

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

მარიამ ვარდიაშვილი

ისტორიულ-კულტურული ძეგლების ტექნიკური  
მდგომარეობის შეფასების თანამედროვე მეთოდის  
დამუშავება

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად  
წარმოდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2012 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
სამშენებლო ფაკულტეტზე, სტრუქტურული მთლიანობის მონიტორინგის  
და ექსპერტიზის N122 მიმართულებაზე

**სამეცნიერო ხელმძღვანელი:** სრული პროფესორი მალხაზ წიქარიშვილი

**რეცენზენტები:** სრული პროფესორი დავით ჩიჩუა

ასოცირებული პროფესორი გივი დანელია

დაცვა შედგება 2012 წლის „1“ ივნისს 14<sup>00</sup> საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის

სადისერტაციო საბჭოს სხდომაზე, კორპუსი I, აუდიტორია 507ა

მისამართი: თბილისი 0175, კოსტავას 72

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება

სტუ-ს ბიბლიოთეკაში

სადისერტაციო საბჭოს

სწავლული მდივანი:

სრ. პროფესორი მ. კუბლაშვილი

## ნაშრომის საერთო დახასიათება

თემის აქტუალურობა. კულტურული მემკვიდრეობის დაცვა ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი პრობლემაა, რომელიც დგას საზოგადოების წინაშე. ბოლო ათწლეულებში შეიქმნა კრიტიკული სიტუაცია, როდესაც ისტორიულ-კულტურულ მემკვიდრეობას უფრო და უფრო ემუქრება განადგურება, რაც გამოწვეულია ეკოლოგიური პრობლემებით. ტრადიციულ მიზეზებს, როგორცაა – შეცდომები რესტავრაციისას, რეკონსტრუქციისას, ქალაქმშენებლობის და მეურნეობის საქმიანობის ზემოქმედება, დაემატა გარემომცველი დაბინძურებული გარემოს მოქმედებისგან გამოწვეული მიზეზები.

გლობალური ტექნიკური და ეკოლოგიური პრობლემების პერიოდში აქტუალურია ისტორიულ-კულტურული ძეგლების ტექნიკური მდგომარეობის შეფასების მეთოდების დახვეწა და განვითარება. კულტურის ძეგლების დაცვისათვის რეგულირების თეორიული და მეთოდური ბაზა უნდა გახდეს ეკოლოგიის საერთო კანონები, მასალათმცოდნეობის დარგში ცოდნის სამეცნიერო პოტენციალი, ტექნიკური დიაგნოსტიკის და მონიტორინგის მეთოდებით დაგროვებული მონაცემები.

კულტურული მემკვიდრეობა და მისი მატერიალური შემადგენლები – არქიტექტურული ძეგლები – წარმოადგენს დედამიწის ეკოსისტემის განუყოფელ ნაწილს, პლანეტის ინტელექტუალური პოტენციალის ინფორმაციულ რესურსს, რომლის შენარჩუნებაც აუცილებელია მომავალი თაობებისათვის. იგი არის სულიერი საზრდო, კულტურის, ცოდნის, ხელოვნების და გამოცდილების წყარო მომავალი თაობებისათვის. პირველხარისხოვან ამოცანას, ძეგლების შენარჩუნებასთან ერთად, წარმოადგენს მოცემული მემკვიდრეობის და ინფორმაციის შესწავლა.

ტექნიკური მდგომარეობის შეფასების თანამედროვე მეთოდიკა საჭიროებს მუდმივი დაკვირვების, შეფასების, პროგნოზის და კულტურული მემკვიდრეობის მართვის სისტემების არსებობას, რომლებიც ჩატარდება წინასწარ შემუშავებული პროგრამით. ამისათვის აუცილებელია ყველა ძეგლის სისტემური მონიტორინგი და კვლევა. საჭიროა ტექნიკური მდგომარეობის შეფასებისათვის ჩატარებული კვლევების შედეგების რეგისტრაციის, შეკრების,

სისტემატიზაციის და მიღებული ინფორმაციის შენახვის სისტემის შემუშავება მისი ანალიზური დამუშავებისათვის.

ისტორიული ძეგლების კვლევისას ტექნიკური და ეკოლოგიური მეთოდოლოგიის გამოყენებამ მოითხოვა ძეგლების მდგომარეობის კვლევაში „სისტემური მონიტორინგის“ პროცედურის შეყვანა, მისი ჩატარების ალგორითმის შემუშავება. განსაზღვრება „სისტემური მონიტორინგი“ აღნიშნავს ხანგრძლივ დაკვირვებას და გამოკვლევას არა მარტო ცალკე აღებული ძეგლის, არამედ მის შესწავლას „ძეგლი-გარემო“ სისტემაში. ძეგლის მდგომარეობაზე დაკვირვება უნდა წარმოებდეს მისი განლაგების ტერიტორიაზე ეკოსისტემის ცვლილების და განვითარების დროებითი და სივრცითი პარამეტრების გათვალისწინებით, ძეგლის დამცავი ზონის ყველა ტექნოგენური და ბუნებრივი კომპონენტების ჩათვლით. სხვაგვარად წარმოდგენილია გამოვლენილ იქნას ძეგლის მასალის დამაზიანებელი პროცესები და მოხდეს მისი მდგომარეობის პროგნოზირება ტექნიკური და ეკოლოგიური ფაქტორების კომპლექსის ზემოქმედებისას. ყოველივე აქედან გამომდინარე დასმული პრობლემა „ისტორიულ-კულტურული ძეგლების ტექნიკური მდგომარეობის შეფასების თანამედროვე მეთოდიკის დამუშავება“ მეტად აქტუალურია.

**დისერტაციის მიზანს წარმოადგენს** ისტორიულ-კულტურული ძეგლების ტექნიკური მდგომარეობის შეფასების სრულყოფილი მეთოდიკის დამუშავება, რომელიც მოიცავს გაფართოებული ინფორმაციული სისტემის შექმნას, მათი მდგომარეობის მართვისას ძეგლის ხანგამძლეობის უზრუნველყოფისათვის, დაკვირვების წარმოებას მის დაზიანებაზე, ექსპლუატაციის პირობების ცვლილების ანალიზით.

**მეცნიერული სიახლე მდგომარეობს შემდეგში:**

- ისტორიულ-კულტურული ძეგლების კონსტრუქციების კონტროლის სრულყოფილი თეორიული და მეთოდური ასპექტების დამუშავება;
- ტექნიკური მდგომარეობის შეფასების მეთოდიკა, მისი დონე, საერთო სტრუქტურა, კვლევის მეთოდები და ინფორმაციული რესურსების დადგენა;
- დადგენა იმისა, რომ მონიტორინგი კულტურული მემკვიდრეობის ეკოლოგიური შეფასების მეთოდოლოგიასთან ერთად საშუალებას იძლევა მაქსიმალურად იქნას შენარჩუნებული ძეგლის კულტურული ღირებულება. გარემომცველი არის ეკოლოგიური ფაქტორების შეფასება, ამ ფაქტორების

ზემოქმედების ქვეშ მასალებში მიმდინარე ცვლილებებზე დაკვირვება საშუალებას იძლევა შევისწავლოთ დამაზიანებელი პროცესები და მათი განვითარების კინეტიკა;

- დაზიანების ზონაში დესტრუქციული პროცესების შესწავლა (რისკის ზონა), დაზიანების ზონაში ტენის (წყლის) მონაწილეობის შეფასება, ძეგლის მასალის კოროზიული დაზიანების, სხვა უარყოფითი ფაქტორების როლის განსაზღვრა და უარყოფითი შედეგების დაფიქსირების მიზეზების ანალიზი, რომლებიც საფუძვლად დაედება სარესტავრაციო სამუშაოებს;

- ისტორიულ-კულტურული ძეგლების მდგომარეობის ტექნიკური დიაგნოსტიკების მეთოდების და გეოგრაფიული ინფორმაციული სისტემის დამუშავება;

- ძეგლის მასალების მდგომარეობის, დაზიანების მონიტორინგი და მრღვევი პროცესების შეფასების სისტემის დამუშავება;

- ძეგლების მდგომარეობის და დაზიანების მონიტორინგის კვლევების ორგანიზებული სტრუქტურის შექმნა.

ასეთი მეთოდოლოგია საშუალებას მოგვცემს მივუახლოვდეთ მოულოდნელი რღვევის გაჩენის, ფარული დეფექტების დაგროვების რისკის პროგნოზირებას, რომლებიც გარკვეული დროის განმავლობაში შეიძლება არ გამოვლინდეს როგორც ხილული დაზიანებები. სტრუქტურული ცვლილებების (უხილავი) დაგროვება მასალაში ვლინდება სპონტანურად, რღვევა ხდება „ჯაჭვური რეაქციის“ მექანიზმის მიხედვით – მასალა კარგავს შემკვრელს, იფხვნება, იწყებს აშრევებას და მარცვალდება. ისტორიული მასალა პრაქტიკულად ყველა ასეთ შემთხვევაში იცვლება ახლით და ჩნდება ახალი პრობლემები ძეგლზე დაკვირვებისას. ასეთ პროცესებს მივყავართ ისტორიულად ღირებული მასალების ნაწილის მნიშვნელოვან კარგვასთან, ხოლო მათი ახლით ჩანაცვლება იწვევს ძეგლების ინფორმაციული მონაცემების მნიშვნელობების გარდაუვალ კარგვას.

**ნაშრომის აპრობაცია:** ნაშრომის შედეგები მოხსენებულია პირველ საერთაშორისო კონფერენციაზე „კავკასიის რეგიონში სეიმური პრობლემები“ 2008 წელი და საერთაშორისო-სამეცნიერო ტექნიკური კონფერენციაზე „სამშენებლო მექანიკის პრობლემები“ 2010 წელი, ხოლო მთლიანი ნაშრომის მიმოხილვითი და

ძირითადი ნაწილები მოხსენებულია სადოქტორო პროგრამით გათვალისწინებულ ორ სემინარზე.

**პუბლიკაციები:** ნაშრომის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია 9 სამეცნიერო სტატიაში.

**ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა:** ნაშრომის სრული მოცულობა 167 გვერდი, იგი მოიცავს შესავალს, ხუთ თავს, ძირითად დასკვნებს და ციტირებულ ლიტერატურას, რომელიც 73 დასახელებისგან შედგება.

### **ნაშრომის შინაარსი**

**შესავალში** წარმოდგენილია თემის აქტუალობა, მეცნიერული სიახლე და ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება.

**პირველ თავში განხილულია** ისტორიულ-კულტურული ძეგლების ტექნიკურ-ეკოლოგიური მდგომარეობის მიმოხილვა და ტექნიკური მდგომარეობის შეფასების თანამედროვე მეთოდების დამუშავების აუცილებლობა მათი შენარჩუნების მიზნით.

საქართველოს მატერიალური კულტურის ძეგლებისადმი ინტერესი XIX ს-ის 30-40 წლებში ჩაისახა. იმავე საუკუნის 70-იან წლებში დაიწყო მუშაობა ისტორიის, ხელოვნების, არქიტექტურის ცალკეული ნიმუშების გამოვლენის აღწერის, სისტემატიზაციის, დაცვისა და პროპაგანდის ხაზით. ამ საქმეს უძღვებოდნენ კერძო პირები, საზოგადოებები, დაწესებულებები.

ასეთმა გეგმაზომიერმა და მრავალმხრივმა მეცნიერულმა შესწავლამ მკვიდრი საფუძველი ჩაუყარა საქართველოს ისტორიის და კულტურის ძეგლთა დაცვისა და გამოყენების საქმეს, რაც ჯერ კიდევ გასული საუკუნის 20-იანი წლების დასაწყისიდან სახელმწიფოებრივი ზრუნვის საგანი გახდა. მაგრამ იმავე 20-იან წლებში ყოფილი საბჭოთა კავშირის და კერძოდ საქართველოს ტერიტორიაზე წარმოებულმა ანტირელიგიურმა კამპანიამ შესამჩნევი ზიანი მიაყენა ჩვენს სიძველეებს – ხელოვნების მრავალი შესანიშნავი ნიმუში, ისტორიული ღირებულების ძეგლი სამუდამოდ დაიკარგა. დაზარალდა არა მარტო ქართული მართმადიდებლური ეკლესია, არამედ საკულტო ძეგლები. ზოგჯერ გაუაზრებელმა, ნაჩქარევმა ქალაქებისა და სოფლების, კურორტების ე.წ. სოციალისტურმა კეთილმოწყობამ და

რეკონსტრუქციამ დიდი ზიანი მიაყენა ქალაქმშენებლობითი ხასიათის ძეგლებს, მოსპო მხატვრული ღირებულების ნაგებობა.

ძეგლები ტიპოლოგიურად ხარისხდებიან შემდეგნაირად: ისტორიის ძეგლი, არქიტექტურის ძეგლი, მონუმენტური ხელოვნების ძეგლი.

მიგვაჩნია, რომ ჩვენი ნაშრომით ხელს შევუწყობთ არა მარტო სამეცნიერო კვლევისა და ძეგლთა დაცვის და გამოყენების საქმის მომავალში სწორად დაგეგმვას და წარმართვას, არამედ საქართველოში და მის საზღვრებს გარეთ ჩვენი სულიერი კულტურის პროპაგანდის საქმიანობის გაუმჯობესებას.

სადისერტაციო ნაშრომში განხილულია საქართველოს დაზიანებული და რესტავრირებული ისტორიული ძეგლების რამდენიმე მაგალითი; ისტორიულ-კულტურის ძეგლებში გამოყენებული ქვის სამშენებლო მასალების მოკლე მიმოხილვა; საქართველოს კლიმატური პირობების გავლენა ძეგლების კონსტრუქციებზე და სეისმური ზემოქმედება (იხ. დისერტაცია).

მეორე თავში განხილულია ტექნიკური მდგომარეობის შეფასების მეთოდიკა, მისი დონე, საერთო სტრუქტურა, კვლევის მეთოდები და ინფორმაციული რესურსები. ძეგლზე დაკვირვების რეგულარული სისტემის ორგანიზაციის პრობლემა მდგომარეობს მისი კონსტრუქციის კონტროლის თეორიული და მეთოდური ასპექტების შემუშავების არარსებობაში. არქიტექტურული დაცვის სფეროში ძეგლების მდგომარეობა ფასდება, ძირითადად, გამოკვლევის განხორციელებისას, რომელსაც აქვს არარეგულარული ხასიათი, ხოლო მისი შედეგები ხშირად გამოიყენება მხოლოდ წინასაპროექტო ანალიზის სტადიაზე რესტავრაციის ამოცანების გადაწყვეტისათვის ძეგლის არქიტექტურული ფორმის შენარჩუნების გათვალისწინებით.

მონიტორინგის სისტემის საერთო სტრუქტურა შეიძლება წარმოდგენილი იქნას სისტემური ბლოკებით: მონიტორინგის ტიპი, კვლევის მეთოდები, რეგისტრაციის სისტემა, ანალიზური ბლოკი და გადაწყვეტების სტრატეგიული ბლოკი.

დაბინძურების სტანდარტული ინდექსის სკალის შედგენა, რომელიც გამოიყენება დაბინძურების საშიშროების განსაზღვრისათვის ხდება შემდეგი სიდიდის მიხედვით (ხარისხის ინდექსი  $j\%$ ):

$$j = (C/K)100\% \quad (1)$$

სადაც  $C$  – ატმოსფეროში დამაბინძურებლის კონცენტრაციაა;  $K$  – დამაბინძურებლის ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია.

ძეგლის მონიტორინგის სისტემა თავის სტრუქტურაში უნდა შეიცავდეს კვლევებს თანამედროვე დიაგნოსტიკის სფეროდან. რეგისტრირებული მონაცემთა ბაზის შექმნა ამაღლებს დაზიანების მიზეზების, დამაზიანებელი პროცესების საშიშროების შეფასების საიმედოობას. რესტავრატორების და სამეცნიერო-კვლევების ინფორმაციის მართვის ორგანოებს უზრუნველყოფს ღონისძიებების კომპლექსის დაგეგმვისათვის უძრავი ძეგლების შენარჩუნების და დაზიანებების წინასწარმეტყველების მიხედვით. შესაძლებელი გახდება მეცნიერულად დასაბუთდეს მიმდინარე სარესტავრაციო სამუშაოების პროგრამების შემუშავება, პერსპექტიული ღონისძიებები სარესტავრაციო სამუშაოების პრაქტიკაში ინოვაციური ტექნოლოგიების დანერგვის და ძეგლების მოვლის მიხედვით.

მესამე თავში განხილულია ისტორიულ-კულტურული ძეგლების მდგომარეობის ტექნიკური და ეკოლოგიური დიაგნოსტიკების ახალი მეთოდები. ძეგლის მდგომარეობის დიაგნოსტიკის არსებული სისტემის ანალიზი აჩვენებს, რომ ინფორმაციის მიწოდების ძირითად წყაროს წარმოადგენს კვლევის პროცედურა. ამასთან ძეგლის მდგომარეობა უმთავრესად ფიქსირდება ვიზუალური მეთოდით, რასთან დაკავშირებითაც შეფასება დამოკიდებულია ექსპერტის კვალიფიციურობაზე და არის სუბიექტური. დღეისათვის ინფორმაციის შეკრებისათვის პრაქტიკულად არ გამოიყენება პრაქტიკაში დადებითად რეკომენდებული მონიტორინგის სისტემა. ძეგლების დაცვის არსებულ სისტემაში საბოლოო დიაგნოზისათვის მასალების შეგროვებისათვის პრინციპულად ახალი მიდგომა უნდა გახდეს მონიტორინგზე გადასვლა და ამისათვის დიაგნოსტიკის პროცედურის მეთოდოლოგიის შემუშავებაზე გადასვლა.

ადეკვატური კონტროლის და მონაცემების ინფორმაციული ბაზის ფორმირების სისტემების უზრუნველსაყოფად დიაგნოსტიკის სისტემა შევსებული უნდა იყოს სამუშაოების ახალი მოცულობით – ობიექტზე და ლაბორატორიაში ინსტრუმენტალური კონტროლის აუცილებელი, დამოუკიდებელი მეთოდების სისტემით. მონიტორინგის დროს ექსპრეს ანალიზის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდების გამოყენება იძლევა ძეგლის მასალის



სტრუქტურის სტაბილურობის რღვევის საწყისი სტადიის ფიქსირების საშუალებას მისი კონსტრუქციების გარემოსთან ურთიერთქმედებისას, აგრეთვე კონკრეტული სიტუაციიდან გამომდინარე იძლევა პროფილაქტიკური გადაწყვეტების მიღების საშუალებას, მაკორექტირებელი ღონისძიებების მაგივრად.

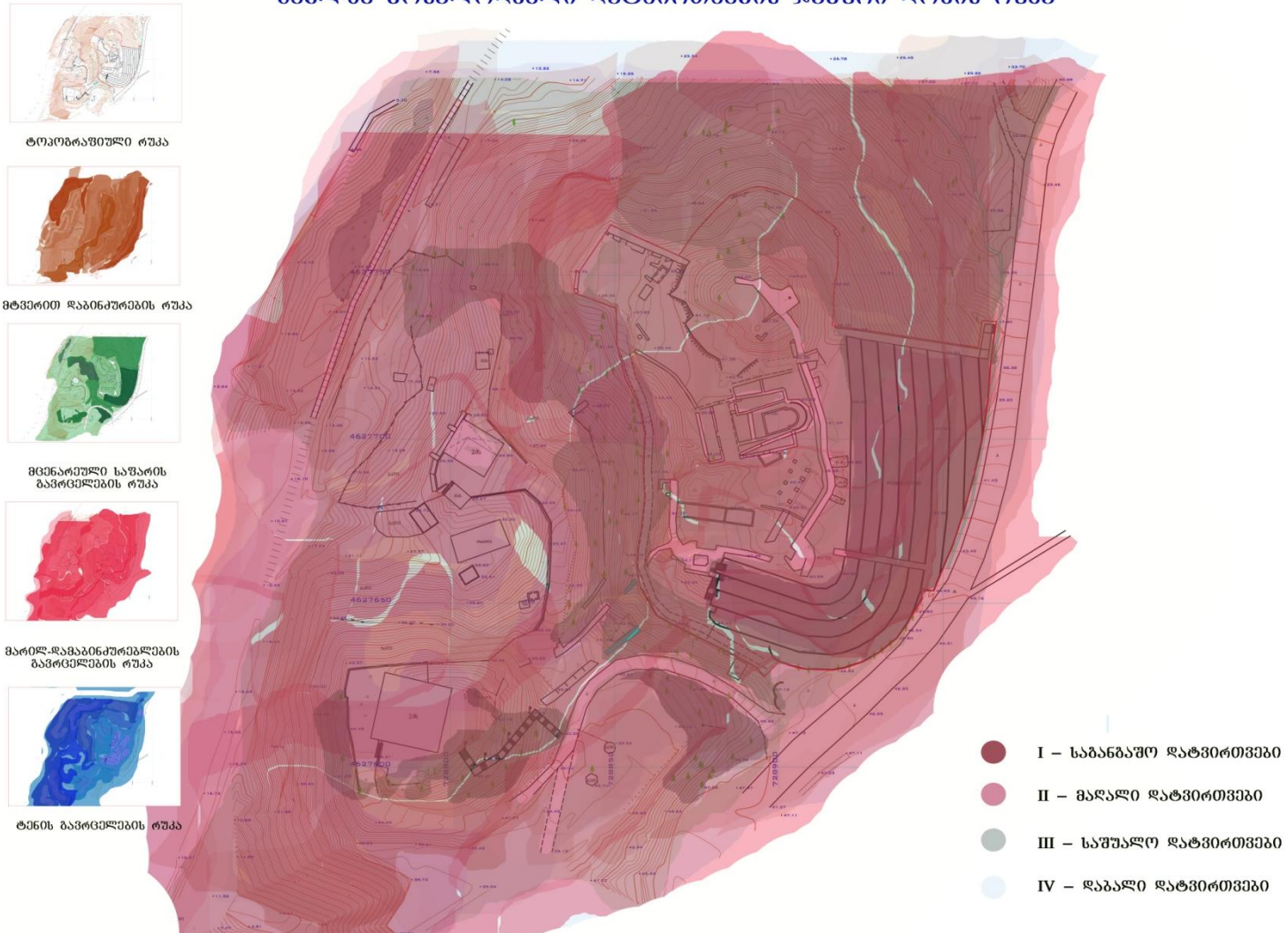
ტექნიკური მდგომარეობის მონიტორინგის ორგანიზება შესაძლებელია ორი ხერხით: ობიექტური დაკვირვების მეთოდით და ზონალური დაკვირვების მეთოდით.

ძეგლების განთავსების ტერიტორიაზე გარემოს ხარისხის ეკოლოგიური შეფასებისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ სისტემის ინფორმაციული კარტოგრაფიული ბაზა. ეს მონაცემები შეიძლება დამუშავებული და შევსებული იქნეს ძეგლის განთავსების ტერიტორიაზე ეკოლოგიური კვლევა-ძიებების შედეგებით და ძეგლების დაზიანების ეკომონიტორინგისას მიღებული ინფორმაციით.

გეოგრაფიულ-ინფორმაციული სისტემის (გის) მონაცემთა კარტოგრაფიული ბაზის ინფორმაციის შედარების მეთოდური ხერხის გამოყენებით შესაძლებელია არა მხოლოდ სიტუაციური გეგმების მიღება, არამედ ტერიტორიის კარტოგრაფირება, გვექნება რა ინფორმაცია კონკრეტულ ტერიტორიაზე ძეგლზე დატვირთვების უფრო პრიორიტეტულ სახეობაზე და კატეგორიებზე. გის-ის ინფორმაციული შრეების დამუშავების შედეგები შეიძლება წარმოვადგინოთ კომპლექსური ტერიტორიული სქემების (კტს) სახით, სქემების ტიპის მიხედვით, რომლებიც გამოიყენება ქალაქების გარემომცველი არის დაცვის სისტემაში.

კტს-ის ტესტური მაგალითი „ძეგლზე პროგნოზირებული დატვირთვების ჯამური ღონის რუკების“ სახით 1:2000-იან მასშტაბში მოყვანილია ნახ. 1-ზე, რომელზეც წარმოდგენილ კტს-ზე შესრულებულია ტერიტორიის ტიპიზაცია ძეგლის რღვევამდე მიმყვანი მასალის დაზიანების გამომწვევი დატვირთვების სახეობების მიხედვით.

## ქეგლზე მოსალოდნელი დატვირთვის ჯამური დონის რუკა



სურ. 1. კომპლექსური ტერიტორიული სქემა ქეგლზე გარემომცველი არის დატვირთვის კატეგორიის შეფასებისათვის

რუკაზე წარმოდგენილია ოთხი ტიპის ტერიტორია:

- I ტიპი – ტერიტორიები, სადაც დატვირთვები შეიძლება მივაკუთვნოთ საგანგებო კატეგორიებს (სდ);
- II ტიპი – ტერიტორიები, სადაც დატვირთვები შეიძლება მივაკუთვნოთ მაღალ კატეგორიებს (მდ);
- III ტიპი – ტერიტორიები, სადაც დატვირთვები შეიძლება მივაკუთვნოთ საშუალო კატეგორიებს (სდ);
- IV ტიპი – ტერიტორიები, სადაც დატვირთვები შეიძლება მივაკუთვნოთ დაბალ კატეგორიებს (დდ).

ამგვარად, დატვირთვების საერთო ბაზიდან სარისკო მოვლენების შეფასების მეთოდით ამოირჩევა ძირითადი რისკები. ძირითად ჩამონათვალში წარმოდგენილია უფრო მეტად საშიში რისკები მათი დადგომის ალბათობისგან დამოუკიდებლად.

ამგვარად შეიძლება მომზადდეს ტერიტორიის „ეკოლოგიური“ ხარისხის შეფასების მონაცემთა ბაზის ფორმირებისათვის საფუძველი და ეს ინფორმაცია გამოვიყენოთ ძეგლების დაზიანების ეკომონიტორინგის კვლევის პროგრამების დამუშავებისათვის.

ძეგლზე გარემომცველი არის გავლენის დონის შეფასებისათვის აუცილებელია დადგინდეს რამდენად მდგრადია მასალა ზემოქმედებების მიმართ, შესწავლილი იქნას დამაზიანებელი პროცესების მექანიზმი, განისაზღვროს ცვლილებები მასალის სტრუქტურაში და თვისებებში (მასალაში ნივთიერება-დამაბინძურებლების გაჩენა) და განისაზღვროს, რამდენად დიდხანს შეიძლება ასეთი დატვირთვებისას მასალის შენარჩუნება (ხანგამძლეობის რესურსის განსაზღვრა).

სხვადასხვა ქალაქებში ძეგლებზე მიმდინარე მონიტორინგის კვლევები აჩვენებენ, რომ მასალის დაზიანების ძირითადი საშიშროება დაკავშირებულია ბიოქიმიური კოროზიის პროდუქტებით მათი დაჭუჭყიანების მაღალ ალბათობასთან. აქედან გამომდინარეობს ძეგლის მასალაში შემჩნეული ქიმიური და ბიოქიმიური დაზიანებების მაღალი დონე.

მამასადამე, ძეგლის შენარჩუნებისათვის ძირითადი ზემოქმედებების შემუშავების დროს დაზიანების მონიტორინგისას აუცილებელია მიღებული

იქნას შემდეგი ინფორმაცია ძეგლის მასალის მდგომარეობაზე და დესტრუქციულ პროცესებზე:

- მასალის ეტალონ-ნიმუშების თვისებების მაჩვენებლები და სტრუქტურული მახასიათებლები;

- ანალიზის მომენტში მასალის მდგომარეობის მახასიათებლები;

- დამაზიანებელი და მრღვევი პროცესების მექანიზმი.

მიღებული მახასიათებლები შეიძლება გამოყენებული იქნას შემდგომში, როგორც „საკვანძო ინდიკატორები“ დაკვირვებების დროს ძეგლის მასალის მდგომარეობის ცვლილებისათვის.

ძეგლის მასალის მდგომარეობის შეფასების მეთოდების სისტემის არჩევასა და გათვალისწინებული უნდა იქნას, რომ მათი დახმარებით ჩვენ უნდა დავახასიათოთ არა მხოლოდ მდგომარეობა, არამედ მივიღოთ ამ მდგომარეობის ცვლილებების მონაცემები გარემომცველ არესთან მისი ურთიერთქმედების ხარჯზე.

არქიტექტურის ძეგლი ექსპლუატაციისას, უპირველეს ყოვლისა განიცდის წყლის სივრცის ზემოქმედების სხვადასხვა სახეობებს. ძეგლის თითქმის ყველა მასალა ჰიგროსკოპულია და ეს უარყოფითი თვისება ძლიერდება მასალაში გახსნილი მარილების შემცველობით.

მასალის ძირითადი საექსპლუატაციო-ტექნიკური მახასიათებლების კონტროლისათვის ნატურული კვლევების დროს დღეისათვის გამოყენებულია ინსტრუმენტალური მეთოდების სისტემა მასალის დატენიანების და მის მიმართ წინააღმდეგობის გაწევის უნარის განსაზღვრისათვის, როგორცაა ტენომომი და მარილმომი მოწყობილობები. ამ მოწყობილობების და ხელსაწყოების კომპლექტი იძლევა ექსპრეს ანალიზის განხორციელების, დატენიანების ბალანსის მონიტორინგის ჩატარების, კონსტრუქციის და მასალის მდგომარეობის შეფასების, ფარული დეფექტების ადგილის დიაგნოსტიკის და მასალების და კონსტრუქციების წყალგაუმტარობის, თბოგამტარობის და სხვა საექსპლუატაციო-ტექნიკური მახასიათებლების თვისებების შენარჩუნების პროგნოზირების საშუალებას ქალაქის არის აგრესიულობის კონკრეტული პირობებისათვის.

დაზიანების დიაგნოსტიკაში განსაკუთრებული როლი ენიჭება სტრუქტურული და ქიმიური ანალიზის მეთოდებს, რომლებიც პასუხობენ

გაზომვების მაღალი ლოკალურობის მოთხოვნებს, რადგანაც უმრავლეს შემთხვევებში უფრო მეტად საინტერესოა მასალის თვისებები, რომლებიც დაკავშირებულია 0.1 მკმ-ზე ნაკლებ ჰომოგენურობის მასშტაბთან. ასეთი ღრმა შეღწევა მცირე ნაწილაკების სამყაროში შესაძლებელია მიკროსკოპში ელექტრული სხივის გამოყენებით, რომლის ტალღები ბევრად მოკლეა ხილული შუქის ტალღებზე. თანამედროვე ელექტრონული მიკროსკოპები საშუალებას იძლევა მივიღოთ 300000-ჯერ გადიდებული გამოსახულება, შედეგად, ხელსაწყო მარკაზე დამოკიდებულებით შეიძლება დავინახოთ  $0.3 \pm 0.5$  ნმ ( $1 \text{ ნმ} = 10^{-9} \text{ მ}$ ) ზომის ნაწილაკები.

კომპლექსური ანალიზის მეთოდები საშუალებას იძლევა განისაზღვროს მასალის მდგომარეობა, დაზიანების სახეობა და ხასიათი, დადგინდეს ძეგლის მასალაში მრღვევი პროცესების ბუნება და მიზეზები და გამოკვლეული იქნას დამაზიანებელი პროცესები.

მასალის სტრუქტურის განსაზღვრის ამ ორი მეთოდის კომპლექსური გამოყენება საშუალებას იძლევა მივიღოთ საკმაოდ სრული ინფორმაცია მასალის მინერალური ნაწილის ქიმიურ შემადგენლობაზე და ვიმსჯელოთ სტრუქტურის და შემადგენლობის ცვლილების მიხედვით მათი თვისებების დინამიკაზე, დამაზიანებელი პროცესების მიზეზების და მათი შეღწევის სიღრმის განსაზღვრით.

მრავალი პარამეტრი, რომელიც შედის საიმედოობის, ხანგამძლეობის, სხვადასხვა სახეობის ცვეთის აღმწერ დამოკიდებულებებში, უმრავლეს შემთხვევებში არ ექვემდებარებიან ობიექტზე პირდაპირ გაზომვას. ამ შემთხვევებში მდგომარეობის შეფასების მიზნით იწვევენ სპეციალისტს ან სპეციალისტთა ჯგუფს, რომლებსაც დიდი გამოცდილება აქვთ. ჩვენს მიერ წარმოდგენილი *შეფასების მეთოდების არსი* მდგომარეობს სპეციალისტების მიერ პრობლემის ინტუიციურ-ლოგიკური ანალიზის ჩატარებაში შედეგების ფორმალური დამუშავებით და მსჯელობების რაოდენობრივი შეფასებით. დამუშავების შედეგად მიღებული განზოგადებული აზრი მიიღება, როგორც პრობლემის გადაწყვეტა. ინტუიციის (დაუსაბუთებელი აზრი), ლოგიკური აზროვნების და რიცხობრივი შეფასების კომპლექსური გამოყენება მათი ფორმალური დამუშავებით საშუალებას იძლევა მივიღოთ პრობლემის ეფექტური გადაწყვეტა.

შეფასების შედეგების დამუშავებით შეიძლება განისაზღვროს სხვადასხვა ექსპერტების რანჟირებას შორის დამოკიდებულება და ამასთან დადგინდეს ექსპერტების მოსაზრებებს შორის საერთოობა და განსხვავებულობა. მნიშვნელოვან როლს თამაშობს აგრეთვე ობიექტის შედარების სხვადასხვა მაჩვენებლების მიხედვით რანჟირებებს შორის დამოკიდებულების დადგენა. ასეთი დამოკიდებულებების გამოვლენა საშუალებას იძლევა გამოვაჩინოთ შედარების მაკავშირებელი მაჩვენებლები და შესაძლებელია განვახორციელოთ მათი დაჯგუფება კავშირის ხარისხის მიხედვით. პრაქტიკისათვის დამოკიდებულების განსაზღვრის ამოცანის მნიშვნელოვნება ცხადია, მაგალითად, თუ შედარების მაჩვენებლები ემსახურებიან სხვადასხვა მიზანს, მაშინ რანჟირებებს შორის ურთიერთკავშირი საშუალებას იძლევა დასაბუთებულად გაეცეს პასუხი ერთი მიზნის მიღწევის რა ხარისხი იძლევა საშუალებას მოცემული საშუალებების მიხედვით მიღწეულ იქნეს სხვებიც.

შეფასებები, მიღებული დამუშავების საფუძველზე, წარმოადგენენ შემთხვევით ობიექტებს, ამიტომ დამუშავების პროცედურის ერთ-ერთ ძირითად ამოცანას წარმოადგენს მათი სანდოობის განსაზღვრა. ამ ამოცანის გადაწყვეტას უნდა დაეთმოს შესაბამისი ყურადღება.

ექსპერტიზის შედეგების დამუშავება არის შრომატევადი პროცესი. მათი საიმედოობის მაჩვენებლების და შეფასების ხელით გამოთვლის ოპერაციების შესრულება დაკავშირებულია დიდ შრომით დანახარჯებთან, მოწესრიგების უბრალო ამოცანების გადაწყვეტის დროსაც კი. ამასთან დაკავშირებით მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ კომპიუტერული ტექნოლოგიები, მათი გამოყენებისას ჩნდება პროგრამების შემუშავების საჭიროება, რომლებიც მოახდენენ საექსპერტო შეფასების შედეგების დამუშავების ალგორითმების რეალიზებას.

დისერტაციაში განხილულია მრავალი ობიექტის საექსპერტო შეფასების შედეგების დამუშავების ალგორითმები. დავუშვათ, რომ  $m$  ექსპერტებმა მოახდინეს  $n$  ობიექტების შეფასება  $l$  მაჩვენებლების მიხედვით. შეფასების შედეგები წარმოდგენილია  $x_{ij}^h$  სიდიდის სახით, სადაც:  $j$  – ექსპერტის ნომერია;  $i$  – ობიექტის ნომერია,  $h$  – შედარების მაჩვენებლის (ნიშნის) ნომერია. თუ ობიექტის შეფასება ნაწარმოებია რანჟირების მეთოდით, მაშინ სიდიდეები  $x_{ij}^h$  წარმოადგენენ რანგებს. თუ ობიექტების შეფასება

შესრულებულია უშუალო შეფასების მეთოდით ან მიმდევრობითი შედარების მეთოდით, მაშინ სიდიდე  $x_{ij}^h$  წარმოადგენს რიცხვს რიცხვითი ღერძის ზოგიერთი მონაკვეთიდან ან ბალებს. შეფასების შედეგების დამუშავება მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული გაზომვის განხილულ მეთოდებზე.

განვიხილოთ შემთხვევები, როდესაც სიდიდეები  $x_{ij}^h$  ( $i = 1, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m; h = 1, 2, \dots, \ell$ ) მიღებულია უშუალო შეფასების მეთოდებით ან მიმდევრობითი შედარების მეთოდებით ანუ  $X_{ij}^h$  წარმოადგენს რიცხვებს ან ბალებს. ამ შემთხვევაში ობიექტების ჯგუფური შეფასების მიღებისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ შეფასების საშუალო მნიშვნელობა ყოველი ობიექტისათვის:

$$x_i = \sum_{h=1}^{\ell} \sum_{j=1}^m q_h x_{ij}^h k_j \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (2)$$

სადაც:  $q_h$  – ობიექტების შედარების წონების კოეფიციენტები;

$k_j$  – ექსპერტის კომპეტენტურობის კოეფიციენტები.

ექსპერტების კომპეტენტურობის და მაჩვენებლების წონების კოეფიციენტები წარმოაგენენ ნორმალურ სიდიდეებს:

$$\sum_{h=1}^{\ell} q_h = 1; \sum_{j=1}^m k_j = 1, \quad (3)$$

მაჩვენებლების წონების კოეფიციენტები შეიძლება განსაზღვრული იქნას საექსპერტო გზით. თუ  $q_{hj}$  –  $h$  მაჩვენებლის წონის კოეფიციენტი, რომელიც მოცემულია  $j$  ექსპერტის მიერ, მაშინ მაჩვენებლის წონის საშუალო კოეფიციენტი  $h$  ყველა ექსპერტის მიხედვით ტოლია:

$$q_h = \sum_{j=1}^m q_{hj} k_j \quad (h = 1, 2, \dots, \ell), \quad (4)$$

ჯგუფური საექსპერტო შეფასების მიღება ინდივიდუალური შეფასებების დაჯამების გზით კომპეტენტურობის წონებით და მაჩვენებლების მნიშვნელოვნებით ობიექტების თვისებების ცვლილებისას კარდინალურ შკალებში ემყარება ვარაუდს ფონ ნეომან-მორგენშტერნის სასარგებლოების თეორიის აქსიომების შესრულებას, როგორც ინდივიდუალური ისე ჯგუფური შეფასებისა და ჯგუფში ობიექტის გამოურჩევლობის პირობებისათვის, თუ ისინი არ განირჩევიან ყველა ინდივიდუალურ შეფასებაში. რეალურ ამოცანებში ეს პირობები, როგორც წესი, სრულდება, ამიტომ ობიექტების ჯგუფური შეფასების წონებთან დაჯამების გზით ფართოდ გამოიყენება პრაქტიკაში.

ექსპერტების კომპეტენტურობის კოეფიციენტები შეიძლება გამოითვლოს ობიექტების შეფასების შედეგების მიხედვით. ამ გამოთვლის ძირითად იდეას წარმოადგენს ვარაუდი იმის შესახებ, რომ ექსპერტების კომპეტენტურობა უნდა ფასდებოდეს შეთანხმებულობის ხარისხის მიხედვით, მათი შეფასება ობიექტების ჯგუფურ შეფასებასთან.

ექსპერტების კომპეტენტურობის კოეფიციენტების გამოთვლის ალგორითმს აქვს რეკურენტული პროცედურის სახე:

$$x_i^t = \sum_{j=1}^m x_{ij} k_j^{t-1} \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (5)$$

$$\lambda^t = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} x_i^t \quad (t = 1, 2, \dots), \quad (6)$$

$$k_j^t = \frac{1}{\lambda^t} \sum_{i=1}^n x_{ij} x_i^t; \quad \sum_{j=1}^m k_j^t = 1 \quad (j = 1, 2, \dots, m), \quad (7)$$

გამოთვლა იწყება  $t = 1$ -დან, მეხუთე ფორმულაში კომპეტენტურობის კოეფიციენტების საწყისი მონაცემები მიიღება ერთნაირი და  $k_j^0 = 1/m$ -ის ტოლი, მაშინ ფორმულის (5)-ის მიხედვით პირველი მიახლოების ობიექტების ჯგუფური შეფასებები ტოლია ექსპერტების შეფასების საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობებისა:

$$x_i^1 = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m x_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (8)$$

შემდეგ გამოითვლება სიდიდე  $\lambda^1$  მეექვსე ფორმულის მიხედვით:

$$\lambda^1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} x_i^1, \quad (9)$$

და პირველი მიახლოების კომპეტენტურობის კოეფიციენტების მნიშვნელობა მეშვიდე ფორმულის მიხედვით:

$$k_j^1 = \frac{1}{\lambda^1} \sum_{i=1}^n x_{ij} x_i^1, \quad (10)$$

პირველი მიახლოების კომპეტენტურობის კოეფიციენტების გამოყენებით შეიძლება გავიმეოროთ გამოთვლის მთელი პროცესი (5), (6), (7) ფორმულების მიხედვით და მივიღოთ  $x_i^2$ ,  $\lambda^2$ ,  $k_j^2$  სიდიდეების მეორე მიახლოება.

ობიექტების შეფასების და კომპეტენტურობის კოეფიციენტის გამოთვლის რეკურენტული პროცედურების გამეორება სვავს კითხვას მისი მსგავსობის შესახებ. ამ საკითხის განხილვისათვის ფორმულიდან (5), (7) გამოვრიცხოთ ცვლადი  $k_j^{t-1}$  და  $x_j^t$  და ეს ტოლობა წარმოვადგინოთ ვექტორული ფორმით:

$$x^t = \frac{1}{\lambda^{t-1}} B x^{t-1}; \quad k^t = \frac{1}{\lambda^t} C k^{t-1} \quad (t = 1, 2, \dots), \quad (11)$$

სადაც მატრიცები  $B$  სიდიდით  $n \times n$  და  $C$  სიდიდით  $m \times m$  ტოლია



$$B = XX', C = X'X, X = \|x_{ij}\|, \quad (12)$$

სიდიდე  $\lambda^t$  მეთერთმეტე ტოლობაში განისაზღვრება მეშვიდე ფორმულის მიხედვით.

თუ მატრიცები  $B$  და  $C$  დადებითია და არა შლადი, მაშინ როგორც ეს გამომდინარეობს პერონ-ფრობენიუსის თეორიიდან,  $t \rightarrow \infty$  დროს ვექტორები  $x^t$  და  $k^t$  ემთხვევა  $B$  და  $C$  მატრიცის საკუთარ ვექტორებს, რომლებიც შეესაბამებიან ამ მატრიცების საკუთარ მაქსიმალურ რიცხვებს.

$$x = \lim_{t \rightarrow \infty} x^t, k = \lim_{t \rightarrow \infty} k^t, \quad (13)$$

$x$  და  $k$  ვექტორების ზღვრული მნიშვნელობები შეიძლება გამოვთვალოთ ტოლობიდან

$$\begin{aligned} Bx &= \lambda_B x, \quad \sum_{i=1}^n x_i = 1, \quad |B - \lambda_B E| = 0 \\ Ck &= \lambda_C k, \quad \sum_{j=1}^m k_j = 1, \quad |C - \lambda_C E| = 0 \end{aligned} \quad (14)$$

სადაც  $\lambda_B, \lambda_C$  –  $B$  და  $C$  მატრიცების მაქსიმალური საკუთარი რიცხვებია.

$B$  და  $C$  მატრიცების დადებითობის პირობა იოლად სრულდება  $x_{ij}$  დადებითი ელემენტების არჩევით, ექსპერტების მიერ ობიექტების შეფასების  $x$  მატრიციდან.

$B$  და  $C$  მატრიცების დაუშლელი პირობა პრაქტიკულად სრულდება, რამდენადაც, თუ ეს მატრიცები იშლება, მაშინ ეს აღნიშნავს, რომ ექსპერტები და ობიექტები იყოფიან დამოუკიდებელ ჯგუფებად. ამასთან ექსპერტების ყოველი ჯგუფი ავასებს მხოლოდ თავისი ჯგუფის ობიექტებს. ცხადია, რომ ამ შემთხვევაში ჯგუფური შეფასების მიღებას აზრი არ აქვს. ამგვარად  $B$  და  $C$  მატრიცების დადებითობის და დაუშლელი პირობა და შესაბამისად (5), (6), (7) პროცედურების თანხვედრის პირობა პრაქტიკულ პირობებში სრულდება.

უნდა აღინიშნოს, რომ ობიექტების ჯგუფური შეფასების და კომპეტენტურობის კოეფიციენტის ვექტორების პრაქტიკული გამოთვლა უფრო მარტივად სრულდება რეკურენტული ფორმულების (5), (6), (7) მიხედვით. ამ ვექტორების ზღვრული მნიშვნელობების განსაზღვრა (14) ტოლობის მიხედვით მოითხოვს კომპიუტერული ტექნოლოგიის გამოყენებას.

საექსპერტო შეფასებების მეთოდის გამოყენება საშუალებას იძლევა ჩამოყალიბდეს სპეციალისტების მოსაზრებების შეკრების, გავრცობის და ანალიზის პროცედურები მათი იმ ფორმით წარმოდგენით, რომელიც უფრო

მოსახერხებელი იქნება დასაბუთებული გადაწყვეტილებების მიღებისათვის. მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ საექსპერტო შეფასების მეთოდი არ ცვლის (არ ანაცვლებს) არც ადმინისტრაციულ, არც ტექნიკურ გადაწყვეტებს, ის მხოლოდ საშუალებას იძლევა შევავსოთ ინფორმაცია, რომელიც აუცილებელია ასეთი გადაწყვეტების მომზადებისა და მიღებისათვის. საექსპერტო შეფასებების ფართო გამოყენება სამართლიანია მხოლოდ იქ, სადაც მდგომარეობის ანალიზისათვის შეუძლებელია გამოვიყენოთ უფრო ზუსტი მეთოდები.

*მეთოდე თავში განხილულია* ისტორიული ძეგლების საძირკვლების მდგომარეობის გამოკვლევის მეთოდები. დაზიანებული ყორე ქვებისა და ხსნარების, აგრეთვე მათი რაოდენობრივი შეფასების ზუსტი დიაგნოსტიკა – ეს არის წინაპირობა ყორე საძირკვლების მასალების რღვევის მიზეზების განსაზღვრისათვის და მათი მდგომარეობის მახასიათებლების დადგენისათვის, რაც აუცილებელია ისტორიული შენობების გაძლიერების გზების და ახალი ტექნოლოგიის არჩევისას. თანამედროვე კვლევებმა და ახალმა ტექნოლოგიებმა წარმოქმნა ყორე საძირკვლების მდგომარეობის და მათი დაცვის შეფასების ახალი მეთოდები.

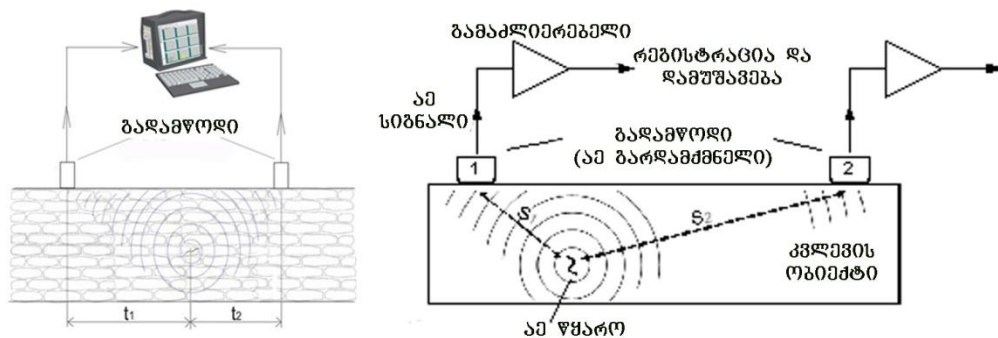
დღეისათვის ყორე საძირკვლების მდგომარეობის შეფასებისათვის ინფორმატიულობა იზრდება სხვადასხვა მეთოდების ერთდროული გამოყენებით. ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია კვლევის მეთოდი, რომელიც საშუალებას მოგვცემს ხარისხიანად შევაფასოთ მთელი შენობის ყორე საძირკვლის ტანის და მათი ცალკეული ნაწილების მდგომარეობა, მასალის რღვევის ფორმების ინტენსიურობა და გადანაწილება როგორც მის ზედაპირზე, ისე სიღრმის მიხედვით. ეს მეთოდი იძლევა უფრო ზუსტ მონაცემებს ყორე წყობის შესახებ და საშუალებას გვაძლევს უფრო ეფექტურად და რაციონალურად მივუდგეთ საძირკვლის გაძლიერების პროექტის შემუშავების საკითხის გადაწყვეტას.

ყორე საძირკვლების კვლევის წარმოდგენილი კომპლექსური მეთოდი აერთიანებს: ტრადიციულ მეთოდებთან მიმართებაში კვლევის გეოფიზიკურ მეთოდებს იძულებითი რხევის სეისმოაკუსტიკური ველების საფუძველზე; საძირკვლის ტანში საკონტროლო ნაბურღების და ბოჭკოვან-ოპტიკური ენდოსკოპის საშუალებით საძირკვლის შიგა მდგომარეობის ვიზუალური შეფასებით.

შურფებით საძირკვლის გახსნამ (საჭირო ინფორმაციის მიღების ყველაზე მარტივი საშუალება) აჩვენა, რომ ისტორიული შენობების სხვადასხვა საძირკვლის (გარდა ხიმინჯოვანისა) ადგილსა და დროს შორის კანონზომიერება, როგორც ჩანს, არ არსებობს.

ყორე საძირკვლების განსაკუთრებულობების ცოდნა საჭიროა მათი განთავსების არეში წარმოქმნილი დესტრუქციული პროცესების მიზეზ-შედეგობრივი კავშირის გასაგებად, ასევე მათი დეფორმაციის შეფასებისას საანგარიშო მოდელების და სქემების დასაბუთებისათვის.

კვლევების აკუსტიკური ემისიის მეთოდი როგორც ცნობილია, საშუალებას იძლევა შევაფასოთ ყორე საძირკვლის ტანის მთლიანობა სხვადასხვა ნიშნების ერთობლიობის მიხედვით (რამოდენიმე აკუსტიკური მახასიათებელი): ბგერის სიჩქარე, სიგნალის ენერგია და სპექტრის ინტერფერენცია (ნახ. 2).



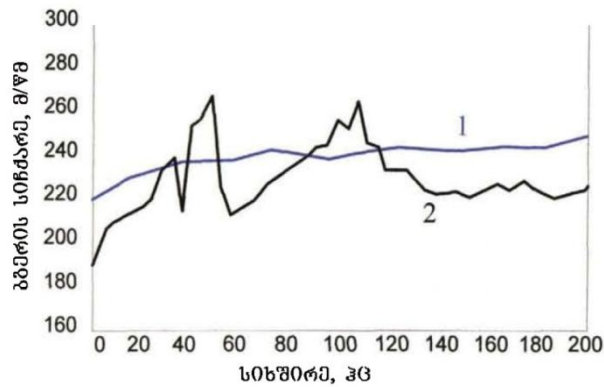
ნახ. 2. ყორე საძირკვლის ერთიანობის კვლევის აკუსტიკური ემისიის სქემა

1. – აე გარდამქმნელი (მიმღები 1); 2. – აე გარდამქმნელი (მიმღები 2);

$S_1$  – დაცილება აე-დან მიმღები 1-მდე;  $S_2$  – დაცილება აე-დან მიმღები 2-მდე;

თუ ყორე წყობა დეფექტების გარეშე და საძირკველს არ აქვს დეფორმაცია, მაშინ სიგნალების გავრცელება ხდება ფსევდორელევური ინტერფერენციული ტალღების ანალოგიურად ბგერის ნორმალური დისპერსიის დროს. ფარული დეფექტებით ან ცალკეული სიცარიელებით უბნებში, შეინიშნება „პიკები“ ბგერის სიჩქარეში (გადახრა წრფივი დამოკიდებულებისგან) სიხშირეების გარკვეულ უბნებში. ამრიგად, დეფორმირებული საძირკვლის და მასში შესაძლო ფარული დეფექტების

ნიშანს წარმოადგენს ფაზური სიჩქარის „პიკები“ (ნახ. 3) და სიგნალის გავრცელების ინტერფერენციული სურათის ცვლილება.



ნახ. 3. აკუსტიკური ემისიის მეთოდით კვლევების შედეგების დამუშავების ტესტური მაგალითი ბგერის სიჩქარის დისპერსიის მიხედვით საძირკვლის ორ უბანზე

- 1 – შეესაბამება საძირკვლის უბანს დეფექტების მცირე რაოდენობით;
- 2 – საძირკვლის უბანი დეფექტების მომატებული რაოდენობით

ხაზი უნდა გაესვას, იმას, რომ ქალაქის პირობებში გეოფიზიკური კვლევების სარწმუნოებაზე გავლენას ახდენს სხვადასხვა ხარვეზები (მილგაყვანილობა, ელექტროფიცირებული ტრანსპორტი, ვიბრაციული და დინამიკური ხმაური და ა.შ.), რომლებიც ართულებენ გაზომვების შედეგების გაშიფვრას, და კერძო შემთხვევებში იწვევენ არაერთმნიშვნელოვანი დასკვნების მიღებას.

ამიტომ საძირკვლების ყორე წყობის შესახებ ინფორმაცია, დაფუძნებული გეოფიზიკური მეთოდების შედეგებზე არის წინასწარი და საჭიროებს დაზუსტებას კვლევის პირდაპირი მეთოდებით – შპურების გაბურღვით უფრო მეტად პრობლემურ ადგილებში.

საძირკვლის დიაგნოსტიკა გაბურღვის მეთოდით ხდება შემდეგნაირად: საძირკვლის ტანში შპურების გაბურღვა ხორციელდება დანადგარით კოლონური ხერხით, საბურღი კომპლექტით დიამეტრით 76 მმ (სურ. 4), რაც საშუალებას იძლევა გავზარდოთ ჩასატარებელი გამოკვლევის ხარისხი, მივიღოთ უფრო დეტალური ინფორმაცია საძირკვლების ყორე წყობის მდგომარეობის შესახებ საძირკვლის თავიდან ძირამდე და ავიღოთ საძირკვლის შემადგენელი მასალების ნიმუშები. შპურების რაოდენობის

გაზრდით იზრდება საძირკვლის ყორე წყობის მდგომარეობის შესახებ მიღებული ინფორმაციის სიზუსტე.

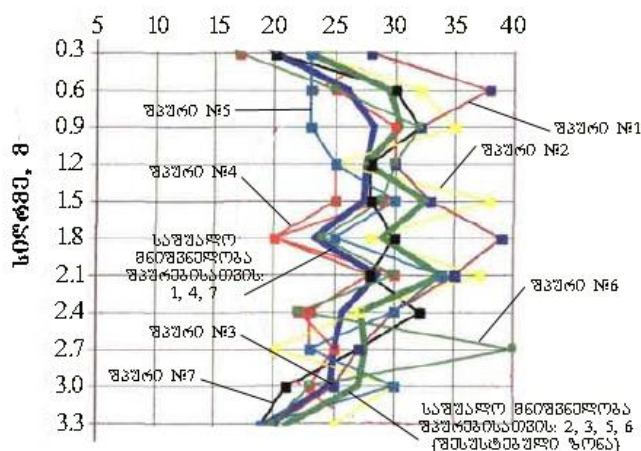
შპურების ბურღვისას ისტორიული შენობების საძირკვლის ტანში ხშირად აღმოჩნდება დეფექტები ბზარების, ღრუების, ყორე ქვის ნამსხვრევების სახით და ა.შ. ეს საკმაოდ კარგად ჩანს საბურღი მოწყობილობის შტანგის გასვლის სიჩქარით, ბურღვისას კერნის ამოღებით, კირქვის და ხსნარის სიმტკიცით. ეს მონაცემები საშუალებას გვაძლევს დავაზუსტოთ წინასწარმიღებული ინფორმაცია, რომლებიც მიღებულია გეოფიზიკური კვლევებით.



სურ. 4. შპურების გაბურღვა:

- ა) საბურღი დანადგარი; ბ) საბურღი თავაკი, გ) შპური (ნაბურღი); დ) კერნები

საბურღი მოწყობილობის ბასვილის სიჩქარე, სმ/წთ

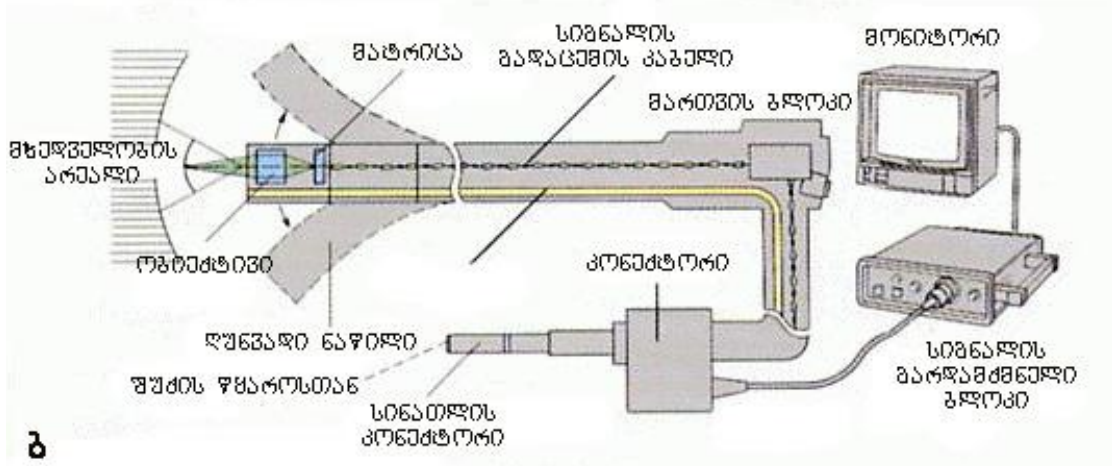


ნახ. 5. საბურღი მოწყობილობის გასვლის სიჩქარის გრაფიკი

ნახ. 5-ზე მოყვანილია საბურღი მოწყობილობების საშუალო მნიშვნელობების გრაფიკები შედარებით უკეთეს და შესუსტებულ ზონებში შესრულებული შპურებისათვის.

საძირკვლის ყორე წყობის მასალის ნიმუშებს (კირქვა და ხსნარი), რომლებიც აღებულია შპურების გაბურღვისას, იცდებოდა ერთდერმა კუმშვაზე წყალგაჯერებულ მდგომარეობაში. კირქვის აღებულ ნიმუშებს ყოველთვის არ აქვთ საკმარისი ზომები ერთდერმა კუმშვაზე გამოცდების ჩატარებისათვის.

საძირკვლის ყორე წყობის შიგა მდგომარეობის შეფასებისათვის ჩვენს მიერ დამუშავებულია ბოჭკოვან-ოპტიკური ენდოსკოპით დიაგნოსტიკის მეთოდი, რომელიც იძლევა სურათის გადაღების საშუალებას ნაბურღის შიგა არეში მისი მთელი სიღრმის მიხედვით.

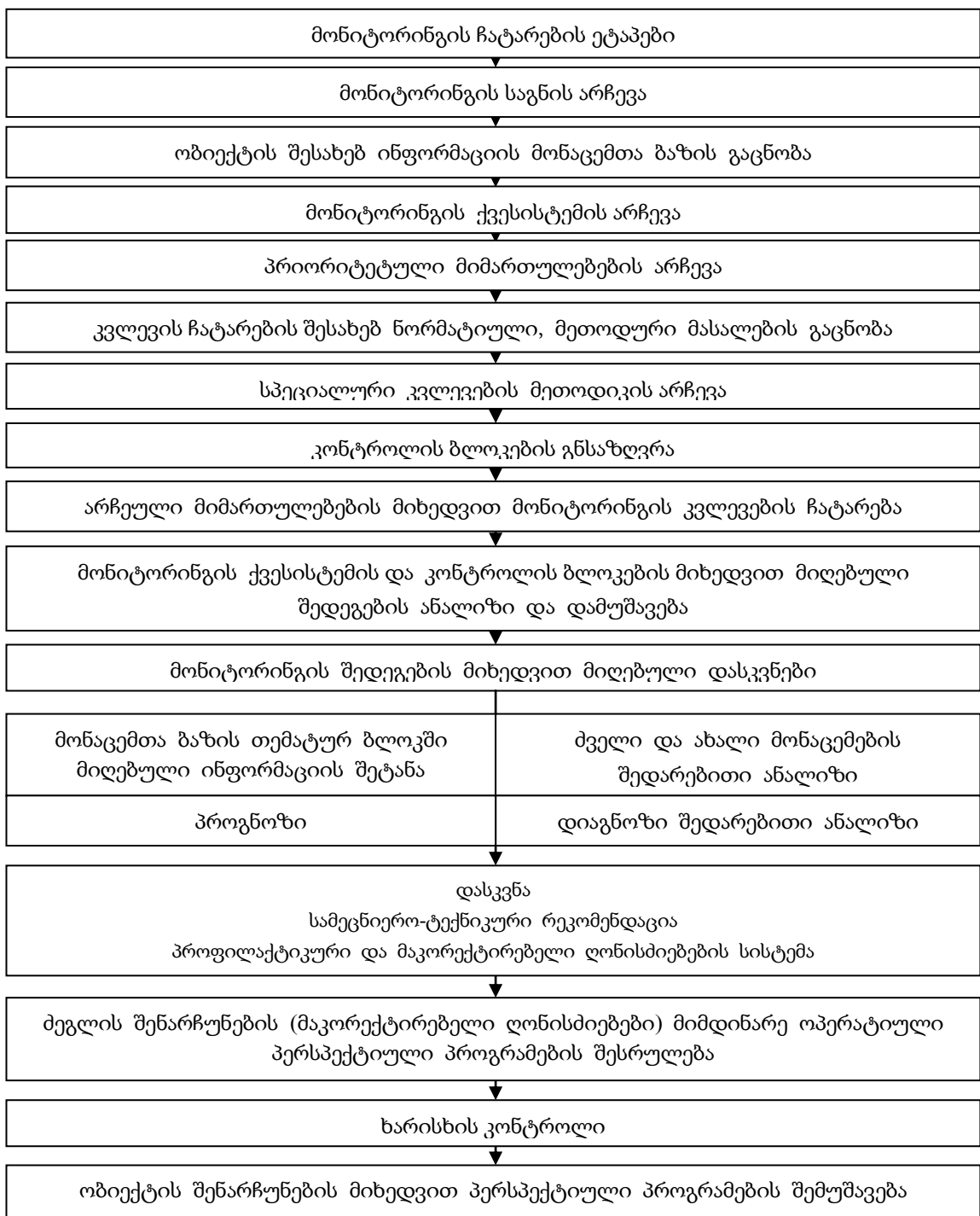


სურ. 6. ბოჭკოვან-ოპტიკური ენდოსკოპის საერთო ხედი და ფუნქციონალური სქემა

სურ. 6-ზე მოცემულია ბოჭკოვან-ოპტიკური ენდოსკოპის საერთო ხედი (ა) და ფუნქციონალური სქემა (ბ). ვიდეოჩაწერა იძლევა საშუალებას მივიღოთ ქვების,

ხსნარის, წყობის შიგა ნაკერების მდგომარეობის ხილული სურათი, და მოვახდინოთ ხარისხიანი შეფასების გაკეთება სიცარიელების შესახებ, რის მიხედვით შეიძლება განისაზღვროს საძირკვლის წყობის გამოქარვის ხარისხი ГОСТ 25100-95-ის შესაბამისად.

მეხუთე თავში შექმნილია ძეგლების მდგომარეობის მონიტორინგის კვლევების ორგანიზებული სტრუქტურა და მოყვანილია დამუშავებული მეთოდოლოგიით ჩატარებული გამოკვლევის მაგალითები. მონიტორინგის პროცესის სტრუქტურული ორგანიზაციის საერთო სქემა წარმოდგენილია ნახ. 7-ზე



ნახ. 7. მონიტორინგის ალგორითმი

ძეგლის მასალის მდგომარეობის მონიტორინგის კვლევების შედეგების სისტემატიზაცია და შენახვა შესაძლებელია ორ ვარიანტად – მონაცემთა ბაზის სახით (დაკვირვების ყველა ობიექტიდან მიღებული მონაცემები ერთიანდება ინფორმაციულ ბლოკში) და ინფორმაციული რეგისტრაციული ბარათების სახით, რომლებსაც შეიძლება ეწოდოს მასალათმცოდნეობის ინფორმაციული ბარათები, რომლებიც უნდა ასახავდნენ ძეგლის მასალის მდგომარეობას და იძლეოდნენ ინფორმაციის სწრაფი მიღების შესაძლებლობას მონიტორინგის კვლევების შედეგების და მრღვევი პროცესების დიაგნოსტიკის მონაცემების შესახებ, ძეგლის მასალის მდგრადობის პროგნოზირებით გარემომცველი არის კონკრეტული პირობებისათვის.

დისერტაციაში მოყვანილია კვლევის მაგალითები, რომელთა ფრაგმენტებიც მოცემულია ქვემოთ.

მაგალითი 1. ქ. თბილისში, ძმები ზუბალაშვილების ქ. №23-ში მდებარე შენობის ტექნიკური მდგომარეობის გამოკვლევა. შემოწმებული იქნა ქ. თბილისში ძმები ზუბალაშვილების ქ. №23-ში მდებარე შენობის ტექნიკური მდგომარეობა. შენობა მდებარეობს ძმები ზუბალაშვილების და ბესიკის ქუჩების გადაკვეთაზე. ფასადის მარჯვენა მხარე მდებარეობს ბესიკის ქუჩაზე (სურ. 8). შენობა აშენებულია XIX საუკუნის მეორე ნახევარში და წარმოადგენს კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლს.



სურ. 8.



სურ. 9.

აღნიშნული შენობა ორსართულიანია და განლაგებულია დახრილ რელიეფზე. გეგმაში იგი სწორკუთხედის ფორმისაა, ზომებით 10.7×18 მ. შენობის საძირკველი განხორციელებულია ყორე ქვის წყობით, სისქით 100 სმ, კედლები კი ამოყვანილია აგურის წყობით, სისქით 70 სმ.



სართულშია გადახურვა განხორციელებულია ხის კოჭებზე ხის იატაკით. სახურავი ოთხქანობიანია ხის ნივნივებზე. კიბის უჯრედი შესრულებულია ლითონის კოსოურებზე მოზაიკური ბეტონის საფეხურებით.

შენობას გამოკვლევამდე რამოდენიმე თვის ადრე ჩაუტარდა სარემონტო სამუშაოები, რომლის შემდგომაც შენობას გაუჩნდა ბზარები მზიდ კედლებში და კონსტრუქციებში (სურ. 9).

ბზარის ზრდის დინამიკის შესასწავლად დაყენებული იქნა ბზარების ზრდის სიდიდის მაჩვენებელი სენსორი, რომელსაც ვაკვირდებით და პერიოდულად ვიღებთ ანათვლებს (სურ. 10).



სურ. 10.



სურ. 11.

გამოკვლევის შედეგად დადგინდა: კტს-ის მიხედვით ტერიტორია მიეკუთვნება დატვირთვის საშუალო კატეგორიას; შენობას მზიდ კედლებზე გააჩნია ბზარები; შენობის უკანა მხარეს შურფის გათხრის შედეგად გამოჩნდა (სურ. 11), რომ შენობას აქვს ლენტური ყორე ქვის საძირკველი, რომლის თავზე აგურის კედელი ჩამოშლილია, რაც გამოწვეულია სახურავიდან საძირკველში წყლის ჩადინებით. აღნიშნული მიზეზების გამო დაიწყო საძირკველმა ჯდომა და მზიდ კედელზე ბზარების განვითარება; წინა ფასადის მხრიდან შენობას მარცხენა კედელში მოწყობილი აქვს სახურავის წყლის ღარი, რომელიც ახლოს არის მეზობელი სახლის სარდაფის ფანჯარასთან, იქიდან შესაძლებელია წვიმის წყლის ჩადინება ჯერ სარდაფში შემდეგ კი საძირკველში. აუცილებელია წყლის მოცილება, რათა თავიდან იქნას აცილებული სარდაფში წყლის ჩადინება; ჩვენს მიერ შენობის შიგნით მზიდ კედელზე დაყენებული იქნა ინდიკატორი (მენსურა) ბზარების გახსნის სიდიდის გასაგებად დროში. რამაც 6 თვის დაკვირვების პერიოდში გვიჩვენა,

რომ ბზარების მატებას ადგილი არ აქვს, საძირკვლის ჯდომის პროცესი ჯერ-ჯერობით შეჩერებულია, მაგრამ აუცილებელია ხანგრძლივი დაკვირვება.

მაგალითი 2. *პეტრა-ციხის მდგომარეობის გამოკვლევა*. პეტრა-ციხე არქეოლოგიურ-არქიტექტურული მუზეუმ-ნაკრძალია დასავლეთ საქათველოში. იგი მდებარეობს ქობულეთის რაიონში სოფელ ციხისძირის ტერიტორიაზე შავი ზღვის სანაპიროზე. იგი მოიცავს 7 ჰექტარ ფართს (ვრცლად I თავში) (სურ. 12).



სურ. 12. პეტრა-ციხე საერთო ხედი

ისტორიული ძეგლის განლაგების ტერიტორიის ეკოლოგიური მდგომარეობის დასადგენად გამოვიყენეთ გეოგრაფიულ-ინფორმაციული სისტემა ე.წ. გის-ი. სხვადასხვა ზემოქმედებების განსაზღვრის შედეგად მიღებული დატვირთვების შესაბამისად შედგა კომპლექსური ტერიტორიული სქემები.

თავდაპირველად შედგა თითოეული ზემოქმედების შრეობრივი რუკები, ესენია – ქარის დატვირთვა, ტენის ზემოქმედება, გრუნტის მდგომარეობა, დაბინძურებული გრუნტის წყალი, რელიეფის მდგომარეობა, ატმოსფერული ნალექების ზემოქმედება, სხვადასხვა დამაბინძურებელი მინერალების და გამონაბოლქვით დაბინძურების ზემოქმედება.

აღნიშნული რუკების ერთმანეთზე ზედდების შედეგად მივიღეთ სურათი, რომლის მიხედვითაც განისაზღვრა მასზე სხვადასხვა ზემოქმედებებით გამოწვეული მაქსიმალური დატვირთვების წერტილები. დადგინდა იქნა, რომ პეტრა-ციხის განთავსების ტერიტორია დარაიონების მიხედვით განეკუთვნება ძლიერი დატვირთვების კატეგორიას.

ადგილზე ჩატარებული ვიზუალური და ინსტრუმენტალური გამოკვლევის შედეგად დადგინდა, რომ ძეგლის კონსტრუქციების მასალებზე მოქმედი ტენის დიდი რაოდენობის შედეგად მასზე წარმოქმნილია სხვადასხვა დაზიანებები, რაც გამოიხატება მასზე მცენარეული საფარის გავრცელებით, შემაკავშირებელი ხსნარის გამოქარვით, რისი მიზეზია დატენიანება-გამოშრობის მრავალსაუკუნოვანი ციკლი. ადგილ-ადგილ შეინიშნება მუდმივი ტენი ყორე ქვებზე. სამირკვლების კედლებთან შეერთების ადგილებში, მიწის პირზე, ქვების ფერი შეცვლილია – გამავეებულია ტენის მუდმივი ზემოქმედების შედეგად.

ძეგლის კედლების გარკვეული ნაწილია შემორჩენილი და ჩვენი დაკვირვების შედეგად გამოირკვა, რომ ისინიც საკმაოდ მძიმე მდგომარეობაშია. მრავალ ადგილზე შეინიშნება ბზარები, რომლებიც ძირითადად მის დასავლეთ კედელზეა წარმოქმნილი. ბზარები არის როგორც გამჭოლი ისე ზედაპირული (სურ. 13, 14). ასევე შეინიშნება სხვადასხვა დაზიანებებიც, კედლებზე გავრცელებულია სხვადასხვა სახის მცენარეები.



სურ. 13.



სურ. 14.

ისტორიული შენობების (პეტრა-ციხე, ქ. თბილისის რამოდენიმე შენობა) სამირკვლის მდგომარეობის კვლევაში პირდაპირი მონაწილეობისას ავტორის მიერ დაგროვებული იქნა ყორე სამირკვლების მდგომარეობის შესახებ ინფორმაცია. ეს ინფორმაცია მიღებულ იქნა რიგი ისტორიული შენობების გამოკვლევის კომპლექსური მეთოდის გამოყენებისას.

გაცვეთილ მდგომარეობაში სამირკვლის ყორე წყობას აქვს მაღალი სიცარიელები. ერთ-ერთი მიზეზი შეიძლება იყოს სამშენებლო სამუშაოების

უხარისხო შესრულება, მეორე მიზეზი – ყორე საძირკვლებში დესტრუქციული პროცესების გაჩენა და განვითარება.

ისტორიული შენობების ყორე საძირკვლების მდგომარეობის დეტალური შესწავლისას გამოკვლევის კომპლექსური მეთოდის გამოყენებით (თავი 4), გამოვლენილი იქნა საძირკვლის ტანში სიღრმის მიხედვით დესტრუქციული პროცესების გადანაწილების ინტენსიურობის მკვეთრი ზონალურობა. დადგენილი იქნა, რომ გრუნტის წყლების დონის საზღვრებში განლაგებულ ყორე წყობას აქვს უფრო მეტი დეფექტები.

ეს ზონალურობა კარგად შეინიშნება საძირკვლის ტანში შპურების გაბურღვისას, რომლებიც იძლევა ინფორმაციას წყობის შიგა მდგომარეობის შესახებ სიღრმის მიხედვით.

კერნების სახე მკვეთრად განსხვავდება სიღრმის მიხედვით მისი ადების ადგილზე დამოკიდებულებით, გრუნტის წყლების ცვლადი დონის ზონაში აღებული კერნები უფრო დაფხვნილია.

შპურების კედლების ბოჭკოვან-ოპტიკური ენდოსკოპით დათვალიერებამ დაადასტურა წყობაში გრუნტის წყლების ცვლადი დონის სიღრმეზე სიცარიელების არსებობა, რომლებიც წარმოიქმნა დესტრუქციული პროცესების შედეგად.

შეიძლება ვივარაუდოთ რომ, შესუსტებული ზონის გაჩენის ძირითადი მიზეზი არის გრუნტის წყლების ზემოქმედება ყორე საძირკვლის ტანზე. ცნობილია, რომ კირქვა შეიძლება დაიშალოს წყლის ზემოქმედების ქვეშ და მით უმეტეს დონის პერიოდული ცვლილების დროს.

### **ძირითადი დასკვნები**

1. განხილულია ისტორიულ-კულტურული ძეგლების კონსტრუქციების კონტროლის თეორიული და მეთოდური ასპექტები, ტექნიკური მდგომარეობის შეფასების მეთოდოლოგია, მისი დონე საერთო სტრუქტურა, კვლევის მეთოდები და ინფორმაციული რესურსების შეფასების მიდგომები;
2. დადგენილია, რომ ტექნიკური მონიტორინგი კულტურული მემკვიდრეობის ეკოლოგიური შეფასების მეთოდოლოგიასთან ერთად

საშუალებას იძლევა მაქსიმალურად იქნას შენარჩუნებული ძველის კულტურული ღირებულება; გარემომცველი არის ეკოლოგიური ფაქტორების შეფასება და ამ ფაქტორების ზემოქმედების ქვეშ მასალებში მიმდინარე ცვლილებებზე დაკვირვება, რაც საშუალებას იძლევა შევისწავლოთ დამაზიანებელი პროცესები და მათი განვითარების კინეტიკა;

3. გაანალიზებულია და შესწავლილია დაზიანების ზონაში დესტრუქციული პროცესები – რისკის ზონა, ტენის, კოროზიის, ბიოლოგიური და სხვა უარყოფითი ფაქტორების გავლენა ისტორიულ-კულტურულ ძეგლებზე;
4. დამუშავებულია ისტორიულ-კულტურული ძეგლების კონსტრუქციის მდგომარეობის ტექნიკური დიაგნოსტიკის მეთოდები, გეოგრაფიულ-ინფორმაციული სისტემა; ასევე ძეგლის მასალების მდგომარეობის დაზიანების მონიტორინგის და მრღვევი პროცესების შეფასების სისტემა; რეკონსტრუქციის კონკრეტულ ეტაპზე მიღებული გის-ტექნოლოგიები, შემდგომში შეიძლება გამოყენებული იყოს გადაწყვეტილებების მიღების მოდელირებისათვის;
5. დამუშავებულია ისტორიულ-კულტურული ძეგლების კონსტრუქციების ტექნიკური მდგომარეობის დიაგნოსტიკა ე.წ. „საექსპერტო მეთოდით“, რომელიც ითვალისწინებს ექსპერტების (სპეციალისტების) ინტუიციის (დაუსაბუთებელი აზრი), ლოგიკური აზროვნების და რიცხობრივი შეფასების კომპლექსური გამოყენებით და მათი ფორმალური დამუშავებით მივიღოთ პრობლემის ეფექტური გადაწყვეტა;
6. დამუშავებულია ისტორიულ-კულტურული ძეგლების საძირკვლების დიაგნოსტიკის გეოფიზიკური, გაბურღვის და ბოჭკოვან-ოპტიკური ენდოსკოპირების მეთოდები, მათი კომპლექსური გამოყენებით მიიღწევა საძირკვლების ზუსტი და თითქმის უშეცდომო შესწავლა-დიაგნოსტიკა;
7. შექმნილია ისტორიულ-კულტურული ძეგლების მდგომარეობის მონიტორინგის ორგანიზებული სტრუქტურის სქემა და ალგორითმი, რომელიც შეიცავს ძირითად პოზიციებს: მონიტორინგის მიზნების, ამოცანების და ტიპის დადგენა; კვლევის მეთოდების სისტემის არჩევა, მონაცემთა დამუშავების, დაგროვების და რეგისტრაციის სტრუქტურის

შექმნა; შედეგების ანალიზი და დამუშავება; ძეგლის დაცვის სტრატეგიის დასახვა;

8. დისერტაციაში დამუშავებული მონიტორინგის და დიაგნოსტიკის მეთოდოლოგიის გამოყენებით შესწავლილია რეალური ისტორიულ-კულტურული ძეგლები, რომელშიც მდებარეობენ: ქ. თბილისში, აჭარაში სოფელ ციხისძირში და წარმოდგენილია მაგალითების სახით, რითაც დადასტურდა აღნიშნული მეთოდოლოგიის სრულყოფილება.

**დისერტაციის ძირითადი შინაარსი გამოქვეყნებულია შემდეგ ნაშრომებში:**

1. ლ. ბალავაძე ლ, მ. მოხევიშვილი, ი. ჭარაქაშვილი, მ. ვარდიაშვილი. „არამრღვევი კონტროლის მეთოდების როლი და ადგილი რთული კონსტრუქციების საიმედოობის უზრუნველსაყოფად“ სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №3, თბილისი, 2006, გვ. 53-56;
2. M. Tsikarishvili, Y. Melashvili, G. Lagundaridze, L. Zambakhidze, M. Vardiashvili. “Application of Optical-Fiber Sensors for Structures Efficiency Monitoring” First international conference on seismic safety problems of Caucasus region population, cities and settlements, 2008, p. 162-163;
3. მ. მანჯავიძე, მ. წიქარიშვილი, ა. წაქაძე, თ. მალრაძე, მ. ვარდიაშვილი. „ბაგირის ტესტირება და მონიტორინგი ბოჭკოვან-ოპტიკური სენსორებით“ სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №3(14), თბილისი, 2009, გვ. 16-20;
4. მ. წიქარიშვილი, ა. წაქაძე, თ. მალრაძე, გ. ერაგია, მ. ვარდიაშვილი. „დაზიანებული (ბზარებიანი) შენობა-ნაგებობების უსაფრთხოება, ბზარმედეგობის და მარაგის დადგენა“ საერთაშორისო სამეცნიერო ტექნიკური კონფერენციის მოხსენებათა კრებული, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №2(17), თბილისი, 2010, გვ. 160-166;
5. რ. იმედაძე, ლ. იმედაძე, მ. ვარდიაშვილი. „ეკონომიური კვადრატული ფორმის საძირკვლების, რკინაბეტონის ფილების და საყრდენი კედლების დაპროექტება“, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №4(19), თბილისი, 2010, გვ. 57-60;

6. მ. ვარდიაშვილი. „მონიტორინგის ადგილი ისტორიული ძეგლების მდგომარეობის კვლევისა და დაცვის სისტემაში“ სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №1(20), თბილისი, 2011, გვ. 68-74;
7. რ. იმედაძე, ა. კაცაძე, მ. ვარდიაშვილი. „ბეტონის ზედაპირების დაცვის თანამედროვე საშუალებების გამოყენება“ სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №2(21), თბილისი, 2011, გვ. 49-54;
8. მ. ვარდიაშვილი. „ისტორიულ-კულტურული ძეგლების მდგომარეობის ტექნიკური და ეკოლოგიური დიაგნოსტიკის მეთოდები“ სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №2(21), თბილისი, 2011, გვ. 89-95;
9. კ. ბაბილოძე, მ. ვარდიაშვილი. „არქიტექტურულ ძეგლებში გამოყენებული სამშენებლო მასალების სტრუქტურის შესწავლის მეთოდები დამაზიანებელი პროცესების განსაზღვრის მიზნით“ სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №3(22), თბილისი, 2011, გვ. 66-70.

### **Summary**

Nowadays the protection of cultural heritage is one of the most important problems that is arisen in the society. In the last decade has created a critical situation, when the historical - cultural heritage more and more is threatened by the destruction caused due environmental problems.

In the period of global technical and environmental problems for mankind especially are necessary improvement and development of evaluating the methods for technical state of historical - cultural monuments. For the protection of cultural monuments as the theoretical and methodological base of human activity regulation should be the main environmental laws, scientific potential of knowledge in the field of Material Science, collected by technical diagnostics and monitoring methods data.

The full volume of the work consists from 180 pages, it includes an introduction, five chapters, conclusion and references that consists from 110 titles.

In the introduction is presented the actuality of theme, scientific novelty and practical value of work.

In the first chapter are considered the review of historical - cultural monuments technical ecological state and necessity modern methods of their technical state evaluation in order to their conservation.

In the second chapter are considered the methodology of technical state evaluation, it's level, overall structure, research methods and information resources. In the third chapter are considered the new methods of historical – cultural monuments state technical and environmental diagnostic.

In the fourth chapter are considered the research methods of historical monuments foundation's state. Exact diagnostics of damaged boulder-rock stones and solutions, as well as the quantitative evaluation.

In the fifth chapter are considered organizational structure of monuments state's monitoring researches and are given examples of carried out by developed methodology researches.

The results of the thesis work are implemented in the practical research works and given in the thesis as examples.