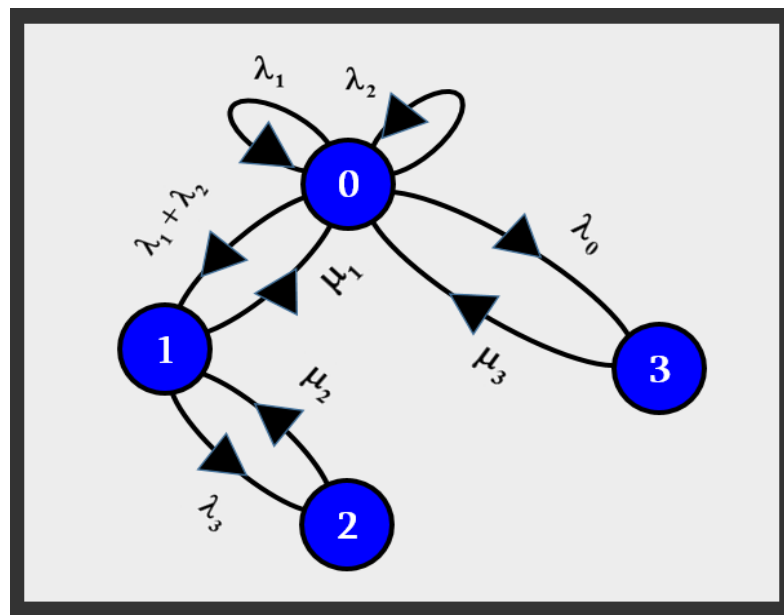
ავარიულ მდგომარეობაში მყოფი ობიექტები ექვემდებარება რემონტს, რომელიც აღადგენს მათ საწყის პარამეტრებს, ან იცვლება ახალი, იდენტური ობიექტით (ან მისი ელემენტებით). აღდგენითი სამუშაოები მოითხოვენ დროის გარკვეულ დანაკარგს, ამიტომ ენერგეტიკული ობიექტის მუშაობა, საიმედოობის თეორიის პოზიციიდან, შესაძლებელია განვიხილოთ როგორც მუშაობა აღდგენის სასრული დროით.

ამგვარად, გამოსაკვლევ სისტემა აღიწერება შემდეგი მოდელით: გვაქვს სისტემის m შესაძლო მდგომარეობა. მდგომარეობა $P(t)$, დროის ფიქსირებული მომენტისათვის $t \geq 0$, განიხილება როგორც შემთხვევითი სიდიდე. სისტემის ქცევა დროში, შესაძლებელია განვიხილოთ როგორც შემთხვევითი პროცესი $\{P(t); t \geq 0\}$, მდგომარეობათა სასრული რაოდენობით და პარამეტრის ცვლილების უწყვეტი არით.

განვიხილოთ ნახ. 58-ზე ნაჩვენები გრაფი, რომელიც ითვალისწინებს მხოლოდ სექტორის გაზის ობიექტების მუშა მდგომარეობიდან - მტყუნების მდგომარეობაში გადასვლას და პირიქით. ამ დროს იგნორირებულია გადასვლები მტყუნების ორ მდგომარეობას შორის. ასეთი მოდელი მისაღებია, როდესაც მტყუნების თითოეული მდგომარეობის ალბათობა, გაცილებით ნაკლებია ნულოვან (მუშა) მდგომარეობაში ყოფნის ალბათობაზე. ე.ი. იგნორირებული ორი ნებისმიერი ობიექტის

ერთდროული მტყუნება. როგორც წესი, სექტორის გაზის ობიექტების, ეს პირობა მისაღებია. მტყუნებების ტიპების დიფერენცირების შემდეგ, შეიძლება ვიხელმძღვანელოთ სხვადასხვა პრინციპებით და გამოვიყენოთ შემდეგი თანაფარდობები.

განვიხილოთ აღნიშნული გაზგამანწილებელი ქსელის შესაბამისი გრაფი (ნახ. 16), ხოლო ცხრილ 3-ზე შესაბამისი გრაფის გადასვლის ინტენსივობები, კერძოდ საიმედოობის პარამეტრები მტყუნებების საფრთხე და აღდგენის ინტენსივობები.



ნახ. 16. გაზგამანწილებელი ქსელის შესაბამისი გრაფი

ცხრილი 3. გრაფის გადასვლის ინტენსივობები, - მტყუნებების საფრთხე და აღდგენის ინტენსივობები

	მდგომარეობების ალბათობები			
გრაფის	P_0	P_1	P_2	P_3
გადასვლის	$-(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)$	μ_1	-	μ_3
ინტენსივობები	$(\lambda_1 + \lambda_2)$	$-(\lambda_3 + \mu_1)$	μ_2	-
	-	λ_3	$-\mu_2$	$-\mu_3$
ჯამი	0	0	0	0

ამგვარად, აღნიშნული გრაფის შესაბამისი კოლმოგოროვის ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებების სისტემა გვაქვს შემდეგი სახით:

$$\begin{cases} \frac{dP_0(t)}{dt} = -(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)P_0(t) + \mu_1 P_1(t) + \mu_3 P_3(t). \\ \frac{dP_1(t)}{dt} = (\lambda_1 + \lambda_2)P_0(t) - (\lambda_3 + \mu_1)P_1(t) + \mu_2 P_2(t). \\ \frac{dP_2(t)}{dt} = \lambda_3 P_1(t) - \mu_2 P_2(t). \\ \frac{dP_3(t)}{dt} = \lambda_0 P_0(t) - \mu_3 P_3(t). \end{cases} \quad (24)$$

ჩავთვალოთ, რომ არასტაციონარული მდგომარეობა მეტად მცირეა და შეიძლება ჩაითვალოს, რომ

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = \frac{dP_1(t)}{dt} = \frac{dP_2(t)}{dt} = \frac{dP_3(t)}{dt} = 0. \quad (25)$$

ამიტომ, დიფერენციალური განტოლებების სისტემა, გადასვლის ალგებრულ სისტემაში:

ამ სისტემას, რომელიც ჩაკეტილი არ არის, ემატება საწყისი პირობა:

$$P_0 + P_1 + P_2 + P_3 = 1. \quad (26)$$

საბოლოოდ, ცნობილია ყველა მდგომარეობის ალბათობის

სიდიდეები:

$$\begin{cases} P_0 = \frac{\mu_1 \mu_2 \mu_3 \lambda_0 - \mu_3^2 \lambda_3 (\lambda_0 + \mu_3) (\lambda_1 + \lambda_2)}{\mu_2 \lambda_0^2 \lambda_3 (\lambda_1 + \lambda_2)} \\ P_1 = \frac{\mu_1 \mu_2 \lambda_0^2 - \mu_3 \lambda_3 (\lambda_0 + \mu_3) (\lambda_1 + \lambda_2)}{\mu_2 \lambda_0^2 \lambda_3 (\lambda_1 + \lambda_2)} \\ P_2 = \frac{\mu_1 \mu_2 \lambda_0^2 - \mu_3 \lambda_3 (\lambda_0 + \mu_3) (\lambda_1 + \lambda_2)}{\mu_1 \mu_2 \lambda_0^2} \\ P_3 = \frac{\mu_1 \mu_2 \lambda_0 - \mu_3 \lambda_3 (\lambda_0 + \mu_3) (\lambda_1 + \lambda_2)}{\mu_2 \lambda_0 \lambda_3 (\lambda_1 + \lambda_2)} \end{cases} \quad (27)$$

დასკვნები

1. საქართველოს ქალაქების გაზომვარაგების სისტემების სპეციფიკური პროექტების ანალიზისას, ასევე ოპტიმიზაციის სფეროში ნორმატიული დოკუმენტების და მასალებისას გამოვლინდა, რომ: გამოყენებული დეტერმინირებული ტექნიკური და ეკონომიკური მაჩვენებლები საკმარისი არ არის. ასევე ეს არ იძლევა პარამეტრების შესაძლო გადახრების განსაზღვრას ოპტიმალური გადაწყვეტილებებს, ცხადია, რომ იწვევს მატერიალური და დანახარჯების მნიშვნელოვან ეკონომიკურ დანაკარგებს.

2. ნაშრომში შემუშავდა თანამედროვე გაზგამანაწილებული ქსელების საიმედოობის ოპტიმიზაციის მეთოდი, ანალიზური მიდგომის საფუძველზე, რომელიც ითვალისწინებს ქსელის ქვესისტემების საიმედოობის მახასიათებლებს. აღდგენადი პარალელური სისტემების საიმედოობისათვის, შემუშავდა გაანგარიშების მათემატიკური მოდელები (მარკოვის მოდელები დამაჯერებლობის შემთხვევაში და დამოკიდებული მტყუნებებით).

3. გაზგამანაწილებელი ქსელის დინამიკის თავისებურებების გათვალისწინებით, პირველად შემოთავაზებულია ლუპინგის სიმულაციური მოდელი. იგი გვიჩვენებს, რომ ამ მეთოდიკის გამოყენება საშუალებას იძლევა გაზსადენების სისტემის საოპერაციო მართვაში ჩარევას; საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ გაზის ხარჯის გაზრდა და მისი საიმედოობა. ამ მიზნით, მიზანშეწონილია წინასწარ განისაზღვროს ტექნოლოგიური ლუპინგების მუშაობის ტიპური რეჟიმი.

4. ნაშრომში გაზგამანაწილებელი ქსელის საიმედოობის ოპტიმიზაციის პრობლემის გადაჭრისთვის, შემუშავდა საიმედოობის ოპტიმიზაციისა და საიმედოობის კრიტერიუმები, მეთოდოლოგია და ალგორითმური პროცედურა. ამ პროცედურის გამოყენების მაგალითი მოცემულია კონკრეტული სისტემის დეტალურ დონეზე. აგებულია დეტალური ანალიტიკური მოდელი ქსელის საიმედოობის

მახასიათებლების დასადგენად, საწყისი მონაცემების გენერირებისათვის. მიღებულია ანალიზური გამოსახულებები, რაც საშუალებას იძლევა საშუალო წნევის გაზგამანაწილებელი ქსელის საიმედოობის შეფასებას, როდესაც ხდება ქსელის შეფასება ყველა კვანძის გათვალისწინებით.

5. პირველად შემოთავაზებულია და შესრულდა გამოყენებითი მიდგომა პირველადი ინფორმაციის გათვალისწინებით. ეს გამოწვეულია ბუნებრივი გაზის მინიმალური ხარჯების მაქსიმალური ეფექტის დასადგენად. თავდაპირველი ინფორმაციის ცდომილების გათვალისწინებით ხდება ძირითადი ურთიერთდაკავშირებული ამოცანების გადაჭრა: გაზის საკონტროლო წერტილების ოპტიმალური რაოდენობა და გაზმარეგულირებელი სადგურები და პუნქტები; განაწილებისა და რგოლური გაზსადენების გაანგარიშება მინიმალური ინვესტიციისთვის; გაზის მოხმარების პროგნოზირების მეთოდების გაუმჯობესება; ანალიტიკური მეთოდებისა და მოდელების (პროგრამების) განვითარება გაზის მიწოდების სქემების მიზანშეწონილობის შესწავლასა და კომპიუტერების გამოყენება.

6. მიღებულია მზადყოფნის კოეფიციენტის, უმტყუნო მუშაობის ალბათობა და საშუალო დროისა და საფრთხეების მტყუნებების ანალიზური გამოსახულებები, სხვადასხვა სცენარები რეზერვირების გათვალისწინებით. ქსელის საიმედოობის გაანგარიშება და ოპტიმიზაცია იწვევს შრომის ინტენსივობის შემცირებას და ქსელის გამოყენების ეფექტურობის ხარისხის გაუმჯობესებას. ამავე დროს ხდება ადეკვატური ანალიტიკური მოდელების შემუშავება; ოპტიმიზაციის პრობლემების გადაწყვეტა საიმედოობისა და ხარჯების მაჩვენებლების სრული სიზუსტის გათვალისწინება, რაც განსაზღვრავს ქსელის ხარისხს და ეფექტურობას.

7. შემუშავებული საიმედოობის ოპტიმიზაციის პრობლემა შერჩეული მოდელებისათვის. მიღებული შედეგების გათვალისწინებით ჩამოყალიბდა კონკრეტული საწყისი მონაცემების ქსელის სტრუქტურისა და საჭირო საიმედოობის მოთხოვნები. ჩატარდა ქვესისტემის დუბლირება, მათ შორის

მონაცემთა შენახვისა და დამუშავების სისტემები. ქვესისტემების საიმედოობის პარამეტრების შემდგომი გაუმჯობესება იწვევს ეფექტურობის გაზრდას.

8. გაზგამანაწილებელი ქსელების პროექტირება გვიჩვენებს, რომ გაზის მოხმარების ოდენობა ითვლება მხოლოდ გაზსადენის დიამეტრის განსაზღვრისათვის. ეს გვიჩვენებს, რომ ოპტიმიზაციის ამოცანებში მომხმარებელთა მიერ გაზის მოხმარების ოდენობა პირდაპირ გავლენას არ ახდენს პროექტის ეკონომიკურ პარამეტრებზე. აგრეთვე გაზსადენების კონფიგურაციის ფორმირება და შესაბამისად მისი სათანადო აღრიცხვა - განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია.

9. განსხვავებით არსებული მეთოდებისაგან, შემუშავებულია მდგომარეობათა სასრული რაოდენობით და პარამეტრის ცვლილების უწყვეტი დროის, მქონე მარკოვის პროცესის შესაბამისი კოლმოგოროვის განტოლებები. მიღებულია გაზგამანაწილებელი რგოლური და ჩიხური კომბინაციის ქსელი. პირველად მიღებულია ალბათობის ცხადი ანალიზური გამოსახულებები, რაც იძლევა პრაქტიკულ და ზუსტ შედეგს. რეალური შპს „ყაზტრანსგაზ-თბილისის“ კონკრეტული ქსელის (ორი რგოლი და ერთი ჩიხი, ქ.თბილისის ვაჟა ფშაველას ქუჩაზე) საიმედოობის დადგენა, მიღებულია და შესაძლებელია ამ კომპანიის მიერ ქსელის მართვა საიმედოობის თვალსაზრისით. დადგენილია საშუალო წნევის გაზგამანაწილებელი ქსელის გაზსადენების გამტარუნარიანობისა და ენერგოდაზოგვის ეფექტური მეთოდები, კერძოდ ლუპინგის გამოყენება, მისი პარამეტრების დადგენა და მათი ოპტიმიზაცია. ნაშრომში მიღებული შემუშავებული რჩევები, რეკომენდირებულია ყველა გაზგამანაწილებელი კომპანიებისათვის და გასათვალისწინებელია მათი პრაქტიკაში დანერგვა.

დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებული შრომები

1. ნამგალაძე დ., ლომიძე ი., ბაინდურაშვილი გ. გაზგამანაწილებელი ქსელის გაზსადენის გამტარუნარიანობის გაანგარიშება ლუპინგის საშუალებით. “ენერჯია”, 2017, №2(82), გვ. 27-33.
2. ნამგალაძე დ., ლომიძე ი., ბაინდურაშვილი გ. მაგისტრალური მილსადენის სისტემის ჰიდრომექანიკური ფაქტორების გამოვლენა და ენერგოდამზოგავი რეჟიმების დასაბუთება. “ენერჯია”, 2017, №4(84), გვ. 78-82.
3. ნამგალაძე დ., ბაინდურაშვილი გ. გაზგამანაწილებელი ქსელების არაადგენადი სისტემის საიმედოობის მახასიათებლების დადგენა ცივი და მსუბუქი რეზერვირებისას, ლუპინგის არსებობაში. „საქართველოს საინჟინრო სიახლენი“ – GEN, 2018, № 3'18, გვ. 43-46.

მოხსენებები საერთაშორისო კონფერენციებზე:

1. ბაინდურაშვილი გ. გაზმომარაგების სისტემების რემონტუნარიონის და ტექნიკური მომსახურების პარამეტრები და მაჩვენებლები. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა 85-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის ჰიდროენერგეტიკის და მაგისტრალური სამილსადენო სისტემების სექცია. თეზისების კრებული. 2018 წ. გვ.72.

Resume

The thesis includes a review of literature, the main task of which was to analyze the average pressure of the gas distribution network reliability, engineering analysis of the situation in terms of efficiency.

Natural gas transportation, distribution and use of the combination creates an energy base. Increasing the importance of gas supply in the future, determines the energy factors in the development process of the growing role. Despite the fact that the technical condition of the gas distribution networks is quite high, the problem of ensuring their reliability and efficiency is one of the main priorities that is becoming increasingly important every year. It is connected to the continuous aging of gas distribution networks and the increase of damages. The solution out of this situation, first of all is the technical re-equipment and reconstruction of the devices and the gas pipelines.

Technological reliability can not be improved without forming appropriate methods. At the same time, the methodological assistance issues need to be improved in terms of increasing the credibility assessment and the development of new algorithms and programs. In the context of problematic issues, a further study is needed to increase the innovation potential of gas distribution networks.

The transformation of Georgian market economy creates a lot of economics problems which require deep theoretical understanding and justification for practical solutions. One of them is the issue of natural monopolies, in particular the problem of management of enterprises in the gas sector. Besides the market economy, which started liberalization of foreign economic activity, economic relations have changed radically. The production of industrial enterprises plays an increasingly important role in the country's economic activity.

In the natural gas sector, as well as the modern world economy, it is characterized by the high level of globalization, as well as the increase of individual dependence and industry dependence. Furthermore, the development of global fuel and energy complexes, which become a more global system, determines not just the development of economies of individual countries and regions, but also the integration of various political and economic interests.

At the end of the XX-XXI century and the beginning of the XXI century, the role of natural gas in the world energy market has increased significantly, according to 2018, 24% of the world's energy balance and continues to maintain the natural gas economy and environmental effectiveness.

Nowadays there is an urgent need for the problem. In particular, because of the increase in capital construction, natural and natural gas consumption in the housing and utility sector continues to grow, for example, natural gas consumption in Georgia increases by 4.5%. The share of natural gas consumption now reaches 75-80%. Nowadays, the growth of the role of another country, in particular the role of Azerbaijan in the international energy space has emerged.

Fundamental theories and concepts are used in the paper and are presented as theoretical and methodical basis for economic literature, program and

forecasting of international organizations and state agencies of Georgia, Azerbaijan, Russia and other countries. Comparative, systemic, structural functionality, graphic, economic and statistical analysis of predictions, scientific classification and scientific generalization evaluation, prediction and evaluation of methods, methods of data processing such as generalization, grouping, selection, comparison, etc. In addition to assessing external economic aspects of Georgia's development of gas distribution networks in this study, an attempt has been made to elaborate the main elements of geo-economic methodology for the country's foreign economic and geopolitical interests to analyze major international gas projects.

The predictable gas consumption patterns are unmistakable, as it is an efficient way to predict forecasts in prospective planning and management. The research relevance is reflected in the use of operative-tactical management results.

The goal is to simulate, analyze and predict the natural gas demand. Since current and long-term planning allows the volume of natural gas transportation to the planned period, the volume of their distribution to consumers. To achieve this goal, it is necessary to solve the following tasks: Analysis of the theory and practice of modeling of natural gas volumes; Famous Forecasting models and we consider the weakness of the time-consuming and forecasting of natural gas demand, identifying possibilities of adaptation and modification of well-known models of analysis and forecasting. Analysis of the reliability of gas distribution networks, in particular the analysis of probabilities of disadvantages and precautions, through Markov processes.

Scientific innovation of the thesis is the development of methodical and practical aspects of natural gas demand analysis and forecasting, determining reliability characteristics and their effectiveness.