

# საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

მ. სულაძე

„ნატანები ჰესის“ გაანგარიშება რღვევის მექანიკის  
მეთოდების გამოყენებით

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად  
წარმოდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

სადოქტორო პროგრამა „მშენებლობა“

შიფრი 0406

თბილისი

2019 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტში  
სამშენებლო ფაკულტეტზე  
სამოქალაქო სამრეწველო მშენებლობის დეპარტამენტში

სამეცნიერო ხელმძღვანელები: პროფესორი დავით გურგენიძე  
პროფესორი ლია კახიანი

რეცენზენტები: 102 დეპარტამენტის პროფესორი  
**გ. გურეშიძე**  
ქუთაისის აკ. წერეთლის სახ.  
უნივერსიტეტის პროფესორი,  
**ი. სალინაძე**

დაცვა შესდგება 2019 წლის „—“ „————“ „—“ საათზე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის  
სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე, სტუ-ს I კორპუსი, 5  
სართული, აუდიტორია „————“

მისამართი: 0175, თბილისი, მ. კოსტავას ქ. 68<sup>ა</sup>.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში, ხოლო  
ავტორეფერატისა სტუ-ს ვებ გვერდზე.

სადისერტაციო საბჭოს სწავლული

მდივანი, პროფესორი

დ. ტაბატაძე

## ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

### თემის აქტუალობა.

საქართველოში ჰიდროენერგეტიკის განვითარება არის ქვეყნის სტრატეგიული მნიშვნელობის ამოცანა. ჩვენი ამოცანაა რეგიონის ენერგეტიკულ სექტორში საქართველოს ენერგოსისტემის ლიდერად ჩამოყალიბება. ჰიდროენერგეტიკის განვითარებას უდიდესი გავლენა აქვს სოციალურ სფეროსა და საქართველოს მოსახლეობის კეთილდღეობაზე.

მსოფლიოს მრავალი რეგიონისათვის ძალიან მნიშვნელოვანია სათბობის გამოყენების გარეშე იაფი ელექტროენერჯის მიღება. მნიშვნელოვანია გამოყენებულ იქნას მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული რესურსი, როგორც ენერჯის განახლებადი წყარო, ამიტომ ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობა არის ერთ-ერთი ოპტიმალური გადაწყვეტა ენერგეტიკული უზრუნველყოფისათვის. საქართველოს მთის მდინარეები გამოირჩევიან წყლის ვარდნის დონეთა სხვაობის დიდი მნიშვნელობებით, ფლობენ დიდ ჰიდროენერგეტიკულ პოტენციალს.

ახლო მომავალში საქართველოს მრავალ რეგიონში იგეგმება ახალი ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობა, რომელთა ტექნოლოგიურ სქემაში შემავალი ჰიდრონაგებობები რკინაბეტონისაა.

საქართველოს ტერიტორია სეისმურად რთულ რეგიონს წარმოადგენს. სეისმური თვალსაზრისით მიწისძვრები დიდ საფრთხეს უქმნის ქვეყნის მოსახლეობას, იწვევს დიდ ეკონომიკურ ზარალს.

საქართველოს მთიანი რეგიონები 9 ბალიანია, სადაც ბევრი ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობა იგეგმება, რომელიც საკმაოდ რთულ ნაგებობებს წარმოადგენენ, იმყოფებიან მოძრავი წყლის მუდმივი ზემოქმედების ქვეშ. მათი ტექნოლოგიური სქემა საკმაოდ რთულია.

სეისმურ რეგიონებში ჰიდროტექნიკური ნაგებობების რკინაბეტონის კონსტრუქციების სწორად გაანგარიშება სიმტკიცეზე, ხანგამძლეობაზე, ბზარმდეგობაზე და მზიდი კონსტრუქციების სწორი კონსტრუირება მეტად აქტუალურია.

სადისერტაციო ნაშრომში განხილული თემა „ნატანები ჰესის“ რკინაბეტონის ჰიდრონაგებობათა გაანგარიშება „რკინაბეტონის რღვევის მექანიკის“ მეთოდების გამოყენებით აქტუალურია.

ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ რკინაბეტონის ელემენტების გამყარებისას უჩნდება ტექნოლოგიური ბზარები, რომელიც დატვირთვის ზემოქმედებისას კიდევ უფრო იზრდება, სიგრძეში და სიგანეში. რადგან ჰიდროტექნიკური ნაგებობების რკინაბეტონის ელემენტები მუდმივ მოძრავ წყალში იმყოფებიან, წყალი გამორეცხავს ელემენტის კვეთში არსებულ მინერალებს, გამოიწვევს არმატურის ნაადრევ კოროზიას, მიგვიყვანს ელემენტის რღვევამდე. ამდენად ჰიდროტექნიკური რკინაბეტონის ელემენტების გაანგარიშება და კონსტრუირება „რღვევის მექანიკის“ მეთოდების გამოყენებით მეტად აქტუალურია. იგი საშუალებას იძლევა განვსაზღვროთ რკინაბეტონის ელემენტებში ბზარის სიგრძე, სიგანე, სიმტკიცე, სიხისტე, დეფორმაციულობა და ხანგამძლეობა.

**დისერტაციის მიზანს შეადგენს** ჰიდროსადგურებში გამოყენებული რკინაბეტონის კონსტრუქციების გაანგარიშებებში, რკინაბეტონის რღვევის მექანიკის მეთოდების გამოყენება, რღვევის თავისებურებების შესწავლა.

მუშაობის პერიოდში ჰიდროტექნიკურ ნაგებობებს გააჩნიათ ბევრი თავისებურება. მუშაობა უხდებათ ძალიან რთულ პირობებში იმყოფებიან მდგარ ან მოძრავ წყალში, რომელიც მათზე ახდენს მექანიკურ, ფიზიკურ-ქიმიურ და ბიოლოგიურ მოქმედებას (წყალში არსებული ორგანიზმების მოქმედებით გამოწვეული ხის ლპობის, ქვის დაშლის პროცესები, ბაქტერიული კოროზიის მოვლენა და სხვა).

წყლის მექანიკური მოქმედება ნაგებობებზე ვლინდება ჰიდროსტატიკური და ჰიდროდინამიკური წნევების სახით, რომლებიც მათ ძირითად დატვირთვებს წარმოადგენენ, მნიშვნელოვანია ქარით წარმოშობილი წყლის ტალღების, ჰიდრავლიკური დარტყმის, ნატანის წნევების და მიწისძვრის დროს წყლის სეისმური წნევით გამოწვეული ინერციული ძალები.

წყლის ფიზიკურ-ქიმიური ზემოქმედება ვლინდება ასევე ჰიდრონაგებობების მასალასა და წყალშელწევად გრუნტზე. ასე, მაგალითად, დიდი სიჩქარით მოძრავი წყალი, განსაკუთრებით თუ მას მოაქვს ფსკერული ნატანი ხეხავს ნაგებობებთანა ზედაპირს და ზოგჯერ მოკლე დროში უვარგისს ხდის მას. ანგრევს მდინარის კალაპოტს მაშინაც კი, როდესაც ის კლდოვანია და სხვა. წყლის ზემოქმედებით კოროზიას განიცდის ნაგებობათა ლითონის ნაწილები, რის გამოც მათი სისქე თანდათანობით მცირდება.

ბეტონის ნაგებობებში გაჟონილი (ფილტრაციული) წყლის, როგორც ფიზიკურ, ისე ქიმიურ ზემოქმედებას შეუძლია გამოიწვიოს ნაგებობათა ტანში დარჩენილი ქიმიურად დაუკავშირებელი ჩამქრალი კირის გამორეცხვა და ბეტონის თანდათანობით დაშლა (დეზინტეგრაცია). ბეტონში არსებული ყველა ფორები, შეიძლება განვიხილოთ, როგორც სტრუქტურის ბზარწარმომქმნელი დეფექტები, რომლის მეშვეობით შეგვიძლია დავადგინოთ ფორების წვერზე დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა და ძაბვების ინტენსივობა.

ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა რკინაბეტონის კონსტრუქციების ზემოთ მოკლედ აღწერილი ექსპლოატაციის რთული პირობები უფრო კარგად წარმოაჩენს სადისერტაციო ნაშრომის მიზანის მაღალ პასუხისმგებლობას.

ჰიდროტექნიკური ნაგებობების, „ნატანები ჰესის“ რთული ექსპლოატაციის პირობების გათვალისწინებით, მისი შემადგენელი ჰიდრონაგებობათა რკინაბეტონის კონსტრუქციების გაანგარიშება ერთ-ერთ ურთულეს ამოცანას წარმოადგენს, დიდი მნიშვნელობა აქვს გაანგარიშების მეთოდის შერჩევას.

სადისერტაციო ნაშრომში ჩვენს მიერ შერჩეული მეთოდი ჰიდროტექნიკური ნაგებობების, „ნატანები ჰესის“ რკინაბეტონის კონსტრუქციების გაანგარიშება „რკინაბეტონის რღვევის მექანიკის“ მეთოდების გამოყენებით, იძლევა საშუალებას დატვირთვების

ზემოქმედებისას განვსაზღვროთ ელემენტების ბზარმდეგობა, ბზარის სიგრძე, ელემენტის სიმტკიცე, სიხისტე, დეფორმაციულობა და ხანგამძლეობა, რომელიც უფრო სრულყოფილს გახდის მის კონსტრუირებას და საიმედო ექსპლოატაციას.

### **მეცნიერული სიახლე**

შემოთავაზებული ჰიდროტექნიკური ნაგებობების გაანგარიშება სიმტკიცეზე და ბზარმდეგობაზე უზრუნველყოფს ნაგებობის რკინაბეტონის კონსტრუქციების საიმედოობას.

სადისერტაციო ნაშრომში პირველად განხილულია ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა, „ნატანები ჰესი“ შემადგენელი რკინაბეტონის ჰიდრონაგებობათა გაანგარიშება რკინაბეტონის რღვევის მექანიკის მეთოდების გამოყენებით, რომელიც იძლევა საშუალებას განვიხილოთ ბზარიანი კვეთი განვსაზღვროთ ბზარის სიგრძე, სიგანე, სიმტკიცე, სიხისტე, დეფორმაციულობა, ხანგამძლეობა და მოვახდინოთ სწორი კონსტრუირება, ელემენტის კვეთებში არსებული დეფექტების გათვალისწინებით.

### **გამოყენების არე**

თეორიული და ექსპერიმენტალური კვლევების დაგროვილმა გამოცდილებამ, საშუალება მისცა მრავალი ქვეყნის ინჟინრებს გამოეყენებინათ რკინაბეტონის უდიდესი შესაძლებლობები ჰიდრომშენებლობაში.

ჩვენს ქვეყანაში არსებობს ჰიდროენერგეტიკის მრავალწლიანი განვითარების პროგრამა, რომლის მიხედვით საქართველოს მთიან რაიონებში გათვალისწინებულია ახალი ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობა.

ზემოთ ჩამოთვლილი ნაგებობები (სხვადასხვა საინჟინრო, სამრეწველო, ჰიდროტექნიკური) და მათი შემადგენელი რკინაბეტონის კონსტრუქციები ჩვენს მიერ არჩეული სადისერტაციო თემის გამოყენების არეს წარმოადგენს.

**აპრობაცია:** სადისერტაციო ნაშრომის, როგორც ცალკეული, ისე ძირითადი შედეგები მოხსენებულ იქნა სადოქტორო პროგრამით

გათვალისწინებულ 2 კოლოკვიუმსა და სემინარზე; სამეცნიერო კონფერენციაზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სამრეწველო და სამოქალაქო მშენებლობის დეპარტამენტში.

**პუბლიკაციები.** სადისერტაციო სამუშაოს ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია დისერტაციასთან დაკავშირებულ ოთხ სამეცნიერო ნაშრომში მოხსენიებულია სამშენებლო ფაკულტეტის სამეცნიერო კონფერენციაზე და II საერთაშორისო სიმპოზიუმზე „სეისმომედეგობა და საინჟინრო სეისმოლოგია“.

**სამუშაოს მოცულობა და სტრუქტურა:** სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავლის, 4 თავის, დასკვნის და გამოყენებული ლიტერატურის 56 დასახელების ნუსხისაგან, ტექსტის საერთო მოცულობა 163 გვერდი.

### **ნაშრომის შინაარსი**

**პირველი თავში** განხილულია არსებული ბიბლიოგრაფიული მასალის მიმოხილვა და ანალიზი, ჰიდროტექნიკური ნაგებობების განვითარების ისტორია, მათი კლასიფიკაცია, ბეტონისა და რკინაბეტონის ელემენტების რღვევის მექანიკის მეთოდების გაანგარიშების კვლევების მიმოხილვა, ჰიდროტექნიკური ნაგებობების სეისმომედეგობაზე გაანგარიშების არსებული მეთოდები.

ჰიდროტექნიკის ისტორია დაკავშირებულია ადამიანის მიერ წყლის გამოყენების დასაწყისთან. კაშხლებსა და არხებს აშენებდნენ რამდენიმე ათასი წლის წინათ ჩვენს წელთაღრიცხვამდე. მდინარის წყლის გამოყენება ადამიანმა დაიწყო უფრო ადრე.

რომის იმპერიის არსებობის პერიოდში VI-III საუკუნეებში ჩვენს წელთაღრიცხვამდე აშენდა წყალსადენის გრანდიოზული სისტემები, რომლებიც დღესაც იწვევენ აღტაცებას.

ძველ საუკუნეებში ჰიდროტექნიკურ ნაგებობებს აშენებდნენ ესპანეთში, სირიაში, არაბეთში, ეგვიპტეში, სპარსეთში.

ჰიდროტექნიკური ნაგებობების შექმნის მიზანი იყო წყლის დონის აწევა მდინარეში (კაშხლები) სხვადასხვა სამეურნეო ინტერესების დასაკმაყოფილებლად, ტევადი წყალსაცავებისა და კაშხლების შექმნა მიწების მორწყვისათვის, წყალდიდობის შესაკავებლად, ქვემოთ მდებარე ტერიტორიების დაცვისათვის მისი შემდგომი ხარჯის მიზნით, წყალსადენის წყალმიმღებ მოწყობილობათა მოთავსების სანიტარული და საქალაქო კეთილმოწყობისათვის და მრავალი სხვა.

აღსანიშნავია, რომ საქართველოში ადრეული პერიოდიდან ცნობილია ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა სხვადასხვა სახეობანი: ჯებირები, კაშხლები სარწყავი სისტემებისათვის, წყალსადენები, არხები და სხვა.

ჰიდროტექნიკურ მშენებლობაში გვხვდება მრავალი ტიპის კაშხალი, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან კონსტრუქციების სახეობის, მასალით და აგების წესით. თითოეული მათგანი გამოიყენება შესაფერის პირობებში; კონკრეტულ შემთხვევაში კაშხლის ყველაზე უფრო მიზანშეწონილი და ხელსაყრელი ტიპის არჩევა დამოკიდებულია კაშხლის დანიშნულებაზე, მშენებლობის რაიონის ადგილობრივ და ბუნებრივ პირობებზე და მშენებლობის ვადებზე. ბუნებრივი პირობებიდან ყველაზე მნიშვნელოვანია: მდინარის ჰიდროლოგიური რეჟიმი, ჩანადენის სიდიდე და მისი განაწილება წლის დროთა მიხედვით, მყარი ნატანის მოძრაობის ხასიათი, ყინულოვანი რეჟიმი, მშენებლობის რაიონის გეოლოგიური და ჰიდროლოგიური პირობები, ბუნებრივ-სამეურნეო პირობებს მიეკუთვნება აგრეთვე ადგილობრივი საშენი მასალების არსებობა.

კაშხლის შესაფერისი ტიპის არჩევა წარმოებს მოცემული პირობებისათვის სხვადასხვა საპროექტო ვარიანტების შერჩევის გზით. საბოლოოდ აირჩევა მათ შორის ეკონომიურად ხელსაყრელი და ტექნიკურად მიზანშეწონილი ვარიანტი.

სადისერტაციო ნაშრომში განხილულია კონსტრუქციული ნიშნის მიხედვით ყველაზე მეტად გავრცელებული ორი ტიპის კაშხალი: თაღოვანი კაშხალი და გრავიტაციული კაშხალი.



უკანასკნელი 25-30 წლის განმავლობაში მსოფლიოში დაგროვდა მდიდარი გამოცდილება თაღვანი კაშხლების კვლევის, დაპროექტების და ექსპლუატაციის შესახებ. ამჟამად, თაღვანი კაშხლების დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის სურათის დასადგენად დამუშავებული მეთოდები საშუალებას იძლევა ნებისმიერი კონსტრუქციის თაღვანი კაშხალი გაანგარიშდეს პრაქტიკულად მისაღები სიზუსტით.

ზოგადად თაღვანი კაშხლის გაანგარიშების მეთოდები იყოფა ორ ჯგუფად:

პირველი ჯგუფს მიეკუთვნება ე.წ. „სუფთა თაღის“ მეთოდები, რომლებიც განიხილავენ თაღვანი კაშხლებიდან პორიზონტალური სიბრტყეებით ამოჭრილ ერთეული სიმაღლის თაღებს ჰორიზონტალური დატვირთვების მოქმედების და სხვადასხვა ხასიათის დაყრდნობის პირობებში.

მეორე ჯგუფს მიეკუთვნებიან მეთოდები, რომლებიც თაღვან კაშხლებს განიხილავენ, როგორც ჰორიზონტალური და ვერტიკალური დატვირთვების ქვეშ მომუშავე სივრცულ სისტემას. თაღვანი კაშხლის, როგორც სივრცითი სისტემის გაანგარიშების მეთოდები (საანგარიშო სქემიდან გამომდინარე) შეიძლება დაჯგუფდეს შემდეგნაირად: „ცენტრალური კონტროლის მეთოდი“, ფაქტიურად ორთოტროპული სისტემების შერწყმის მეთოდი, ვარიაციული ღეროვანი მეთოდი, სასრულ გადამკვეთი ღეროების მეთოდი, გარსებისა და დრეკადობის თეორიაზე დაფუძნებული მეთოდები. ამოცანების რეალიზაციისათვის თითოეულ მეთოდში გამოიყენება სხვადასხვა მათემატიკური აპარატი.

საქართველოში არის ევროპის ყველაზე მაღალი 271,5 მეტრი სიმაღლის თაღვანი კაშხალი „ენგური“. ენგურჰესის მშენებლობა ქართული ტექნიკური აზროვნების ისტორიაში ყველაზე თამამი ჩანაფიქრის განხორციელება იყო.

საქართველოში ჰიდროტექნიკური ნაგებობების მშენებლობისა და განვითარების ძირითადი პერიოდი დაიწყო 1946 წლიდან. დასახელებული

პერიოდის შემდეგ ჩვენს ქვეყანაში მრავალმა მეცნიერმა გამოაქვეყნა თავისი შრომები და კვლევები ჰიდროტექნიკურ ნაგებობებთან დაკავშირებით.

1970 წელს ნ. მოწონელიძემ, ი. ლუდუშაურმა, ა. კაკუშაძემ გამოსცეს წიგნი: „მასიურთავებიანი კონტრფორსული კაშხლების ანგარიში ფუძის დრეკადობის გათვალისწინებით“.

1963 წელს ალექსანდრე ლოსაბერიძემ გამოსცა წიგნი: „დაწნევითი გვირაბების ერთფენიანი მოპირკეთების გეგმარება და გაანგარიშება“. განხილულია დაწნევითი გვირაბების სამი მთავარი ტიპი:

1. ბეტონი უარმატუროდ;
2. რკინაბეტონის მხოლოდ შინაგანი არმატურით;
3. რკინაბეტონის შინაგანი და გარეგანი არმატურით.

1982 წელს გამოიცა წიგნი „ჰიდროტექნიკური ნაგებობები“.

ავტორები: პროფ. ბ. ჩაკვაშვილი, ხუბერიანი, ა. სახვაძე.

დასახელებული ნაშრომი განხილულია ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა მოკლე აღწერა.

განხილულია აგრეთვე, ერთგვაროვანი მიწის კაშხლის ანგარიში წყალგაუმტარ ფუძეზე.

ბირთვიანი და ეკრანიანი კაშხლების ფილტრაციული ანგარიში გრუნტის მდგრადობის შემოწმება.

მრავალი ნაშრომი და ექსპერიმენტული კვლევებია ჩატარებული ნ. მოწონელიძის, ი. ლუდუშაურის, გ. სუბერიანის, ა. ყუბანეიშვილის, ა. პირადოვის და სხვათა მიერ ჰიდროტექნიკის სამეცნიერო-საკვლევ ინსტიტუტში, გამოცემულია არაერთი ნორმატიული მასალა; ჰიდროტექნიკური ნაგებობების მოდელების გამოცდას ხუდონის და ენგურის კაშხლების დაპროექტებისას დროს მიემდვნა მრავალი სტატია და სახელმძღვანელო.

გრავიტაციული კაშხლები შეიძლება აშენდეს, როგორც კლდოვან, ასევე ნახევრად კლდოვან და არაკლდოვან ფუძეებზე. მათ ფუძეებად სასურველია მტკიცე, მონოლითური, სუსტად დაბზარული, წყალმედეგი და

ყინვამედები კლდოვანი ქანები, რომლებიც ამასთანავე ხელსაყრელად იქნებიან განლაგებული მძვრელი ძალების წინააღმდეგ.

გრავიტაციული ბეტონის კაშხლები მათი კონსტრუქციული სიმარტივიდან და საიმედოობიდან გამომდინარე გავრცელებულია საკმაოდ ფართოდ. მსოფლიოში სამ უდიდეს ჰესს: „სამი ხეობა“, „იტაიპუ“, „გური“ აქვთ ასეთი კაშხლები.

სახელწოდებიდან გამომდინარე ამ ტიპის კაშხლებს აქვს ორი ძირითადი თავისებურება: ისინი ეწინააღმდეგებიან წყლის წნევას წყალსაცავის მხრიდან საკუთარი წონის ხარჯზე და მზადდება ბეტონისაგან.

რკინაბეტონის ელემენტების გაანგარიშება რღვევის მექანიკის მეთოდების გამოყენებით 80-იან წლებში დაიწყო მოსკოვსა და თბილისში. ღუნვადი ელემენტი განიხილებოდა, როგორც ბლოკები ბზარებს შორის. შემოთავაზებული თეორია ექსპერიმენტის შედეგებზე იყო დაფუძნებული. თბილისში საქართველოს ენერგეტიკის სამეცნიერო საკვლევ ინსტიტუტში სამუშაოები მიმდინარეობდა ა. პირადოვის, გ. გაბუნიას, ლ. გველესიანის და სხვა მეცნიერების მიერ.

ა. პირადოვის და სხვების ნაშრომებში შემოთავაზებულია რკინაბეტონის ელემენტების გაანგარიშების მეთოდი დატვირთვის ხანგრძლივი, ხანმოკლე და ნიშანცვლადი სიდიდის მოქმედებისას.

მიუხედავად იმისა, რომ რკინაბეტონის ელემენტების რღვევის მექანიკის მეთოდების გაანგარიშებისას ადგილი აქვს ემპირიული კოეფიციენტების სიმრავლეს, მიღებული თეორიული გაანგარიშებები ძალიან ახლოს არის ექსპერიმენტით დადგენილ სიდიდეებთან. იგი იძლევა ბევრი ისეთი საკითხების გადაწყვეტის შესაძლებლობას, რაც ცნობილი გაანგარიშების მეთოდებით შეუძლებელია. მაგალითად, ჰიდროტექნიკის ნაგებობებში წყლის გადამყვანი ხვრელის (ღიობის) ირგვლივ ძაბვების კონცენტრაციის დადგენას, მის კონსტრუირებას, ფანჯრების და კარების ღიობის არმირებას, როცა მოცემულია ღიობის სიგრძე და სიგანე,

ტექნოლოგიური ხვრელების ირგვლივ ძაბვების კონცენტრაციას და შესაბამისად მის კონსტრუირებას და სხვა.

წინამდებარე კვლევები არის საფუძველი რკინაბეტონის რღვევის მექანიკის ერთიანი გაანგარიშების თეორიის განვითარების და სრულყოფის, რომელიც აზუსტებს ამტანუნარიანობას და დეფორმაციას, რკინაბეტონის ელემენტების ბზარწამოქმნის ფიზიკურ პროცესს, დაზიანებას ბეტონსა და არმატურაში  $K_{1c}$  და  $G_{1c}$  – ენერგეტიკული კრიტერიუმების დადგენას.

ჰიდროტექნიკური ნაგებობების გაანგარიშებისას სეისმომედეგობაზე, მიუხედავად მისი სახეობისა და კლასისა გამოიყენება ანგარიშის სამი მეთოდი, დინამიკური თეორია, ხაზოვან სპექტრალური და სტატიკური.

ჰიდროსადგურების სეისმომედეგობის შეფასებისათვის საჭიროა დატვირთვებისა და ზემოქმედებების განსაკუთრებული თანწყობა, რომელიც მოიცავს დატვირთვების და ზემოქმედებების ძირითად შერწყმას სეისმური ზემოქმედებით აღძრულ განსაკუთრებულ დატვირთვებთან.

მიწისძვრის დროს ფუძის სეისმური რხევების გავლენით ნაგებობებში წარმოიქმნება ინერციული ძალები, რომ სეისმურ რაიონში მშენებლობისას, გარდა ჩვეულებრივი დატვირთვებისა (ნაგებობისა და მასზე მოთავსებულ მოწყობილობათა საკუთარი წონისა, ნყლის ჰიდროსტატიკური წნევა, ტალღების, ნატანის, ყინულის წნევები და სხვა) გაანგარიშდეს სეისმური ძალების ზემოქმედებაზე, რომელიც ქმნის დამატებით ძაბვას, სეისმურ დამაბულ მდგომარეობას. გაანგარიშება მიმდინარეობს დაშვების საფუძველზე, რომ სეისმური ძალები მოქმედებს სტატიკურად და ამასთანავე ნაწილდება ნაგებობაში მასების განლაგების შესაბამისად.

ნაგებობათა გეგმარების დროს გათვალისწინებულია, რომ სივრცეში სეისმურ ძალებს შეიძლება ჰქონდეს ნებისმიერი მიმართულება, ამიტომ გაანგარიშების დროს განხილულია, როგორც გრძივი, ისე განივი ღერძების მიმართულებით მოქმედი ჰორიზონტალური ძალები. ამასთანავე ორივე მიმართულებით სეისმური ძალების მოქმედება გათვალისწინებულია ცალ-ცალკე.

ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა კონსტრუქციები მიწისძვრის მოქმედების შემთხვევაში უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს:

1. კონსტრუქციულმა და არაკონსტრუქციულმა ელემენტებმა დაზიანების გარეშე უნდა გაუძლოს სუსტი მიწისძვრის ზემოქმედებას, რომლის ზემოქმედება ნაგებობების არსებობის მანძილზე მრავალჯერ არის მოსალოდნელი;
2. გაუძლოს იშვიათ მიწისძვრას, რომელიც ჰიდროტექნიკური ნაგებობების არსებობის მანძილზე მხოლოდ ერთხელ არის მოსალოდნელი. კონსტრუქციული და არაკონსტრუქციული ელემენტების დაზიანებით, მაგრამ სიცოცხლის მნიშვნელოვანი დანაკარგების გარეშე;
3. გაუძლოს უძლიერეს მოსალოდნელ მიწისძვრას ნგრევის ძალიან დაბალი ალბათობით, კონსტრუქციული და არაკონსტრუქციული ელემენტების მნიშვნელოვანი დაზიანებით.

რეგიონში, რომელთა სეისმურობა განისაზღვრება 9 ბალით პირველი კლასის ჰიდროტექნიკური ნაგებობები შენდება დამატებით ანტისეისმური ღონისძიებების გათვალისწინებით სპეციალური მითითებების მიხედვით.

სადისერტაციო ნაშრომის მეორე და მესამე თავებში განხილულია „ნატანები ჰესის“ პროექტის აღწერა და პროექტის მიზანი.

პროექტის მიზანს წარმოადგენს გურიის რეგიონის ოზურგეთის მუნიციპალიტეტში მდ. ნატანებზე მცირე სიმძლავრის (8,4 მგვტ) ჰიდროელექტროსადგურის „ნატანები ჰესის“ მშენებლობა და ექსპლუატაცია.

ექსპლოატაციაში შესვლის შემდეგ ჰესი ელექტროენერგიას გამოიმუშავებს მდ. ნატანების წყლის ბუნებრივი ჩამონადენის და საპროექტო სათავე კვანძსა და ძალურ კვანძებს შორის არსებული სიმაღლეთა სხვაობის (დაწნევის) გამოყენებით, გამოიმუშავებული ელექტროენერგია ჩაერთვება სახელმწიფო ელექტროსისტემაში.

ჰესის მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერგიის ნაწილი განსაკუთრებით დეფიციტურ სეზონზე (ზამთრის თვეებში) რეალიზებული

იქნება ადგილობრივ ბაზარზე. აღნიშნული ხელს შეუწყობს საქართველოს მთავრობის მიერ ენერგეტიკულ სექტორში დაგეგმილი გრძელვადიანი პოლიტიკის გატარებას, კერძოდ: საკუთარი ჰიდრორესურსებით ქვეყანაში არსებული მოთხოვნის დაკმაყოფილებას, ეტაპობრივად ჯერ იმპორტის, შემდეგ კი □ თბოგენერაციის ჩანაცვლებით და ჭარბი ელექტროენერჯის ექსპორტზე გატანით.

„ნატანები ჰესი“ იქნება არარეგულირებადი (წყალსაცავის გარეშე) ბუნებრივ ჩამონადენზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგური. მიუხედავად ამისა, რომ მსგავსი ტიპის ჰესები ელექტროენერჯის მაღალი წლიური გამომუშავებით არ გამოირჩევიან, მათ დიდ კაშხლიან, წყალსაცავიან ჰესებთან შედარებით მნიშვნელოვანი გარემოს დაცვითი უპირატესობა (ნაკლები ზემოქმედება მიწის საკუთრებასა და გამოყენებაზე, ადგილობრივ კლიმატურ პირობებზე, ბიოლოგიურ გარემოზე, ფიზიკური და ეკონომიკური განახლების დაბალი რისკებზე და ა.შ.) გააჩნიათ.

გამომდინარე აღნიშნულიდან განსახილველი პროექტი მივიჩნიეთ ენერგეტიკულ სექტორში, საქართველოს მთავრობის გრძელვადიანი პოლიტიკის ჰარმონიულ ნაწილად. იგი არ ხასიათდება გარემოზე განსაკუთრებით მაღალი შეუქცევადი ზემოქმედებით. ცალკეულ შემთხვევებში შესაბამისი შემარბილებელი და საკომპენსაციო ღონისძიებების ეფექტურად გატარების პირობებში, შესაძლებელია ნეგატიური ზემოქმედების შემცირება.

ლიტერატურიდან ცნობილია, მცირე ჰესების უპირატესობა დიდ ჰესებთან შედარებით ეკონომიურია, გამომუშავებული ელექტროენერჯის თვითღირებულება 2□2,5-ჯერ ნაკლებია, ვიდრე დიდი სიმძლავის ჰესების, არ ითხოვს შეტბორვის დიდ ფართობს, მშენებლობისათვის გამოყოფილ დიდ მიწის ნაკვეთს, მომხმარებელთან სიახლოვე, მცირე დროში ელექტროენერჯის მიღება, სამუშაო-საექსპლოატაციო რეჟიმის რეგულირების სიმარტივე, ეკოლოგიურად სუფთა გარემო, ადგილობრივი მოსახლეობის სამუშაო ადგილებით უზრუნველყოფას.

დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას, რომ იმ შემთხვევაში თუ ჰესის მშენებლობა განხორციელდა შესაბამისი პირობების მაქსიმალური დაცვით, შესაძლებელი იქნება ბუნებრივ გარემოზე მოსალოდნელი ნეგატიური ზემოქმედების მინიმუმამდე დაყვანა, რაც თავის მხრივ გაზრდის მოსალოდნელი დადებითი შედეგების ეფექტიანობას, რაც მნიშვნელოვან სოციალურ-ეკონომიკურ სარგებელს მოიტანს.

#### **პროექტის აღწერა (ზოგადი მიმოხილვა)**

ჰესის მშენებლობა იგეგმება გურიის რეგიონში ოზურგეთის მუნიციპალიტეტის სოფელ ვაკიჯვართან მდ. ნატანების ხეობის 650-415მ ნიშნულებს შორის. ბუნებრივ ჩამონადენზე მომუშავე ჰესის წყლის საანგარიშო ხარჯი შეადგენს 4,4 მ<sup>3</sup>/წმ. დადგმული სიმძლავრე 8.4 მგ.ვტ. ელექტროენერჯის საშუალო წლიური გამომუშავება 59 მგვტ.სთ.

სათავე კვანძი ეწყობა მდინარის კალაპოტის 650 მ ნიშნულზე.

საპროექტო მონაკვეთში (ზ.დ. დაახლოებით 400□650 მ. ნიშნულებს შორის) მდ. ნატანების კალაპოტის კონფიგურაცია ისეთია, რომ სადერივაციო სისტემის მოწყობა შედარებით ხელსაყრელია მარჯვენა სანაპირო ფერდობზე.

წყალგამტარი, ანუ დაბალწნევიანი გვირაბი გაივლის მდ. ნატანების მარჯვენა სანაპირო ფერდობში. მისი სიგრძე იქნება 2,4 კმ. სადერივაციო გვირაბი წყალს სათავე კვანძიდან მიაწვდის სადაწნეო აუზს. სადაწნეო აუზიდან იწყება სადაწნეო მილსადენი, სიგრძით 1,3 კმ. იგი წყალს მიაწვდის ზედა დონეს 415 მ. სიმაღლეზე განლაგებულ მიწისზედა ჰესის შენობას. ჰესის შენობაში გათვალისწინებულია დამონტაჟება ჰელტონის ტიპის ორი ვერტიკალური ჰიდროტურბინის. ჰესის გადამუშეებული წყალი გადამყვანი არხის მეშვეობით ჩაშვებული იქნება მდ. ნატანებში ზედა დონეზე 412, 7 მ. ნიშნულზე.

„ნატანები ჰესის“ შემადგენელი ძირითადი ობიექტებია:

- სათავე კვანძი;
- სადერივაციო სისტემა გვირაბი;

- სადაწნეო სისტემა (სადაწნეო აუზი და მილსადენი);
- ძალური კვანძი (ჰესის შენობა და ქვესადგური).

სადისერტაციო ნაშრომის მესამე თავში განხილულია „ნატანები ჰესის“ რკინაბეტონის ელემენტების გაანგარიშება „რკინაბეტონის რღვევის მექანიკის“ მეთოდების გამოყენებით.

გაანგარიშებულია „ნატანები ჰესის? რკინაბეტონის სადაწნეო აუზი.

ლიტერატურიდან არის ცნობილი, რომ რკინაბეტონი დღეისათვის ყველაზე ფართოდ არის გამოყენებული სამშენებლო ინდუსტრიაში; საჭირო ხდება ყურადღების გამახვილება მის სიმტკიცეზე, რომელიც გაჭიმვაზე ძალზე დაბალია, აქვს დიდი რაოდენობის ტექნოლოგიური დეფექტები, ხდება ძაბვების კონცენტრაცია არსებულ დეფექტებთან (ბზარებთან), ასევე მის მოცულობაში არსებულ სიცარიელებთან; ყოველივე ეს დიდ გავლენას ახდენს მის სიმტკიცეზე და ბზარმედეგობაზე. დატვირთვა მასში არსებულ დეფექტებზე (ბზარებს) იწვევს ძაბვების კონცენტრაციის ზრდას, ასევე ახალი ბზარების წარმოქმნას და გაზრდას. ბეტონის რღვევის თავისებურებების შესწავლა ზემოთ მოყვანილი პროცესებიდან გამომდინარე არის უმნიშვნელოვანესი ამოცანა, რათა შეიქმნას რკინაბეტონის კონსტრუქციები ხანგამძლე, მტკიცე და ბზარმედეგი.

რკინაბეტონის ელემენტების ბზარმედეგობაზე გაანგარიშებისას გავლენას ახდენს ძაბვების კონცენტრაციის კრიტიკული კოეფიციენტი  $K_c$  და ენერგია  $G_c$ , ბეტონის სტრუქტურა, გამყარების პირობები, ტემპერატურა, ტენიანობა და მრავალი სხვა ფაქტორები, რომელიც განხილულია და შესწავლილია მრავალი მეცნიერის მიერ.

გასაანგარიშებელი რეზერვუარი წარმოადგენს კაშხლის წინამდებარე რეზერვუარს, სადაც გროვდება წყლის დიდი მასა, რომელიც შემდეგ მიეწოდება ჰესის ტურბინებს. რეზერვუარის კედელი ცვალებადი სიმაღლისაა, აბსოლუტური ნიშნულის მიხედვით 530 მ-დან, რეზერვუარის ჰორიზონტალურ უბანზე ნიშნულ 524,3 მ-მდე.



განგარიშებისათვის დავადგინოთ კედლის სისქე, მასზე მოქმედი ნორმატიული ჰიდროტექნიკური წნევა, რომელიც იზრდება წრფივად სიღრმის გაზრდასთან ერთად  $P^\sigma$ ,  $H$  სიღრმე 5,7 მ, აბსოლუტური ნიშნულის მიხედვით  $(887,3 \square 881,6) \text{ მ} = 5,7 \text{ მ}$ .

გამოვთვალოთ ნორმატიული ჰიდროტექნიკური წნევა შემდეგი ფორმულით

$$P^\sigma = \gamma \cdot H$$

და რეზერვუარის კედელში გამჭიმი ძალვა  $T_0^\sigma$ , რომელიც ჰიდროტექნიკური წნევის თანაბრადგანაწილებული ზემოქმედებით აღიძვრება რეზერვუარის კედელში და ტოლია

$$T_0^\sigma = \gamma H \cdot l_{\text{კედ}}.$$

მლუნავ მომენტის და განივ ძალის სიდიდე დიდია რეზერვუარის ძირთან და მცირდება სიმაღლის მატებასთან ერთად.

მლუნავი მომენტი ნებისმიერ კვეთში ძირიდან  $x$  მანძილზე გამოვთვალოთ ფორმულით:

$$M^\sigma = \frac{P_{\text{max}}^\sigma}{2m^2} \left[ \left( 1 - \frac{1}{mH} \right) \eta_1 - \eta_2 \right].$$

გავიანგარიშეთ რკინაბეტონის რღვევის მექანიკის მეთოდების გამოყენებით არმატურის საჭირო ფართობი რეზერვუარის 1 მ-ის სიგანის და ძირიდან 1 მ-ის სიმაღლის ზოლისათვის.

განვსაზღვრეთ ძაბვის ინტენსივობის კრიტიკული კოეფიციენტი

$$K_1 = M \cdot \gamma(a_1) m^2.$$

არმატურის საჭირო ფართობი გამოვთვალოთ ფორმულით:

$$A_s = \frac{a^2 (K_{1c}^{st})^4}{\pi L_0^2 h^2 \cdot c^2 K_{czc}^4 \cdot 3164} \left[ \sqrt{\frac{c}{2}} + f(e) \right]^4 (1 - e^2)^4.$$

დავადგინეთ კვეთის ზიდვის უნარი რკინაბეტონის რღვევის მექანიკის მეთოდის მიხედვით შემდეგი ფორმულით:

$$M_{\text{ჰ3}} = \frac{K_{11c}^b \cdot \pi^{2/3} \cdot b}{\sqrt{l_g}} \left[ \left( x_i - \frac{a_{crc}^h}{2} \right) \left( h_0 - \frac{2x_i - a_{crc}^h}{4} \right) + \right]$$

$$+ \left( x - x_i - \frac{a_{crc}^h}{2} \right) \left( h_0 - \frac{2x + 2x_i + a_{crc}^h}{2} \right) \Big] -$$

$$- \frac{K_{1c}^b \cdot \pi^{3/2} \cdot b}{\sqrt{l_g}} (h - x - L_{crc}^v + a) \frac{h_0 - x + L_{crc}^v - a}{2}.$$

გამოვთვალეთ ბზარის სიგრძე და სიგანე ნორმალური კვეთისათვის:

$$L_{crc}^h = \frac{0,285 \cdot \sqrt{3} h^{3/2} \cdot \pi^{3/2} \sqrt{K_{1c}^b + K_{11c}^2}}{2\sqrt{2} K_{11c}^b \cdot h \cdot \sqrt{l_{ge}} - 2,26 \sqrt{3} h \cdot \pi^{3/2} \sqrt{K_{1c}^b + K_{11c}^b} \cdot d}.$$

$$a_{crc}^{bh} = a_{crc}^{bh_1} + a_{crc}^{bh_{11}} = \frac{\sqrt{\pi^5} \cdot K_{1c}^b \cdot L_{crc}^h (1 - \nu^2)}{E_b \sqrt{l_{ge}}} (1 + 1,14\lambda^2 - 0,604\lambda^4)^2 +$$

$$+ \frac{2K_{11c}^b}{\sqrt{\pi^3} \sqrt{L_{crc}^h} \cdot E_b} \cdot \int_{-L_{crc}^h}^{L_{crc}^h} \Gamma(L_{crc}^h \cdot \Omega) d\Omega.$$

ვიანგარიშეთ ბზარწარმოქმნის მომენტი

$$M_{crc}^{rv} = K_{1c} \cdot W_{crc} \cdot K_{pc},$$

სადაც  $W_{crc}$  – დაყვანილი კვეთის წინაღობის მომენტი.

$$W_{crc} = I_{crc} \cdot A_{crc} / S_{crc}.$$

გამოთვალეთ ელემენტის ცოცვადობა

$$C'(\infty, \tau) = (1 - 0,7)^3 \sqrt{E_b \mu / E_s} \cdot C_b^b(\infty, \tau)$$

რეზერვუარის ხანგამძლეობის დასადგენად დავადგინეთ ცოცვადობის კოეფიციენტი  $A$  და  $B$

$$A = \frac{\gamma(a) G'(\infty, \tau) E_B (1 - \nu) l_{lg}}{24\pi^2 (K_{1c}^b)^2 (1 - \nu^2)}.$$

$$B = 2E_b C^b(\infty, t).$$

დავადგინეთ ბზარის წაგრძელება ერთეულ  $t$  დროში  $\Delta l_{crc}^r = 0,38$  მ.

რეზერვუარის ხანგამძლეობის დასადგენად ვისარგებლოთ ჩვენს მიერ შემოთავაზებულ ფორმულაში ზემოთ მიღებული სიდიდეების ჩასმით, მივიღეთ, განტოლება

$$0,38 = 0,075 \left\{ 0,442 \left[ 0,54 \cdot 10^{-5} (t - 13140) + \lg(1 + 7,63(1 - l^{-0,54 \cdot 10^{-5} (t - 28)})) \right] + \right.$$

$$\begin{aligned}
& +2 \cdot 0,36 \cdot 3,12 \cdot \lg 13140 \times \int \frac{dt}{28 \lg t \sqrt{1+7,63(1-e^{-0,54 \cdot 10^{-5}(t-28)})}} + (3,12 \lg 28)^2 \Big\} . \\
\Delta I_{crc}^r = & 0,033 \Big\{ 0,442 \left[ 4,3 \cdot 10^{-2}(t-28) + \lg(1+8,28)(1-l^{-4,3 \cdot 10^{-2}(t-28)}) \right] + \\
& +2 \cdot 0,32 \cdot 3,12 \cdot \lg 28 \int \frac{dt}{28 \lg t \sqrt{1+8,28(1-e^{-4,3 \cdot 10^{-2}(t-28)})}} + \\
& + (3,12 \lg 28)^2 \int \frac{dt}{28 (\lg t)^2} \Big\} .
\end{aligned}$$

განტოლების ამოხსნის შემდეგ დავადგინეთ რეზერვუარის ასაკი, რომელიც ტოლია  $t=32,5$  წელი.

მეორე რკინაბეტონის ელემენტი, რომელიც გავიანგარიშეთ გახლდათ წყლის გადამყვანი მილის ჩამაგრების ფილა.

ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ რღვევის მექანიკის მეთოდით რკინაბეტონის ელემენტების გაანგარიშება ამაღლებს ბზარმედევობას, სიმტკიცეს და ხანგამძლეობას.

ჩვენი მიზანია „ნატანებ ჰესის“ წყლის გადამყვანი მილის ღიობის ბზარმედევობის უზრუნველყოფა და მისი სწორი კონსტრუირება. წყლის გადამყვანი ღიობი (ხვრელი) მოთავსებულია რკინაბეტონის ფილის სიბრტყეში. დასაშვები ბზარის გახსნა ღიობის ირგვლივ  $a_{\text{ზ,ბ}}^{\text{max}} = 0,0002\text{მ}$ , დატვირთვა ხვრელზე მოდებულია თანაბრადგანაწილებულად.

გამოვთვალეთ ძაბვის კონცენტრაციის კოეფიციენტი

$$\begin{aligned}
K_{IC} &= 0,018 + 0,500R_{bt} ; \\
K_{IC}^b &= \frac{2 \cdot q \sqrt{\pi R(1-\delta_1)} \cdot \sqrt{1-(1-\delta_1)^{-4}}}{[1+(1+\delta_1)^2]^2} .
\end{aligned}$$

გამოვთვალეთ ძაბვის ინტენსივობის კოეფიციენტი  $K_{IIc}$

$$K_{IIc} = 0,87 + 0,13R_b ;$$

და ბეტონის ცოცვადობის პარამეტრები

$$C(\infty, 0) = a \left( \frac{56 \sqrt{l_{bg}}}{K_{IIc} \pi^{3/2}} - 0,63 \right) \cdot 10^{-4} .$$

იმისათვის, რომ გამოვთვალოთ არმატურაზე მომქმედი ძაბვა და ძაბვის სიდიდე  $x_i$  წერტილში ამოვხსნით განტოლებათა სისტემა.

ამ განტოლებათა სისტემის ამოხსნის შედეგად მივიღეთ ძაბვები

$$P_1 = 0,996 \text{ მეგაპნ/მ}; \quad P_2 = 0,86 \text{ მეგაპნ/მ}; \quad P_3 = 0,46 \text{ მეგაპნ/მ}; \quad P_4 = 0,0534 \text{ მეგაპნ/მ}.$$

არმატურად გამოვიყენეთ A500c კლასის პერიოდული პროფილის არმატურა, რომლის  $R_s = 460$  მგპ.

დავუშვით არმატურის დიამეტრი  $d = 32$  მმ, რომლისთვისაც ცხრილიდან ვიღებთ ძაბვის კონცენტრაციის კოეფიციენტს  $K_{IC}^{st} = 27,5$  მგპ და ვთვლით ძაბვებს შესაბამის წერტილებში

$$\sigma_{s1} = \frac{4K_{IC}^{st}}{K_{crc} \sqrt{\pi d}},$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_1 \cdot a_{crc}^2}{a_{crc}^1},$$

$$\sigma_3 = \frac{\sigma_2 \cdot a_{crc}^3}{a_{crc}^1},$$

$$\sigma_4 = \frac{\sigma_3 \cdot a_{crc}^4}{a_{crc}^1}.$$

ძაბვის მიხედვით გამოვთვალოთ არმატურის საჭირო ფართობი

$$A_{st} = \frac{P_i}{\sigma_{st}}$$

და მოვახდინეთ ღიობის ირგვლივ ფილის კონსტრუქცია.

შემდეგი ელემენტი გახლავთ სამანქანო ნაწილის გადახურვის რკინაბეტონის კოჭი, ტესებრი მოხაზულობის, ორქანობიანი  $l = 18$  მ.

საანგარიშო დატვირთვა კოჭის წონის გათვალისწინებით  $q = 10,12$  კნ/მ.

საჭიროა კოჭის გაანგარიშება დეფორმაციაზე რღვევის მექანიკის მეთოდების გამოყენებით.

გამოვთვალოთ ძალები კოჭის კვეთებში

$$M = \frac{ql^2}{8}$$

და ძაბვა გაჭიმულ არმატურაში

$$\sigma_s = \frac{4K_{IC}^{st}}{K_{crc} \sqrt{\pi d}}.$$

გამოვთვალეთ ნორმალური ბზარის სიგრძე, რომელიც აღიძვრება მომენტის მოქმედებით.

$$l_{crc}^v = \frac{M^2 Y_l^2 (a_{sp})(2\pi - 1)^2}{4(K_{IC}^b + K_{IC}^s + K_{IC}^{sp})^2 b^2 h \cdot \pi^2}.$$

დავადგინეთ ძაბვა შეკუმშულ არმატურაში შემდეგი ფორმულით

$$\sigma_{sc} = \frac{4K_{IC}^{st}}{K_{crc} \sqrt{\pi d'}}.$$

გამოვთვალეთ ნორმალური ძალა შეკუმშულ ზონაში

$$N = \sigma_{st} \cdot A'_s,$$

რომელიც იწვევს ჰორიზონტალურ ბზარს;

ბზარის სიგრძე

$$l_{crc}^h = \frac{\left( \pi^{3/2} \sqrt{K_{IC}^b K_{IIc}^b} h_w b - N_{sc} \sqrt{l_{bg}} \right) h}{2\sqrt{2} K_{IIc}^2 b \sqrt{h l_{bg}} - 7,8 \left( K_{IC}^b K_{IIc}^b h_w b - N_{sc} \sqrt{l_{bg}} \right)}$$

და ბზარის გახსნის სიდიდე

$$a_{crc}^v = \frac{M^2 Y_l^2 (l_0)(1 - \nu^2)(l_{crc}^v - a_{sp}) \sqrt{l_{bg}}}{\pi^{3/2} b^3 h^3 E_b K_{IC}^b l_{crc}^v}.$$

შევამოწმეთ კოჭის ჩაღუნვა, რომელიც დაკავშირებულია ნორმალური და განივი ძვრის ბზარის გახსნის სიდიდესთან.

$$f = f^v + f^h,$$

$$f = \frac{a_{crc}^v}{2(l_{crc}^v - a_{crc}^v)} \frac{L}{2} + a_{crc}^h.$$

როგორც გაანგარიშებებით შემოწმებიდან დადგინდა  $f = 0,0059 < 0,006$ ;  $f = 0,006$  მ (ნორმებით)

ჰორიზონტალური ბზარის ზრდა დაკავშირებულია ბზარის წვერზე ძაბვების ველის ინტენსივობის გაზრდასთან, რომელმაც გამოიწვია  $l_{crc}^h$  – ბზარის მაქსიმალური სიგრძე. ბზარის სიგრძის გაზრდა შემდეგ

მომდინარეობს შედარებით მცირედ, მაგრამ როდესაც მიაღწევს  $l_{cre}^{her}$ -ს იწყება ბეტონის ფენის აშრევა (შეკუმშული ზონიდან ფენის ახლეჩვა), რასაც ეწინააღმდეგება და განივი არმატურა (საკიდები),  $K_{IC}^{sh}$  და  $K_{IC}^b$ .

გამოვთვალეთ მათი სიდიდეები:

$$K_{IC}^{sh} = \frac{\sqrt{3}\pi^2 \left( \frac{4L_{IC}^{st}}{\pi^2 \sqrt{d}} A_w - Q \right) (0,5 - \xi_i) \lambda^{3/2}}{2b\sqrt{l_{cre}^h}}.$$

დავადგინეთ ერთეულ დროში განივი ძვრის ბზარის ნაზრდი შემდეგი ფორმულით

$$\Delta l_{cre}^r(t, \tau) = l_{cre}^{her} - l_{cre}^h.$$

ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ ბზარის სიგრძის გაზრდას გრძივი მიმართულებით ხელს უწყობს ბეტონის ცოცვადობის სიდიდე, რომელიც გამოითვლება ფორმულით

$$C'(\infty, \tau) = (1 - 0,7 \cdot \sqrt[3]{n\mu}) \cdot C^b(\infty, \tau).$$

გამოვთვალეთ ცოცვადობის კოეფიციენტი A და B

$$A_r = \frac{\gamma C'(\infty, \tau) E_b (1 - \nu^2) l_{bg}}{24\pi^2 (K_{IC}^b)^2 (1 - \nu^2)}$$

და

$$B = 2E_b C^b(\infty, \tau).$$

ელემენტის ხანგამძლეობის დასადგენად ამოვხსენით განტოლება შედგენილი პროგრამის მიხედვით

$$\begin{aligned} \Delta l_{cre}^r(t, \tau) = A_r \left\{ \frac{K_{IC}^b(\tau)^2}{\gamma(1+B)} \left[ \gamma(t-\tau) + \ln(1+B(1-e^{-\gamma(t-\tau)})) \right] + \right. \\ \left. + 2K_{IC}^b(\tau) \lg 28 \int_{-t}^t \frac{dt}{\lg t \sqrt{1+B(1-e^{-\gamma(t-\tau)})}} + \right. \\ \left. + (K_{IC}^b \lg 28)^2 \int_i^t \frac{dt}{(\lg t)^2} \right\}. \end{aligned}$$

შემოთავაზებული განტოლების ამოხსნა მათემატიკურად წარმოადგენს სირთულეს, ამიტომ მისი ამოხსნა შევასრულეთ გამომთვლელი მანქანის

საშუალებით. შევადგინეთ პროგრამა გამომთვლელი მანქანისათვის და განსაზღვრეთ დრო, რომლის განმავლობაში ელემენტი იმუშავებს რეკონსტრუქციის გარეშე.

ამ ტოლობის ამოხსნის შემდეგ  $t=14640$  დღე=40 წელი. ე.ი. კაპიტალური შეკეთების გარეშე თაროს ახლეჩა წიბოსგან მოხდება 40 წლის შემდეგ, ე.ი.  $2017+40=2057$  წელს.

## პროცედურა და ფუნქცია

```
f[t_]:=0.38+0.0075(0.442(0.54*10-5 (t-28)+Log[1+7.63(1-0.54 105 t 28)]))+2 0.36
```

```
3.12*Log[10,28] *NIntegrate[1/( $\sqrt{1 - 7.63 \cdot 10^{-5} \cdot t \cdot 28}$ ), {z,28,t}]+(3.12Log[10,28])2 NIntegrate[1/(Log[10,z])2,{z,28,t}]
```

```
შუაზე გაყოფის მეთოდი[a_,b_,_]:=Module[{x1,x2,x3,k},
x1=a; x2 = b; k=0;
While[Abs[f[(x1+x2)/2]] > 0,
x3=(x1+x2)/2;
k++;
```

If[f[x1] f[x3]< 0, x2 = x3, x1 = x3]; პროცედურა და ფუნქცია

```
f[t_]:=0.38+0.0075(0.442(0.54*10-5 (t-28)+Log[1+7.63(1-0.54 105 t 28)]))+2 0.36
```

```
3.12*Log[10,28] *NIntegrate[1/( $\sqrt{1 - 7.63 \cdot 10^{-5} \cdot t \cdot 28}$ ), {z,28,t}]+(3.12Log[10,28])2 NIntegrate[1/(Log[10,z])2,{z,28,t}]
```

```
შუაზე გაყოფის მეთოდი[a_,b_,_]:=Module[{x1,x2,x3,k},
x1=a; x2 = b; k=0;
While[Abs[f[(x1+x2)/2]] > 0,
x3=(x1+x2)/2;
k++;
```

```
If[f[x1] f[x3]< 0, x2 = x3, x1 = x3];
];
{k,(x1+x2)/2}
]
```

```
შუაზე გაყოფის მეთოდი2[a_,b_,_]:=Module[{x1,x2,x3,k},
x1=a; x2 = b; k=0;
While[True,
x3=(x1+x2)/2;
If[Abs[f[x3]] > 0,Return[{k,x3}]];
```

```
k++;
If[f[x1] f[x3]< 0, x2 = x3, x1 = x3];
];
]
```

## ამოხსნა

შუაზე გაყოფის მეთოდი[30.,65.,10<sup>-7</sup>]  
{22,32.4007}

შუაზე გაყოფის მეთოდი2[30.,65.,10<sup>-7</sup>]  
{22,32.4007}  
f[32.4007]  
2.60979×10<sup>-6</sup>

t=32.5 დღე

## პროცედურა და ფუნქცია

f[t\_]:=0.07+0.0036(0.473(2.3\*10<sup>-2</sup> (t-28)+Log[1+10.92(1-0.023(t-28))])-2 0.36

1.59\*Log[28] \*NIntegrate[1/( $\sqrt{1 - 10.92(1 - 0.023z^{28})}$  Log[z]),{z,28,t}]+(1.59Log[28])<sup>2</sup>  
NIntegrate[1/(Log[z])<sup>2</sup>,{z,28,t})

## შუაზე გაყოფის პროცედურა და ფუნქცია

f[t\_]:=0.07+0.0036(0.473(2.3\*10<sup>-2</sup> (t-28)+Log[1+10.92(1-0.023(t-28))])-2 0.36

1.59\*Log[28] \*NIntegrate[1/( $\sqrt{1 - 10.92(1 - 0.023z^{28})}$  Log[z]),{z,28,t}]+(1.59Log[28])<sup>2</sup>  
NIntegrate[1/(Log[z])<sup>2</sup>,{z,28,t})

შუაზე გაყოფის მეთოდი[a\_,b\_,□\_]:=Module[{x1,x2,x3,k},

x1=a; x2 = b; k=0;

While[Abs[f[(x1+x2)/2]] > □,

x3=(x1+x2)/2;

k++;

If[f[x1] f[x3]< 0, x2 = x3, x1 = x3];

];

{k,(x1+x2)/2}

]

შუაზე გაყოფის მეთოდი2[a\_,b\_,□\_]:=Module[{x1,x2,x3,k},

x1=a; x2 = b; k=0;

While[True,

x3=(x1+x2)/2;

If[Abs[f[x3]] > □,Return[{k,x3}];

k++;

If[f[x1] f[x3]< 0, x2 = x3, x1 = x3];

];

]

## ამოხსნა

შუაზე გაყოფის მეთოდი[30.,65.,10<sup>-7</sup>]  
{16,40.2184}

f[40.2184]  
-5.19263×10<sup>-9</sup>

t=40 წელი



## ძირითადი დასკვნები

სადისერტაციო ნაშრომში განხილულია ჰიდროტექნიკური ნაგებობების მნიშვნელობა ჩვენი ქვეყნისათვის, შემოთავაზებულია დიდი და მცირე ჰესების მშენებლობის აქტუალობის საკითხები. მცირე ჰესების მშენებლობის მისი გაანგარიშება და უსაფრთხო ექსპლოატაცია; რთული ჰიდროტექნიკური ნაგებობების რკინაბეტონის კონსტრუქციების გაანგარიშება „რკინაბეტონის რღვევის მექანიკის“ მეთოდების გამოყენებით. თეორიული კვლევები გვიჩვენებს, რომ ბზარმედეგობის პარამეტრები არის მასალის ძირითადი მახასიათებელი, რომელმაც უნდა უზრუნველყოს მეტად საპასუხისმგებლო ჰიდრონაგებობების უსაფრთხო ექსპლოატაცია.

თეორიული გაანგარიშებებიდან ირკვევა, რომ რკინაბეტონის ელემენტების გაანგარიშება ბზარმედეგობაზე არსებული ნორმების მიხედვით, რომელიც კვეთს იხილავს დეფექტების (ბზარების და სიცარიელების) გარეშე, თითქმის 1,5-2,0-ჯერ ნაკლები არმატურის ფართობია საჭირო, ვიდრე „რკინაბეტონის რღვევის მექანიკის“ მეთოდებით გაანგარიშებისას, სადაც ელემენტის კვეთი განხილულია მასში არსებული ბზარების და დეფექტების გათვალისწინებით.

სადისერტაციო ნაშრომში გაანგარიშებულია „ნატანებ ჰესის“ სადაწნევო რეზერვუარის კედელი, არსებული ნორმების მიხედვით (ერთი მეტრის სიგანის, 0,5 მ სისქის და 5,7 მ სიმაღლის), მიღებული არმატურის საჭირო ფართობი შეადგენს 25,45 სმ<sup>2</sup>, მაშინ როდესაც „რკინაბეტონის რღვევის“ მექანიკის მეთოდებით გაანგარიშებისას არმატურის საჭირო ფართობი იმავე კედელში შეადგენს 49.04 სმ<sup>2</sup>-ის, თითქმის ორჯერ მეტს.

ანალოგიური შედეგები მივიღეთ სადაწნევო რეზერვუარის წყლის გადამყვანი მილის რკინაბეტონის ფილაში არსებული ღიობის (მილის მოსათავსებლად) გაანგარიშებისას. ნორმების მიხედვით არმატურის ფართობი უშუალოდ ღიობის მახლობლად 11,4 სმ<sup>2</sup>-ია, ხოლო „რკინაბეტონის რღვევის მექანიკის“ მიხედვით 37.8 სმ<sup>2</sup>. თითქმის 3-ჯერ მეტი.



„ნატანებ ჰესის“ რკინაბეტონის კონსტრუქციების თეორიული გაანგარიშებისაგან მიღებული შედეგების შედარება

№	ელემენტის დასახელება	არმატურის საჭირო ფართობი, სმ <sup>2</sup>					არმატურის ფართობების სხვაობა, სმ <sup>2</sup>					განსხვავება %-ში			ბეტონის მოც. მ <sup>3</sup>
		არსებული ნორმების მიხედვით, სმ <sup>2</sup>	□0,00 1,0 მ-მდე	1,0 მეტ. 2,0 მ	2,0-დან 3,0 მ	3,0-დან 5,7 მ	1,0 მ 2,0 მ	2,0 მ 3,0 მ	3,0 მ 4,0 მ	4,0 მ 5,7 მ	I	II	III		
1	სადაწნეო რეზერვუარის კედლის კონსტრუქცია	10□18A500 ბიჯით 200 (1 გრძ. მ-ში) A <sub>s</sub> =25,45 სმ <sup>2</sup>	10□25A500 A <sub>s</sub> =49,04 სმ <sup>2</sup>	10□22A500 A <sub>s</sub> =38,01 სმ <sup>2</sup>	10□20A500 A <sub>s</sub> =31,42 სმ <sup>2</sup>	10□18A500 A <sub>s</sub> =25,45 სმ <sup>2</sup>	23,49	12,56	5,97	0	21,4	14,1	8,35	2,85	
		3□22A500 A <sub>s</sub> =11,4 სმ <sup>2</sup>	3□40A500 A <sub>s</sub> =37,8 სმ <sup>2</sup>		□	□	26,4	□	□	□	21,6	□	□	2,0	
		3□18A500 A <sub>s</sub> =7,3 სმ <sup>2</sup>	3□25A50 A <sub>s</sub> =12,73 სმ <sup>2</sup>		□	□	7,43	□	□	□	18	□	□	1,6	
3	სამანქანო ნაწილის გადახურვის კონსტრუქცია	40□5Bp-II A <sub>sp</sub> =7,97 სმ <sup>2</sup> 2□14A240 A <sub>s</sub> =3,08 სმ <sup>2</sup> სულ 11,09	50□5Bp-II A <sub>sp</sub> =9,8 სმ <sup>2</sup> A <sub>s</sub> =3,08 სმ <sup>2</sup> სულ 12,88 სმ		□	□	1,71	□	□	□	1,73	□	□	16,0	

ასევე გაანგარიშებულია ძალოვანი კვანძის საამქროს რკინაბეტონის გადახურვის 18-იანი წინასწარდაძაბული კოჭის, რომელიც ბზარმედეგია, მიუხედავად ამისა, არსებული ნორმებით გაანგარიშებულია არმატურის საჭირო ფართობი 11,09 სმ<sup>2</sup>, ხოლო რღვევის მექანიკით მეთოდებით გაანგარიშებით 12,88 სმ<sup>2</sup>.

სადისერტაციო ნაშრომში „რკინაბეტონის რღვევის მექანიკის“ მეთოდის გამოყენებით ჰიდროტექნიკური ნაგებობების რკინაბეტონის კოჭის გაანგარიშებისას დადგენილია მისი ექსპლოატაციის ხანგრძლივობის დრო.

ამ ამოცანის გადასაწყვეტად შედგენილია გაანგარიშების ალგორითმი, პროგრამა გამომთვლელი მანქანისათვის და დადგენილია ექსპლიატაციის დრო, რომლის შემდეგ ელემენტი დაექვემდებარება კაპიტალურ შეკეთებას. ჩვენის აზრით სადისერტაციო ნაშრომში პირველად არის გადაწყვეტილი რკინაბეტონის ელემენტების ექსპლოატაციის, ხანმედეგობის საკითხი, რომელიც მნიშვნელოვანია სამშენებლო წარმოების განვითარებისათვის, ასევე ჰიდროტექნიკური ნაგებობებისათვის, კაშხლებისათვის, სამომავლოდ, რადგან ჩვენი ქვეყნის ტერიტორიაზე მოსალოდნელია ახალი ჰიდროსადგურების მშენებლობა.

სადისერტაციო ნაშრომში განხილული საკითხების ანალიზის შედეგად გაკეთდა შემდეგი დასკვნები:

1. საქართველოს ტერიტორია მდიდარია ისეთი მდინარეებით, სადაც შეიძლება აიგოს დიდი და მცირე ჰესები, რომელსაც შეუძლია ეკონომიკის, გაძლიერება. მათ შორის მცირე ჰესებს აქვს უპირატესობა დიდ ჰესებთან შედარებით, გამომუშავებული ენერჯის ღირებულება 2□2,5-ჯერ მცირეა, ვიდრე დიდი ჰესების გამომუშავებული ენერჯია.
2. მცირე ჰესების უპირატესობა გახლავთ ასევე, მცირე შეტბორვის ფართობი, სიახლოვე მომხმარებელთან, მშენებლობის, მცირე ხანგრძლივობა, მექანიზმების გამოყენების სიმარტივე, არ ახდენს გავლენას ეკოლოგიაზე, მოსახლეობის დასაქმება და სხვა.

3. როგორც ცნობილია ჰიდროტექნიკური ნაგებობები, მეტად საპასუხისმგებლო ნაგებობებია, ექსპლოატაციის დროს იმყოფებიან მოძრავი წყლის გავლენის ქვეშ, რომელიც არსებულ ტექნოლოგიურ ბზარებში შედის და აზიანებს ნაგებობას, იწვევს მის გამორეცხვას და რღვევას. ამდენად ბზარმდეგობის ამაღლება, გააუმჯობესებს მშენებლობის ხარისხს, გაზრდის სიხისტეს, მდგრადობას, ხანგამძლეობას და მის უსაფრთხო ექსპლოატაციას.
4. ჰიდროტექნიკური ნაგებობების რკინაბეტონის ელემენტების გაანგარიშება „რკინაბეტონის რღვევის მექანიკის“ მეთოდების გამოყენებით, სადაც განხილულია ელემენტის ბზარიანი კვეთი, დადგენილია ბზარის სიგრძე. გახსნის სიდიდე და მისი ზრდის დინამიკა, რომლის გამოყენება პროექტირების დროს დამპროექტებლებს დაეხმარება შექმნან ბზარმდეგი, განსაკუთრებით მოძრავ წყალში მდებარე კონსტრუქციები, როგორცაა სადაწნევო რეზერვუარები, კაშხლის კონსტრუქცია და მოახდინონ მათი სწორი კონსტრუირება.
5. სადისერტაციო ნაშრომში პირველად შექმნილია გაანგარიშების პროგრამა რკინაბეტონის კონსტრუქციების ექსპლოატაციის ხანგრძლივობის დასადგენად კომპიუტერული დაპროექტებისა, რომლის პროგრამული გადაწყვეტა შეასრულს სამშენებლო ფაკულტეტის მშენებლობის კომპიუტერული დაპროექტების № 106 დეპარტამენტმა.

ყოველივე ზემოთ მოთხრობილი არის მეტად საპასუხისმგებლო საკითხების გადაწყვეტის საქმეში შეტანილი მცირედი წვლილი, როგორცაა ბზარმდეგობის პარამეტრების დადგენა, რომელიც არის მასალის მთავარი მახასიათებელი XXI საუკუნის სამშენებლო კონსტრუქციებისათვის, და რომ, „რკინაბეტონის რღვევის მექანიკის“ გაანგარიშების არსებული მეთოდები დაეხმარება მკვლევარებს იმ საკითხების გადაწყვეტაში, სადაც სიმტკიცის და ბზარმდეგობის პარამეტრების დასადგენად ტრადიციული მეთოდების გამოყენება აღმოჩნდება უშედეგო.

დისერტაციის ძირითადი შინაარსი ასახულია შემდეგ პუბლიკაციებში:

1. დ. გურგენიძე, ლ. კახიანი, მ. სულაძე. რკინაბეტონის მაღლივი კარკასული შენობები და მათი სეისმომდეგობაზე გაანგარიშების პრობლემები. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი მშენებლობა №3(42), თბილისი, 2016, გვ. 60-64.
2. დ. გურგენიძე, ლ. კახიანი, ლ. ბალანჩივაძე, მ. სულაძე. სხვადასხვა ქვეყნის სეისმომდეგი მშენებლობის ნორმები და მათი კრიტიკული შეფასება // სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი მშენებლობა №4(43), თბილისი, 2016, გვ. 40-44
3. მ. სულაძე. რკინაბეტონის ელემენტების ხანგამძლეობის გაანგარიშება „რღვევის მექანიკის მეთოდების გამოყენებით“ // სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი მშენებლობა № 3(59), თბილისი, 2018, გვ.
4. მ. სულაძე. მცირე ჰესების უპირატესობანი. // სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი მშენებლობა №2(49), თბილისი, 2018, გვ. 58.
5. დ. გურგენიძე, მ. სულაძე. მცირე ჰესების უპირატესობა. II საერთაშორისო სიმპოზიუმი „სეისმომდეგობა და საინჟინრო სეისმოლოგია“, თეზისების კრებული საქ. ტექნ. უნივერსიტეტი, თბილისი, 2019, გვ. 96-99.
6. დ. გურგენიძე, მ. სულაძე. საქართველოს მდინარეების ენერგეტიკული პოტენციალი. II საერთაშორისო სიმპოზიუმი „სეისმომდეგობა და საინჟინრო სეისმოლოგია“, თეზისების კრებული საქ. ტექნ. უნივერსიტეტი, თბილისი, 2019, გვ. 83.

## Abstract

Development of hydropower engineering in Georgia is a strategic task of the country aiming to make the energy system of Georgia the leader in the energy sector of the region. The development of power engineering influences the social sector and welfare of Georgian population.

The economic power without using fuel is very important for many regions of the world. In view of this it is important to use the hydropower resource of rivers as the renewable energy source, and construction of hydropower plants is one of the optimal solutions for energy security. The Georgian mountain rivers are characterized with big water level differences and high hydropower potential.

In the nearest future, of Georgia construction of new hydropower plants is planned in many regions, which technological design includes reinforced concrete hydraulic structures.

The territory of Georgia is located in the seismically complex region. From the seismic aspect, earthquakes create a great threat to the population of the country causing a large economic loss.

The seismicity of mountainous regions of Georgia where construction of many hydropower plants is planned, is 9-magnitude. Hydropower plants are rather complex structures. They are under the constant impact of water. Hydraulic engineering works have constructive complexity. Their technological scheme is rather complex.

The correct calculation of reinforced concrete structures of the hydraulic engineering works on strength, endurance, crack resistance in seismic regions is very actual and important for the country.

The subject of the thesis research "Calculation of Reinforced Concrete Hydraulic Structures of the Natanebi HPP Using the Fracture Mechanics Methods" is very actual and important for the correct design and safe operation of the reinforced concrete structures of hydraulic engineering works in the mountainous regions of Georgia.

The proposed theme of calculation of reinforced concrete elements of hydraulic structures of the Natanebi HPP using the fracture mechanics methods enables to determine the length, width, strength, stiffness, deformation and life of cracks in the reinforced concrete elements.

**Our goal** is the thesis is to use the fracture mechanics methods in the calculation of the reinforced concrete structures used in the hydropower plants, to study the fracture peculiarities.

Hydraulic engineering works have many peculiarities in operation. They are to operate in very complex conditions, in still or moving water, which exercises mechanical, physicochemical and biological impact on them (the processes of timber dotting and stone degradation caused by living organisms in the water, bacterial corrosion effect and other).

The mechanical impact of water on the structures is exposed in kind of hydrostatic and hydrodynamic pressures which represent their main loads. The water seismic pressure during an earthquake, water waves generated by wind, water hammer, drift pressure and inertial forces are noteworthy.

The physicochemical impact of water is exposed on the material of hydraulic structures and pervious subsoil. For example, the water moving with large speed, especially if it carries the bottom sediments, abrades the surface of structures and sometimes makes it worthless in a short time; it destroys the river bed even when it is

rocky and so on. By the water impact, the metal parts of the structures suffer corrosion thus gradually reducing their thickness.

The physical and chemical impact of the leaked (filtration) water in the concrete structures can cause washout of chemically unbound slake lime remained in the body of structures and gradual disintegration of concrete. All pores existing in concrete can be considered as crack-forming defects of a structure by which we can determine the strain-stress distribution and intensity or stress on the pore edge.

All the shortly described above complex conditions of operation of reinforced concrete structures of hydraulic engineering works better expose the high responsibility of the goal of the thesis research.

Taking into account the complex operation conditions of the hydraulic engineering works (of Natanebi HPP), the calculation of the reinforced concrete structures of hydraulic engineering works is one of the more difficult problem for today. When calculating the reinforced concrete structures of hydraulic engineering works the great importance is given to the selection of calculation method.

The method we have selected in the thesis of research is the fracture mechanics method of calculation of reinforced concrete structures of hydraulic engineering works (Natanebi HPP), which enables us to determine the crack resistance, crack length, element strength, endurance, deformation and life during the impact of loads.

Using the fracture mechanics methods in calculation of the reinforced concrete structures of hydropower plants (Natanebi HPP) increases their crack resistance and life, makes their design more perfect.

Calculation of hydraulic engineering works on strength and crack resistance is one of the most complex problem as the better the strength of reinforced concrete structures of hydraulic engineering works is determined, the more time they will resist fracture.

For the first time, the thesis of research discusses the calculation of reinforced concrete structures of hydraulic engineering works (Natanebi HPP) using the reinforced concrete fracture mechanic methods which enable to determine the crack length, width, strength, endurance, deformation and life and to provide the correct design thereof.

The accumulated experience of theoretical and experimental studies has enabled the engineers of many countries to use the great opportunities of reinforced concrete in construction of hydraulic engineering works.

Our country has the long-term program of development of hydropower engineering according to which construction of new hydropower plants is stipulated in mountainous regions of Georgia.

The above listed works (various engineering, industrial, power engineering) and their reinforced concrete components are the field of use of the subject of the thesis chosen by us.