

ISSN 1512-3936

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
სამშენებლო ფაკულტეტი

მშენებლობა

№1(48) 2018

სამეცნიერო-ტექნიკური  
ჟურნალი



თბილისი 2018

მ შ ე ნ ე ბ ლ ო ბ ა

მთავარი რედაქტორი – მალხაზ წიქარიშვილი  
მთავარი რედაქტორის  
მოადგილეები – გელა ყიფიანი  
როინ იმედაძე

*სამეცნიერო-სარედაქციო კოლეგიის წევრები:*

ბაციკაძე თამაზი, დავით გურგენიძე, დანელია დემური, დრაშკოვიჩი ფერდინანდი (სლოვაკეთი), კვიციანი ტარიელი, კოდუა ნოდარი, კლიმიაშვილი ლევანი, კუბლაშვილი მურმანი, კუბესკოვა დარია (ჩეხეთი), მახვილაძე რევაზი, მექმარიაშვილი ელგუჯა, მიაჩენკოვი ვლადიმერი (რუსეთი), მშვენიერაძე ინგუშა, ნადირაძე ანზორი, რაიჩიკი იაროსლავი (პოლონეთი), რეკვავა პაატა, რიპი იანი (პოლანდია), ფრანგიშვილი არჩილი, ჩერნოგოლოვი იგორი (რუსეთი), ჩიხლაძე ვლადიმერი, ჩიქოვანი არჩილი, ციხელაშვილი ზაური, ცხვედაძე რევაზი, ჭოსონელიძე გუგა, ხაზარაძე ომარი, ხველიძე თამაზი, ჯავახიშვილი მარინა.

*პასუხისმგებელი მდივანი: თინათინ მაღრაძე*

*საკონტაქტო ტელ. 64-39; 599-478422*

*E-mail: [t.magradze@gtu.ge](mailto:t.magradze@gtu.ge)*

*ვებ-გვერდი: [www.sheneba-ge.webnode.com](http://www.sheneba-ge.webnode.com)*

*ჟურნალი გამოდის 2006 წლიდან*

*დამფუძნებლები:*

**გიორგი ლალუნდარიძე**  
მალხაზ წიქარიშვილი  
თინათინ მაღრაძე



## შინაარსი

ა. საბახტარიშვილი, დ. მხეიძე, ა. გელიჯანაშვილი, მ. წიქარიშვილი, ნ. როდონია. ობიექტზე შესრულებული სამშენებლო სამუშაოების ფაქტობრივი დანახარჯების სამსპერტო შეფასების მეთოდიკა .....	6
ი.მშვიდლობაძე, გ. ჭოხონელიძე, ზ. კაკულია, შ. კავსაძე. შენობა-ნაგებობათა ფუძემდებლების ნაწილობრივ ბამაბრების შემთხვევაში ფუძის საანგარიშო სიდიდეების შერჩევის შესახებ .....	11
<i>P. Nadirashvili, T. Menaqarishvili, Z. Meladze, I. Urushadze. Road Preservation Management System (RPMS) .....</i>	15
თ. მახარაშვილი, დ. ბახტაძე. რაჭა-ლეჩხუმის რეგიონის სოციალ-ეკონომიკური და დემოგრაფიული მდგომარეობა .....	19
ზ. გოცირიძე, ი. გოცირიძე. ბეტონის შემადგენლობის ბანგარიშებისათვის ახალი რეკომენდებული ფორმულები .....	23
ზ. მაძალუა, დ. ტაბატაძე, დ. ჯანყარაშვილი. მართკუთხა ფილაში მაქსიმალური ჩაღვნივის ბანსაზღვრა ბეტონის ცოცხალობის დეფორმაციების გათვალისწინებით .....	26
თ. გარდაფხაძე, მ. გარდაფხაძე. სამშენობანი დამრეცი ბარის ბანგარიშებაბანივი წნევისა და ტემპერატურის ზემოქმედებისას .....	32
ბ. სურგულაძე კ. მახარობელიძე. მშრალ, ცხელ კლიმატურ პირობებში ექსპლუატაციისათვის ბანკუმენილი რკინაბეტონის კონსტრუქციების ბანგარიშების საფუძვლები .....	35
ლ. კახიანი, ა. ცაკიაშვილი, მ. თაყაძე. ბანივი კვრის ბზარის გავლენა ღუნვადი ელემენტის სიმტკიცეზე რკინაბეტონის რღვევის მექანიკის მეთოდების გამოყენებით .....	40
გ. ყიფიანი. მაღალი რიბის სიზუსტის კვადრატული ფორმულების შესახებ სინტეზარული ინტეგრაციებისთვის .....	45
გ. ნოზაძე. ორ საყრდენზე თავისუფლად მდებარე რკინაბეტონის შედგენილი კვეთის კოჭის ხანგრძლივი დატვირთვით მუშაობის ექსპერიმენტული კვლევა .....	47
ე. მაჩაიძე. კონუსურ ბარსებთან მიახლოებული დანაოჭებული პირამიდული ბარების ბანგარიშება .....	50
დ. ბელუკაძე. აღბილობრივი ინერტული მასალებით დამზადებული უდანამატო ასფალტბეტონის და გობირდასფალტბეტონის ნიმუშების გამოცდა მინვამდეგობაზე .....	54
ლ. ჯანაშია. ღვარცოფული ბამონათანები .....	57
გ. ხოფერია. საბჭოთა პერიოდის საცხოვრებელი ბანაშენიანების საკანონმდებლო ნორმატიული ბაზა .....	61
ი. მიქავა. საავტომობილო გზების სივრცული სიმდოვრის უზრუნველყოფა .....	65
გ. სულთანისვილი. მრავალშრიანი ბეტონის ნაკეთობის მიღების პრინციპი, ერთსტადიანი დაყალიბების ტექნოლოგიის გამოყენებით .....	69
თ. მახარაშვილი, დ. ბახტაძე. რაჭა-ლეჩხუმის რეგიონში ტურიზმის და დასვენების ინფრასტრუქტურის ბანვითარების კოტენციალი .....	73
კ. მახარობელიძე. დიდმალიანი შენობების გადახურვის კონსტრუქციების ხანმდეგობის საკითხები .....	78
.....	83

---

<i>გ. ყიფიანი.</i> პირველი გზარის სინგულარული ინტეგრალური განტოლების რიცხვითი ამოხსნები გახსნილი კონტურების შემთხვევაში .....	87
<i>მ. ცალქაღამანიძე.</i> შერთა სივრცითი ჰარმონიების აბეზის პრინციპები არქიტექტურულ კომპოზიციებში .....	90
<i>ლ. აგალიშვილი, ი. რთველაძე, ნ. ნაკვეთაური.</i> რკინაბეტონის კოჭური ფილების ზიღვის უნარის (სიმტკიცის) ფაქტორული ანალიზი .....	95
<i>მილოცვა</i> .....	100
<b>SUMMARIES</b> .....	102

ობიექტზე შესრულებული სამშენებლო სამუშაოების ფაქტობრივი  
დანახარჯების სამსკერტო შეფასების მეთოდობა

ა. საბახტარიშვილი, დ. მხეიძე, ა. ველიჯანაშვილი,  
მ. წიქარიშვილი, ნ. როდონია

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ინფრასტრუქტურის მშენებლობის  
ასოციაცია)

*რეზიუმე.* სტატიაში მოცემულია ავტორთა ჯგუფის მიერ დამუშავებული ობიექტზე შესრულებული სამშენებლო სამუშაოების ფაქტობრივი დანახარჯების საექსპერტო შეფასების მეთოდობა, რომელიც განხილული იყო „ინფრასტრუქტურის მშენებლობის“ და „მშენებლობის ინსპექტირების აკრედიტებულ პირთა“ ასოციაციებში, ლევან სამხარაულის სასამართლო ექსპერტიზის ეროვნულ ბიუროში, სხვადასხვა სამინისტროებში. ახლა სტატიის სახით წარმოდგენილია ფართო სამშენებლო საინჟინრო და სამეცნიერო წრეებისათვის განსახილველად. შემდგომში მოხდება წინმდებარე მეთოდობის (შენიშვნების გათვალისწინებით) მთავრობისათვის წარდგენა და რეგლამენტის სახით გამოცემა მთავრობის დადგენილებით.

*საკვანძო სიტყვები:* მეთოდობა, სამშენებლო ობიექტი, ექსპერტიზა, შესრულებული სამუშაოები.

### 1. ზოგადი დებულებები

მეთოდობის მიზანია სამშენებლო სამუშაოების გამარტივებული წესით სახელმწიფო შესყიდვის პროცესში მიმწოდებლის მიერ გაწეული ფაქტობრივი დანახარჯების დადგენისთვის სავალდებულო მოთხოვნების და პირობების განსაზღვრა.

### 2. ტერმინთა განმარტება

1. ამ მეთოდობაში გამოყენებულ ტერმინებს, აქვს შემდეგი მნიშვნელობა:

ა) ფაქტობრივი დანახარჯები - გამარტივებული წესით სახელმწიფო შესყიდვის ფარგლებში მიმწოდებლის მიერ შესრულებული სამშენებლო სამუშაოების, ასევე კანონით გათვალისწინებული შრომის უსაფრთხოების ღონისძიებების განხორციელებისათვის გაწეული და მოცემული რეგლამენტით განსაზღვრული წესით დადასტურებული თანხობრივი დანახარჯები;

ბ) ძირითადი მასალები - მასალები, რომლებიც მატერიალური ფორმით შედის საბოლოო პროდუქტის შემადგენლობაში;

გ) დამხმარე მასალები - მასალები, რომლებიც საქართველოში მოქმედი ტექნიკური რეგულირების დოკუმენტების თანახმად აუცილებელია წარმოების პროცესში, მაგრამ მატერიალური ფორმით არ შედის საბოლოო პროდუქტის შედგენილობაში;

დ) სხვა მასალები - საქართველოში მოქმედი ტექნიკური რეგულირების დოკუმენტების მოთხოვნების შესაბამისად, კონკრეტული სამუშაოს შესასრულებლად საჭირო დამატებითი მასალები, რომლებიც საქართველოს კანონმდებლობით სამოქმედოდ დაშვებულ სამშენებლო ნორმებსა და წესებში მოცემული ფორმით ხარჯთაღრიცხვის შედგენისას ფიქსირდება ერთიანი/კრებსითი სახით;

ე) ნორმატიული დანახარჯები - საქართველოში მოქმედი ტექნიკური რეგულირების დოკუმენტების, მათ შორის „საქართველოს ტერიტორიაზე სამშენებლო სფეროს

მარეგულირებელი ტექნიკური რეგლამენტების აღიარებისა და სამოქმედოდ დაშვების შესახებ“ საქართველოს მთავრობის 2014 წლის 14 იანვრის 52 დადგენილებით განსაზღვრული დოკუმენტების მოთხოვნების შესაბამისად, კონკრეტული სამუშაოს შესასრულებლად საჭირო რაოდენობის რესურსები;

ე) შესრულებულ სამუშაოთა აქტი - მიმწოდებელსა და შემსყიდველს შორის გაფორმებული ხელშეკრულების პირობებით გათვალისწინებული, მიმწოდებლის მიერ გარკვეული მოცულობის სამუშაოების დასრულების დამადასტურებელი დოკუმენტი;

ზ) ფარული სამუშაოების აქტი - საქართველოში მოქმედი ტექნიკური რეგულირების დოკუმენტების, აგრეთვე საპროექტო მოთხოვნების (საპროექტო დოკუმენტაციის არსებობის შემთხვევაში) შესაბამისად შესრულებული ფარული (დაფარული) სამუშაოების, შემსყიდველის ან/და შემსყიდველის მიერ დანიშნული ზედამხედველის მიერ, დადასტურების დოკუმენტი;

თ) ხარჯთაღრიცხვა - შემსყიდველსა და მიმწოდებელს შორის გაფორმებული ხელშეკრულების დანართის სახით წარმოდგენილი დოკუმენტი, რომელიც მოიცავს შესასრულებელ სამუშაოთა განფასებულ ჩამონათვალს, აგრეთვე შესაბამის ზედნაღებ ხარჯებს, გეგმურ მოგებასა და სხვა სათანადო დანარიცხებს, აგრეთვე საექსპერტო მომსახურების ღირებულებას (ასეთის არსებობის შემთხვევაში);

ი) საბაზრო ფასები - შესაბამისი კომპეტენციით აღჭურვილი სახელმწიფო სტრუქტურების, მშენებელთა ასოციაციების, კავშირების ან/და მათ მიერ გამოცემული/აღიარებული მეთოდოლოგიის შესაბამისად, საექსპერტო ორგანიზაციების, ინსპექტირების ორგანოების, ან/და სხვა ორგანიზაციების მიერ ჩატარებული, გამოცემული/აღიარებული ბაზრის კვლევებით დადგენილი საბაზრო ფასები, რომლებიც ასახავენ ბაზრის მონაცემებს შესაბამისი პერიოდისათვის და ხელმისაწვდომია ნებისმიერი დაინტერესებული პირისათვის. ამასთანავე კვლევის შედეგად მიღებული თითოეული მონაცემი უნდა ეფუძნებოდეს მიკვლევადი, ფიქსირებული მონაცემების ანალიზს, რაც საჭიროების შემთხვევაში უზრუნველყოფს კვლევის ნებისმიერი შედეგის გადამოწმების შესაძლებლობას.

2. ამ მეთოდიკაში გამოყენებულ სხვა ტერმინებს გააჩნია „სახელმწიფო შესყიდვების შესახებ“ საქართველოს კანონით განსაზღვრული მნიშვნელობა.

### 3. მიმწოდებლის მიერ ექსპერტიზაზე წარსაღებნი პირველადი დოკუმენტების ჩამონათვალი

1. სამშენებლო სამუშაოების ფაქტობრივი დანახარჯების ანაზღაურების მიზნით, მიმწოდებელმა უნდა წარადგინოს შემდეგი დოკუმენტაცია:

ა) შემსყიდველთან გაფორმებული ხელშეკრულების ასლი;

ბ) შესრულებულ სამუშაოთა აქტები, რომლებშიც ცალ-ცალკე არის გამოყოფილი ძირითადი, სხვა და დამხმარე მასალები, შრომის ანაზღაურება, მანქანა-მექანიზმების გამოყენება, ზედნაღები ხარჯები, შრომის უსაფრთხოების ღონისძიებებისთვის გაწეული ხარჯები, აგრეთვე გეგმური დაგროვების და სხვა სათანადო დანარიცხები და საექსპერტო მომსახურების ხარჯები (ასეთის არსებობის შემთხვევაში). ამასთანავე, რომლებიც შედგენილია საქართველოს კანონმდებლობით სამოქმედოდ დაშვებულ სამშენებლო ნორმებსა და წესებში მოცემული რესურსული მეთოდით, ერთეულზე ნორმატიული ხარჯის დაცვით, შესაბამისი შიფრების და ერთეულ სამუშაოზე ხარჯის ნორმის მითითებით;

2. ზემოაღნიშნული დოკუმენტების გარდა ფაქტობრივი დანახარჯების ანაზღაურების მიზნით, მიმწოდებელმა, ასეთის არსებობის შემთხვევაში, უნდა წარადგინოს, შემდეგი დოკუმენტაცია:

ა) შემსყიდველთან გაფორმებული ხელშეკრულების ყველა დანართის, მასში განხორციელებული ცვლილებებისა და მისგან გამომდინარე გაფორმებული

შეთანხმებების, გათვალისწინებულ სამუშაოებზე შემსყიდველთან შეთანხმების აქტის და მასზე დართული დამოწმებული ხარჯთაღრიცხვის ასლები;

ბ) შესრულებულ გათვალისწინებულ სამუშაოთა აქტები, რომლებშიც ცალ-ცალკე არის გამოყოფილი ძირითადი, სხვა და დამხმარე მასალები, შრომის ანაზღაურება, მანქანა-მექანიზმების გამოყენება, ზედნადები ხარჯები, შრომის უსაფრთხოების ღონისძიებებისთვის გაწეული ხარჯები, აგრეთვე გეგმური დაგროვების და სხვა სათანადო დანარიცხები და საექსპერტო მომსახურების ხარჯები (ასეთის არსებობის შემთხვევაში). ამასთანავე, რომელიც შედგენილია საქართველოს კანონმდებლობით სამოქმედოდ დაშვებულ სამშენებლო ნორმებსა და წესებში მოცემული რესურსული მეთოდით, ერთეულზე ნორმატიული ხარჯის დაცვით, შესაბამისი შიფრების და ერთეულ სამუშაოზე ხარჯის ნორმის მითითებით;

გ) შემსყიდველის, ან/და შემსყიდველის დავალებით, ტექნიკური ზედამხედველობის განმახორციელებელი პირის მიერ დადასტურებული ფარული (დაფარული) სამუშაოების აქტები;

დ) ხელშეკრულებით გათვალისწინებული სამუშაოების შესასრულებლად გამოყენებული აუცილებელი ძირითადი და დამხმარე მასალების:

და.) შესყიდვის და სამშენებლო სამუშაოების განხორციელების ხელშეკრულებით გათვალისწინებულ ობიექტამდე ტრანსპორტირების დამადასტურებელი დოკუმენტაცია;

დ.ბ.) საკუთრებაში არსებული მარაგების მოცულობის და ღირებულების დამადასტურებელი დოკუმენტაცია და სამშენებლო სამუშაოების განხორციელების ხელშეკრულებით გათვალისწინებულ ობიექტამდე ტრანსპორტირების დამადასტურებელი დოკუმენტაცია;

დ.გ.) საკუთარ, ან მფლობელობაში არსებულ კარიერებში, ქარხნებში, საამქროებში და ა.შ. მასალების დამზადების შემთხვევაში, მწარმოებლის მიერ დამოწმებული კალკულაციები ზედნადები ხარჯებისა და გეგმური მოგების გათვალისწინებით (ზედნადები ხარჯებისა და გეგმური მოგების დაანგარიშება ხორციელდება მიმწოდებელსა და შემსყიდველ ორგანიზაციას შორის დადებული ხელშეკრულებით განსაზღვრული და ტექნიკური რეგლამენტით - „სამშენებლო სამუშაოების სახელმწიფო შესყიდვისას ზედნადები ხარჯებისა და გეგმური მოგების განსაზღვრის წესი“ განსაზღვრული პროცენტების ფარგლებში), აგრეთვე სამშენებლო სამუშაოების განხორციელების ხელშეკრულებით გათვალისწინებულ ობიექტამდე ტრანსპორტირების დოკუმენტაცია;

ე) სხვადასხვა ტიპის მასალის (მაგ.: დუღაბის, მოზაიკის და სხვა) ობიექტზე დამზადების ტექნოლოგიური პროცესის შესახებ მონაცემების შემცველი კალკულაცია;

ვ) ხელშეკრულებით გათვალისწინებული სამუშაოების შესასრულებლად გამოყენებული აუცილებელი შრომითი რესურსის გამოყენებასთან დაკავშირებული დოკუმენტაცია (მაგალითად: შრომითი კონტრაქტები, ბრძანებები, სახელფასო უწყისები, ტაბელები და სხვა);

ზ) ხელშეკრულებით გათვალისწინებული სამუშაოების შესასრულებლად გამოყენებული აუცილებელი მანქანა-დანადგარების საკუთრების, იჯარის, ან სხვა საფუძველით კანონიერი მფლობელობის დამადასტურებელი დოკუმენტები;

თ) ხელშეკრულებით გათვალისწინებული სამუშაოების შესასრულებლად ქვეკონტრაქტორთან დადებული ხელშეკრულება;

ი) შესაბამისი ლაბორატორიული კვლევების შედეგების ამსახველი დოკუმენტები;

კ) ქვეკონტრაქტორის მიერ მიმწოდებელთან გაფორმებული ხელშეკრულებით გათვალისწინებულ სამუშაოებთან დაკავშირებული, ამ მუხლის 1 პუნქტის „ბ“ პუნქტით და მე-2 პუნქტის „ა - ი“ პუნქტებით განსაზღვრული დოკუმენტაცია და მიმწოდებელთან გაფორმებული შესაბამისი ხელშეკრულება. აგრეთვე, ასეთის არსებობის შემთხვევაში, მისი ყველა დანართი მასში განხორციელებული ცვლილებებისა და მისგან გამომდინარე გაფორმებული შეთანხმებები,



გაუთვალისწინებელ სამუშაოებზე მიმწოდებელთან გაფორმებული შეთანხმების აქტები და მასზე დართული დამოწმებული ხარჯთაღრიცხვის ასლები.

#### 4. შაქტობრივი დანახარჯების დადგენა

სამშენებლო სამუშაოთა ფაქტობრივი დანახარჯების დადგენის მიზნით ხორციელდება:

1. შესრულებული სამუშაოების მოცულობების შემოწმება, რაც მოიცავს:

ა) შესრულებული სამუშაოების მოცულობების დადასტურებას, ექსპერტიზის/ინსპექტირების წინაშე დასმული შეკითხვის/ამოცანის სპეციფიკიდან გამომდინარე, მათი ხილული ნაწილის ადგილზე შესწავლით (ფოტოფიქსაცია, აზომებით სამუშაოები და სხვა) მიღებული მონაცემების მიხედვით, ხარჯთაღრიცხვის (ასეთის არსებობის შემთხვევაში) შესაბამისი მონაცემების ფარგლებში;

ბ) დოკუმენტური ანალიზის საფუძველზე, შესრულებული ფარული სამუშაოების მოცულობების გათვალისწინებას/გაუთვალისწინებლობას ფარული სამუშაოების აქტში მოყვანილი მონაცემების მიხედვით, ხარჯთაღრიცხვის (ასეთის არსებობის შემთხვევაში) შესაბამისი მონაცემების ფარგლებში. იმ შემთხვევაში, თუ ფარული სამუშაოების აქტის მონაცემები გადამოწმებადია სამუშაოების ხილული ნაწილის ადგილზე შესწავლის გზით, მოცემული აქტის მონაცემებსა და ადგილზე შესწავლის შედეგად დადგენილ მონაცემებს შორის განსხვავებების გამოვლენის შემთხვევაში, შესრულებულ სამუშაოთა აქტში ფიქსირდება შესწავლის შედეგად მიღებული მონაცემები შემსყიდველსა და მიმწოდებელს შორის შეთანხმებული ხარჯთაღრიცხვის (ასეთის არსებობის შემთხვევაში) ფარგლებში;

2. თითოეული სამუშაოს ერთეული მოცულობის სახარჯთაღრიცხვო ღირებულების და მოცემული მუხლის პირველი პუნქტის შესაბამისად განხორციელებული შესწორების (ასეთის არსებობის შემთხვევაში) გათვალისწინებით, თითოეული ფაქტიურად შესრულებული მოცულობის სამუშაოს სახარჯთაღრიცხვო ღირებულების განსაზღვრა;

3. შესრულებული სამუშაოების აქტის შემოწმება, რაც მოიცავს:

ა) მიმწოდებლის მიერ წარმოდგენილ შესრულებულ სამუშაოთა აქტში მოცემული მასალის, შრომითი და მანქანა-მექანიზმების დანახარჯების (განზომილების ერთეულების ჩათვლით) დადასტურებას ნორმატიული დანახარჯების ფარგლებში;

ბ) სხვადასხვა ტიპის მასალების (მაგ: დუღაბების, მოზაიკების და სხვა) ობიექტზე დამზადების შემთხვევაში, მიმწოდებლის მიერ წარმოდგენილ ტექნოლოგიური პროცესის შესახებ მონაცემების შემცველი კალკულაციების შესაბამისად გახარჯული მასალების მოცულობების, შრომითი და მანქანა-მექანიზმების დანახარჯების (განზომილების ერთეულების ჩათვლით) დადასტურებას ნორმატიული დანახარჯების და საპროექტო დოკუმენტაციით(ასეთის არსებობის შემთხვევაში) გათვალისწინებული მოთხოვნების შესაბამისად;

გ) ამ მეთოდის მე-3 მუხლის მე-2 პუნქტის „დ“ და „ე“ ქვეპუნქტებით განსაზღვრულ დოკუმენტებში მოცემული ერთეულის ღირებულებებზე და რაოდენობაზე დაყრდნობითა და ამ რეგლამენტის მე-4 მუხლის პირველი პუნქტის და მე-3 პუნქტის „ა“ და „ბ“ ქვეპუნქტების შესაბამისად განხორციელებული შესწორების (ასეთის არსებობის შემთხვევაში) გათვალისწინებით, თითოეული სამუშაოს შესასრულებლად გახარჯული მასალების ღირებულების დადგენას;

დ) ამ მეთოდის მე-3 მუხლის მე-2 პუნქტის „ვ“ ქვეპუნქტით განსაზღვრულ დოკუმენტებზე დაყრდნობითა და ამ მეთოდის მე-4 მუხლის პირველი პუნქტის და მე-3 პუნქტის „ა“ და „ბ“ ქვეპუნქტების შესაბამისად განხორციელებული შესწორების (ასეთის არსებობის შემთხვევაში) გათვალისწინებით, თითოეული სამუშაოს შესასრულებლად გაწეული შრომითი დანახარჯების ღირებულების დადგენას, რაც ხარჯთაღრიცხვის ან/და მასში შრომითი დანახარჯების ერთეულების ფასების არარსებობის შემთხვევაში ხორციელდება მათი ერთეულების საბაზრო ფასების ფარგლებში;

ე) ამ მეთოდის მე-3 მუხლის მე-2 პუნქტის „ზ“ ქვეპუნქტით განსაზღვრულ დოკუმენტებზე დაყრდნობითა და ამ მეთოდის მე-4 მუხლის პირველი პუნქტის და მე-3

პუნქტის „ა“ და „ბ“ ქვეპუნქტების შესაბამისად განხორციელებული შესწორების (ასეთის არსებობის შემთხვევაში) გათვალისწინებით, თითოეული სამუშაოს შესასრულებლად გახარჯული მანქანა-დანადგარების დანახარჯების ღირებულების დადგენას, რაც ხარჯთაღრიცხვის ან/და მასში მანქანა-დანადგარების დანახარჯების ერთეულების ფასების არარსებობის შემთხვევაში ხორციელდება მათი ერთეულების საბაზრო ფასების ფარგლებში; იმ შემთხვევაში, თუ მანქანა-დანადგარები გამოყენებულია საიჯარო ხელშეკრულებების საფუძველზე, ექსპერტიზის დამკვეთის მოთხოვნით, საიჯარო ღირებულების დადგენის მიზნით ხორციელდება შესაბამისი ბაზრის კვლევის მონაცემების გამოყენება, ან ასეთის არ არსებობის პირობებში, ბაზრის კვლევის ჩატარება;

ვ) ამ მეთოდის მე-4 მუხლის პირველი და მე-3 პუნქტის „ა“ და „ბ“ ქვეპუნქტების შესაბამისად განხორციელებული შესწორების (ასეთის არსებობის შემთხვევაში) გათვალისწინებით, მიმწოდებლის მიერ წარმოდგენილ შესრულებულ სამუშაოთა აქტში მოცემული სამშენებლო სამუშაოების შესასრულებლად გახარჯული „სხვა მასალების“ ღირებულების დადასტურებას, მათი ნორმატიული დანახარჯების შესაბამისად;

4. ჯამური ფაქტობრივი დანახარჯების დადგენა-დადასტურება:

ა) ისეთი ხარჯთაღრიცხვის არსებობის შემთხვევაში, რომელშიც ცალ-ცალკე არის გამოყოფილი ძირითადი და დამხმარე მასალები, შრომის ანაზღაურება, მანქანა-მექანიზმების გამოყენება: ამ მუხლის პირველი და მე-3 პუნქტების შესაბამისად, ხელშეკრულების ხარჯთაღრიცხვით გათვალისწინებული ერთეულის ფასების, აგრეთვე ძირითადი და დამხმარე მასალების, შრომის ანაზღაურების, მანქანა-მექანიზმების გამოყენების სახარჯთაღრიცხვო ღირებულებების მიხედვით;

ბ) ისეთი ხარჯთაღრიცხვის არსებობის შემთხვევაში, რომელშიც არ არის ცალ-ცალკე გამოყოფილი ძირითადი და დამხმარე მასალები, შრომის ანაზღაურება, მანქანა-მექანიზმების გამოყენება: თითოეული სამუშაოსთვის გახარჯული მასალის, შრომითი რესურსისა და მანქანა-მექანიზმების დანახარჯების, მოცემული მუხლის პირველი და მესამე პუნქტების შესაბამისად განსაზღვრული, ჯამური ფაქტობრივი ღირებულების დადგენა-დადასტურება, ფაქტიურად შესრულებული მოცულობის სამუშაოს სახარჯთაღრიცხვო ღირებულების ფარგლებში და ამ გზით დადგენილი (დადასტურებული) ყველა შესრულებული სამუშაოს ჯამური ფაქტობრივი ღირებულების შეკრება;

გ) იმ შემთხვევაში, როდესაც მიმწოდებელი გათავისუფლებულია ხარჯთაღრიცხვის წარდგენის ვალდებულებისაგან: ამ მუხლის პირველი და მესამე პუნქტების შესაბამისად.

5. შესრულებულ სამუშაოთა აქტში მოცემული საექსპერტო მომსახურების ღირებულების დადასტურება ფაქტიურად განხორციელებული დანახარჯის შესაბამისად და ხარჯთაღრიცხვაში მოცემული ღირებულების ფარგლებში.

## 6. დასკვნა

ჩამოყალიბებულია გამარტივებული წესით სახელმწიფო შესყიდვის პროცესში შესრულებული სამუშაოების ფაქტობრივი დანახარჯების შეფასების და დადგენის მეთოდოლოგია. ასევე საექსპერტო შეფასება-ინსპექტირების პროცედურა. მეთოდის შექმნა ხელს შეუწყობს შესაბამისი სახელმწიფო რეგლამენტის დამტკიცებას მთავრობის მიერ.

## ლიტერატურა

1. საქართველოს ტერიტორიაზე სამშენებლო სფეროს მარეგულირებელი ტექნიკური რეგლამენტების აღიარებისა სამოქმედო დაშვების შესახებ“ საქართველოს მთავრობის №52 დადგენილება 2014 წლის 14 იანვარი;
2. სამშენებლო ნორმები და წესები ( -ნაწილი IV);
3. ტექნიკური რეგლამენტი-სამშენებლო სამუშაოების სახელმწიფო შესყიდვებისას ზედნადები ხარჯებისა და გეგმიური მოგების განსაზღვრის შესახებ (საქართველოს მთავრობის 2014 წლის 14 იანვრის №55 დადგენილება).

შენობა-ნაგებობათა ფუძე-გრუნტების ნაწილობრივ გამაგრების  
შემთხვევაში ფუძის საანგარიშო სიდიდეების შერჩევის შესახებ

ი.მჭვიდრობაძე, გ. ჭოხონელიძე, ზ. კაკულია, შ. კავსაძე  
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას 77, 0175, თბილისი,  
საქართველო)

**რეზიუმე.** სტატიაში განხილულია შემთხვევა, როდესაც ხდება საძირკვლის ნაწილობრივი გამაგრება. ასეთ შემთხვევაში, განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, თუ როგორ შეირჩევა ფუძე-გრუნტების მახასიათებლები ისე, რომ მათ არ გამოიწვიონ შენობის ბზარი ფუძის გამაგრებულ და გასამაგრებელ ნაწილებში. იმისათვის, რომ არ წარმოიშვას ბზარი, განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს გრუნტის სიმტკიცის მახასიათებლების შერჩევას – გრუნტის შიგა ხახუნის კუთხე  $\{\alpha\}$  და კუთრ შეჭიდულობას  $C$ -ს.

სტატიაში დასკვნის სახით მოცემულია  $S_p$  ძალისა და საძირკვლის ფართობის შერჩევის ისეთი მეთოდი, როდესაც გამაგრებული ფუძის დეფორმაცია აღარ მოხდება.

**საკვანძო სიტყვები:** ფუძე-გრუნტები, გამაგრება, გრუნტის სიმტკიცის მახასიათებლები.

## 1. შესავალი

ცნობილია, რომ შენობა-ნაგებობათა საძირკვლის ზომების შერჩევისას, თიხოვანი გრუნტების შემთხვევაში, ვხელმძღვანელობთ ფუძის პირობით საანგარიშო  $R_0$ -ით წინაღობით. დაცული უნდა იყოს ფუძის მდგრადობის შემდეგი პირობა.

$$P = \frac{\sum N^+}{F} \quad (1)$$

სადაც  $P$  არის ფუძეზე მოსული საშუალო წნევა, კგ/სმ<sup>2</sup>;

$\sum N^+$  – ფუძეზე გადაცემული დატვირთვების ჯამი, მათი მოქმედების ძირითადი თანწყობისათვის, ტ.

$R_0$  – გრუნტის საანგარიშო წინაღობა.

იმ შემთხვევაში, როდესაც საძირკვლის ზომებს წინასწარ ვარჩევთ,  $R_0$ -ს ვიღებთ სამშენებლო ნორმებისა და პ.5.02.01.08 ცხრილებიდან. თუ პირობა არ იქნა დაკმაყოფილებული, მაშინ საძირკვლის ზომებს ვცვლით და ანგარიშს ვიწყებთ ხელახლა, ვიდრე არ დაკმაყოფილდება (1) პირობა (სიმტკიცის პირობა).

სიმტკიცის პირობის დაკმაყოფილების შემდეგ, უნდა დაკმაყოფილდეს საძირკვლის დეფორმაციის პირობაც:

$$S_{ფუძ} \leq S_{ზღ}, \quad (2)$$

სადაც:  $S_{ფუძ}$  არის ფუძის დაჯდომის სიდიდე, სმ;

$S_{ზღ}$  – ფუძის დაჯდომის ზღვრული სიდიდეა, რომელიც მოცემულია ნორმებში.

თუ პირობა (2) არ დაკმაყოფილდება, საძირკველის ზომებს ცვლიან (ზრდიან საძირკვლის ფართობს), ვიდრე არ დაკმაყოფილდება (2) პირობა. მაგალითად, სამოქალაქო ნაგებობებში  $S_{ზღ}$  ტოლია 12 სმ-ის და თუ არ იქნა დაკმაყოფილებული ეს პირობა, იძულებული ვართ გავზარდოთ საძირკველის ფართობი.

საკითხის ამდაგვარი გადაწყვეტა, როდესაც მაგრდება საძირკვლის მხოლოდ ნაწილი, არ გამოდგება. მაგალითად, გვაქვს საძირკველი, რომლის სიგრძეა 20 მ. წყალმა დააზიანა საძირკველი მხოლოდ 10 მეტრზე. ნორმებით დასაშვებია, რომ გამაგრებული საძირკველი დაჯდეს 12 სმ-მდე, რაც არასწორია, რადგან ძველი და ახალი საძირკვლების შეუღლების წერტილში გაჩნდება ბზარი.

## 2. პირითაღი ნაწილი

სტატიაში განხილულია შემთხვევა, როდესაც ხდება საძირკვლის ნაწილობრივი გამაგრება. ასეთ შემთხვევაში, განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს ფუძე-გრუნტების მახასიათებლების ისე შერჩევა, რომ მათ არ გამოიწვიონ შენობის ბზარი ფუძის გამაგრებულ და გასამაგრებელ ნაწილში. თუ მაგრდება შენობის ფასადური კედლის საძირკველი, ბზარი უარყოფითად იმოქმედებს შენობის ფასადის არქიტექტურულ მხარეზე. ზემოაღნიშნულ შემთხვევაში, იმისათვის, რომ არ წარმოიშვას ბზარი, მნიშვნელოვანია გრუნტის სიმტკიცის მახასიათებლების – გრუნტის  $\varphi$  შიგა ხახუნის კუთხისა და  $C$  კუთრი შეჭიდულობის სწორად შერჩევა.

აღნიშნული მახასიათებლები განისაზღვრება ლაბორატორიული მეთოდით, ჭრის ხელსაწყოზე. გრუნტის სიმტკიცის მაჩვენებლები თიხოვანი გრუნტისათვის ისაზღვრება ფორმულით:

$$S_p = P \operatorname{tg} \varphi + C \quad (3)$$

სადაც  $S_p$  – გრუნტის ძერის ძალა, კგ/სმ<sup>2</sup>;

$P$  – მოქმედი ვერტიკალური დატვირთვაა, კგ/სმ<sup>2</sup>;

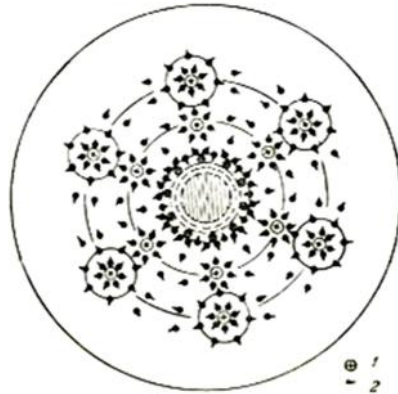
$\varphi$  – გრუნტის შიგა ხახუნის კუთხე და იზომება გრადუსებით;

$C$  – გრუნტის კუთრი შეჭიდულობა, კგ/სმ<sup>2</sup>.

რა არის გრუნტის კუთრი შეჭიდულობა. გრუნტების მექანიკის თანამედროვე თეორიით კუთრი შეჭიდულობა გამოხატავს გრუნტის უნარს შეინარჩუნოს მარცვლების ურთიერთკავშირი. იგი უზრუნველყოფილია გრუნტის მარცვლების ურთიერთმიზიდულობით.

ცნობილია, რომ თიხოვანი გრუნტის მარცვალი გარშემორტყმულია წყლით, რომელიც წარმოშობს გრუნტის მარცვლის გარშემო ორ შრეს. პირველ შრეს ეწოდება ჰიგროსკოპული წყალი, ხოლო მეორეს – აპკური წყალი. ჰიგროსკოპული წყლის რაოდენობის დასადგენად საჭიროა გრუნტი გამოვაშროთ და დავტოვოთ ასე ოთახის ტემპერატურაზე. მშრალი გრუნტის ნაწილაკები ხასიათდება თავისუფალი ენერგიით და ისინი მიიერთებენ ჰაერიდან წყალს, რის შედეგადაც გრუნტის გარშემო წარმოიქმნება ჰიგროსკოპული წყალი, რომელიც იმდენად დიდი ძალით არის მიერთებული გრუნტის მარცვალთან, რომ მყარ მდგომარეობაშია. იგი მაღალ ტემპერატურაზე ჩვეულებრივ ორთქლდება. აღსანიშნავია, რომ თვითონ გრუნტის მარცვალი უარყოფით მუხტს ატარებს. ე.ი. მისი მიზიდულობის არე უარყოფითი მუხტის ენერგიით არის დამუხტული, ამიტომ იგი იზიდავს დადებითი მუხტის მატარებელ სხეულებს და მათ შორის წყალს.

ცნობილია რომ, წყალი ხასიათდება დიპოლური თვისებით. რაც ნიშნავს, რომ მისი უარყოფითი და დადებითი მუხტები ორიენტირებულია. მას ერთ მხარეს აქვს დადებითი მუხტი, ხოლო მეორე მხარეს – უარყოფითი მუხტი. წყლის მოლეკულა დადებითი მუხტით უკავშირდება გრუნტის მარცვლის უარყოფით მუხტს და გრუნტის მარცვლის გარშემო მიიღება ჰიგროსკოპული წყალი. ქვემოთ ნაჩვენებია გვაქვს წყლისა და გრუნტის ურთიერთქმედების სქემა.



სურ. 1. უარყოფითად დამუხტული, კოლოიდური ნაწილაკის აგებულება წყალხსნარში. დიფუზიური შრის კათიონები გარშემორტყმულია წყლის მოლეკულებით. წყლის მოლეკულების ნაწილი მიზიდულია უშუალოდ ნაწილაკების ზედაპირით. 1 – ჰიგროსკოპული წყალი, 2 – დიფუზური წყალი

ამრიგად, გრუნტში არჩევენ წყლის ორ სახეს: შეკავშირებულ წყალს, რომლის არსებობაც უზრუნველყოფილია გრუნტის ნაწილაკების მიზიდულობით და თავისუფალ წყალს, რომელიც განთავსებულია გრუნტის ფორებში, იგი ჩვეულებრივი წყალია და ემორჩილება ჰიდრავლიკის კანონებს, მათ შორის გრუნტში წყლის ფილტრაციის კანონებს.

ჩვენ დეტალურად შევჩერდებით გრუნტში არსებული წყლის ბუნებაზე, რადგან წყალი დიდ გავლენას ახდენს გრუნტის სიმტკიცეზე. როგორც (2) ფორმულიდან, ჩანს, გრუნტის სიმტკიცე ბევრადაა დამოკიდებული მისი შეჭიდულობის ძალაზე –  $C$ -ზე.

გრუნტების მექანიკის თანამედროვე თეორიით  $C$  შეიძლება დაიშალოს ორ მდგენელად:

$$C = C_g + C_{სტ} \quad (4)$$

სადაც  $C_g$  ბუნებრივი შეჭიდულობის ძალაა, რომელიც უზრუნველყოფილია გრუნტის ზემოაღნიშნული მიზიდულობის ძალებით, თავისი ფორმირების საწყის ეტაპზე;

$C_{სტ}$  სტრუქტურული შეჭიდულობაა, რომელიც გრუნტმა შეიძინა თავისი ფორმირების დროს.

სტრუქტურული შეჭიდულობის ძალის სიდიდე შეიძლება შეიცვალოს იმისდა მიხედვით, თუ როგორ გარემოში იქნება გრუნტი. რაც შეეხება  $C_g$ -ს იგი უცვლელი სიდიდეა.

აღნიშნული სიდიდეების განსაზღვრისათვის, ვიყენებთ გრუნტის ლაბორატორიულ მეთოდს.  $C_g$  ისაზღვრება ხელსაწყო რვიანას საშუალებით. ამ შემთხვევაში გრუნტი თავსდება რვიანაში, რომლის კვეთიც ცნობილია და უდრის  $1 \text{ სმ}^2$ . თუ რვიანას მოვდებთ ძალას და გავზრდით მას, მოხდება გრუნტის გაწყდება აღნიშნულ სიბრტყეში და ეს იქნება გრუნტის  $C$  შეჭიდულობის ძალა.

ავიღოთ დაშლილი სტრუქტურის ნიმუში და ჩავდოთ რვიანაში, რომელსაც ექნება იგივე სიმკვრივე, რაც ჰქონდა დაუშლელი სტრუქტურის გრუნტს და იმავე რვიანების საშუალებით განვსაზღვროთ მისი გაწყვეტის ძალა. ამ შემთხვევაში გაწყვეტაზე წინაღობას უწევს მხოლოდ გრუნტის ბუნებრივი შეჭიდულობა, ვინაიდან სტრუქტურული შეჭიდულობა გრუნტს აღარ აქვს. ეს იქნება  $C_g$ . ამრიგად, მივიღებთ:

$$C_{სტ} = C - C_g$$

ხოლო ჭრის ფორმულა მიიღებს სახეს :

$$S_p = Ptg\{\alpha + C_{სტ}\} \quad (3)$$

თუ (3) პირობით შეირჩევა  $S_p$  ძალა და საძირკვლის ფართობიც, შენობის ფუძის დეფორმაცია არ მოხდება. ფორმულიდან კარგად ჩანს, რომ  $S_p$  ძალა მცირდება, ე.ი. გრუნტის წინაღობა მცირდება, რაც იმას ნიშნავს რომ, P ძალის მოქმედების შედეგად საძირკვლის ფართობი უნდა გაიზარდოს ისე, რომ დაკმაყოფილდეს (3) პირობა.

$C_{\text{სტ}}$ -ს განსაზღვრა შეიძლება შემდეგნაირადაც.

როდესაც ნიშნის ვჭრით საჭიროა ის ავიღოთ დაშლილი სტრუქტურით და იმავე სიმკვრივით, როგორც აქვს გრუნტს. ჭრა მოვახდინოთ ჩვეულებრივი მეთოდით, რის შედეგადაც  $S_p$ -ს მივიღებთ შემცირებული  $C_{\text{სტ}}$  სიდიდით.

### 3. დასკვნა

ამრიგად, იმისათვის, რომ არ მოხდეს გამაგრებული ნიშნის ფუძის დაჯდომა უნდა დავიცვათ მდგრადობის შემდეგი პირობა

$$S_p = P \operatorname{tg} \zeta + C_{\text{სტ}}$$

როგორც პრაქტიკამ გვიჩვენა,  $C_{\text{სტ}} = \frac{C}{2}$ . ამრიგად, ზოგადად (3) პირობის დაკმაყოფილებისათვის საჭიროა ძერის ფორმულა აკმაყოფილებს პირობას:

$$S_p = P \operatorname{tg} \zeta + \frac{C}{2} \quad (5)$$

თუ გასამაგრებელი საძირკვლის ფუძეს შევარჩევთ (5) პირობით, მაშინ გამაგრებული ფუძის დეფორმაცია აღარ მოხდება.

### ლიტერატურა

1. ლომთაძე ვ. „ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების განსაზღვრის მეთოდები“, ლენინგრადი, 1972წ;
2. ჭოსონელიძე გ. „გრუნტების მექანიკა და ფუძე-საძირკვლები“, თბილისი 2005წ;
3. კერესელიძე დ. „გრუნტების მექანიკა და ფუძე-საძირკვლები“, თბილისი 1989წ.



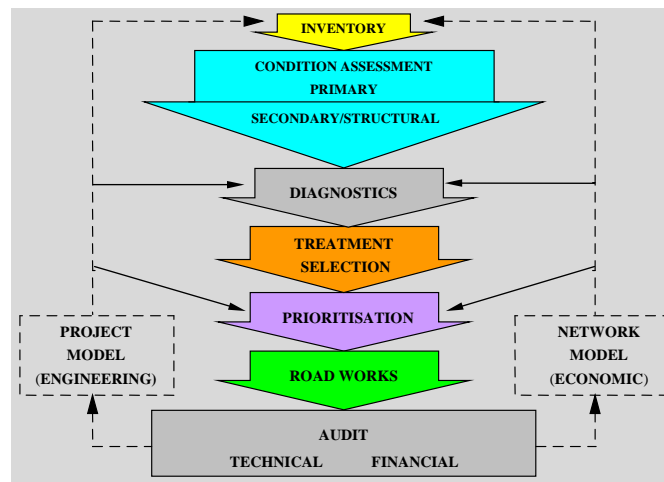


FIGURE 1: Flow Chart for RPMS Planning

Primary condition assessment of the pavement will be performed every month on the total Km length in 250-m sections (if possible) based on the following criteria:

1. ROAD USABILITY (wt. = 12)
2. AV TRAFFIC SPEED & RIDE (wt. = 11)
3. ROAD USER COMFORT & SAFETY (wt. = 12)
4. ROAD DURABILITY (wt. = 15)
5. ROAD DEFORMATION (wt. = 14)
6. ROAD & SHOLDER CLEANLINESS (wt. = 13)
7. ROAD & SHOLDER VEGITATION (wt. = 12)
8. ROAD SKID RESISTANCE (wt. = 11)

Maximum Total weight age = 100

Performance will be monitored every month the total Km in 250-m sections based on the above criteria.

The measurement of pavement condition can be monitored by assessment of pavement surface condition (ride, skid resistance, surface distress) and traffic congestion and road visibility.

Subjective assessment can be made by a trained observer in a moving vehicle by rating the pavement surface characteristics and visibility on a comparative scale of 1 to 5 generally defined in road user terms as:

1. **Excellent:** defect not present to any significant extent,
2. **Good:** defect causes a slight safety risk and some discomfort at environment speed, but an experienced driver is not significantly affected.
3. **Fair:** defect compromises safety risk and discomfort to the extent that environment speed is not reasonably possible, but immediate intervention is not yet necessary.
4. **Mediocre:** intervention required as soon as possible.
5. **Poor:** immediate intervention required to make the road safe.

For primary condition rating purpose, the surface characteristics, traffic congestion and road visibility can be weighted (total weight age should be = 100) and multiplied by the impact scale (1 (good) to 5 (poor) and summed to arrive at a single score. Copy of EXCEL spreadsheet is shown below.



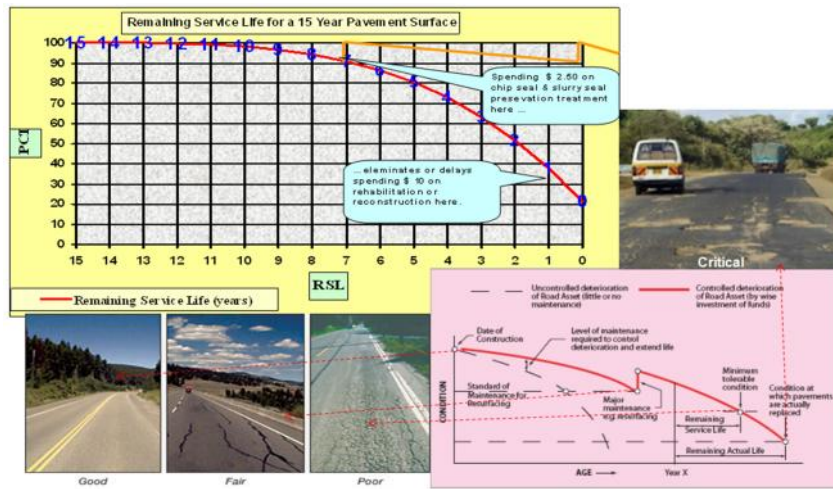


FIGURE 2: RPMS Primary Condition Assessment Explained

epi-sa ROAD TOTAL WEIGHTAGE (100)														DATE 30/2/18 0:00		
Sh No	Road	From	To	Work Type	Cum Length (KM)	ROAD USABILITY	AV TRAFFIC SPEED & RIDE	ROAD USER COMFORT & SAFETY	ROAD DURABILITY	ROAD DEFORMATION	ROAD & SHOULDER CLEANLINES	ROAD & SHOULDER VEGETATION	ROAD SKID RESISTANCE	VI	VI	TOTAL
SK39	თონი-დედოქარის კენოვანი ქ.	1.20	1.45	Maintenance	1.45	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	500
SK39	თონი-დედოქარის კენოვანი ქ.	1.45	1.70	Maintenance	1.7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	500
SK39	თონი-დედოქარის კენოვანი ქ.	1.70	1.80	Maintenance	1.8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	500
SK39	თონი-დედოქარის კენოვანი ქ.	1.80	2.05	Rehabilitation	2.05	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	292
SK39	თონი-დედოქარის კენოვანი ქ.	2.05	2.30	Rehabilitation	2.3	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	292
SK39	თონი-დედოქარის კენოვანი ქ.	2.30	2.55	Rehabilitation	2.55	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	292
SK39	თონი-დედოქარის კენოვანი ქ.	2.55	2.80	Rehabilitation	2.8	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	292
SK39	თონი-დედოქარის კენოვანი ქ.	2.80	3.05	Rehabilitation	3.05	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	292
SK39	თონი-დედოქარის კენოვანი ქ.	3.05	3.30	Rehabilitation	3.3	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	292
SK39	თონი-დედოქარის კენოვანი ქ.	3.30	3.55	Rehabilitation	3.55	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	292
SK39	თონი-დედოქარის კენოვანი ქ.	3.55	3.70	Rehabilitation	3.7	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	292
SK39	თონი-დედოქარის კენოვანი ქ.	3.70	3.95	Maintenance	3.95	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	500
SK39	თონი-დედოქარის კენოვანი ქ.	3.95	4.20	Maintenance	4.2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	500
SK39	თონი-დედოქარის კენოვანი ქ.	4.20	4.45	Maintenance	4.45	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	500

FIGURE 3: EXCEL spreadsheet sample for RPMS Primary Condition Assessment.

Primary condition assessment will give an indication at network level, the pavement sections that need secondary assessment.

A distinction must be made between:

- Surface deterioration such as - stripping, flushing, scabbing, minor (surface) cracking and pavement structural deterioration such as - rutting, shoving, fatigue cracking, depression, and corrugation
- Edge defects such as - edge drop, and edge break
- Unsealed road surface deterioration, such as - scour, corrugation etc and structural deterioration such as rutting, and shoving.

Furthermore, a trained observer in a moving vehicle can quantify the symptoms of the deterioration or a guesstimate of the optimum treatment selection. EXCEL spreadsheet attached below can help you to identify the quantities and costs of the maintenance work involved to successfully manage the supply chain, to add real value for customers as shown in Figure 5A & 5B.

Sh No	From	To	Work Type	Cum Length (KM)	M3	LM	M2	M2	M2	M2	M2	M2	M2	TOTAL	DCP DESIGN FORM	DCP DESIGN FORM	PHOTO	VIDEO1
					GEL 240	GEL 100	GEL 81.25	GEL 183.75	GEL 17.15	GEL 12.25	GEL 24.50	GEL 150.25	GEL 12.25					
SK39	1.20	1.45	Maintenance	1.45										GEL 13,125.00				
SK39	1.45	1.70	Maintenance	1.7										GEL 13,125.00				
SK39	1.70	1.80	Maintenance	1.8										GEL 13,125.00				
SK39	1.80	2.05	Rehabilitation	2.05										GEL 13,125.00				
SK39	2.05	2.30	Rehabilitation	2.3										GEL 13,125.00				
SK39	2.30	2.55	Rehabilitation	2.55										GEL 13,125.00				
SK39	2.55	2.80	Rehabilitation	2.8										GEL 13,125.00				
SK39	2.80	3.05	Rehabilitation	3.05										GEL 13,125.00				
SK39	3.05	3.30	Rehabilitation	3.3										GEL 13,125.00				
SK39	3.30	3.55	Rehabilitation	3.55										GEL 13,125.00				
SK39	3.55	3.70	Rehabilitation	3.7										GEL 13,125.00				
SK39	3.70	3.95	Maintenance	3.95										GEL 13,125.00				
SK39	3.95	4.20	Maintenance	4.2										GEL 13,125.00				
SK39	4.20	4.45	Maintenance	4.45										GEL 13,125.00				

FIGURE 5: EXCEL spreadsheet sample for RPMS guesstimate of the optimum treatment selection

PCI Value	PCI Rating	FWD Deflection (mm)			Structural Condition
		<35	35-50	>50	
100	Excellent	Good	Fair	Poor	High Traffic Low Traffic
80	Good	Chip Seal	Defer	Maintenance	
60	Fair	Microsurfacing	Defer	Sealing	
40	Mediocre	2" Deep Patching	and Chip Seal	Improvements	
20	Poor	4" Deep Patching	and Chip Seal	4" Deep Patching and Chip Seal	
0				6" Deep Patching and Chip Seal	

FIGURE 5A: RPMS optimum preservation treatment solutions

PAVEMENT PERFORMANCE	RPMS INDEX FROM	RPMS INDEX TO	Preservation Treatment Solutions	Total KM PBC	KM Maint	KM Maint %	UNIT	Rate \$	Exchange rate	GEL 2.45	Inflation	5%	Intrest Rate	12%
									1\$= GEL 2.45	Rate	Year 1 \$	Year 1 GEL	Year 2 \$	Year 2 GEL
Excellent	100	150	Do Nothing	117	82	70%	M1	\$ -	GEL 0.00	\$ -	GEL 0.00	\$ -	GEL 0.00	GEL 0.00
All	100	500	Routine Maint	117	117	100%	M2	\$ 0.60	GEL 1.47	\$ 491,400.00	GEL 1,203,930.00	\$ 491,400.00	GEL 1,203,930.00	GEL 1,203,930.00
Good	151	200	Patch	117	2.34	2%	M2	\$ 10.00	GEL 24.50	\$ 163,800.00	GEL 401,310.00	\$ 163,800.00	GEL 401,310.00	GEL 401,310.00
Good	151	200	Crack Seal	117	5.85	5%	LM	\$ 0.50	GEL 1.23	\$ 20,475.00	GEL 50,163.75	\$ 20,475.00	GEL 50,163.75	GEL 50,163.75
Fair	201	300	Slurry Seal, Chip Seal, Deep Patch Design Life 10 Years	117	0	0%	M2	\$ 2.50	GEL 6.13	\$ -	GEL 0.00	\$ -	GEL 0.00	GEL 0.00
Mediocre	301	400	25 mm Asphalt Shape Correction,	117	0.234	0.2%	M2	\$ 20.00	GEL 49.00	\$ 32,760.00	GEL 80,262.00	\$ 32,760.00	GEL 80,262.00	GEL 80,262.00
Mediocre	301	400	Fabric & Chip Seal,	117	9.36	8.0%	M2	\$ 7.00	GEL 17.15	\$ 458,640.00	GEL 1,123,668.00	\$ 458,640.00	GEL 1,123,668.00	GEL 1,123,668.00
Poor	401	500	50 mm Asphalt Overlay	117	0	0.0%	M2	\$ 12.00	GEL 29.40	\$ -	GEL 0.00	\$ -	GEL 0.00	GEL 0.00
Poor	401	500	Fabric & 50 mm Asphalt Overlay	117	0	0.0%	M2	\$ 14.00	GEL 34.30	\$ -	GEL 0.00	\$ -	GEL 0.00	GEL 0.00
			Total KM Treated	17.784	15%			Total	\$ 1,225,428.75	GEL 3,002,300.44	\$ 1,283,782.50	GEL 3,145,267.13		
			Total KM Preserved	11.934	10%			Rate Per Lane KM	\$ 5,238.88	GEL 12,830.34	\$ 5,486.25	GEL 13,441.31		
								Rate Per KM	\$ 10,473.75	GEL 25,660.69	\$ 10,972.50	GEL 26,882.63		

FIGURE 5B: Sample RPMS optimum preservation treatment solutions per km cost estimate

Detailed engineering investigation must be carried out to establish the structural integrity of the pavement prior to carrying out any maintenance treatment for structural deterioration (e.g., walkover inspection, dynamic cone penetrometer (DCP) readings, test pits, thickness, physical characteristics of pavement layers, laboratory tests on field samples).

### 3. Conclusions

Use of a knowledge-based expert RPMS system to predict the performance of the pavement will take at least 24 months, depending on the quality of condition assessment and treatment selection information.

In the broadest definition, RPMS system is an orderly process for providing, operating, maintaining, repairing, and restoring a network of pavements. Over a period of 24 months RPMS system will provide valuable information and strategies for network-level program and for specific projects within the program. Furthermore, the system will provide technical information on programs and project requirements as well as cost information for budgets and projections.

There are many barriers to overcome in order to implement effective RPMS to satisfy the customer and fully optimise supply chain management to satisfy the stakeholder. But if all factors can be brought together, customers and stakeholders can expect high rewards and success into the future.

### Bibliography

1. AUSTRROADS 1992 *Pavement Design Guide*, AUSTRROADSPublication No AP-17/92, Australia.
2. ARRB 1993 *Unsealed Road Manual*, ARRB Transport Research Ltd Publications, Australia, website <http://www.arrb.org.au>.
3. Shain, M Y 1998 *Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots*, Kluwer Academic Publishers, USA, website <http://www.wkap.nl>
4. TRANSIT New Zealand 1997 *New Zealand SUPPLEMENT to AUSTRROADS Pavement Design Guide* TNZ Publications, NZ.

**რაჭა-ლეჩხუმის რეგიონის სოციალურ-ეკონომიკური და დემოგრაფიული მდგომარეობა**

თ. მახარაშვილი, დ. ბახტაძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. 77, 0175 თბილისი, საქართველო)

*რეზიუმე.* ნაშრომში განხილულია საქართველოს ერთ-ერთი მთიანი რეგიონის, რაჭა-ლეჩხუმის რთული სოციალურ-ეკონომიკური და დემოგრაფიული მდგომარეობა.

*საკვანძო სიტყვები:* სოციალურ-ეკონომიკური პრობლემები, მოსახლეობის შემცირება, უმუშევრობა, დემოგრაფიული მდგომარეობა.

**1. შესავალი**

მიუხედავად ბოლო დროის პოზიტიური ტენდენციისა რაჭა-ლეჩხუმში, ისევე როგორც საქართველოს სხვა მთიან რეგიონებში, საკმაოდ რთული სოციალურ-ეკონომიკური მდგომარეობა რჩება, რაც იწვევს რეგიონის ადგილობრივი მოსახლეობისგან დაცლას. თუ ახლო მომავალში სიტუაცია არ გამოსწორდა შესაძლებელია, ეს პროცესი შეუქცევადი გახდეს.

**2. ძირითდი ნაწილი**

საქსტატის მონაცემებით რეგიონში ეკონომიკურად აქტიური მოსახლეობის რაოდენობა 29,6 ათასს (მოსახლეობის 62%), თვითდასაქმებულთა რაოდენობა 19,5 ათასს, ხოლო უმუშევრობის დონე 21%-ს შეადგენს. 2011 წელს რეგიონში დაქირავებით დასაქმებულთა საშუალო წლიური რაოდენობა 1,965 ადამიანს (რეგიონის მოსახლეობის 4,2%) შეადგენდა, რაც უმნიშვნელოდ აღემატებოდა 2010 წლის ანალოგიურ მაჩვენებელს. აქედან, 133 ადამიანი მსხვილ, 938 – საშუალო, ხოლო 894 – მცირე საწარმოში იყო დასაქმებული. დასაქმებულთა რაოდენობა დარგების მიხედვით შემდეგნაირად არის განაწილებული:

დასაქმების დარგობრივი სტრუქტურა (2011 წ. საქსტატის მონაცემებით)



დაქირავებულთა შრომის საშუალო თვიური ანაზღაურება 2011 წელს 259,8 ლარს შეადგენდა (ადგილობრივ კერძო ფიზიკურ და იურიდიულ პირებთან – 240,2 ლარი, უცხოელ/უცხოურ კერძო ფიზიკურ და იურიდიულ პირებთან – 480,7 ლარი, რაც 2010 წლის ანალოგიურ მაჩვენებელზე 83,4 ლარით ნაკლებია. შრომის საშუალო თვიური ანაზღაურება მსხვილ საწარმოებში 533,6 ლარს, საშუალო საწარმოებში 314 ლარს, ხოლო მცირე საწარმოებში 134,4 ლარს შეადგენდა. საშუალო თვიური ანაზღაურების ოდენობით რაჭა-ლეჩხუმი საქართველოს რეგიონებს შორის ბოლო ადგილს იკავებს და 2,7-ჯერ ჩამოუვარდება ამავე წლის საქართველოს ანალოგიურ საშუალო მაჩვენებელს (690,9 ლარი).

რეგიონში ძალზე მაღალია სიღარიბის მაჩვენებლები. 2012 წელს უმწვეო მდგომარეობაში მყოფი ოჯახების მონაცემთა ერთიან ბაზაში რეგისტრირებული იყო 12,3 ათასი ოჯახი, რომელთაგან შემწეობას იღებდა 7,2 ათასი ოჯახი. ერთიან ბაზაში რეგისტრირებული ოჯახების რაოდენობის პროცენტული მაჩვენებლით, რაჭა-ლეჩხუმის რეგიონი საქართველოს რეგიონებს შორის ბოლო ადგილს იკავებს. დარბ მონახლეობას შორის, ყველაზე მეტია 40–60 წლებისა და 70 წელს ზევით ასაკობრივი ჯგუფის წილი. ამასთან, ამ უკანასკნელთა რაოდენობა მნიშვნელოვნად აჭარბებს იმ შრომისუნარიანი მოსახლეობის რაოდენობას, რომელიც საარსებო შემწეობას იღებს. ეს მაჩვენებლები ნათლად ასახავს რეგიონში არსებულ რთულ ვითარებას, როგორც დასაქმების, ისე დემოგრაფიის მხრივ.

რეგიონში ირიცხება საპენსიო და სოციალური პაკეტის მიმღები 10,9 ათასი პირი, რაც მოსახლეობის 23,4%-ს შეადგენს და მნიშვნელოვნად აღემატება ქვეყნის საშუალო პროცენტულ მაჩვენებელს (19,05%). ამ თვალსაზრისითაც, რაჭა-ლეჩხუმი საქართველოს რეგიონებს შორის ბოლო ადგილს იკავებს.

**დემოგრაფიული მიმოხილვა**

რაჭა-ლეჩხუმის რეგიონი შეიქმნა 1995წ. რომლის ფართობია 4600 კვ.კმ. ესე იგი ქვეყნის ტერიტორიის 6,6%. მხარეში შედის 258 დასახლებული პუნქტი – 3 ქალაქი, 2 დაბა და 253 სოფელი. მხარის მოსახლეობის 19,4% ცხოვრობს ქალაქებსა და დაბებში, ხოლო 80,6% სოფლებში. მაღალმთიან დასახლებებს მიეკუთვნება 238 დასახლება მათ შორის ამბროლაურის მუნიციპალიტეტი 64 (800 მ-ზე ზევით), ონის მუნიციპალიტეტის 63 (1000 მ-ზე ზევით), ცაგერის მუნიციპალიტეტის 53 (1000 მ-ზე ზევით). მოსახლეობის სიმჭიდროვე რეგიონის ტერიტორიაზე შეადგენს 10,2 ადამიანს კვ.კმ-ზე. რეგიონში მოქმედებს სამი თვითმმართველი ერთეული: ამბროლაურის, ლენტეხის და ონის მუნიციპალიტეტები. სამხარეო დონეზე სახელმწიფოს ადმინისტრაციულ ხელისუფლებას წარმოადგენს სახელმწიფო რწმუნებული – გუბერნატორი, რომლის ადმინისტრაცია ქ. ამბროლაურშია განთავსებული. ქ. ამბროლაური დედაქალაქიდან 280 კმ-ით არის დაშორებული.

რეგიონში შექმნილია რთული დემოგრაფიული ვითარება, რასაც განაპირობებს შობადობის დაბალი და სიკვდილიანობის მაღალი მაჩვენებლები, რეპროდუქციული ასაკის მოსახლეობის სიმცირე და აღნიშნულ ასაკში დაუქორწინებელთა დიდი რაოდენობა, ასევე შიგა და გარე მიგრაცია, რომლის მაჩვენებლები საქართველოს მაღალმთიან რეგიონებში განსაკუთრებით მაღალია. მიგრაციული პროცესები, ძირითადად, გამოწვეულია ისეთი ფაქტორებით, როგორცაა სამუშაო ადგილების ნაკლებობა, რთული საყოფაცხოვრებო პირობები, სოფლის მეურნეობისთვის რთული სამუშაო გარემო და სუსტად განვითარებული სოციალური ინფრასტრუქტურა. შრომისუნარიანი მოსახლეობა სამუშაოს საძიებლად, ძირითადად, თბილისში, ქუთაისში და საზღვარგარეთ მიემგზავრება. მიგრაცია უარყოფითად აისახება რეგიონის მოსახლეობის ასაკობრივ სტრუქტურაზე.

რეგიონში მოსახლეობის რიცხოვნობის შემცირების მეორე მნიშვნელოვანი ფაქტორია მოსახლეობის ბუნებრივი მატების უარყოფითი სალდო.

**რეგიონის დემოგრაფიული მდგომარეობის რეტროსპექტივა: ცხრილი 1.**

მხარე	თარიღი	მოსახლეობის რაოდენობა (ათასი კაცი)	შენიშვნა
რაჭა-ლეჩხუმი და ქვემო სვანეთი	1770წ.	51,2	სტატისტიკაში მონაცემები მონაცემში გათვალისწინებულია სვანეთის მთლიანი მოსახლეობაც.
	1897წ.	108,2	
	1914წ.	149,6	
	1926წ.	120,1	
	1939წ.	126,2	
	1959წ.	106	
	1989წ.	78,6	
	2007წ.	48,5	

საქართველოს მასშტაბით დემოგრაფიული თვალსაზრისით ყველაზე რთული მდგომარეობაა რაჭა-ლეჩხუმში. სადაც 1926–1989 წლებში მოსახლეობა თითქმის ორჯერ შემცირდა. საქართველოს არც ერთ ისტორიულ-გეოგრაფიულ პროვინციაში ასე მასობრივად არ მიუტოვებია მშობლიური კუთხე მკვიდრ მოსახლეობას. ეს მით უფრო დასაბუთებულია, რომ რეგიონის სოფლების მეტი ნაწილი მთისწინეთსა და დაბალმთიან ზონაში მდებარეობს და მეტ-ნაკლებად უზრუნველყოფილია სახნავ-სათესი მიწებით. ამ მიწების და სხვა ბუნებრივი რესურსების გონივრულად გამოყენების შემთხვევაში, აქ 2–3 ჯერ მეტ მოსახლეობას შეუძლია უზრუნველყოს თავისი თავი სურსათით და არსებობის სხვა საშუალებებით. სამწუხაროდ რაჭა-ლეჩხუმში იმდენად ფართო ხასიათი მიიღო მიგრაციამ, რომ რეგიონი სრულ დეპოპულაციას განიცდის – ყოველწლიურად გარდაცვლილთა რიცხვი ბევრად სჭარბობს დაბადებულთა რაოდენობას. ახალგაზრდობის მასობრივი მიგრაციის შედეგად სოფლებში დარჩნენ თითქმის მხოლოდ ხანდაზმულები, რის გამოც მინიმუმამდე შემცირდა შობადობა, სიკვდილიანობა კი მკვეთრად გაიზარდა. ამიტომ 70-იანი წლების მეორე ნახევრიდან დაწყებული, ყოველწლიურად გარდაცვლილთა რაოდენობა სჭარბობს დაბადებულებს. 10 წლის განმავლობაში (1979–1989წ.წ.) რაჭა-ლეჩხუმში დაიბადა 6517 ბავშვი, გარდაცვლილთა რაოდენობამ კი შეადგინა 9256, ანუ 2739-ით მეტი გარდაიცვალა, ვიდრე დაიბადა. იმავე პერიოდში მუდმივი მოსახლეობის საერთო რაოდენობა შემცირდა 11612 კაცით, რაც იმის შედეგია, რომ ბუნებრივი გამრავლების შეწყვეტის გარდა, რეგიონი დატოვა 8873 კაცმა. სწორედ ასეთმა ინტენსიურმა მიგრაციამ გამოიწვია ასაკობრივი სტრუქტურის მკვეთრი გაუარესება და ყოველწლიურად დაბადებულებთან შედარებით გარდაცვლილთა მეტი რაოდენობა. რაც საქართველოს ამ ერთ-ერთ უმშვენიერეს კუთხეს სრული დაცლის საშიშროებას უქმნის.

მნიშვნელოვანია ბუნების სტიქიური მოვლენების უარყოფითი გავლენა მოსახლეობის დინამიკაზე. საკმაოდ ხშირია დედამიწის სხვადასხვა კუთხეში კატასტროფული მიწისძვრებით გამოწვეული მოსახლეობის დიდი დანაკლისი. ამ მხრივ გამონაკლისს არც რაჭა-ლეჩხუმ – ქვემო სვანეთის რეგიონი წარმოადგენს. ისტორიულ წარსულში არაერთხელ მომხდარა დამანგრეველი მიწისძვრა, მათ შორის აღსანიშნავია 1350 წლის ლეჩხუმ-სვანეთის მიწისძვრა, 1991 წლის 29 აპრილს მომხდარი რაჭის მიწისძვრა, რომელსაც 200-მდე ადამიანი ემსხვერპლა, დაზიანდა 46000 საცხოვრებელი სახლი, 1000 საწარმო, უსახლკაროდ დარჩა 100 000-მდე ადამიანი, 1992 წლის ოქტომბერში სოფელ ბარისახოს მიდამოებში. აღნიშნულმა გარემოებამ სხვა ფაქტორებთან ერთად გამოიწვია რეგიონიდან მიგრაციული ტალღის წარმოქმნა.

**ახლანდელი დემოგრაფიული მდგომარეობა**

დღეისათვის რეგიონის სოფლებში აღწარმოების პროცესი შემამოთებელია. სოფლების უმეტესობაში ადგილი აქვს დეპოპულაციას. საქსტატის მონაცემებით ონის მუნიციპალიტეტის სოფლების დემოგრაფიული მდგომარეობა 2013 წლის იანვრიდან სექტემბრის ჩათვლით:

ცხრილი 2.

სოფელი	ახალდაბადებული	გარდაცვლილი	ბუნებრივი მატების კოეფიციენტი -%ით
ღები	1	6	-5
ჭიორა	0	3	-3
გლოლა	2	5	-3
ბარი	0	3	-3
უწერა	2	9	-7
სორი	2	4	-2
ლაჩთა	1	5	-4



ქრისტესი	0	2	-2
პიპილეთი	0	4	-4
ნაკიეთი	0	3	-3
საკაო	0	3	-3
ღარი	2	4	-2
კომანდელი	2	2	0

ანალოგიური სიტუაციაა სხვა მუნიციპალიტეტებშიც. მაგალითად ქ. ცაგერში ბოლო 10 წლის განმავლობაში დაიბადა 214 და გარდაიცვალა 560 ადამიანი. ხოლო 2013 წლის 1 იანვრიდან 1 ივლისამდე დაიბადა 16 და გარდაიცვალა 192 ადამიანი.

მოსახლეობის დეპოპულაციის პარალელურად იკლებს მოსწავლეთა რაოდენობა სკოლებში, სადაც სტატისტიკურად ასევე შემაშფოთებელი მონაცემებია. რაჭაში მუდმივად მცხოვრები მოსახლეობა 90-იანი წლების შემდეგ განახევრდა. მოსახლეობის შემცირების გამო სოფლების უმრავლესობაში გაუქმდა სამედიცინო პუნქტები, დაიხურა სკოლები, ამან კი ხელი შეუწყო მათ მთლიანად დაცლას. მხოლოდ ონის რაიონში 11 სოფელია, რომელშიც არც ზაფხულში და არც ზამთარში აღარავინ ცხოვრობს. იგივე ბედი ელის იმ სოფლებსაც, სადაც მხოლოდ მოხუცებია დარჩენილი. სამსახურის საშოვნელად თუ განათლების მისაღებად რაჭველი ახალგაზრდები დიდ ქალაქებში გადადიან საცხოვრებლად. ბევრი მათგანი უკან აღარც ბრუნდება და, შესაბამისად, რეგიონი მოსახლეობის გარეშე რჩება. პროცესის ასე გაგრძელების შემთხვევაში რაჭა 15 წელიწადში აღარ იარსებებს.

### 3. დასკვნა

ბოლო წლებში შეიმჩნევა გარკვეული პოზიტიური ძვრები. თუმცა ეს ჯერ კიდევ არასაკმარისია იმისთვის რომ აღდგეს ამ რეგიონის სრული დემოგრაფიული ბალანსი. ამიტომ აუცილებელია უფრო ინტენსიურად განხორციელდეს სოციალური პროექტები, ტურიზმი და დასვენება, გაუმჯობესდეს ინფრასტრუქტურა, რის შედეგადაც მოსახლეობას გაუზრდობა ინტერესი დაუბრუნდეს რეგიონს და აქტიურად ჩაერთოს რაჭა-ლეჩხუმის განვითარებაში.

რაჭა-ლეჩხუმის რეგიონს აქვს ბუნებრივ-კლიმატური, სასოფლო-სამეურნეო, ტურისტულ-რეკრეაციული პოტენციალი და განვითარების რეალური პერსპექტივა, რაც სოციალურ-ეკონომიკური და დემოგრაფიული მდგომარეობის გამოსწორების წინაპირობაა.

### ლიტერატურა

1. საქართველოს მთავრობის განკარგულება: 1374 – რაჭა - ლეჩხუმისა და ქვემო სვანეთის რეგიონის განვითარების სტრატეგია 2014-2021 წლებისთვის
2. ჯაოშვილი ვახტანგ. საქართველოს მოსახლეობა; გამომცემლობა „მეცნიერება“ 1996;
3. <http://www.elitetravel.ge>
4. [http://www.government.gov.ge/files/275-38379-941560-137419\\_09.13-1.pdf](http://www.government.gov.ge/files/275-38379-941560-137419_09.13-1.pdf).
5. [www.nacres.org](http://www.nacres.org)
6. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
7. <http://www.apa.gov.ge>
8. <http://rachalechkhumi.blogspot.com/p/blog-page.html>
9. <http://seismo.iliauni.edu.ge>
10. <http://catalog.edu.ge>
11. <http://www.government.gov.ge/files/53-74-847928-racha-lechkhumi.pdf>
12. <http://www.geostat.ge>

ბეტონის შედგენილობის ბაზანგარიშებისათვის  
ახალი რეკომენდებული ფორმულა

ზ. გოცირიძე, ი. გოცირიძე

(შპს „ტორენტ“-ის სამშენებლო ტესტირების ლაბორატორია „ბინული“,  
თბილისი)

**რეზიუმე.** მოცემულია მძიმე ბეტონის შედგენილობის დაპროექტების ახალი მეთოდები, ემყარება შემდეგ პრინციპებს. ბეტონში მსხვილი შემავსებლის სიცარიელეს ავსებს მხოლოდ ქვიშა და არა ცემენტქვიშის დუღაბი, რომელსაც ითვალისწინებს გაანგარიშების აბსოლუტური მოცულობების კლასიკური მეთოდი. გაანგარიშების ახალი რეკომენდაციები ოპტიმალურად ზრდის ქვიშის რაოდენობას ბეტონში. ბეტონის ნარევი ხდება უფრო გაუმჯობესებული ტექნოლოგიური თვისებების.

**საკვანძო სიტყვები:** წყალცემენტის ფაქტორი, ცემენტის EKC კლასები, ინერტული მასალის ჯამური რაოდენობა.

### 1. შესავალი

ბეტონის შედგენილობის დაპროექტების საფუძვლად დღეისათვის აღებულია აბსოლუტური მოცულობის მეთოდები, რომელიც გამოქვეყნებული იყო ქართველი მეცნიერების შრომებში (კ. ზავრიევის სკოლა), ჯერ კიდევ გასული საუკუნის 30-იან წლებში. მაგრამ დღეს არ შეიძლება არ გავითვალისწინოთ ევროსტანდარტების რეკომენდაციებიც.

### 2. ძირითადი ნაწილი

გაანგარიშების პირველ ეტაპზე ძალიან მნიშვნელოვანია წყალცემენტის ფაქტორის განსაზღვრა, რომელიც მრავალი ფორმულითაა გამოსახული, მაგრამ ყველაზე პრაქტიკული გამოყენება იპოვა შვეიცარიელი მეცნიერის ბოლომეის ფორმულამ:

$$W/C = A \cdot R_c / (R_{con.} \pm 0.5 \cdot A \cdot R_c),$$

სადაც A კოეფიციენტი და დამოკიდებულია შემავსებლის ხარისხზე: მაღალი ხარისხისათვის ტოლია 0.65; რიგითი ხარისხისათვის – 0.6; დაბალი ხარისხისათვის – 0.55.

$R_{con}$  ბეტონის მარკაა;  $R_c$  ცემენტის მარკა.

ჩვეულებრივ ბეტონში, როცა  $W/C \geq 0.4$ , ფორმულაში ვიღებთ „+“-ს, მაღალი სიმტკიცის ბეტონში, როცა  $W/C < 0.4$ , ვიღებთ „-“.

ამ დროს ძირითადი გამსაზღვრელია სიმტკიცე კუმშვაზე. მაგალითად, “400” მარკის ცემენტის 400 კგ/სმ<sup>2</sup> (ანუ 40 მპა); “500” მარკის კი – 500 კგ/სმ<sup>2</sup> (ანუ 50 მპა) და ა.შ.

ევროპის ცემენტის ასოციაციის მიერ დადგენილია ცემენტის EKC კლასები EKC\_32.5; EKC\_42.5; EKC\_52.5.

დაზუსტებულია ცემენტის კლასსა და მარკას შორის დამოკიდებულება (1)

$$R_{c\text{კლ}} = 1.224 \cdot R_c - 15.31$$

ამ დამოკიდებულების გათვალისწინებით ბოლომეის ფორმულა მიიღებს სახეს:

$$W/C = A \cdot (R_{c\text{კლ}} + 15.31) / (1.224 \cdot R_{con.} \pm 0.5 \cdot A \cdot (R_{c\text{კლ}} + 15.31)) \quad (1)$$

წყლის ხარჯის განსაზღვრა ხდება ბეტონის ნარევის ჩაწყობადობის მიხედვით ცხრილების საშუალებით (2). შემდეგ კი იანგარიშება ცემენტის ხარჯი ფორმულით:

$$C = W : W/C$$

შემდგომ ეტაპზე კლასიკური მეთოდით ინერტული მასალების გაანგარიშება უნდა მოხდეს აბსოლუტური მოცულობების ჯამის პრინციპით. ვიცით, რომ ბეტონის ყველა კომპონენტების ჯამი უდრის 1000 ლიტრს და თუ გავითვალისწინებთ, რომ მსხვილი შემავსებლის (ღორღი ან ხრეში) სიცარიელეს შეავსებს ცემენტი, ქვიშა და წყალი, მისი მარცვლების გაწევით, ვღებულობთ ღორღის ან ხრეშის საჭირო რაოდენობის ფორმულას. შემდეგ კი ადვილია ქვიშის რაოდენობის გამოთვლა. მაგრამ ამ გავრცელებული მეთოდით მიღებული წვრილი და მსხვილი შემავსებლის თანაფარდობა პრაქტიკულად არადაამაკმაყოფილებელ შედეგს გვაძლევს. როგორც წესი, ბეტონში აკლია ქვიშა. ამიტომ თეორიული გაანგარიშება ვერ პოულობს პრაქტიკულ გამოყენებას. ბეტონის კვანძებში ოპერატორები იძულებული არიან ინტუიციით, გამოცდილებით მიხედვით, სტიქიურად გაზარდონ ბეტონში ქვიშის რაოდენობა, რაც ბეტონის ხარისხზე უარყოფითად მოქმედებს.

ამიტომ ჩვენ გთავაზობთ გაანგარიშების პრაქტიკაში გამართლებულ ახალ მეთოდს, რომელიც აგებულია ცოტა განსხვავებულ შემდეგ პრინციპებზე.

ბეტონის ნარევის ვყოფთ ორ ნაწილად: ინერტულ (ღორღი, ქვიშა) და წებოდ (ცემენტი, წყალი). თუ ავიღებთ საქართველოს ინერტულ მასალებზე დამზადებული 1კუბ.მ ბეტონის ნარევის წონას 2350კგ და პირველი ფორმულით გაანგარიშებულ ცემენტისა და წყლის რაოდენობას, მაშინ მარტივად გამოვთვლით ინერტულის ჯამურ (Ag) რაოდენობას

$$Ag = 2350 - (C+W), \text{ კგ} \quad (2)$$

ცემენტის წებოს ეკონომიის მიზნით ინერტულში მსხვილი შემავსებლის სიცარიელე შევსებული უნდა იყოს ქვიშით მარცვლების გაწევის კოეფიციენტის გათვალისწინებით და არა ქვიშა-ცემენტის ხსნარით, რომელსაც გვთავაზობს კლასიკური გაანგარიშება. მაშინ მივიღებთ ტოლობას

$$Ag = a \cdot V_{cA} \cdot CA + CA = CA \cdot (a \cdot V_{cA} + 1)$$

აქედან

$$CA = Ag / (a \cdot V_{cA} + 1) \quad (3),$$

სადაც CA ღორღის რაოდენობაა;  $V_{cA}$  ღორღის სიცარიელე ნაყარ მდგომარეობაში;

a ღორღის (ხრეშის) მარცვლების გაწევის კოეფიციენტია, იგი ძირითადად დამოკიდებულია ცემენტის რაოდენობაზე. სხვადასხვა რეკომენდაციის გაანალიზებით მიღებული გვაქვს ამ კოეფიციენტის გამოსათვლელი ფორმულა:

$$a = 1.1 + 0.0009 \cdot C \quad (4)$$

საბოლოოდ იანგარიშება ქვიშის რაოდენობაც:

$$FA = Ag - CA \quad (5)$$

ბეტონის კომპონენტების თეორიული გაანგარიშების შემდეგ გადამოწმება ხდება ბეტონის ნარევის ფაქტობრივი მოცულობითი წონის და საბოლოოდ შემოწმდება ბეტონის კომპონენტების ფაქტობრივი აბსოლუტური მოცულობების ჯამი, რომელიც ტოლი უნდა იყოს 1000 ლიტრისა 5% ცდომილებით, ანუ

$$C / c + W + CA / CA + FA / FA = 1000 \pm 5\%$$

აქ C, CA, FA შესაბამისად ცემენტის, ღორღისა და ქვიშის სიმკვრივეებია.



### 3. დასკვნა

რეკომენდებული ფორმულებით (1–5) გაანგარიშებულ ბეტონის შედგენლობაში გაზრდილია, მაგრამ ოპტიმალურია ქვიშის რაოდენობა და ეს მეთოდი წარმატებულად დანერგილი საქართველოს ათეულობით ბეტონის ქარხანაში: თბილისში, მარნეულში, ახალქალაქში, იგოეთში, ჩოხატაურში, ხელვაჩაური და სხვა.

ამ გაანგარიშებით გამოშვებული ბეტონის ხარისხი მთლიანად უპასუხებს ბეტონის თანამედროვე ტექნიკურ და ტექნოლოგიურ მოთხოვნებს.

### ლიტერატურა

1. გოსტ 55224–2012, ცემენტები სატრანსპორტო მშენებლობისათვის. ტექნიკური პირობები. 2012,
2. ა. ჩიქოვანი. ბეტონის ტექნოლოგია. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი. 2015.

მართკუთხა ფილაში მაქსიმალური ჩაღუნვის  
 განსაზღვრა ბეტონის ცოცვადობის დეფორმაციების  
 გათვალისწინებით

ზ. მაძაღუა, დ. ტაბატაძე, დ. ჯანყარაშვილი

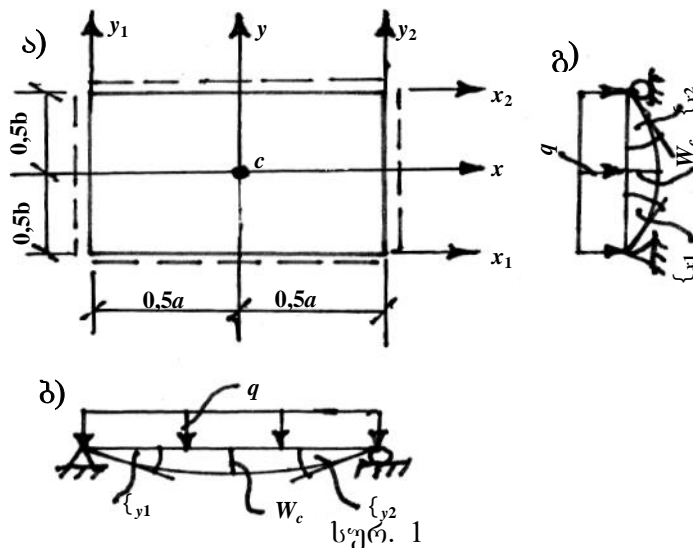
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. № 77, 0175, თბილისი,  
 საქართველო)

**რეზიუმე.** წარმოდგენილია რკინაბეტონის მართკუთხა ფილაში მაქსიმალური ჩაღუნვის განსაზღვრის წესი მისი აგების რივის (აგების თანამიმდევრობის) და ბეტონის ცოცვადობის დეფორმაციების გათვალისწინებით. ცოცვადობის დეფორმაციების გათვალისწინება ხდება ცოცვადობის დაძველების თეორიის საფუძველზე, რადგანაც რკინაბეტონის კონსტრუქციებისათვის ეს თეორია საუკეთესოდ არის მიჩნეული.

**საკვანძო სიტყვები:** მართკუთხა ფილა, ცოცვადობა, დაძველების თეორია, დეფორმაცია.

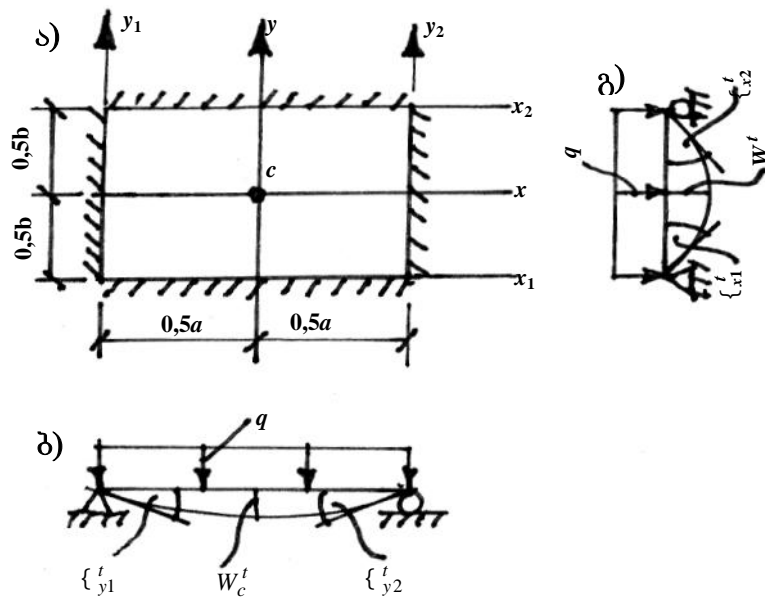
1. შუსაგალი

ნაშრომში განიხილება მართკუთხა ფილის დამონტაჟების ერთ-ერთი გავრცელებული მეთოდი: კედლების ამოყვანის (ფილის კონტურის მოწყობის) შემდეგ ხდება ფილის მონტაჟი. ამ დროს ფილა ოთხივე კიდი თავისუფლად (სახსრულად) არის დაყრდნობილი (სურ. 1,ა) და სასარგებლო (საექსპლუატაციო)  $q$  დატვირთვის მოქმედების შემთხვევაში, მაქსიმალურ ჩაღუნვას აქვს სახე (სურ. 1,ბ,გ).



2. ძირითადი ნაწილი

შესავალში აღწერილი პროცედურის შემდეგ გრძელდება კედლების ამოყვანა და ფილა ოთხივე კიდი უკვე ხისტადაა ჩამაგრებული (სურ. 2,ა). გარკვეული დროის გასვლის შემდეგ ( $t > 0$ ) ფილაში ცოცვადობის დეფორმაციების განვითარების გამო დამატებით აღიძვრება  $W_c'$  ჩაღუნვა (სურ. 2,ბ,გ), ხოლო სრული მაქსიმალური ჩაღუნვა დროის ამ მომენტისათვის იქნება  $W_c + W_c'$ . სტატია ეძღვნება ამ ჯამური მაქსიმალური ჩაღუნვის განსაზღვრას.



სურ. 2

ჯერ განვიხილოთ  $W_c$ -ს განსაზღვრის წესი საანგარიშო სქემის ქვესქემებად წარმოდგენის საშუალებით. სურ. 1, ა-ზე წარმოდგენილია ე.წ. მოცემული სისტემა, ე.ი. ოთხივე კიდით სახსროვნად დაყრდნობილი მართკუთხა ფილა, რომელზედაც მოქმედებს თანაბრად განაწილებული  $q$  ინტენსიურობის დატვირთვა. სურ. 1, ბ-ზე მოცემულია ამ ფილის კვეთი, რომელიც მიიღება  $x$  დერძზე გატარებული ვერტიკალური სიბრტყით. როგორც უკვე იყო აღნიშნული,  $W_c$  არის ფილის მაქსიმალური ჩაღუნვა, ხოლო  $\{y_1$  და  $\{y_2$  – მობრუნების კუთხეები შესაბამისად  $y_1$  და  $y_2$  დერძების გარშემო.

$W_c$ -ს განსაზღვრისათვის მოცემული სისტემა (სურ. 1) წარმოვადგინოთ საანგარიშო სქემით (სურ. 3), რომელიც აისახება ორი ( $\langle$  და  $\gamma$ ) ქვესქემების ერთობლიობით.  $\langle$  ქვესქემის მიხედვით ფილა დაყრდნობილია მარჯვენა და ნარცხენა კიდევით, ხოლო  $\gamma$ -ს მიხედვით – წინა და უკანა კიდევით. თანაბრად განაწილებული დატვირთვა მოდებულია  $\langle$  ქვესქემის ფილაზე. ამ დატვირთვის მოქმედებით  $\langle$  ქვესქემის შესაბამისი ფილის მარცხენა და მარჯვენა კიდევებზე მობრუნების კუთხეები იქნება უფრო დიდი, ვიდრე ეს სინამდვილეშია, რადგან დაყრდნობა წინა და უკანა კიდევით (სურ. 3,  $\gamma$ ) ხელს უშლის ჩაღუნვის და ე.ი. მობრუნების კუთხეების თავისუფლად განვითარებას  $\langle$  ქვესქემის შესაბამის ფილაში. ეს ხელის შემშლელი ძალოვანი ფაქტორები აღვნიშნოთ  $m_{y1}$  და  $m_{y2}$  თანაბრად განაწილებული მომენტებით. ცხადია,  $\gamma$  ქვესქემაში ამ მომენტებს ექნება  $\langle$  ქვესქემის მიხედვით მოქმედი მომენტების საწინააღმდეგო ნიშნები, რადგანაც მოცემული სისტემის აღდგენისას (იხ. სურ. 1, ა) ისინი უნდა აბათილებდნენ ერთმანეთს. ამ მომენტებს ეწოდება ურთიერთქმედების ძალოვანი ფაქტორები. ისინი ფიქტიური პარამეტრებია და იგულისხმება, რომ როგორც  $\langle$ , ასევე  $\gamma$  ქვესქემით წარმოდგენილ ფილაზე მოქმედებენ როგორც გარე ძალოვანი ფაქტორები. დეფორმაციების თავსებადობის პირობას (ამ შემთხვევაში მობრუნების კუთხეების ტოლობას  $\langle$  და  $\gamma$  ქვესქემების მიხედვით) ფილის  $y_1$  დერძის გარშემო ექნება სახე:

$$-\{y_1^m \cdot m_{y1} + \Phi_{y1}^q = \{y_1^m \cdot m_{y1} \quad (1)$$

საიდანაც

$$m_{y1} = \frac{\Phi_{y1}^{<v}}{\{_{y1}^{<m} + \{_{y1}^{ym}}, \quad (2)$$

სადაც  $\Phi_{y1}^{<q}$  არის  $y_1$  ღერძის გარშემო მობრუნების კუთხე < ქვესქემის მიხედვით, რომელიც გამოწვეულია  $q$  ინტენსიურობის მქონე თანაბრადგანაწილებული გარეგანი დატვირთვისაგან.  $\{_{y1}^{<m}$  არის  $y_1$  ღერძის გარშემო მობრუნების კუთხე < ქვესქემის მიხედვით, რომელიც გამოწვეულია  $\bar{m}_{y1}=1$  მომენტისაგან. აღვნიშნოთ, რომ როგორც  $q$ , ისე  $\bar{m}_{y1}=1$  < ქვესქემის მიხედვით იწვევს ფილის ღუნვას.  $\{_{y1}^{ym}$  არის  $y_1$  ღერძის გარშემო მობრუნების კუთხე  $y$  ქვესქემის მიხედვით, რომელიც გამოწვეულია  $\bar{m}_{y1}=1$  მომენტისაგან და  $y$  ქვესქემის მიხედვით იწვევს ფილის გრეხას.

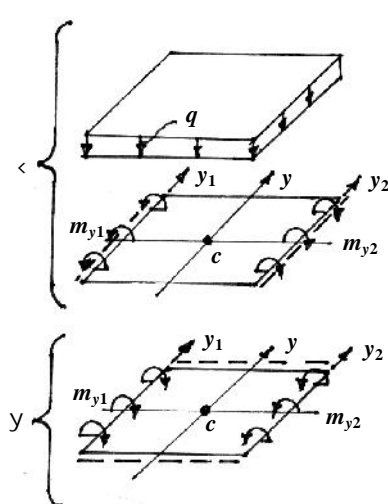
სრულიად ანალოგიურად განისაზღვრება  $m_{x1}$ , თუ გარეგან თანაბრად განაწილებულ დატვირთვას მოვდებთ  $x$  ქვესქემის ფილაზე (სურ. 4). ამ შემთხვევაში დეფორმაციების თავსებადობის პირობას (ე.ი. მობრუნების კუთხეების ტოლობას  $S$  და  $x$  ქვესქემების მიხედვით)  $x_1$  ღერძის გარშემო ექნება სახე:

$$-\{_{x1}^{sm} \cdot m_{x1} = \Phi_{x1}^{xq} - \{_{x1}^{xm} \cdot m_{x1} \quad (3)$$

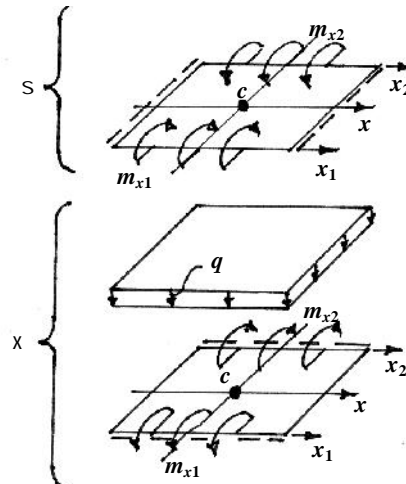
საიდანაც

$$m_{x1} = \frac{\Phi_{x1}^{xq}}{\{_{x1}^{xm} + \{_{x1}^{sm}}, \quad (4)$$

სადაც  $\Phi_{x1}^{xq}$  არის  $x_1$  ღერძის გარშემო მობრუნების კუთხე  $x$  ქვესქემის მიხედვით, რომელიც გამოწვეულია  $q$  ინტენსიურობის მქონე თანაბრად განაწილებული გარეგანი დატვირთვისაგან.  $\{_{x1}^{xm}$  არის  $x_1$  ღერძის გარშემო მობრუნების კუთხე  $x$  ქვესქემის მიხედვით, რომელიც გამოწვეულია  $\bar{m}_{x1}=1$  მომენტისაგან.



სურ. 3



სურ. 4

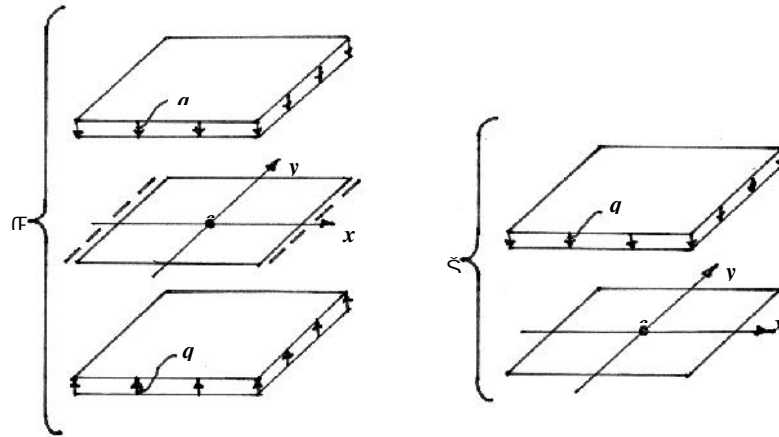
აღვნიშნოთ, რომ როგორც  $q$ , ისე  $\bar{m}_{x1}=1$   $x$  ქვესქემის მიხედვით იწვევს ფილის ღუნვას.  $\{_{x1}^{sm}$  არის  $x_1$  ღერძის გარშემო მობრუნების კუთხე  $S$  ქვესქემის მიხედვით, რომელიც გამოწვეულია  $\bar{m}_{x1}=1$  მომენტისაგან და  $S$  ქვესქემის მიხედვით იწვევს ფილის გრეხას.

$W_c$ -ს რეალური მნიშვნელობის განსაზღვრისათვის ვიყენებთ სურ. 5-ზე წარმოდგენილ ქვესქემებს.  $\mathbb{E}$  ქვესქემის მიხედვით ფილაზე მოდებულია როგორც მოცემული  $q$  ინტენსიურობის მქონე თანაბრად განაწილებული დატვირთვა, ისე  $q^*$  ინტენსიურობის მქონე თანაბრად განაწილებული ურთიერთქმედების დატვირთვა, რომელიც ფიქტიური პარამეტრია და ქვესქემებში წარმოდგენილ ფირფიტებზე მოქმედებს როგორც გარე ძალოვანი ფაქტორი.  $\mathbb{S}$  ქვესქემით წარმოდგენილ ფირფიტაზე იმოქმედებს მხოლოდ ეს  $q^*$  ინტენსიურობის მქონე დატვირთვა. ამ უკანასკნელის განსაზღვრისათვის ვიყენებთ დეფორმაციების თავსებადობის პირობას (ამ შემთხვევაში  $c$  წერტილის ვერტიკალური გადაადგილების ტოლობას  $\mathbb{E}$  და  $\mathbb{S}$  ქვესქემების მიხედვით):

$$-u_c^{\mathbb{E}} q^* + \Delta_c^{\mathbb{E}} = u_c^{\mathbb{S}} q^* \quad (5)$$

საიდანაც

$$q^* = \frac{\Delta_c^{\mathbb{E}}}{u_c^{\mathbb{E}} - u_c^{\mathbb{S}}} \quad (6)$$



სურ. 5

ამ ფორმულებში  $\Delta_c^{\mathbb{E}}, u_c^{\mathbb{E}}$  და  $u_c^{\mathbb{S}}$  ურთიერთქმედების მომენტების გათვალისწინებით მიღებული ვერტიკალური გადაადგილებებია. ე.ი.

$$\begin{aligned} \Delta_c^{\mathbb{E}} &= \Delta_c^{\mathbb{E}q} - \Delta_c^{\mathbb{E}m}; & \Delta_c^{\mathbb{S}} &= \Delta_c^{\mathbb{S}q} - \Delta_c^{\mathbb{S}m}; \\ u_c^{\mathbb{E}} &= u_c^{\mathbb{E}q} - u_c^{\mathbb{E}m}; & u_c^{\mathbb{S}} &= u_c^{\mathbb{S}q} - u_c^{\mathbb{S}m}. \end{aligned} \quad (7)$$

სადაც  $\Delta_c^{\mathbb{E}q}$  არის ფილის  $c$  წერტილის ვერტიკალური გადაადგილება ანუ მაქსიმალური გადაადგილება  $\mathbb{E}$  ქვესქემის მიხედვით, რომელიც გამოწვეულია  $q$  ინტენსიურობის მქონე თანაბრად განაწილებული დატვირთვისაგან;  $\Delta_c^{\mathbb{E}m}$  – ფილის  $c$  წერტილის ვერტიკალური გადაადგილება, რომელიც გამოწვეულია  $m_{y1}$  და  $m_{y2}$  ფიქტიური მომენტებით;  $u_c^{\mathbb{E}q}$  და  $u_c^{\mathbb{S}q}$  – ფილის  $c$  წერტილის ვერტიკალური გადაადგილებები შესაბამისად  $\mathbb{E}$  და  $\mathbb{S}$  ქვესქემების მიხედვით, რომელიც გამოწვეულია  $\bar{q}=1$  ინტენსიურობის მქონე თანაბრად განაწილებული დატვირთვით;  $u_c^{\mathbb{E}m}$  –  $c$  წერტილის ვერტიკალური გადაადგილება, რომელიც გამოწვეულია  $\bar{m}_{y1}=1$  და  $\bar{m}_{y2}=1$  მომენტებით  $\mathbb{E}$  ქვესქემის მიხედვით;  $u_c^{\mathbb{S}m}$  –  $c$  წერტილის ვერტიკალური გადაადგილება, რომელიც გამოწვეულია  $\bar{m}_{x1}=1$  და  $\bar{m}_{x2}=1$  მომენტებით  $\mathbb{S}$  ქვესქემის მიხედვით.

(5)-ის მარჯვენა ნაწილი თანახმად, რომელიც გამოსახავს  $W_{\max} = W_c$ -ს,  $\Sigma$  ქვესქემის მიხედვით გვექნება

$$W_c = u_c^S q^* . \quad (8)$$

აქვე აღვნიშნეთ, რომ ამოცანის სიმეტრიულობის გამო  $x$  და  $y$  ღერძების მიმართ (იხ. სურ. 1,ა) პარამეტრები  $|\Phi_{y1}| = |\Phi_{y2}|$ ,  $|\Phi_{x1}| = |\Phi_{x2}|$ ,  $|m_{y1}| = |m_{y2}|$  და  $|m_{x1}| = |m_{x2}|$ .

ოთხივე კიდი თხილად ჩამაგრებული ფილის (ნახ. 2, ა) მაქსიმალური ჩადუნვის განსაზღვრა ხდება ზემოთ წარმოდგენილი გზით, მაგრამ (1)-(8) ფორმულაში შემავალი პარამეტრები შეესაბამებოდნენ 2, ა ნახაზზე წარმოდგენილ სისტემას. როგორც ნახ. 1,ა-ს, ისე სურ. 1,ბ-ს შესაბამისი ფორმულები მოცემულია [1] შრომაში.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ცოცვადობის დეფორმაციები ვითარდებიან სურ. 2,ა-ზე გამოსახული სისტემის არსებობისას. ამ დეფორმაციების გათვალისწინებით ვახდენთ ცოცვადობის დაძველების თეორიის საფუძველზე. მისი დიფერენციალური განტოლების ერთ-ერთი ძირითადი სახეა [2]

$$dV_t^{br} = dV_t + V_t d\zeta_t , \quad (9)$$

სადაც  $dV_t^{br}$  არის სრული დეფორმაციის ცვლილება დროის  $t$  მომენტისათვის;  $dV_t$  – დრეკადი დეფორმაციის ცვლილება დროის იმავე  $t$  მომენტისათვის;  $V_t$  დრეკადი დეფორმაცია

$$\zeta_t = \zeta_k (1 - e^{-S t}) \quad (10)$$

არის ცოცვადობის მახასიათებელი დროის  $t$  მომენტისათვის;  $\zeta_k$  – ცოცვადობის საბოლოო მახასიათებელი ანუ  $\zeta_t$ -ის მნიშვნელობა, როდესაც  $t = \infty$ ;  $S$  – ცოცვადობის ზრდის სიჩქარის კოეფიციენტი.  $\zeta_k$  და  $S$  განისაზღვრება ექსპერიმენტებით და მოცემულია ცხრილებში ბეტონის ასაკისა და დამზადების პირობების გათვალისწინებით [3].

მე(5) სისტემა გადავწეროთ შემდეგნაირად:

$$(u_c^E + u_c^S) q^* = \Delta_c^E . \quad (11)$$

$t > 0$  დროისათვის  $q^*$  გადაიქცევა დროის ფუნქციად,  $\Delta_c^E$  მუდმივი სიდიდეა, რადგანაც გარე დატვირთვა მუდმივია.

ამიტომ (9)-ს გათვალისწინებით (11) მიიღებს სახეს:

$$(u_c^E + u_c^S) dq_t^* + (u_c^E + u_c^S) q_t^* d\zeta_t = \Delta_c^E d\zeta_t , \quad (12)$$

ანუ

$$(u_c^E + u_c^S) \frac{dq_t^*}{d\zeta_t} + (u_c^E + u_c^S) q_t^* = \Delta_c^E . \quad (13)$$

ამ დიფერენციალური განტოლების ამოხსნა  $q_t^*$ -ს მიმართ არის:

$$q_t^* = \frac{\Delta_c^E}{u_c^E + u_c^S} (1 - e^{-\zeta_t}) . \quad (14)$$

$q_t^*$ -ს საბოლოო მნიშვნელობის, ე.ი.  $q_k^*$ -ს განსაზღვრისათვის ვსარგებლობთ მე(10) განტოლებით:

$$\zeta_{t=\infty} = \zeta_k (1 - e^{-S \infty}) = \zeta_k \quad (15)$$

და (14) მიიღებს სახეს:

$$q_k^* = \frac{\Delta_c^E}{u_c^E + u_c^S} (1 - e^{-\zeta_k}) . \quad (16)$$

(8)-ს თანახმად ცოცვადობის გათვალისწინებით სურ. 2,ა-ზე წარმოდგენილი სისტემისათვის გვექნება

$$W_c^k = u_c^S \cdot q_k^* \quad (17)$$

ხოლო ფილის ჰეშმარიტი მაქსიმალური ჩაღუნვა იქნება

$$W_{\text{მაქს}} = W_c + W_c^k \quad (18)$$

### 3. ღასკვნა

ბეტონის ცოცვადობის დეფორმაციების გათვალისწინების შეფასების მიზნით ჩატარდა ფილის გაანგარიშება სურ. 1,ა-ზე წარმოდგენილი სისტემის მიხედვით შემდეგი საწყისი მონაცემებით:  $a=1$  მ;  $b=2$  მ;  $\nu=0,3$ ;  $h=0,2$  კნ/სმ<sup>2</sup> და  $E=3000$  კნ/სმ<sup>2</sup>. გაანგარიშება ჩატარდა ცოცვადობის დეფორმაციების გათვალისწინების გარეშე, ე.წ. დატვირთვის დრეკად-მყისიერ სტადიაში ( $t=0$ ). ამ დროს ფილის მაქსიმალურმა ჩაღუნვამ შეადგინა  $W_c=0,92$  სმ.

სურ. 2,ბ-ზე წარმოდგენილმა სისტემამ  $t=\infty$  დროისათვის ცოცვადობის დეფორმაციების გათვალისწინების გამო მიიღო  $W_c^t=0,21$  სმ სიდიდის მაქსიმალური ჩაღუნვა.

ამრიგად, ნაშრომში განხილული მართკუთხა ფილის დამონტაჟების თანმიმდევრობის გათვალისწინება, რაც გულისხმობს ბეტონის ცოცვადობის დეფორმაციების გამოვლენას, მაქსიმალურ ჩაღუნვას ზრდის 23%-ით. ამიტომ ცოცვადობის მოვლენის გათვალისწინება მიზანშეწონილად მიგვაჩნია.

### ლიტერატურა

1. ზ. მაძალუა. მართკუთხა ფირფიტების გაანგარიშების გამარტივებული მეთოდი განაწილებული დატვირთვების მოქმედებისას. რეგისტრირებულია სტუ-ის სარედაქციო საბჭოს მიერ. თბილისი, 2008.
2. . . . ., . XXVIII, 3, 1962. . 72-76.
3. DIN 4227. Berlin, 1953. p. 115.

სამფენოვანი დამრეცი გარსის გაანგარიშება განივი წნევისა და ტემპერატურის ზემოქმედებისას

თ. გარდაფხაძე, მ. გარდაფხაძე

(ახალი უმაღლესი სასწავლებელი, ჭყონდიდელის ქ. №26)

**რეზიუმე.** გარსის არაწრფივი დეფორმაციის ამოცანის ვარიაციული ფორმულირების ბაზაზე მიღებულია ორმაგი სიმრუდის მქონე სამფენოვანი გარსისათვის ძალოვანი და სითბური ზემოქმედებისას დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობისა და ამ მდგომარეობის მდგრადობის განსაზღვრის ამოცანის სასრულ ელემენტთა ფორმულირებას.

**საკვანძო სიტყვები:** გარსი, ტემპერატურა, წნევა, მდგრადობა, წახნავი.

### 1. შუსავალი

თხელი გარსი გავრცელებული კონსტრუქციაა ტექნიკის სრულად განსხვავებულ დარგებში – ავიაციაში, გემთმშენებლობაში, ქიმიურ და ენერგეტიკულ მანქანათმშენებლობაში, სამრეწველო და სამოქალაქო მშენებლობაში, კოსმოსურ ტექნიკასა და სხვ.

კონსტრუქციის ელემენტების დამზადებისას, ტრადიციულთან ერთად სულ უფრო მეტად იყენებენ ზემტკიცე ფენოვან კომპოზიციურ მასალებს, რომელთა განმასხვავებელი მახასიათებელია – მათი თვისებების ანიზოტროპია.

ასეთი მასალისაგან სხვადასხვა მეთოდით იქმნება ძალოვანი კონსტრუქციის ტიპური ელემენტი – მრავალფენიანი გარსი. თუმცა ტრადიციული მასალისაგან დამზადებული მრავალფენიანი გარსიც ეფექტურად გამოიყენება ძალოვან კონსტრუქციებში.

ერთ-ერთი უმთავრესი პრობლემა, რომელიც გაანგარიშებას ახლავს თან, ეს არის კონსტრუქციის თხევადკედლიანი გარსისებრი ელემენტების მადგრადობის პრობლემა მკუშშავი დაბვის არსებობისას ანუ ამ ელემენტების მზიდი შესაძლებლობების განსაზღვრა.

კონსტრუქციის სფერული ელემენტების სიმტკიცისა და მზიდი შესაძლებლობების გამოკვლევისათვის მოითხოვება უპერველესად მათი დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის განსაზღვრა – რასაც მივეყვართ გარსთა თეორიის არაწრფივი სასაზღვრო ამოცანების ამოხსნის ეფექტური მეთოდების დამუშავებამდე [1-6].

გეომეტრიულად არაწრფივი, კონსტრუქციულად ანიზოტროპული მრავალფენა გარსისათვის ძალოვანი და სითბური ზემოქმედებისას კონსტრუქციის ძალოვანი – დეფორმირებული მდგომარეობის განსაზღვრისა და ინჟინრული გაანგარიშების ეფექტური რიცხვითი მეთოდების დამუშავება, მათი რეალიზაცია კომპიუტერზე და პარქტიკაში დანერგვა არის დეფორმირებადი მყარი სხეულის მექანიკის აქტუალური სამეცნიერო ამოცანა.

### 2. ძირითადი ნაწილი

განიხილება სამფენოვანი დამრეცი გარსი, რომელიც წარმოადგენს  $R=320$  მმ რადიუსის მქონე წრეწირში ჩახაზულ წესიერ ექსცენტრულს. გარსის საკოორდინატო ზედაპირი პარაბოლური ზედაპირია (სურ. 1), რომელიც მთელ კონტურზე ხისტადაა ჩამაგრებული [7-11].

$h_1=h_2=1$  მმ,  $h_2=18$  მმ ფილის სისქეებია.

გამჭვირვალე ფენების მექანიკური და თბოფიზიური მახასიათებლებია:

შუა ფენა –  $E=55000$  მპა,  $\nu=0,25$ ,  $\alpha_1=8 \cdot 10^{-6}$

გარე ფენა –  $E=91000$  მპა,  $\nu=0,25$ ,  $\alpha_1=11 \cdot 10^{-6}$



ფილა დატვირთულია თანაბარი შიგა  $q=0,1$  მპა წნევით და გაცხელებულია მთელ სისქეზე (სურ. 1).

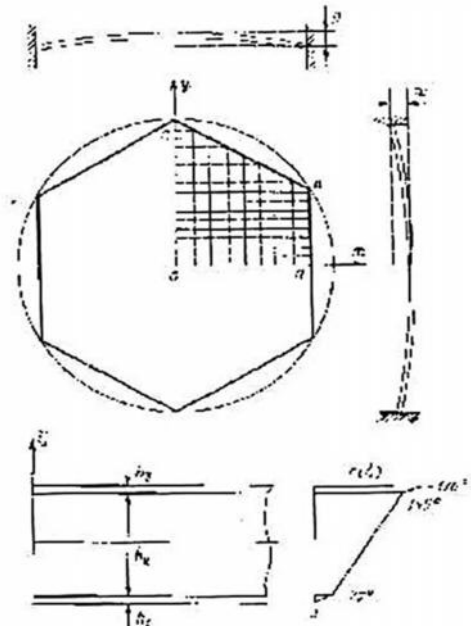
ჩვენი ამოცანაა: გამოვიკვლიოთ რა დამოკიდებულებაა გარსის დაძაბულ-დეფორმირებულ მდგომარეობასა და ამოხნევის  $H$  სიდიდეს შორის  $H < 16$  მმ საზღვრებში.

ფილის სასრულ ელემენტთა მოდელი წარმოადგენს OABCO კონტურით შემოსაზღვრული ფილის მეოთხედს, შემდეგი სასაზღვრო პირობებით:

- O კვანძი:  $U_1=U_2=\theta_1=\theta_2=0$ ;
- OA წახნაგი:  $U_2=\theta_2=0$ ;
- OC წახნაგი:  $U_1=\theta_1=0$ ;
- AB წახნაგი: ხისტი ჩამაგრება;
- CB წახნაგი: ხისტი ჩამაგრება.

გამოთვლები შესრულდა განსახილველი ფრაგმენტის ორ სასრულ ელემენტად დაყოფის შემთხვევაში:

- $n_x=4, n_y=8$ ;
- $n_x=8, n_y=16$ .



სურ. 1.

რუნგეს მეთოდით შესწორებამ ამ შემთხვევაში შედაგინა 3,4%, ასე, რომ საბოლოო სიზუსტე 1%-ის ფარგლებშია.

იმ შემთხვევაში, როდესაც  $H=0$  და ფირფიტების მთელი კონტური ხაისტადაა ჩამაგრებული, ხოლო შიგა წნევა უგულებელყოფილია, მაქსიმალური დაძაბულობები აღიძვრება მესამე ფენის ზედა ბოჭკოებზე. ეს დაძაბულობები გამოითვლება ანალიზური ფორმულით:

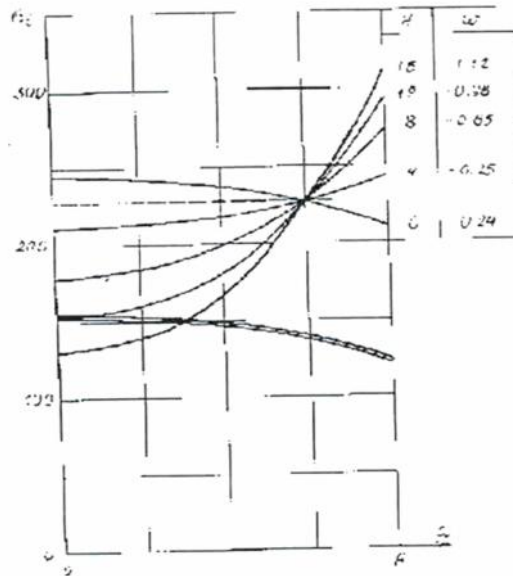
$$\tau_i = \frac{Er_1 T}{1-\epsilon} = 227 \text{ მპა}$$

ამავე სურათზე, მოცემული  $q$  შიგა წნევისათვის ნაჩვენებია დამოკიდებულებები OA კონტურის გასწვრივ  $\sigma_r$  დაძაბულობების ინტენსივობის განაწილებასა,  $T(\zeta)$  ტემპერატურისა და ფილის  $H$  ამოხნევილობის სხვადასხვა მნიშვნელობას შორის. აქვეა მოცემული ფილის შუაში გაღუნვის შესაბამისი  $w_0$  მნიშვნელობები. სურათიდან ჩანს, რომ  $H$  ამოხნევილობის გაზრდისას დაძაბულობის ინტენსივობა ცენტრში მონოტონურად კლებულობს, ხოლო კონტურის A წერტილში მონოტონურად იზრდება ფილის ამოხნევილობის ისრის ოპტიმალური მნიშვნელობა  $0 \leq H \leq 4$  მმ საზღვრებშია.

კონტურზე  $U_1=U_2 \neq 0$ ,  $w=\theta_1=\theta_2=0$  სასაზღვრო პირობებით ჩატარებული გაანგარიშების შედეგი 2 სურათზე ორმაგი მრუდითაა ნაჩვენები. ამ შემთხვევაში შედეგები პრაქტიკულად არ არის დამოკიდებული  $H$ -ზე, (მოცემულ ზომებში განსხვავება არ აღემატება 3%-ს).

A წერტილში ფილის საზღვრის მხების გასწვრივ გადაადგილება არის 0,2 მმ, ხოლო A წერტილში – 0,24 მმ.

ხისტად მოძრავი ჩამაგრებისას დაძაბულობა 2-ჯერ ნაკლებია, ვიდრე ხისტად უძრავი ჩამაგრებისას.



ნახ. 2

### 3. დასკვნა

სამუშაოვანი დამრეცი გარსის არაწრფივი დეფორმაციისას ვარიაციული ფორმულირების საფუძველზე, მიღებულია სითბური ზემოქმედებისას დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის განსაზღვრისა და მდგომარეობის მდგრადობის გაანგარიშება წნევისა და ტემპერატურის ზემოქმედებისას.

დამუშავებულია კრიტიკული დატვირთვებისა და მდგრადობის დაკარგვის განმსაზღვრელი ალგორითმები. პროცედურათა ბაზაზე შედგენილია ობიექტურად ორიენტირებულ პრაგორამათა პაკეტი, რომელიც ახდენს დაძაბული ამოცანის რეალიზებას.

### ლიტერატურა

1. Aleksandrov A.Ya., Borodin M.Ya., Pavlov V.V. Structures with foam fillers. Moscow: Oborongiz. 1067. -218 p. (In Russian).
2. Ambartsumyan S.A. Theory of anisotropic plates. Moscow: Nauka, 1967, -268 p. (In Russian).
3. Bolotin V.V., Novichkov Yu.N. Mechanics of multi-layered structures. Moscow: Mashinostroenie, 1980. -375 p. (In Russian).
4. Kurshin L.M.P. Review of works on analysis of sandwich plates and shells//Analysis of spatial structures. Moscow: Stroyizdat, 1962, issue 7, pp. 163-192. (In Russian).
5. Mukhadze L., Kipiani G. Review of researches of thin-walled plates and shells in Georgia (1987-1997)//Metsniereba da tekhnika, Tbilisi, Metsniereba, 1997, pp. 4-5. (In Georgian).
6. Kipiani G.O. Review of works on the calculation of thin-walled spatial systems with discontinuous parameters (1980-2013)//Actual Problems of Architect and Construction//Materials of V International Conference. 25-28 June 2013/Under editorship of E.B. Smirnov, SPBGASU. is. 2, part 1. SPB, 2013, pp. 262-267.
7. Kipiani G., Kvaratskhelia A. Variants of optimal design of single-layered and three-Layered circular plates//Problems of mechanics, 3(60), Tbilisi, 2015. pp. 29-34.
8. Kipiani G., Abesadze B., Chachkhiani N. Deformability of two-dimensional Medium with cuts on the basis of application of Generalized functions//Problems of Mechanics, 3(64), Tbilisi, 2016. pp. 55-59.
9. Vazagashvili M., Kipiani G. Research of Practical convergence and Accuracy of Algorithms for definition of dynamical characteristics of structurally-Nonhomogeneous Prismatic Structures//Problems of Mechanics, 4(61), Tbilisi, 2015. pp. 49-54.
10. Kipiani Gela Deformability and stability of rectangular sandwich panels with cuts under in-plane loading//Architecture and Engineering. Volume 1. Issue 1 March, 2016. SPSUAGE. p.p. 26-30 (aej.spbgasu.ru/index.php/AE/issue/view/3);
11. თ. გარდაფხაძე, მ. გარდაფხაძე, გ. ყიფიანი. ორმაგი სიმრუდის მქონე გეომეტრიულად არაწრფივი მრავალფენიანი გარსების დეფორმაციისა და მდგრადობის საკითხები. პროფესორ გ. ყიფიანის რედაქციით. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, 2004 წ. გვ. 145

**მშრალ, ცხელ კლიმატურ პირობებში ექსპლუატაციისათვის  
ბანკუთხნილი რკინაბეტონის კონსტრუქციების ბანაბარიშების  
საფუძვლები**

**ბ. სურგულაძე კ. მახარობლიძე**  
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი,  
კოსტავას 77)

**რეზიუმე.** განხილულია რკინაბეტონის კონსტრუქციების დაპროექტების საფუძვლები რომელთა ექსპლუატაცია ხდება მშრალი, ცხელი და დაბალი ტემპერატურის ზემოქმედების პირობებში. კერძოდ, შეეხება რკინაბეტონის კონსტრუქციებს, რომლებზეც სისტემურად ზემოქმედებს ცვლადი ტემპერატურა (მაქსიმალური, მაღალი - 40°C და მეტი, საშუალო მაქსიმალური ტემპერატურა ყველაზე ცხელი თვისათვის - 29... 30°C. ჰაერის ტენიანობა 50...55%-ზე ნაკლები და დაბალი ტექნოლოგიური ტემპერატურის -90...196°C) მოცემულია ბეტონის ტემპერატურული დეფორმაციების დიაგრამა გახურებისა და გაცივებისას რკინაბეტონის კონსტრუქციების გაანგარიშების საფუძვლები, რომელთა ექსპლუატაცია ხდება მშრალი და ცხელი კლიმატის პირობებში.

**საკვანძო სიტყვები:** რკინაბეტონის კონსტრუქციები, დეფორმაცია, ბეტონის სიმტკიცე, ბეტონის კლასი, გახურება, ტემპერატურული შეკლება, გაფართოება, ტემპერატურა, უთანაბრობის კოეფიციენტი და შეხამება.

## 1. შუსაგალი

ნაშრომში განხილულია რკინაბეტონის კონსტრუქციების დაპროექტების საფუძვლები, რომელთა ექსპლუატაცია ხდება მშრალი, ცხელი და დაბალი ტემპერატურის ზემოქმედების პირობებში. კერძოდ, შეეხება რკინაბეტონის კონსტრუქციებს, რომლებიც განიცდიან ცვლადი (მაქსიმალური, მაღალი 40°C და მეტი, საშუალო მაქსიმალური ტემპერატურა ყველაზე ცხელი თვისათვის 29... 30°C. ჰაერის ტენიანობა 50...55%-ზე ნაკლები და დაბალი ტექნოლოგიური ტემპერატურის -90...196°C) ტემპერატურის სისტემატურ ზემოქმედებას, წარმოდგენილია ბეტონის ტემპერატურული დეფორმაციების დიაგრამა გახურებისა და გაცივების დროს, მოცემულია რკინაბეტონის კონსტრუქციების გაანგარიშების საფუძვლები, რომლებსაც ექსპლუატაცია უხდებათ მშრალი და ცხელი კლიმატის პირობებში.

## 2. ძირითადი ნაწილი

კლიმატური ფაქტორები კონსტრუქციული ელემენტების ზიდვის უნარის (მუშაობის) დაქვეითებაზე ზეგავლენას ახდენს პირდაპირ, მყისიერად ან თანდათანობით, აჩქარებს რა ინტენსიურად დაქვეითების პროცესს. საქართველოში არის ადგილები, რომლებიც ხასიათდება მშრალი, ცხელი კლიმატით. ზაფხული აქ არის ხანგრძლივი დროის განმავლობაში (წელიწადში 100 დღეზე მეტი) მაღალი ტემპერატურით მაქსიმალური 40°C და მეტი, საშუალო მაქსიმალური ტემპერატურა ყველაზე ცხელი თვისათვის 29... 30°C. ამ დროს ჰაერის ტენიანობა შეიძლება იყოს 50...55%-ზე ნაკლები.

ასეთი კლიმატური პირობებისათვის რკინაბეტონის კონსტრუქციების დაპროექტება ითვალისწინებს თავისებურებებს, რომლებიც უნდა გვითვალისწინოთ ბეტონის მომზადების, ჩაწყობისა და ჩემდგომ გამყარების პროცესის განმავლობაში. ეს გამოწვეულია ძირითადად იმით, რომ მშრალი, ცხელი კლიმატის დროს წყლის, ბეტონის მჭიდრო შემცხები მასალების ტემპერატურა საგრძნობლად მეტია, ვიდრე

ნორმალურ პირობებში, რის გამოც გამომშრალი შემესები მეტ წყალს შეიწოვს, რითაც ცვლიან ბეტონის სიმტკიცისა და დეფორმაციულობის მახასიათებლებს.[1]

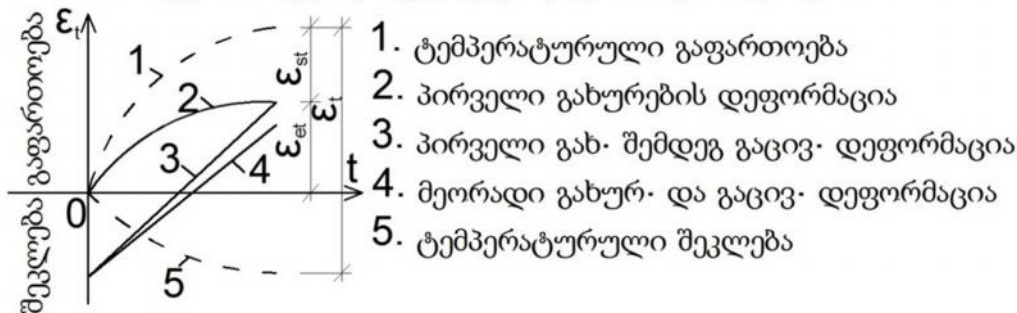
ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციები, რომლებიც მუშაობენ მშრალი, ცხელი კლიმატის პირობებში, უნდა აკმაყოფილებდნენ გაანგარიშების მოთხოვნებს, როგორც სიმტკიცის მიხედვით (პირველი ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობები), ისე ნორმალური ექსპლუატაციისათვის ვარგისიანობის (მეორე ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობები) მიხედვით.

რკინაბეტონის კონსტრუქციებს გაიანგარიშებენ ჰაერის ტემპერატურისა და ტენიანობის ზემოქმედების გათვალისწინებით დატვირთვების ყველა შესაძლო არახელსაყრელი შეხამებისთვის, მუშაობის შემდეგ სტადიებზე:

პირველი – გარე ჰაერის ზაფხულის საანგარიშო ტემპერატურამდე ხანმოკლე გახურება;

მეორე – ხანგრძლივი პერიოდული გახურება ზაფხულში და გაცივება ზამთარში გარე ჰაერის შესაბამისი ტემპერატურების საანგარიშო მნიშვნელობამდე.

ბეტონის ტემპერატურული გაფართოების დიაგრამა



ნახ. 1

რკინაბეტონის ელემენტების ნორმალური და დახრილი კვეთის გაანგარიშება გარე დატვირთვებზე ამ შემთხვევაში ხდება იმავე მეთოდით, რაც ნორმალური კლიმატური პირობებისათვის. გასაკუთრებით ცხელი და მშრალი კლიმატური პირობების გათვალისწინება ხდება იმით, რომ სიმტკიცის გამოსაანგარიშებელი ფორმულებში ბეტონის სიმტკიცის მახასიათებლები შეკვეთ ბეტონის მუშაობის პირობების გამთვალისწინებულ კოეფიციენტებზე გამრავლებული: კუმშვაზე  $\gamma_{b7}$  და გაჭიმვაზე  $\gamma_{tt}$  (იხ. ცხრილი 1).

კოეფიციენტები  $\gamma_{b7}$  და  $\gamma_{tt}$  ითვალისწინებს ბეტონის სიმტკიცის შემცირებას მზის რადიაციის, გარემო ჰაერის ტენიანობისა და კონსტრუქციის მასიურობისაგან. ბეტონის საწყის დრეკადობის მოდულს კუმშვისა და გაჭიმვის დროს იღებენ, როგორც ჩვეულებრივი კლიმატის დროს, გამრავლებულს  $\beta_b$  კოეფიციენტზე. უკანასკნელი ითვალისწინებს ბეტონის დრეკადობის მოდულის შემცირებას ცხელი კლიმატის პირობებში.  $\beta_b$  აიღება პირველი ცხრილიდან.

მაშასადამე, იმ რკინაბეტონის კონსტრუქციების გაანგარიშება, რომელთა ექსპლუატაცია ხდება მშრალი, ცხელი კლიმატის პირობებში, წარმოებს როგორც ჩვეულებრივი პირობებისათვის, ოღონდ  $\gamma_{b7}$  კოეფიციენტის გათვალისწინებით. [2]

მაგალითად, ღუნვადი ელემენტის გაანგარიშება სიმტკიცეზე მართკუთხა ნორმალური კვეთის მიხედვით, როდესაც  $\xi \leq \xi_R$ , წარმოებს პირობიდან:

$$M \leq \gamma_{b7} R_b \gamma_{b_x} (h_0 - x/2) + R_{sc} A'_N$$

ნეიტრალური ღერძის მდებარეობა განისაზღვრება პირობიდან:

$$\gamma_{b7} R_b \gamma_{b_x} = R_s A_N - R_{sc} A'_N$$

თუ  $\xi > \xi_R$ , მაშინ B30 და ნაკლები კლასის ბეტონისათვის და A-II და A-III კლასის არმატურისათვის შეიძლება ვისარგებლოთ პირობით, ოღონდ  $x$  უნდა შევცვალოთ  $x = \xi_R h_0$ , ანუ

$$M \leq \gamma_{b7} R_b b h_0^2 \xi_R (1 - 0.5 \xi_R) + R_{sc} A'_N (h_0 - a')$$

ცხრილი 1

ყველაზე ცხელი თვის ჰაერის ტენიანობა W, %	კონსტრუქციის მუშაობის სტადია	კუმშვაზე ბეტონის $\bar{\sigma}_c$ ჰაობის პირობების კოეფიციენტი $\gamma_{b7}$ როდესაც $h_{red}$ ტოლია, $\xi_{lim}$	
		$\leq 10$	$> 10$
20 და ნაკლები	პირველი	0,75/0,95	0,80/0,90
	მეორე	0,70/0,80	0,75/0,85
40	პირველი	0,80/0,90	0,85/0,95
	მეორე	0,75/0,85	0,80/0,90
60	პირველი	0,85/0,95	0,90/1,0
	მეორე	0,80/0,90	0,85/0,95
70 და მეტი	პირველი	0,90/1,0	0,95/1,0
	მეორე	0,85/0,95	0,90/1,0

**შენიშვნა:** 1.  $h_{red}$  ელემენტის კვეთის დაყვანილი სიმაღლე, რომელიც კონსტრუქციის მასიურობას ახასიათებს და წარმოადგენს კვეთის ფართობს გაყოფილს იმ პერიმეტრის ნახევარზე, რომელსაც შეხება აქვს გარე ჰაერთან.

2. მოცემულია  $\gamma_{b7}$  კოეფიციენტები მოცემულია წილადის სახით, სადაც მრიცხველშია კოეფიციენტი იმ კონსტრუქციისათვის, რომელიც მზის რადიაციისაგან დაუცველია, მნიშვნელში კი იმ კონსტრუქციისათვის, რომელიც დაცულია.

3. კოეფიციენტები  $\gamma_{tt}$  და  $\beta_b$  მიიღება ისეთივე, როგორც  $\gamma_{b7}$ -შემცირებული 0,05-ით.

აქ  $\xi_R$  გამოითვლება ნორმებში მოყვანილი ფორმულით, იმ განსხვავებით, რომ

$$\omega = 0,85 - 0,008 \gamma_{b7} R_b$$

აქ  $\varepsilon_{sp}$  და  $\varepsilon_{cst}$  პლასტიკური შეკლებისა და ტენიანობის გავლენისაგან ზღვრული შეკლების დეფორმაციებია და აიღება ნორმისის მიხედვით. დანარჩენი სიდიდეები  $\delta, \eta, \mu, \varphi, \sigma, E_s$ -აიღება როგორც ჩვეულებრივი კლიმატური პირობებისათვის.

რკინაბეტონის ელემენტის მთლიანი  $\phi$  ჩაღუნვა ტოლია ძალოვანი ზემოქმედებისაგან გამოწვეულ  $\phi_m$  ჩაღუნვას დამატებული ბეტონის არათანაბარი გახურებისაგან გამოწვეული  $\phi_t$  ჩაღუნვა:

$$\phi = \phi_n + \phi_t$$

აქ  $\phi_m$  ძალოვანი ჩაღუნვა გამოითვლება, როგორც ჩვეულებრივი კლიმატური პირობებისთვის, სადაც ელემენტის სიმრუდეს ანგარიშობენ, როგორც დაუბზარავი, ისე დაბზარული უბნებისთვის, მაგრამ საანგარიშო ფორმულებში შემავალი ბეტონის სიმტკიცისა და დეფორმაციულობის მახასიათებლები უნდა გამრავლდეს შესაბამის  $B_b$ ,  $\gamma_{b7}$  და  $\gamma_{tt}$  კოეფიციენტებზე. [3]

რაც შეეხება ელემენტის სიმრუდეს, რომელიც გამოწვეულია ელემენტის არათანაბარი გახურებით, იგი გამოითვლება ფორმულით:

$$\left(\frac{1}{r}\right) = \nu \frac{\alpha_{bt}}{h} * \gamma_t$$

სადაც  $\nu$  ელემენტის კვეთის ფარგლებში ტემპერატურის უთანაბრობის კოეფიციენტია და გამოითვლება ნორმის მიხედვით;

$\alpha_{bt}$ -ტემპერატურული დეფორმაციების კოეფიციენტი, რომელიც მიიღე ბეტონისათვის არის

$$\alpha_{bt}=(12...10)10^{-6} \cdot t^{-1};$$

$\gamma_1=1,1$  – ტემპერატურის მიხედვით საიშედლობის კოეფიციენტი.

დაბალი ტემპერატურის ზემოქმედება რკინაბეტონის კონსტრუქციაზე შეიძლება დაიყოს კლიმატურ და ტექნოლოგიურ ზემოქმედებად. კლიმატური ზემოქმედება მოსალოდნელია შენობებსა და ნაგებობებზე ჩრდილოეთის მკაცრ კლიმატურ პირობებში. საქართველოს მთიან რეგიონებში არის ადგილები, სადაც ხანგრძლივი ზამთარი იცის მკაცრი ყინვებით. ასეთ პირობებში მშენებლობისას ზამთრის საანგარიშო ტემპერატურა მიიღება ყველაზე ცივი ხუთდღეულის საშუალო სიდიდე მშენებლობის რაიონზე დამოკიდებულებით. დაბალი ტექნოლოგიური ტემპერატურის (-90...196°C) ზეგავლენის ქვეშ მუშაობენ გათხევადებული აირების და სხვა ამგვარი მასალების რეზერვუარები.

ჩატარებულმა ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ პირველადი გაყინვის შედეგად ბეტონის სიმტკიცე იზრდება. შემდგომი გალხობისა და გაყინვის რამდენიმე ციკლის შემდეგ, პირიქით – მცირდება. ეს იმით აიხსნება, რომ ბეტონის ფორებში არსებული წყალი იყინება, რომელიც გაფართოების გამო იწვევს ბეტონში მიკრობზარებს. ეს ბზარები კი იზრდება გაყინვა-გალხობის რამდენიმე ციკლის შემდეგ. სიმტკიცის შემცირება განსაკუთრებით მაშინ ხდება ინტენსიურად, როდესაც გაყინვა-გალხობის პროცესს განიცდის წყლით გაჯერებული ბეტონი. ეს მოვლენა სათანადოდ არის ასახული ნორმებში სიმტკიცის შემამცირებელი  $\gamma_{b6}$  - გამოყენებით, რომელზეც მრავლდება ბეტონის სიმტკიცის მახასიათებლები (ცხრილი 2).

ცხრილი 2

კონსტრუქციის ექსპლუატაციის პირობები	გარემო ჰაერის საანგარიშო ტემპერატურა °C	კოეფიციენტი $\gamma_{b6}$ კონსტრუქციისათვის ბეტონისაგან	
		მიიღე	მსუბუქი
პერიოდული გაყინვა და გალხობა წყლით გაჯერებულ მდგომარეობაში	ნაკლები -40°	0,7	0,8
	ნაკლები -20°	0,85	0,9
იგივე, როცა ელემენტის წყლით გაჯერება ხდება ეპიზოდურად	ნაკლები -40°	0,9	1,0
	-40°-ზე მეტი	1,0	1,0

იმისათვის, რომ შემცირდეს დაბალი ტემპერატურის უარყოფითი გავლენა, ზომების მიღება ბეტონში წყლის შემცირებისთვის. მჭიდრო სტრუქტურის ბეტონების გამოყენება, რომელშიც შემესვების მარცვლებს შორის სივრცე უკავია ცემენტის ქვას. ასეთი ბეტონის დამზადებისათვის კარგ შედეგს იძლევა სუპერპლასტიფიკატორების გამოყენება. ასევე, პირაპირებისა და კვანძების დასამონოლითებელი ბეტონის კლასი უნდა იყოს ისეთივე, როგორც შესაერთებელი ელემენტებისა. [2]

რკინაბეტონის კონსტრუქციებში გამოყენებული არმატურა დაბალი ტემპერატურის ხანგრძლივი ზემოქმედების გამო, ხდება მსხვრევადი და მისი დეფორმაციულობა მკვეთრად მცირდება. ამის გამო მოსალოდნელია არმატურის გაწყვეტა და ელემენტის მყოფე რღვევა. არმატურის ციფმეტელობა (მსხვრევადობა დაბალი ტემპერატურის დროს) დამოკიდებულია ფოლადის კლასისა და მარკაზე, გამოდნობის ხერხზე, შენადული პირაპირების არსებობაზე, დატვირთვების ხასიათზე და სხვ. დეროვანი მარკის, არმატურებიდან გამოიყენება: A-I კლასის, BC $\pi$ 3 $\pi$  მარკის; A-II კლასის, 18 $\Gamma$ 2C კლასის; A-III კლასის, 25 $\Gamma$ 2C მარკის (მხოლოდ ხელით შეკრულ

კარკასებსა და ბადეებში). შეზღუდულად ( $t=-30^{\circ}\text{C}$ ) გამოიყენება A-IV კლასის, 20XF2C მარკის და A-V კლასის „A-VI კლასის, A-V კლასის, A<sub>T</sub>-V და A<sub>T</sub>-VI კლასის, არმატურა.

მათულოვანი არმატურა: ჩვეულებრივი და მაღალი სიმტკიცის, გლუვი და დადარული, აგრეთვე საარმატურო ბაგირები გამოიყენება შეუზღუდავად.  $-40...-30^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურის დროს ჩასატანებელი დეტალებისათვის სტატიკური დატვირთვის შემთხვევაში გამოიყენება მარკის ВСт3пс6 ნახშირბადიანი ფოლადი, ხოლო დინამიკური და მრავალჯერ განმეორებადი დატვირთვისათვის – ნახშირბადიანი ფოლადი მარკის ВСт3пс5.

რკინაბეტონის კონსტრუქციების დაპროექტებისას, რომელთა ექსპლუატაცია ხდება დაბალი ტემპერატურის ზემოქმედების პირობებში, საჭიროა დაინიშნოს ბეტონის კლასი სიმტკიცის მიხედვით, მარკა ყინვამდებობის მიხედვით, ხოლო საჭიროების შემთხვევაში – მარკა წყალშეუღწევობის მიხედვით.

როდესაც გარემო ჰაერის საანგარიშო ტემპერატურა დაბალია  $-40^{\circ}\text{C}$ -ზე, ტემპერატურულ ნაკერებს შორის დაშორება აიღება ნაკლები, ვიდრე ჩვეულებრივი ტემპერატურის დროს. ოღონდ ამ შემთხვევაში აუცილებელია მზიდი კონსტრუქციების ტემპერატურული გაანგარიშება შესაბამისი სპეციალური ნორმების გამოყენებით.[4]

### 3. დასკვნა

რკინაბეტონის კონსტრუქციების დაპროექტებისას, რომელთა ექსპლუატაცია ხდება მშრალი, ცხელი და დაბალი ტემპერატურის ზემოქმედების პირობებში, აუცილებელია მიღებული იქნას შესაბამისი ღონისძიებები, რადგან ამ კონსტრუქციაზე ცვლადი ტემპერატურა სისტემატურად ზემოქმედებს. გახურებისა და გაცივების შედეგად ბეტონის დეფორმაციის მიუხედავად შენობა რომ მაინც აკმაყოფილებდეს ექსპლუატაციის პირობებსა და ვადებს, უნდა ვიხეიძღვენელოთ შესაბამისი სპეციალური ნორმებით.

### ლიტერატურა

1. Ярмаковский В.Н. Прочностные и деформативные характеристики бетона при низких отрицательных температурах // Бетон и железобетон. 1971.
2. გ. ჯაფარიძე, ა. სოსხაძე, რკინაბეტონის კონსტრუქციები, მოკლე კურსი მაგისტრანტებისათვის, თბილისი, 2003
3. Свиридов В.Н., Малок В.Д. Оценка долговечности бетона в конструкциях морских сооружений по опыту строительства на Дальнем Востоке // Труды II Международной конференции «Бетон и железобетон – взгляд в будущее». М., 2014.
4. Александровский С.В. Долговечность наружных ограждающих конструкций. М., 2004.

ბანივი ძვრის ბზარის ბავლენა ღუნვადი ელემენტის  
სიმტკიცეზე რკინაბეტონის რღვევის მიქანიკის მეთოდების  
გამოყენებით

ლ. კახიანი, ა. ცაკიაშვილი, მ. თავაძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. №77, 0175 თბილისი,  
საქართველო)

*რეზიუმე.* განხილულია რკინაბეტონის ღუნვადი ელემენტების ბზარმდეგობა, ბზარების გაჩენა, ტიპები, გაანგარიშების მეთოდები ექსპერიმენტულ მონაცემებზე დაყრდნობით. მოყვანილია გაანგარიშების ფორმულები და საანგარიშო სქემები რკინაბეტონის რღვევის მექანიკის მეთოდების გათვალისწინებით.

*საკვანძო სიტყვები:* რღვევა, ბზარი, სიხისტე, ძაბვა, სიმტკიცე, ბზარმდეგობა, ძაბვის ინტენსივობის კოეფიციენტი.

## 1. შესავალი

ცნობილია, რომ რკინაბეტონი არაერთგვაროვანი სამშენებლო მასალაა, რომელიც კარგად მუშაობს კუმშვაზე, ცუდად – გაჭიმვაზე. ორივე შემთხვევისას მასში ჩნდება ტექნოლოგიური და დატვირთვით გამოწვეული ბზარები. კონსტრუქციულ გაანგარიშებებში დიდმალიანი ელემენტები ბზარმდეგობის უზრუნველსაყოფად მზადდება წინასწარ დაძაბული, რომელსაც ბზარი არ უჩნდება ან ბზარის სიდიდე ნაკლებია ნორმატიულ მასალებში მოცემულ დასაშვებ სიდიდეებზე.

დაუძაბავი ელემენტების ბზარმდეგობაზე გაანგარიშებისას ნორმატიულ მასალებში მოცემულია მრავალი ემპირიული კოეფიციენტი, რომელიც ბზარის გავლენას რკინაბეტონის ელემენტებში, სიხისტეზე, სიმტკიცესა და ხანგამძლეობის დადგენაზე მცირედით აუმჯობესებენ.

სტატიაში განხილულია ექსპერიმენტულ მონაცემებზე დაყრდნობით მიღებული მახასიათებელი პარამეტრების გამოყენება არსებული პრობლემის გადასაჭრელად.

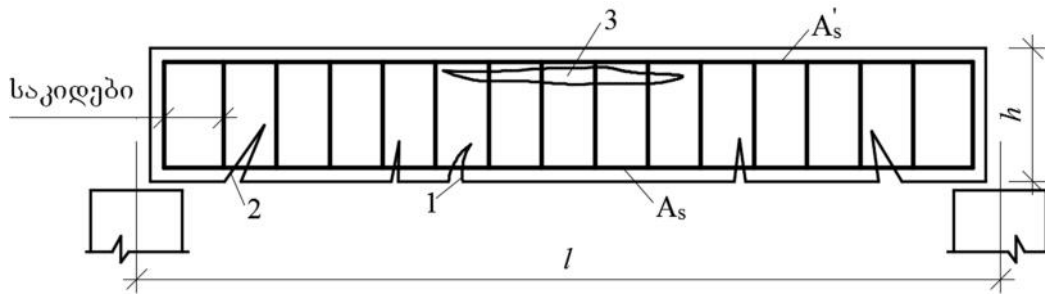
## 2. ძირითადი ნაწილი

როგორც 21-ე საუკუნის მშენებლობის პრაქტიკა გვიჩვენებს, რკინაბეტონის კონსტრუქცია მშენებლობაში გამოყენებულ მასალებს შორის ჯერჯერობით შეუცვლელია, ამიტომ მისი გაანგარიშების სრულყოფა აუცილებელია.

რკინაბეტონის კონსტრუქციების ბზარმდეგობის გაუმჯობესების საკითხებით მსოფლიოში მრავალი მეცნიერია დაინტერესებული. ასეთი სამუშაოები ჩატარებულია საქართველოშიც [1, 2, 3] და გამოყენებულია მეტად საპასუხისმგებლო ობიექტების დაპროექტებისა და კონსტრუირებისას. ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ რკინაბეტონის ღუნვად და არაცენტრალურად შეკუმშულ ელემენტებში წარმოიქმნება ტექნოლოგიური და დატვირთვით გამოწვეული ბზარები, რაც ამცირებს ელემენტის სიმტკიცეს (ზიდვისუნარი), ხანგამძლეობას და იწვევს ელემენტის რღვევას. ბზარი ჩნდება მღუნავი მომენტით – ნორმალური ბზარი, განივი ძალით – დახრილი ბზარი და მხები, ჰორიზონტალური ძალით – განივი ძვრის ბზარები.

ნორმატიულ მასალებში მოყვანილი ემპირიული კოეფიციენტები ელემენტის ბზარმდეგობაზე გაანგარიშებისათვის არასაკმარისია.





სურ.1 ღუნვად ელემენტში არსებული ბზარები:  
 1 - ნორმალური; 2 - დახრილი; 3 - განივი ძერის

ელემენტის კვეთში ტექნოლოგიურ ბზარებს ემატება მრავლობითი დატვირთვით გამოწვეული ბზარები, ამდენად რკინაბეტონის არსებული გაანგარიშების მეთოდები ელემენტის მუშაობის რეალურ სურათს ვერ ასახავს.

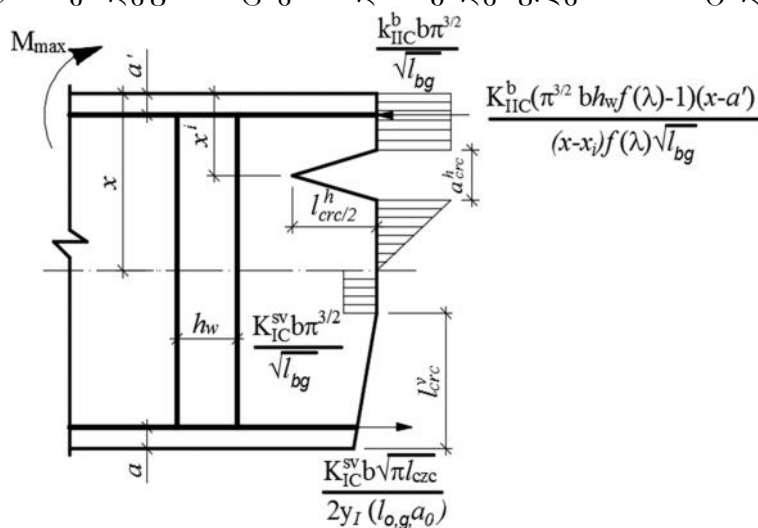
სტატიაში განხილულია განივი ძერის ბზარის გავლენა რკინაბეტონის ელემენტის სიმტკიცეზე, სიხისტეზე, დეფორმაციაზე და ხანგამძლეობაზე.

ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ რკინაბეტონის ელემენტში არსებული ბზარების წვერზე ადგილი აქვს დაბეჭდვის კონცენტრაციას, მისი გახსნის და სიგრძის ზრდა დამოკიდებულია ენერგიაზე, რომელსაც კვეთში არსებული დატვირთვისაგან გამოწვეული გამჭიმბი და მკუმშავი დაბეჭდვები ქმნის.

რღვევის მექანიკის მეთოდების გამოყენება საშუალებას იძლევა გამოვთვალოთ ბზარის სიგრძე, გახსნის სიდიდე, დავადგინოთ ელემენტის ზიდვის უნარი, დეფორმაცია და ხანგამძლეობა.

არსებულ ნორმატიულ მასალაში დაბეჭდვის კონცენტრაციის კოეფიციენტის მნიშვნელობები გათვალისწინებული არ არის. იგი დადგენილია მრავალი მკვლევარის მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავების შედეგად [1, 2, 3] ბეტონის და არმატურის კლასების მიხედვით, არის მუდმივი სიდიდე ისევე, როგორც დრეკადობის მოდული და პუასონის კოეფიციენტი.

რკინაბეტონის კონსტრუქციების რღვევის მექანიკის მეთოდებით გაანგარიშებისას ვიყენებთ (სურ. 2) დაბეჭდვა-დეფორმაციების დამოკიდებულების III სტადიას.



სურ. 2

III სტადიის დროს ელემენტის ბზარმდებლობაზე გაანგარიშება ძალოვანი პარამეტრების მიხედვით წარმოებს:

კუმშვისას

$$N_{crc}^b = K_{IC}^b \cdot A_0^b \cdot K_{pz}, \quad (1)$$

ღუნვის და არაცენტრალური კუმშვისას

$$M_{crc}^b = K_{lc}^b \cdot W_0 \cdot K_{pz}, \quad (2)$$

$$Q_{crc}^b = K_{llc}^b \cdot A_0^b \cdot K_{pz}, \quad (3)$$

სადაც  $A_0 = b \cdot h$  არის კვეთის ფართობი;

$W_0$  - წინაღობის მომენტი;

$K_{lc}^b$ ;  $K_{llc}^b$  – ძაბვის ინტენსივობის კრიტიკული კოეფიციენტი; აიღება ცხრილიდან ბეტონის კლასის მიხედვით.

$K_{pz}$  – კოეფიციენტი, რომელიც გამოითვლება ფორმულით:

$$K_{pz} = \sqrt{l_{tbg} / \pi^3}$$

ელემენტის კვეთში ბზარმდეგობის ამოწურვა ხაიათდება მრავლობითი ბზარის წარმოქმნით, ბზარის  $l_{crc}$  სიგრძის და  $a_{crc}$  სიგანის გაზრდით, არმატურის ჩართულობით, რომელიც ამცირებს ბზარის გახსნას და უზრუნველყოფს თანდათანობით მდოვრე რღვევას.

კვეთში ბზარმდეგობის პარამეტრები, როგორცაა ძაბვის ინტენსივობის კრიტიკული კოეფიციენტი იცვლება, ძალოვანი პარამეტრებიც იღებენ შემდეგ სახეს:

კუმშვისას 
$$N = K_{crc}^b \cdot A_0^z \cdot K_{pz}, \quad (4)$$

ღუნვის და არაცენტრალური კუმშვისას

$$M_{crc}^{zv} = K_{lc}^z \cdot W_{zed} \cdot K_{pz}, \quad (5)$$

$$Q_{crc}^{zv} = K_{llc}^z \cdot A_0^z \cdot K_{pz}, \quad (6)$$

სადაც  $A_0^z = A_0^b + n \cdot A_s$  არის დაყვანილი კვეთის ფართობი

$n$  – დაყვანის კოეფიციენტი

$W_{zed}$  – დაყვანილი კვეთის წინაღობის მომენტი ჰორიზონტალური განივი ბზარის წარმოქმნისას.

III სტადიის დროს განივი ძვრის ბზარის სიგრძე  $l_{crc}^v$  აღწევს შესაძლებელი სიდიდის მაქსიმუმს. მრღვევ ძალას კვეთში ეწინააღმდეგება ბზარის ქვემოთ მდებარე შეკუმშილი ბეტონი, არმატურა და ნეიტრალურ ღერძთან (სურ. 2) გაჭიმული ბეტონი. საანგარიშო ფორმულების მისაღებად ვსარგებლობთ წონასწორობის განტოლებით  $\sum X = 0$  და  $\sum M = 0$ .

ექსპერიმენტებით [2] დადგენილია, რომ პირველი განივი ძვრის ბზარის წარმოქმნის და გაზრდისას, შეკუმშულ ბეტონში ბზარის ზემოთ მდებარე ბეტონის ფენა აშრევედება (ამოტყდება) სისქით  $x_i$ , რაც იწვევს კვეთის სიმაღლის შემცირებას, მცირდება ზიდვის უნარი, სიხისტე. იგი გრძელდება შემდეგი განივი ძვრის ბზარის წარმოქმნამდე, ბეტონის შეკუმშული ზონის მომდევნო აშრევებამდე და გრძელდება რღვევამდე.

მაქსიმალური მღუნავი მომენტი, რომელიც III სტადიის წონასწორობის პირობით  $\sum M = 0$ , მიიღებს სახეს:

$$M_{max} = \frac{K_{llc}^b \pi^{3/2}}{\sqrt{l_{bg}}} b \left( x_i - \frac{a_{crc}^h}{2} \right) \left( h_0 - \frac{2x_i - a_{crc}^h}{4} \right) + \frac{K_{llc}^b (\pi^{3/2} h_w b f(\lambda) - 1) (x - a') (h_0 - a')}{(x - x_i) f(\lambda) \sqrt{l_{bg}}} +$$

$$+ \frac{K_{llc}^b \pi^{3/2}}{2\sqrt{l_{bg}}} b \left( x - x_i - \frac{a_{crc}^h}{2} \right) \left( h_0 - \frac{1}{3} (x + 2x_i + a_{crc}^h) \right) -$$

$$- \frac{K_{llc}^b \pi^{3/2}}{\sqrt{l_{bg}}} b (h_0 + a - l_{crc}^v - x) \left( \frac{h_0 - a + l_{crc}^v - x}{2} \right) \quad (7)$$

მეორე წონასწორობის პირობა  $\sum X = 0$  ასეთი სახისაა:

$$\frac{K_{IC}^v b \sqrt{\pi l_{crc}^v}}{2Y_1(l_0, g, a_0)} + \frac{K_{IC}^b \pi^{3/2}}{\sqrt{l_{bg}}} b(h_0 + a - l_{crc}^v - x) = \frac{K_{IC}^b \pi^{3/2}}{\sqrt{l_{bg}}} b \left( x_i - \frac{a_{crc}^h}{2} \right) + \frac{K_{IC}^b (\pi^{3/2} h_w b f(\lambda) - 1)(x - a')}{(x - x_i) f(\lambda) \sqrt{l_{bg}}} + \frac{K_{IC}^h \pi^{3/2}}{2\sqrt{l_{bg}}} b \left( x - x_i - \frac{a_{crc}^h}{2} \right) \quad (8)$$

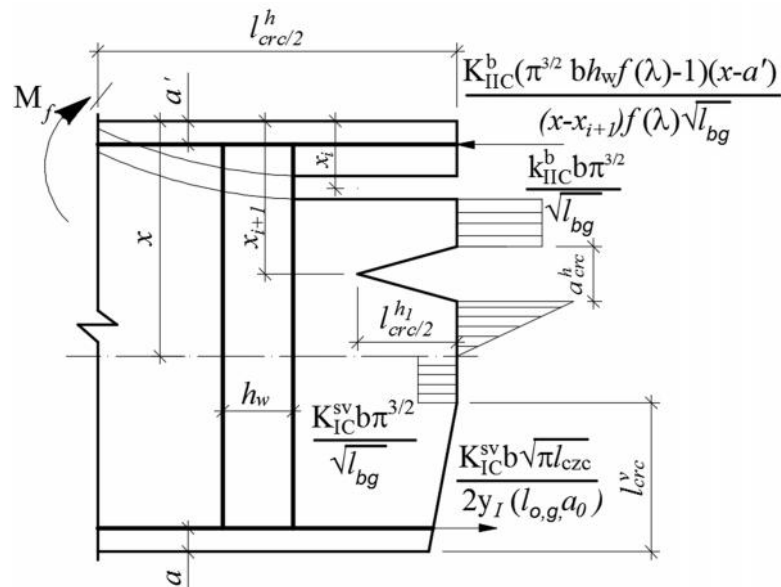
სადაც

$$f(\lambda) = \sqrt{\frac{3}{\lambda l_{crc}^h} \frac{1.13\lambda + 0.285}{b}};$$

$$Y_1(l_0, g, a_0) = \left[ \frac{3.52}{(1 - l_0)^{3/2}} - \frac{4.35}{\sqrt{1 - l_0}} + 2.13(1 - l_0) + f(e) \right] \frac{1 - e^2}{\sqrt{1 - a_0^e}}$$

როგორც (7) და (8) გამოსახულებებიდან ირკვევა, ფორმულებში შესულია განივი ძერის ბზარის  $l_{crc}^v$  - სიდიდე და შეკუმშული ზონის  $X$ -ის და  $X_i$  სიდიდეები. პირველი ფენის აშრეების შემდეგ კრიტიკული ძალა  $K_{IIc}^b$  აღწევს მაქსიმალურ სიდიდეს, წარმოიქმნება ახალი კორიზონტალური ბზარი და ასე შემდეგ. ელემენტი შემდეგ გადადის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის IV სტადიაში, წარმოიქმნება ახალი კორიზონტალური ბზარი, შემდეგ - ახალი ბზარი და დგება რკინაბეტონის ელემენტის ზღვრული მდგომარეობა. ამ სტადიაში შეკუმშული ზონა  $X < h_0 + a - l_{crc}^v$ , ხოლო ფარდობითი სიმაღლე

$$\xi_R > 1 - \frac{l_{crc}^v}{h_0}$$



სურ. 3 ღუნვადი ელემენტის ნორმალური კვეთის რღვევის IV სტადია

IV სტადია არის რღვევის სტადია, სადაც ელემენტის რღვევა მიმდინარეობს მდოვრედ გარკვეული დროის განმავლობაში, არმატურის დენადობის გამო. ნეიტრალური ღერძი გადაის ნორმალური ბზარის მახლობლად.

3. ღასკვნა

რკინაბეტონის ღუნვადი ელემენტის გაანგარიშებამ რღვევის მექანიკის მეთოდების გამოყენებით, რომელიც დამყარებულია ექსპერიმენტული კვლევის შედეგების ანალიზზე, გვიჩვენა, რომ მრღვევი ძალების გამოსათვლელ ფორმულებში აუცილებლად უნდა იყოს გათვალისწინებული ჰორიზონტალური განივი ძერის ბზარის  $l_{crc}^h$  და ნორმალური ბზარის  $l_{crc}^v$  სიდიდე.

1. ექსპერიმენტებით დადასტურდა, რომ რკინაბეტონის ელემენტის რღვევას ხელს უწყობს ბზარმდებლობაზე არასწორად გაანგარიშებული ელემენტების მზიდ კონსტრუქციებად გამოყენება.
2. ჰორიზონტალური განივი ძერის ბზარი იწვევს შეკუმშული ზონის აშრევებას, კვეთის სიმაღლის, სიმტკიცის და სიხისტის შემცირებას.
3. რღვევის პროცესის შეჩერება შეუძლებელია, წარმოიქმნება ახალი მომდევნო ბზარი და ასე შემდეგ.
4. რკინაბეტონის ელემენტების რღვევა რომ შეჩერდეს, საჭიროა ახალი ტექნოლოგიების გამოყენებით შეიქმნას ბეტონის ისეთი შემადგენლობა, რომელშიც ტექნოლოგიური ბზარების გაჩენის შესაძლებლობა დაყვანილი იქნება მინიმუმამდე.

21-ე საუკუნის შენობა-ნაგებობების უსაფრთხოების გარანტია არის მასალათა ბზარმდებლობის მახასიათებლების შესწავლა ექსპერიმენტების საშუალებით.

ლიტერატურა

1. ა. პირადოვი, კ. პირადოვი, ლ. კახიანი, გ. იოსებაშვილი, ბეტონის და რკინაბეტონის რღვევის მექანიკის საფუძვლები, ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, 1998წ, 71 გვ.
2. . . . . , 1992 , 355.
3. . . . . , 1998 , 70-80.

მაღალი რიგის სიზუსტის კვადრატული ფორმულების შესახებ  
სინგულარული ინტეგრალისთვის

გ. ყიფიანი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. № 77,  
0175, თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე.** წონიანი სინგულარული ინტეგრალისთვის გახსნილი კონტურების შემთხვევაში აგებულია მაღალი რიგის სიზუსტის მარკოვის ტიპის კვადრატული ფორმულა. ასეთი სახის ინტეგრალების დათვლისთვის შედგენილია კომპიუტერული პროგრამები Mathematica სიმბოლურ ენაზე.  
**საკვანძო სიტყვები:** სინგულარული ინტეგრალი, გახსნილი კონტური, კვადრატული ფორმულა, რიცხვითი ამოხსნა.

## 1. შესავალი

როგორც ცნობილია [1], [2], [3] ძალიან ბევრი გამოყენებითი პრაქტიკული ტიპის ამოცანა (მათ შორის სამშენებლო) დაიყვანება გახსნილი კონტურების შემცველ სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლებებზე. ინჟინრებისათვის ასეთი განტოლების ზუსტად ამოხსნებად ძალიან ძნელია, ამიტომ დგება საკითხი მათი რიცხვითი ამოხსნის მეთოდების დამუშავების შესახებ. ბუნებრივია, რომ უპირველესი საკითხია თვითონ ამ განტოლებაში შემავალი სინგულარული ინტეგრალის მიახლოებითი გამოთვლა გარკვეული ტიპის კვადრატული ფორმულებით.

კოშის გულიანი სინგულარული ინტეგრალის მიახლოებით გამოთვლებს ეძღვნება მრავალი ნაშრომი. განსაკუთრებით ძალიან ბევრი ცნობილი მეცნიერის (იხ. [3-4]) ნაშრომია მიძღვნილია საკითხისადმი თუ როგორი ყოფაქცევა და შეფასება მიიღება კვადრატული ფორმულებისა ინტეგრირების წირის ბოლოების მახლობლობაში, რასაც უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ასეთი სინგულარული ინტეგრალის შემცველი სინგულარული ინტეგრალური განტოლების რიცხვითი ამოხსნების შესწავლისათვის.

## 2. ძირითადი ნაწილი

განვიხილოთ შემდეგი სახის სინგულარული ინტეგრალი:

$$\int_{-1}^{+1} \rho(t) \frac{\varphi(t) - \varphi(x_0)}{t - x_0} dt \quad (-1 < x_0 < 1)$$

(1)

სადაც  $\rho(t)$  წონითი ფუნქციაა.  $\rho(t)$  უნდა აკმაყოფილებდეს გარკვეულ თვისებებს [1], იმისათვის, რომ არსებობდეს (1) ინტეგრალური კოშის მთავარი მნიშვნელობით. [1]. ასეთი ინტეგრალისთვის განვიხილოთ მარკოვის ტიპის კვადრატული ფორმულა [5].

$$\int_{-1}^{+1} \rho(t) \frac{\varphi(t) - \varphi(x_0)}{t - x_0} dt \approx \sum_{k=1}^n A_k \frac{\varphi(t_k) - \varphi(x_0)}{t_k - x_0} \quad (-1 < x_0 < 1) \quad (2)$$

(იგულისხმება, რომ  $\rho(t)$  - წონითი ფუნქციაა და აკმაყოფილებს სიგლუვის თვისებას. ამასთანავე, როცა  $x_0 = t_k$ ,  $\frac{\varphi(t_k) - \varphi(x_0)}{t_k - x_0}$  -ში იგულისხმება შესაბამისი ზღვრული მნიშვნელობა)

თუ  $x_0$ -ის მნიშვნელობას  $x_0 \in (-1, +1)$  შუალედიდან შევარჩევთ ისე, რომ სრულდებოდეს პირობა

$$\int_{-1}^{+1} \rho(t) \frac{dt}{t - x_0} - \sum_{k=1}^n \frac{A_k}{t_k - x_0} = 0 \quad (3)$$

მაშინ  $x_0$ -ის ასეთი მნიშვნელობებისათვის სინგულარული ინტეგრალისთვის  $-\int_{-1}^{+1} \rho(t) \frac{\varphi(t)}{t - x_0} dx$  მივიღებთ შემდეგ კვადრატურულ ფორმულას:

$$\int_{-1}^{+1} \rho(t) \frac{\varphi(t) dt}{t - x_0} \approx \sum_{k=1}^n A_k \frac{\varphi(t_k)}{t_k - x_0}, \quad (-1 < x_0 < 1)$$

სადაც  $A_k$  - მუდმივი რიცხვებია, რომლებიც შეესაბამება მარკოვის ტიპის კვადრატურულ ფორმულას. ასეთი ტიპის კვადრატურული ფორმულების აგებას მრავალი შრომა ეძღვნება [5-6].

### 3. ღსკვნა

ნაშრომში აგებულია ახალი მაღალი რიგის სიზუსტის მარკოვის ტიპის კვადრატურული ფორმულა, რომელიც აუმჯობესებს [5-6]-ში მიღებულ შედეგებს.

#### ლიტერატურა

1. . . . // : , 1968 . 511 .
2. . . . - : , 1966 . 707 .
3. მ. კუბლაშვილი. ბზარების მქონე სხეულების დაძაბულ-დეფორმირებული და რღვევის პროცესების კვლევის მეთოდების დამუშავება სინგულარულ ინტეგრალური განტოლების მეთოდის გამოყენებით. სადოქტორო დისერტაცია. თბილისი, 2004 წ. 235 გვ.
4. . . . - ; 3, 1970, 15-17
5. ზ. კაპანაძე. ბზარების ამოცანების რიცხვითი ამოხსნები სინგულარული ინტეგრალური განტოლებების გამოყენებით. დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაცია, ავტორეფერატი, თბილისი 2015 წელი.
6. . . . IX - , , . , 28-31 2014 . . 37-41

ორ საყრდენზე თავისუფლად მდებარე რკინაბეტონის  
შედგენილი კვეთის კოჭის ხანგრძლივი დატვირთვით მუშაობის  
ექსპერიმენტული კვლევა

გ. ნოზაძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას 77, 0175 თბილისი,  
საქართველო)

**რეზიუმე.** ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე დამუშავდა რკინაბეტონის შედგენილი კვეთის კონსტრუქციების გაანგარიშების მეთოდოლოგია, ბეტონის ცოცვადობის დეფორმაციის ალბათური ბუნების გათვალისწინებით და განისაზღვრა ცოცვადობის დეფორმაციის ზღვრული მახასიათებლის, როგორც შემთხვევითი სიდიდის გაანგარიშების შესაბამისი ძალვათა და ძაბვათა შესაძლო გადახრების საზღვრები.

**საკვანძო სიტყვები:** ცოცვადობის ზღვრული მახასიათებელი, ცოცვადობა, დეფორმაცია, ძაბვა, ძალვა.

## 1. შესავალი

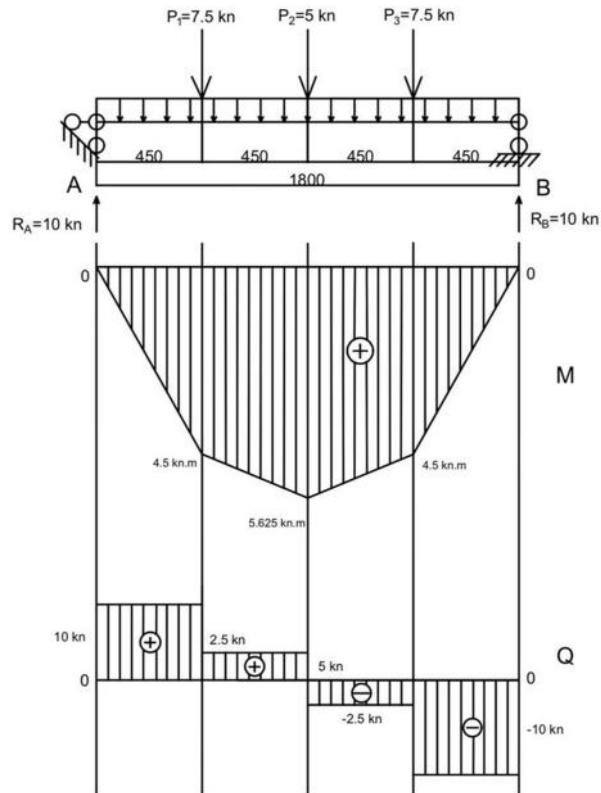
ექსპერიმენტის ძირითადი მიზანია ორ საყრდენზე თავისუფლად მდებარე შედგენილი კვეთის კოჭში განვითარებული ხანგრძლივი დეფორმაციების, კერძოდ, ცოცვადობის დეფორმაციის კვლევა, ხანგრძლივი დეფორმაციის განვითარების შედეგად აღძრული ძაღვების სიდიდის დადგენა, ასევე მათი გავლენა კონსტრუქციის მზიდუნარიანობაზე.

## 2. ძირითადი ნაწილი

ამ საკითხზე ჩატარდა თეორიული კვლევა [5], თეორიული გამოთვლების (თეორიული ექსპერიმენტის) გასამყარებლად, გადავწყვიტეთ პრაქტიკულად გამოგვეცადა ამ ტიპის კონსტრუქცია. ამისათვის სტუ-ის ლაბორატორიაში დამზადდა შედგენილი კვეთის, T-ს ფორმის განივკვეთის მქონე ორი იდენტური კოჭი. თარო 30X10X200 სმ, დამზადდა B20 კლასის ბეტონისგან, ხოლო წიბო 10X20X200 სმ, დამზადდა B15 კლასის ბეტონისგან. გაჭიმული ზონა არმირებულია A-III კლასის 12 მმ-იანი არმატურით. ცოცვადობის მახასიათებელი B20 კლასის ბეტონისთვის  $\varphi_1=3,1$ , ხოლო B15 კლასის ბეტონისთვის  $\varphi_2=2,8$ . ინერციის მომენტები:  $I_1=250000$  სმ<sup>4</sup> და  $I_2=30000$  სმ<sup>4</sup>; ბეტონის განივკვეთის ფართობი:  $A_1=300$  სმ<sup>2</sup>;  $A_2=200$  სმ<sup>2</sup>.

პირველი კოჭი გამოვიყენეთ ექსპერიმენტის პირველი ეტაპისთვის (სტატიკური გამოცდა), რისი მეშვეობითაც დავადგინეთ კრიტიკული ძალა და ბზარწარმოქმნის მომენტი [5], ამის შემდეგ გადავდით ექსპერიმენტის მეორე ეტაპზე, კვლევის ძირითადი მიზანი იყო შედგენილი კვეთის ორ საყრდენზე თავისუფლად მდებარე კოჭში ხანგრძლივი დეფორმაციებისგან, კერძოდ, ცოცვადობის დეფორმაციისგან განვითარებული ძაღვების (მღუნავი მომენტის) კვლევა. ამისათვის ხანგრძლივი დატვირთვით დაგტვირთეთ მეორე კოჭი, რომელიც დამზადდა 2016 წლის 13 ივლისს, კოჭი ხანგრძლივი დატვირთვით დაიტვირთა დამზადებიდან 96 დღის შემდეგ, 2016 წლის 17 ოქტომბერს. კოჭზე მოვდეთ კრიტიკული დატვირთვის 20%, 2,0 ტძ. (20 კნ). საანგარიშო სქემა მოცემულია სურ. 1-ზე.

ექსპერიმენტის დაწყებიდან ექვსი თვის შემდეგ გამოიკვეთა ცოცვადობის დეფორმაციის განვითარების დინამიკა. მიღებული შედეგების თეორიული გაანგარიშების შედეგთან შედარებამ დამაკმაყოფილებელი შედეგი მოგვცა.



სურ. 1. საანგარიშო სქემა

ამ შედეგით და სხვა მეცნიერთა მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტების სტატისტიკურმა დამუშავებამ გვიჩვენა [1,2,3,4], რომ ძაბვები, რომლებიც რეაგირებული კვეთისთვის არის გამოთვლილი, საკმაოდ ახლოს არის ძაბვების უშუალო დათვლის მეთოდით მიღებულ სიდიდესთან.



სურ. 2. დატვირთული კოჭი



3. დასკვნა

1. რკინაბეტონის შედგენილი კვეთის კონსტრუქციებში ცოცვადობის დეფორმაციის შედეგად განვითარებული ძაბვების შესაძლო გადახრების საზღვრები მერყეობს -45%-დან +50%-მდე, ხოლო ამ დეფორმაციებისგან განვითარებული ძაღვის (მღუნავი მომენტის) შესაძლო გადახრების საზღვრები მერყეობს -20%-დან +50%-მდე;
2. რკინაბეტონის შედგენილი კვეთის კონსტრუქციებში ცოცვადობის ზღვრული მახასიათებლის შესაძლო გადახრებს 25%-ის ფარგლებში, შეესაბამება მღუნავი მომენტის შესაძლო გადახრის მნიშვნელობა 5%-ის ფარგლებში.
3. რკინაბეტონის შედგენილი კვეთის კონსტრუქციების საინჟინრო გაანგარიშებებში დასაშვებია გამოყენებულ იქნეს ცოცვადობის ზღვრული მახასიათებლის შესაძლო გადახრები -30%-დან +45%-მდე, რასაც შეესაბამება ძაბვის და ძაღვის შესაძლო გადახრები -10%-დან +10%-მდე.

ლიტერატურა

1. მ. ჭანტურია. კომპლექსურ კონსტრუქციებში ცოცვადობის დეფორმაციების განვითარების პროგნოზირება. სამეცნიერო ტექნიკური კონფერენცია „მშენებლობა და XXI საუკუნე“ მოხსენებები თბილისი 2005 წ.
2. მ. ჭანტურია. ძაღვათა ცვლილების ალბათური ბუნების გამოკვლევა რკინაბეტონის სტატიკურად ურკვევ კონსტრუქციებში ბეტონის ცოცვადობის დეფორმაციის მახასიათებელი მრუდების ალბათური ბუნების გათვალისწინებით. სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „მშენებლობა და XXI საუკუნე“ მოხსენებები თბილისი 2005 წ.
3. . . . - . . . , 1964, 576 .
4. ა. სოხაძე, მ. ჭანტურია, ი. ქვაჭრელიშვილი. ბეტონის მათემატიკური მოდულის მათემატიკური მოდელი. საქართველოს კერამიკოსთა ასოციაციის ჟურნალი „კერამიკა“, 2010, 1(22)
5. გ. ნოზაძე. ორ საყრდენზე თავისუფლად მდებარე შედგენილი კვეთის კოჭის ექსპერიმენტული კვლევა. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, №3 (42), 2016 წელი, გვ. 136–139

კონუსურ გარსებთან მიახლოებული დანაოჭებული პირამიდული  
გარსების ბაზანბარიშება

ე. მაჩაიძე

(ფიზიკური აღზრდისა და სპორტის სახელმწიფო სასწავლო უნივერსიტეტი,  
ჭავჭავაძის გამზირი, თბილისი, 0162, საქართველო)

*რეზიუმე.* დამუშავებულია კონუსურ გარსთან მიახლოებული დანაოჭებული პირამიდული გარსების ისეთი კონსტრუქციები, რომლებიც შედგება ბრტყელი ელემენტებისაგან და აქვს მოგრძო მართკუთხედის ფორმა. ასეთი გარსების შუა ზედაპირი, რომელსაც აქვს მუდმივი სიმრუდე ერთი მიმართულებით და ტეხილობა მეორე მიმართულებით.

*საკვანძო სიტყვები:* გარსი, ტეხილობა, შუა ზედაპირი, სივრცითი სისტემები.

## 1. შესავალი

თხელკედლიანი გარსოვანი კონსტრუქციები გამოიყენება ტექნიკის სხვადასხვა დარგში – მანქანათმშენებლობაში, საავიაციო და გემთმშენებლობაში, მშენებლობაში, ფართო გამოყენება პოვა სამრეწველო, სასოფლო-სამეურნეო, სავაჭრო, კულტურულ-სპორტული ნაგებობების გადახურვის რაციონალური გადაწყვეტის საქმეში.

დიდმალიანი ნაგებობების მშენებლობამ, მაღალი გამძლეობითი მახასიათებლების თანამედროვე დაბალმოდულიანი მასალების დანერგვამ მოითხოვა აუცილებლობა გაანგარიშებულიყო დიდი ჩაღუნვები სისქესთან მიმართებით თხელკედლიანი კონსტრუქციების გაანგარიშებისას [1-6].

მრეწველობის სხვადასხვა დარგის განვითარება მშენებლობაში დაკავშირებულია არსებული თხელკედლიანი კონსტრუქციების სრულყოფისა და ახლის შექმნასთან, კონსტრუქციებისა, რომლებშიც შედის გარსოვანი, ფირფიტოვანი, ღეროიანი და ისეთები, რომლებსაც სივრცითი კონსტრუქციები აქვს არქიტექტურულ გამომხატველობასთან მიმართებაში. დღეს მათი გამოყენების ძირითადი განმსაზღვრელია ენერჯისა და რესურსების დაზოგვა შენობებსა და ნაგებობებში. ასეთი კონსტრუქციების ეფექტურობა უფრო მეტ მნიშვნელობას იძენს შესრულების კომპლექსურ ან კომბინირებულ ვარიანტებში. მაგალითებად შეიძლება მოვიყვანოთ კონსტრუქციები ბეტონისა და ფიბრობეტონის, ბეტონისა და მინაპლასტმასის და სხვა კვეთებით. მაგრამ, კონსტრუქციის ასეთი ვარიანტები კვეთის მთლიანობას არღვევს. აუცილებელია მათი გაანგარიშება შედგენილი კონსტრუქციების სქემის მიხედვით.

ეს პრობლემა ახალ აქტუალურობას იძენს რეკონსტრუქციისა და ენერჯის დამზოგი ფუნქციების შექმნასთან დაკავშირებით, რაც მიიღწევა შერეული (ფენოვანი) კონსტრუქციების გამოყენებით [7-11].

განსახილველი კლასის სივრცითი კონსტრუქციების არსებული საინჟინრო მეთოდების უმრავლესობა გამარტივებულ მიდგომებზეა დამყარებული. გადაწყვეტილებები იქმნება იმ ვარაუდებზე, რომ კომპლექსური კონსტრუქცია მუშაობს როგორც ერთიანი – სრულდება კვეთის ყველა ნაწილის დეფორმაციის ერთდროულობის (ერთიანობის) ჰიპოთეზა. დღეს დაგროვილმა ახალმა მონაცემებმა თხელკედლიანი რკინაბეტონის ელემენტების, მათ შორის, რკინაბეტონის წინააღმდეგობის (გამძლეობის) თანამედროვე ფიზიკური მოდელის დეფორმაციისა და ნაპრალდახეთქვის გამძლეობის შესახებ, ასახვა ვერ პოვა შემადგენელი კვეთის კონსტრუქციების გამოკვლევებსა და დაპროექტების პრაქტიკაში. ამის გამო, შეუძლებელია სრულად და ადეკვატურად შეფასდეს დატვირთული კონსტრუქციების მუშაობა, აგრეთვე მათი რაციონალური და საიმედო დაპროექტება.

2. ძირითადი ნაწილი

განვიხილოთ გარსი, რომელსაც აქვს წაკვეთილი პირამიდის ზედაპირი საკმაოდ დიდი რაოდენობის წახნაგებით, ე.ი. მიხსლოებულია კონუსურთან. ასეთი სისტემების წონასწორობისა და დეფორმაციის პირობები შეიზლება გამოისახოს (1) გამარტივებული განტოლებებით, რომლებიც მიღებული აღნიშვნების გათვალისწინებით, ჩაიწერება შემდეგი სახით [11]:

$$D\nabla^4 \zeta - \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} \sum_{i=1}^m u_i(u_i - u_1) = p, \tag{1}$$

$$\frac{1}{Eh} \nabla^4 F + \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} \sum_{i=1}^m u_i(u_i - u_1) = 0,$$

სადაც  $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{1}{x} \frac{\partial}{\partial x} + \frac{1}{x^2 \sin^2 r} \frac{\partial^2}{\partial \zeta^2}$ ,

F ძალვის ფუნქცია შიგა ძალებთან დაკავშირებულია შემდეგი ფორმულებით:

$$T_1 = \frac{-1}{x^2 \sin^2 r} \frac{\partial^2 F}{\partial u_i^2} - \frac{1}{x} \frac{\partial F}{\partial x} \quad T_2 = \frac{\partial^2 F}{\partial x^2};$$

$$S = \frac{1}{x \sin r} \left( \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial u_i} - \frac{1}{x} \frac{\partial F}{\partial u_i} \right) \tag{2}$$

α არის კუთხე კონუსის წვეროსთან, რომელიც შემოხაზულია განსახილველი პირამიდული ზედაპირის ირგვლივ.

კომპლექსური გარდაქმნის საშუალებით (1) განტოლება მიიღებს სახეს:

$$\nabla^4 \zeta + in \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} \sum_{i=1}^m u_i(u_i - u_1) = \frac{P}{D}, \tag{3}$$

სადაც  $\zeta = \zeta + i \frac{n}{E} F$ .

გარეგნულად (3) განტოლება არ განსხვავდება პრიზმული გარსის განტოლებისაგან, მაგრამ (3)-ში შემავალი  $\nabla^2$  ლაპლასის ოპერატორს აქვს ცვლადი კოეფიციენტები და ამიტომ განტოლების ამოხსნას ექნება განსხვავებული სახე.

გარე დატვირთვა გავშალოთ ტრიგონომეტრიულ მწკრივებად x კოორდინატის მიხედვით ე.ი.  $p = \sum_{k=1}^N p_k \sin r_k (x - x_1)$  სადაც  $r_k = \frac{kf}{x - x_1}$ . შემოვიფარგლოთ მწკრივის k-ური  $p_k \sin r_k (x - x_1)$  წევრის განხილვით. მაშინ თუ საძიებელ φ ფუნქციად მივიღებთ  $\zeta = \zeta_k \sin r_k (x - x_1)$  და გამოვიყენებთ ბუზნოვ-გალიორკინის მეთოდს (3) განტოლების მიმართ, მივიღებთ ჩვეულებრივი წარმოებულის მქონე შემდეგ დიფერენციალურ განტოლებას:

$$r_1 \zeta_k + r_2 \frac{d^2 \zeta_k}{d u_i^2} + r_3 \frac{d^4 \zeta_k}{d u_i^4} - in \frac{H}{2} \zeta_k \sum_{i=1}^m u_i(u_i - u_1) = \frac{P_k H}{D 2} \tag{4}$$

სადაც  $H = X_1 X_2$  არის პირამიდის სიმაღლე.

$$r_1 = \int_{x_1}^{x_2} r_k \left( r_x^2 - \frac{1}{x^2} \left[ r_k \sin r_k (x - x_1) - \frac{1}{x} \cos r_k (x - x_1) \right] \right) \sin r_k (x - x_1) dx$$

$$r_2 = \frac{1}{\sin^2 r} \int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{x^2} \left[ \left( \frac{4}{x^2} \right) \sin r_k (x - x_1) - \frac{2a_k}{x} \cos r_k (x - x_1) \right] \sin r_k (x - x_1) dx$$

$$r_3 = \int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{x^2} \left[ \frac{a_k}{x} \cos r_k (x - x_1) - a_k^2 \sin r_k (x - x_1) \right] - \sin r_k (x - x_1) dx$$

შეაბამისი მახასიათებლები განტოლების

$$z^4 + \frac{r_2}{r_3} z^2 + \frac{r_1}{r_3} = 0 \tag{4}$$

ფესვები განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებებით:

$$z_{1,2,3,4} = \pm \sqrt{-\frac{r_2}{2r_3} \mp \sqrt{\frac{r_2^2}{4a_3^2} - \frac{r_1}{r_3}}}$$

როგორც  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  კოეფიციენტების ანალიზიდან ჩანს, ჩვეულებრივ,  $\frac{r_2}{r_3} < 0$  და

გარდა ამისა,  $\frac{r_2^2}{4r_3^2} < \frac{r_1}{r_3}$  კუთხის მცირე სიდიდეების დროს.

ამ შემთხვევაში ყველა  $z_1$  ფესვი არის ნამდვილი და სხვადასხვა სიდიდის. სხვათა შორის  $\alpha$  კუთხე უნდა იყოს საკმაოდ მცირე, რადგანაც ეს არის (1) განტოლების გამოყენების ერთ-ერთი პირობა. მაგრამ, თუ  $z_1$  ფესვები ნამდვილია და სხვადასხვა, მაშინ  $\varphi_0$  ფუნქცია, რომელიც წარმოადგენს

$$S_1 \xi_0 + r_2 \frac{\partial^2 \xi_0}{\partial n^2} + r_2 \frac{d^4 \xi_0}{\partial n^4} = \frac{p}{D}$$

განტოლების ამოხსნას, წარმოადგება შემდეგი სახით:

$$\xi_0 = C_1^0 chz_{1n} + C_2^0 shz_{1n} + C_3^0 chz_{3n} + C_4^0 shz_{3n} + \xi_0^* \tag{5}$$

სადაც

$$z_1 = \sqrt{-\frac{r_2}{2r_3} + \sqrt{\frac{r_2^2}{4a_3^2} - \frac{r_1}{r_3}}} \quad z_3 = \sqrt{-\frac{r_2}{2r_3} - \sqrt{\frac{r_2^2}{4a_3^2} - \frac{r_1}{r_3}}}$$

$\psi_1$  ფუნქცია, რომელიც მოცემულ შემთხვევაში არის

$$r_1 \mathbb{E}_1 + r_2 \frac{d^2 \mathbb{E}_1}{\partial n^2} + r_2 \frac{d^4 \mathbb{E}_1}{\partial n^4} = u(n - n_1)$$

განტოლების ამონახსნი, უნდა წარმოავადგინოთ შემდეგი სახით:

$$\xi_0 = C_1' chz_{1n} + C_2' shz_{1n} + C_3' chz_{3n} + C_4' shz_{3n} + \mathbb{E}_1^* \tag{6}$$

$\mathbb{E}_1^*$  განისაზღვრება ( $\mathbb{E}_{br} = (N_{erc} / N)(1 - \mathbb{E}_s)$  ფორმულით ( $z_1$  და  $z_2$  ნამდვილი რიცხვებია)

$$\mathbb{E}_1^* = \frac{1}{4(z_3^2 - z_2^2)} \left[ \frac{1}{z_1} shz_1(n - n_1) - \frac{1}{z_3} shz_3(n - n_1) \right] H(n - n_1)$$

$\varphi_0$ -ისა და  $\psi_1$ -ის განსაზღვრის შემდეგ, საძიებელი  $\varphi$  ფუნქცია  $\xi = \xi_0 + \sum_{i=1}^m L_i \xi(r_i) \mathbb{E}_1$ ,

$\xi = \sum_{j=1}^L C_j \Delta_j + \Delta^*$  ფორმულით განისაზღვრება. ამასთანავე, ფუნქციები, რომლებშიც შედის  $\Delta_i$  მსაზღვრელები, გამოისახება შემდეგნაირად:

$$\{ \}_1 = chz_{1n} ; \{ \}_2 = shz_{1n} ; \{ \}_3 = chz_{3n} ; \{ \}_4 = shz_{3n}$$

თუ გამოვიყენებთ სისტემის ციკლურ სიმეტრიას, შეიძლება ამოხსნა წარმოვადგინოთ  $\{ \} = \{ \}_0 + \{ \}_0^* + ins^2_{n-1} [\{ \}_0(n_1) + \{ \}_0^*(n_1)] \sum_{i=1}^m E_1^*$  ფორმულით.  $\varphi$  ფუნქციის ნამდვილი და წარმოსახვითი ნაწილების განცალკევების შემდეგ განვსაზღვრავთ გადაადიდებებს, ძალებს და მომენტებს.

### 3. დასკვნა

რკინაბეტონის შედგენილი გარსული გაანგარიშებისას სტატიკურ-გეომეტრიული და ფიზიკური ჰიპოთეზები, მიღებულია უწყვეტი გარსული პანელებისათვის და შემოდებულია დამატებითი სამუშაო ჰიპოთეზები, რომლებიც ითვალისწინებენ შედგენილი კონსტრუქციების დეფორმაციების სპეციფიკას.

მიღებულია ძვრის კავშირების ეკვივალენტური დაყვანილი სიხისტის განტოლება რკინაბეტონის შედგენილი გარსული პრინციპების ზოგიერთი კონსტრუქციული ვარიანტის გაანგარიშებასთან მიმართებით.

### ლიტერატურა

1. Kipiani G. buildings as sandwich panels with rectangular holes//Design and analysis of building structures. Leningrad, 1988. pp. 59-64. (In Russian).
2. Kipiani G., Sadunishvili G., Kharshiladze V. Research of stability of sandwich plates with cuts//Metsniereba da Tekhnika, Tbilisi, Publishing Metsniereba, 1998, ##1-3, pp. 93-95. (In Georgian).
3. Kipiani D.O., Kipiani G.O., Machanidze E.P. Stability of folded shell from rectangular elements with cuts//Engineering news of Georgia. 1(7). Tbilisi, 2000. pp. 48-50. (In Russian).
4. Kipiani G.O., Machanidze E.P. Buckling of compressed shell with cut, supported on edges//Materials of International Scientific-practical conference dedicated to 40 Anniversary of Establishment of Sh Valikhanov Kokshetau University. “Valikhanov readings-7”, vol. 7, Kokshetau, 2002. pp. 5-8. (In Russian).
5. Kipiani Gela, Machaidze Edisher. Principles of planar panels with openings//DIT. Society of Engineers and Technicians. 17-18. Yugoslavia, . 2002. .37-40. YU ISSN 0354-7140. www.tf.zr.ac.yu
6. Tskhvedadze R.M., Machanidze E.P., Kipiani G.O. Analysis of thin-walled shell type structures by model of rigid-plastic body//Proceedings of HEI, Mashinostroenie, 3, oscow: 2005. pp. 6-10. (In Russian).
7. Kipiani G.O. Review of works on the calculation of thin-walled spatial systems with discontinuous parameters (1980-2013)//Actual Problems of Architect and Construction//Materials of V International Conference. 25-28 June 2013/Under editorship of E.B. Smirnov, SPBGASU. is. 2, part 1. SPB, 2013, pp. 262-267.
8. Mikhailov B.K., Kipiani G.O., Moskaleva E.K. Fundamentals of theory and methods of analysis on stability of sandwich panels with cuts. Tbilisi, Metsniereba, 1991, -189 p. (In Russian).
9. Mikhailov B.K., Kipiani G.O. Deformability and stability of spatial lamellar systems wirh discontinuous parameters. Saint Petersburg: Stroyizdat SPb, 1996. -442 p. (In Russian).
10. Machaidze E., Kipiani G. Theory of analysis of composed thin-walled spatial systems. Under editorship of Professor Gela Kipiani. Tbilisi: Publishing Technical University. Tbilisi, 20-6. -369 p. (In Georgian);
11. ე. მაჩაიძე, გ. ყიფიანი. შედგენილი სივრცითი სიმეტრიების გაანგარიშების თეორია. პროფესორ გ. ყიფიანის საერთო რედაქციით. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“ თბილისი 2006წ, გვ. 369.

ადგილობრივი ინერტული მასალებით დამზადებული უდანამატო ასფალტბეტონის და გოგირდასფალტბეტონის ნიმუშების გამოცდა ყინვამედგობაზე

დ. ბედუკაძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. № 77, 0175, თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე.** მოცემულია ადგილობრივ ინერტულ მასალებზე დამზადებული უდანამატო ასფალტბეტონის და გოგირდასფალტბეტონის ნიმუშების გამოცდა ყინვამედგობაზე. გამოვლენილი შედეგების საფუძველზე ექსპერიმენტულად დადგინდა, რომ უდანამატო ასფალტბეტონის ნიმუშებთან შედარებით, ყინვამედგობის საუკეთესო მაჩვენებელი აჩვენა ბიტუმის 20-30%-ით მოდიფიცირებული გოგირდით ჩანაცვლებულმა გოგირდასფალტბეტონის ნიმუშებმა.

**საკვანძო სიტყვები:** ასფალტბეტონი, მოდიფიცირებული გოგირდი, გოგირდასფალტბეტონი, ყინვამედგობა.

### 1. შუსავალი

ზამთარში ასფალტბეტონის ფორებში არსებული წყალი იყინება, მოცულობაში მატულობს 8-10%-ით და წარმოქმნის 20 მგპა წნევას. გაყინვა-გადნობის პროცესის მრავალჯერადი განმეორების შედეგად ფორების კედლები თანდათან იშლება, რაც საბოლოოდ იწვევს ასფალტბეტონის სტრუქტურის დაშლას. აღნიშნული პრობლემის გადასაჭრელად მეტად მნიშვნელოვანია მოეწიოს ისეთი ფენილები, რომლებსაც ექნებათ ყინვამედგობის გაზრდილი მაჩვენებლები.

### 2. ძირითადი ნაწილი

ექსპერიმენტული გზით განვსაზღვრეთ ადგილობრივ ინერტულ მასალებზე დამზადებული უდანამატო ასფალტბეტონის და გოგირდასფალტბეტონის ნიმუშების ყინვამედგობის კოეფიციენტი „CONTROLS“-ის ფირმის ყინვამედგობის განმსაზღვრელი დანადგარის გამოყენებით (სურ. 1.)



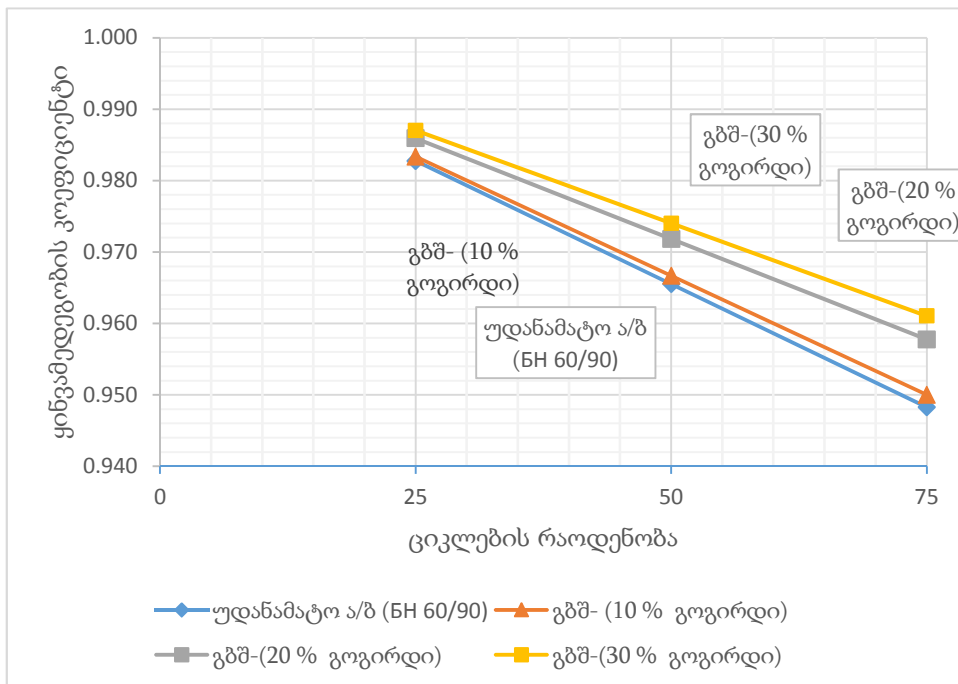
ნახ. 1 ყინვამედგობის განმსაზღვრელი დანადგარი

აღნიშნულ დანადგარზე ნიმუშების გაყინვა-გადნობის 25, 50, 75 ციკლის შემდეგ, ჰიდრაულიკურ წნეხზე განსაზღვრეთ უდანამატო ასფალტბეტონის და მოდიფიცირებული გოგირდის 10, 20, 30%-ის დანამატით დამზადებული გოგრდასფალტბეტონის ნიმუშების სიმტკიცე კუმშვისას და შესაბამისად გამოვთვალეთ ყინვამდგომის კოეფიციენტი  $K_f$  (ნიმუშების 25, 50, 75 ციკლის შემდეგ სიმტკიცე კუმშვისას ფარდობით საწყის წყალგაჯერებული ნიმუშის სიმტკიცესთან) (იხ. ცხრილი).

ცხრილი 1

ყინვამდგომის კოეფიციენტის განსაზღვრა დატვირთვის 25, 50 და 75 ციკლის დროს

ყინვამდგეობა					
მაჩვენებელი	შემკვრელი				ГОСТ 9128-97-ის მოთხოვნები 5 ტიპის მარკა II-სადმი
	უდანამატო ა/ზ (60/90)	გბშ-(10 % გოგირდი)	გბშ-(20 % გოგირდი)	გბშ-(30 % გოგირდი)	
სიმტკიცე კუმშვისას, მპა, შემდეგ ტემპერატურებზე:					
20 °C წყალგ. ნიმუში	5.80	6.10	7.10	7.70	არა ნაკლებ 2.5
25 ციკლის შემდეგ	5.70	6.00	7.00	7.60	-
50 ციკლის შემდეგ	5.60	5.90	6.90	7.50	-
75 ციკლის შემდეგ	5.50	5.80	6.80	7.40	-
ყინვამდგეობის კოეფიციენტი $K_f$					
25 ციკლის შემდეგ	0.983	0.984	0.986	0.987	-
50 ციკლის შემდეგ	0.966	0.967	0.972	0.974	-
75 ციკლის შემდეგ	0.948	0.951	0.958	0.961	-



სურ. 2. ყინვამდგეობის კოეფიციენტის დამოკიდებულება გაყინვა-გაღვლის ციკლებზე ტიპის ასფალტბეტონისათვის 60/90 მარკის ბიტუმზე (1) და გბშ-ზე გოგირდის შემცველობით 10% (2), გბშ-ზე გოგირდის შემცველობით 20% (3) და 30 % (4) შემცველობით.

უდანამატო ასფალტბეტონის და მოდიფიცირებული გოგირდის 10, 20, 30%-ის შემცველობით დამზადებული გოგირდასფალტბეტონის ნიმუშების ყინვამდეგობის კოეფიციენტის რიცხობრივი მაჩვენებლების განსაზღვრის მიხედვით ავაგეთ შესაბამისი გრაფიკი (სურ. 2).

აღნიშნულმა გამოკვლევამ აჩვენა, რომ 10%-იანმა მოდიფიცირებული გოგირდის დანამატით დამზადებულმა გოგირდასფალტბეტონის ნიმუშებმა უდანამატო ასფალტბეტონის ნიმუშებთან შედარებით ყინვამდეგობის 25, 50 და 75 ციკლის შემდეგ აჩვენა 5.3%, 5.4% და 5.5%-ით მეტი სიმტკიცე.

20%-იანმა მოდიფიცირებული გოგირდის დანამატით დამზადებულმა გოგირდასფალტბეტონის ნიმუშებმა უდანამატო ასფალტბეტონის ნიმუშებთან შედარებით ყინვამდეგობის 25, 50 და 75 ციკლის შემდეგ აჩვენა 22.8%, 23.2% და 23.6%-ით მეტი სიმტკიცე.

30%-იანმა მოდიფიცირებული გოგირდის დანამატით დამზადებულმა გოგირდასფალტბეტონის ნიმუშებმა უდანამატო ასფალტბეტონის ნიმუშებთან შედარებით ყინვამდეგობის 25, 50 და 75 ციკლის შემდეგ აჩვენა 33.3%, 33.9% და 34.5%-ით მეტი სიმტკიცე.

### 3. დასკვნა

როგორც გამოკვლევებიდან ჩანს, 10%-იანი გოგირდის შემცველობისას ყინვამდეგობის კოეფიციენტი უდანამატო ასფალტბეტონის ყინვამდეგობის კოეფიციენტთან შედარებით უმნიშვნელოდ იზრდება, რაც აიხსნება იმით, რომ მთელი გოგირდი ქიმიურად უერთდება ბიტუმს და არ გამოდის სტრუქტურაწარმოქმნელი დანამატის სახით.

მიღებული შედეგებით შესაძლებელია დავასკვნათ, რომ გბშ-ს 20-30%-ის მოდიფიცირებული გოგირდის შემცველ გოგირდასფალტბეტონებს აქვთ უფრო მაღალი ყინვამდეგობის მაჩვენებლები უდანამატო ასფალტბეტონთან და 10%-იანი მოდიფიცირებული გოგირდის შემცველ გოგირდასფალტბეტონებთან შედარებით.

### ლიტერატურა

1. Timm D., Trjen N., Tejlor A., Robbins M., Paujell B. Evaluation of the quality of the mixture and the structural strength of pavements using Shell Thiave. Report NZAT 09-05, Auburn University, 2009.
2. H.A. Okumura. Sulfur Concrete Technology. British Columbia, Canada V1R 4L8, 2011.
3. M. Malthotra. Sulfur infiltrated concrete. Department of Energy, Mines and Resources, Ottawa, Canada. 2015.
4. Natalia Ciak, Jolanta Harasimiuk. Sulfur Concrete's Technology and its Application to the Building Industry. Technical Sciences 16(4), 2013, pp 323-331.



ღვარცოფული გამონატანები

ლ. ჯანაშია

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას 77, 0175 თბილისი საქართველო.)

**რეზიუმე.** ღვარცოფული გამონატანი წარმოიქმნება ღვარცოფული ნაკადის გავლის შედეგად. თავისი ხასიათით იგი წარმოადგენს ბუნებრივი სტიქიური მოვლენებიდან ერთ-ერთ ყველაზე სახიფათო მოვლენას, რომელიც იწვევს საგზაო ინფრასტრუქტურის დაზიანებასა და ნგრევას. ხშირ შემთხვევაში იგი იწვევს მსხვერპლს ადამიანებს შორის. ღვარცოფულ გამონატანთან ბრძოლა ხდება კომპლექსური ღონისძიებებით, რომელიც გულისხმობს სამუშაოების დაყოფას ორ ჯგუფად: აქტიურ და პასიურ ღონისძიებებად.

**საკვანძო სიტყვები:** ბარაჟი, ტალღევი, დაპროექტება და სხვა.

1. შუსაპალი

პირველ რიგში ღვარცოფსაწინააღმდეგო ღონისძიებები იმ პუნქტებში უნდა დაიწყოს, სადაც ღვარცოფული ნაკადები უფრო სახიფათოა. შემდეგი ამოცანა ღვარცოფული ნაკადების სიჩქარის შემცირება, ხოლო ამის მიღწევის შემდეგ უნდა გამაგრდეს წყალშემკრები აუზის ზედაპირი ბალახოვანი და ტყის მცენარეებით, რადგანაც ღვარცოფის წარმოქმნა, ჩვეულებრივ გამოწვეულია მცენარეების განადგურებით (ფერდების გადახვნა, საქონლის ძოვება და ა. შ.).

აღნიშნული სამუშაოები, რომლის მიზანია საბოლოო ჯამში შეაჩეროს ღვარცოფის წარმოქმნის პროცესი და აღკვეთოს ხრამის მიერი გამონატანების წარმოქმნის შემდგომი შესაძლებლობა, უნდა მივაკუთნოთ მთის ნაკადებთან ბრძოლის აქტიურ მეთოდებს.

პასიურ მეთოდებს უნდა მივაკუთნოთ სხვადასხვა სახის ხელოვნური ნაგებობის მოწყობა, მაგალითად: გალერების, ღვარცოფგამტარის, (რომელიც ატარებს ღვარცოფულ ნაკადს გზის ზემოთ) ბარაჟები და ა. შ.

საზგაშთაა, რომ ბრძოლის მარტო პასიური მეთოდები წარმოადგენენ მხოლოდ დროებითი ღონისძიებებია და ხშირად არასაკმარისია, რადგან ბრძოლის მარტო პასიური მეთოდები აღწევენ თავის მიზანს მხოლოდ ზოგიერთი ხელსაყრელი პირობების დროს.

უმრავლეს შემთხვევაში ბრძოლის პასიური მეთოდების გამოყენების პარალელურად სრულიად აუცილებელია აქტიური მეთოდების გამოყენება.

მოვიყვანოთ ღვარცოფულ ნაკადებთან ბრძოლის აქტიური მეთოდების მოკლე აღწერა:

ა) გამაგრების და გატყინების სამუშაოებისათვის გამოსაყოფი ფართობის განსაზღვრა (დამცავი ზოლი);

ბ) დამცავი ზოლით სარგებლობის შემზღუდავი ზომების მიღება, რათა ფერდობებმა არ განიცადოს მექანიკური რღვევები საქონლის ძოვებისგან, მოხვნისგან ან გაჩეხვისგან;

გ) დამცავი ზოლი გატყინება და აუცილებლობის შემთხვევაში ფერდობის დატერასება;

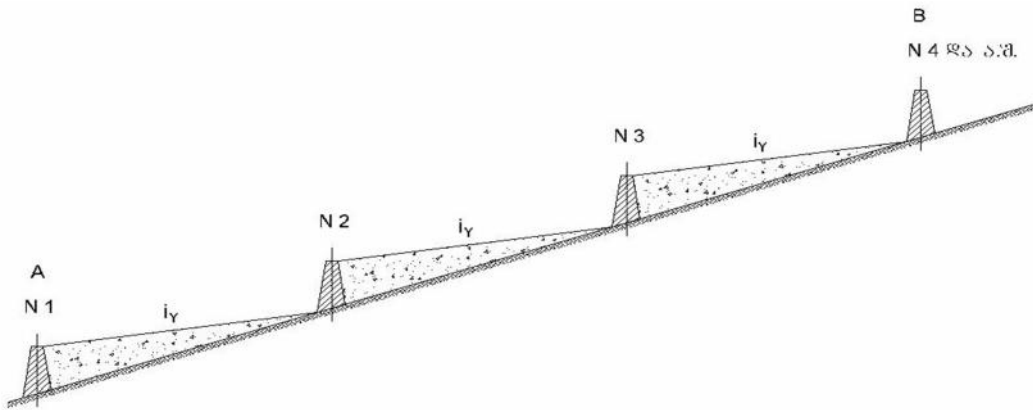
დ) ტყეები და ბალახოვანი მცენარეები ხელს იმ შემთხვევაში უწყობს ფერდობების სტაბილიზაციას, როდესაც ტალღევი აქვს დიდი დახრილობა, მაგრამ პასიური ღონისძიებით მიიღებს გამათანაბრებელ ქანობს.

2. ძირითადი ნაწილი

წაურეცხავი კალაპოტის მისაღებად და მასთან ერთად კალაპოტის ნაპირების ჩამონგრევის შესაძლებლობის თავიდან ასაცილებლად, აუცილებელია შევქმნათ

პირობები, რომ ხრამში შესაბამისი სამუშაოების მეშვეობით, იქცეს გამათანაბრებელ ქანობად.

ამისათვის ტალღევის მართობულად შენდება ბარაჟების რიგი (სურ. 1), მის მიღმა გროვდება გამონატანი, რომელიც აქცევს ტალღევის საფეხურების მწკრივად. მათი საერთო დახრილობა მიახლოებული იქნება გამათანაბრებელ ქანობთან. ბარაჟები არა ერთდროულად არ შენდება, არამედ თანდათანობით, ნატანების დაღეკვის მიხედვით.



სურ.1 ბარაჟების თანამიმდევრული მოწყობა

სამუშაოების სრულიად საპასუხისმგებლო ნაწილია ბარაჟის მიღმა კალაპოტის გამაგრება, რადგან კალაპოტის გამორეცხვამ შეიძლება გამოიწვიოს ბარაჟის ნგრევა.

ბარაჟების მშენებლობისას რეკომენდებულია თანამიმდევრობის დაცვა: ყოველი შემდგომი ბარაჟის მოწყობა ხდება მხოლოდ იმის შემდეგ, რაც წარმოქმნის წინა გამათანაბრებელ ქანობს. ამასთან დაიღეკება მსხვილი გამონატანის უმეტესი რაოდენობა.

ხრამის გასამაგრებელი სამუშაოების დაჩქარების მიზნით ამ უკანასკნელს ყოველ მონაკვეთებად, 5–10 ძლიერი კაპიტალური ტიპის ბარაჟებით, ხოლო ამ მონაკვეთების შიგნით შემსუბუქებული ტიპის ბარაჟების მოწყობის სამუშაოებს ატარებენ ერთდროულად ზემოდან ქვემოთ.

ბარაჟის ძირის გამორეცხვის თავიდან ასაცილებლად, ბარაჟის ძირი უნდა იყოს განსაკუთრებით საგულდაგულოდ გამაგრებული და აღჭურვილი რისპერმით.

ხევის გამაგრებითი სამუშაოების და ღვარცოფულ ნაკადებთან ბრძოლის მთელი კომპლექსი წარმოადგენს სატყეო-სამელიორაციო და ჰიდროტექნიკური სამუშაოების საკმაოდ რთულ შეთავსებას, რომელიც სრულდება ჩვეულებრივ დროის რამდენადმე გრძელ პერიოდში, 5–10 წელში.

ამასთან გამოყენებული ჰიდროტექნიკური ნაგებობების ტიპები (ბარაჟები, საგდები ნაგებობები და ა. შ.), აგრეთვე სატყეო-სამელიორაციო სამუშაოების მეთოდები (ფერდობების გატყიანების და ტერასების მოწყობის სხვადასხვა ხერხები, ტყის ტიპის შერჩევა სხვადასხვა ნიადაგის საფარისათვის და ა. შ.) აღწერილია დაწვრილებით პ. დემონცეს ნაშრომში „Практическое руководство к облесению и задернению гор“, Тифлис 1891 г.

## 2.1. ღვარცოფულ გამონატანთან ბრძოლის შესაძლო მეთოდები

სანამ გადავალთ ჩვენ მიერ რეკომენდებული ღონისძიებების აღწერაზე, პირველ რიგში მივუთითებთ, რომ ღვარცოფსაწინააღმდეგო ღონისძიების პროექტის შესადგენად აუცილებელია შემდეგი მონაცემების წარდგენა:

1. მთლიანად აუზის გეგმა, სიტუაციის დატანით (ხელოვნური ნაგებობები, სახნავეები, დასახლებები და ა. შ.);
2. საფარის რუკა მთლიანად აუზისთვის, ყველა სახის ნიადაგის მახასიათებლების დატანებით;
3. მთლიანი აუზის ზედაპირის გეოლოგიური აღნაგობის რუკა;
4. აუზის ზედაპირზე მცენარეული საფარის რუკა;

-

«

»

5. მოლიანად რაიონის გეოლოგიური რუკა (ლიტერატურული წყაროების მიხედვით). აღნიშნულ რუკებზე დატანილი უნდა იყოს დამეწერილი უბნები, ნაყარები, წყაროების გამოსასვლელები და სხვა;

6. მოლიანად (ხრამის) განივი პროფილები წყალგამყოფიდან შესართავამდე და გრძივი პროფილი;

7. გამონატანი მასალის გრანულომეტრიული გაზომვების მონაცემები;

8. მოლიანად ხრამის და მისი ზემოქმედების დაწვრილებითი აღწერა საძიებო ჯგუფის უფროსის პირადი აღწერის მონაცემების მიხედვით და მკვიდრი მსცოვანი მოსახლეობის გამოკითხვის მონაცემების მიხედვით, რომლებიც ცხოვრობენ განსახილველი აუზის ტერიტორიაზე ან მის მეზობლად;

მკვიდრი მოსახლეობის ჩვენებებიდან მეტად მნიშვნელოვანია: დამანგრეველი ღვარცოფული ნაკადების გავლის თარიღი, მათი სიდიდე (ჰორიზონტი, განსაკუთრებით დიდი ჩატრეული ლოდების დიამეტრი), შენიშნული სინქარე, დამანგრეველი მოქმედებები (ხიდების, ჯებირების, საგუბარების, წისქვილების, გზების ნგრევა და ა.შ.), ამ მოვლენების განმეორების სისშირე და სხვა უნდა იყოს აღწერილი.

9. საავტომობილო და ასევე სარკინიგზო გზების მოვლა-შენახვის უფროსის მონაცემები მოცემულ ხრამზე (ხეგზე) აშენებულ ხიდებთან, ხიდქვეშა კალაპოტებში ჩატარებული გაწმენდის შესახებ, რაც განპირობებულია ღვარცოფული ნატანების (ნარიყის) არსებობით;

10. უახლოესი მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემები ნალექების დღიური მაქსიმუმის შესახებ თვეების მიხედვით, დაკვირვების ყველა წლებში (აბსოლუტური და საშუალო დღიური მაქსიმუმი); მონაცემები კოკისპირული წვიმების ხანგრძლივობისა და ინტენსიურობის შესახებ;

11. დაწვრილებითი საველე ჩანაწერები ჩატარებული საინჟინრო-ტექნიკური, ჰიდროგეოლოგიური და გეოლოგიური გამოკვლევების შესახებ.

2. 2 ღვარცოფ საწინააღმდეგო ნაგებობების პროექტებისათვის რეკომენდებული გადაწყვეტილებები.

ძირითადი ზომების დანიშნის პრინციპები:

ზემოთ ხსენებულის საფუძველზე, რეკომენდებულია შემდეგი ზოგადი სქემა, რომელიც დაყოფილია სამ რიგ სამუშაოებად აუცილებელი თანამიმდევრობის წესით.

აღნიშნული სქემა, რა თქმა უნდა, ვერ გადაჭრის მოცემულ, ძალიან რთულ და ნაკლებად დამუშავებულ საკითხს.

ცალკეულ შემთხვევებში ღვარცოფული გამონატანის წინააღმდეგ ბრძოლის მიზანშეწონილი გადაწყვეტილებები შესაძლოა მნიშვნელოვნად განსხვავდებოდეს აქ მოცემული ზოგადი სქემისაგან.

### **პირველი რიგის სამუშაოები.**

ა. ზოგადი ხასიათის ღონისძიებები:

1. აიკრძალოს საქონლის ძოვება იმ უბნებზე, სადაც დაზიანებულია ბალახოვანი საფარი მანამ, სანამ არ აღდგება იგი;

2. აიკრძალოს საქონლის ძოვება სატყეო უბნებზე, ტყის საფარის აღდგენის მიზნით;

3. აიკრძალოს ტყის გაჩეხვა სატყეო უბნებზე, სატყეო უწყების ნებართვის გარეშე;

4. ყველა არსებულ სახნავ უბნებზე ჩატარდეს ხვნა მხოლოდ ჰორიზონტალში, აიკრძალოს ფერდობების ხვნა;

5. აიკრძალოს 9-100-ზე მეტი ციცაბო ფერდობების ხვნა და გაშენდეს მათზე ღირებული მერქნის (ხე-ტყის) ჯიშები (თუთის, კაკლის და ა. შ.).

ბ. სატყეო-სამელიორაციო ღონისძიებები და ფერდობების გამაგრება ფართო სატყეო-სამელიორაციო ღონისძიებების კომპლექსიდან პირველ რიგში უნდა ჩატარდეს შემდეგი:

1. შეწყდეს ზედაპირული წყლების შეღწევა დამეწერილ უბნებზე სამთო არხების გაყვანით;

2. გამაგრდეს 25-300-ზე მეტი დახრის მქონე ციცაბო ფერდობები.

გ. ჰიდროტექნიკური სამუშაოები

1. ხიდთან მისასვლელი და გამოსასვლელი კალაპოტის მოწყობა, მათთვის ქანობის მიცემით, რომელიც უზრუნველყოფს კალაპოტში მოხვედრილი ნარიყის გატანას საკმაოდ მანძილზე ნაგებობის ფარგლებს გარეთ. ამასთან დაკავშირებით, აუცილებელ შემთხვევებში, ხდება ხევის არსებული კალაპოტის გაწმენდა და ჩაღრმავება;
2. კალაპოტების და კონუსების გამაგრება გაანგარიშებული სიჩქარეების შესაბამისად;
3. ხიდთან მისასვლელ კალაპოტში, რამდენიმე კაპიტალური ტიპის ბარაჟების მოწყობა;
4. ძირითადი (კაპიტალური ტიპის) ბარაჟების მოწყობა ტალღევის მთელ სიგძეზე;
5. ცალკეულ შემთხვევებში საყრდენი კედლების მოწყობა მცოცავი ფერდობების გასამაგრებლად.

#### მეორე რიგის სამუშაოები:

1. მსუბუქი ბარაჟების თანმიმდევრული მოწყობა, ნარიყის დაღეჟვის მიხედვით, ერთდროულად ხევის მთელ მონაკვეთზე, რომელიც გაყოფილია კაპიტალური ბარაჟებით;
2. ხევის გასწვრივ საყრდენი კედლების აგება, რომელიც გაამაგრებს ხევის ნაპირებს.

#### მესამე რიგის სამუშაოები:

ხევის ფერდობების გამაგრება ბუჩქოვანი, ტყისა და ბალახოვანი საფარის გაშენებით და აუცილებლობის შემთხვევაში ფერდობებზე ტერასების მოწყობა (სატყეო-სამელიორაციო სამუშაოები).

### 3. ღასკვნა

(ნაგებობის ელემენტების ძირითადი ზომების შერჩევის პრინციპები)

მისასვლელი კალაპოტები

ხიდამდე და ხიდის შემდეგ ერთგვაროვანი ქანობის შექმნის შესაძლებლობის არსებობის შემთხვევაში, რომელიც უზრუნველყოფს მყარი მასალების გადატანას, ხიდამდე მისასვლელი კალაპოტის ფართი მიღებულია იყოს ხიდის ცოცხალი კვეთის სიდიდის ტოლი.

აუცილებლობის შემთხვევაში კი, ადგილობრივი პირობებიდან გამომდინარე, ხიდამდე კალაპოტის ქანობი იყოს მეტი, ვიდრე ხიდის ქვეშ და ხიდის მისასვლელი კალაპოტის სიგანე ინიშნება უფრო მეტი, ვიდრე ხიდის ცოცხალი კვეთის სიგანე, რათა შენარჩუნდეს ერთნაირი სიჩქარე როგორც ხიდის ქვეშ, ისე მის მისასვლელთან.

კალაპოტების დახრა ინიშნება იმის გაანგარიშებით, რომ ერთი მხრივ, არ მივიღოთ დასაშვებ სიდიდეზე უფრო მეტი სიჩქარე, რომელიც გამოიწვევს ხიდის წარცხვას, ხოლო მეორე მხრივ, არ მივიღოთ დასაშვებ სიდიდეზე უფრო ნაკლები სიჩქარე, რომელიც გამოიწვევს ხიდის ქვეშ ნატანის დაღეჟვას.

ღვარცოფულ ნაკადში ქვების დიამეტრების მნიშვნელობები, რომელიც განსაზღვრავს კალაპოტის დახრის ქვედა ზღვარს, მიღებულია იყოს ნარიყზე ქვების ადგილზე გაზომილი დიამეტრის საშუალოს ტოლი.

ხიდის მისასვლელი კალაპოტის სიგრძე მიღებულია – იყოს 50-100 მ. სიგრძის ტოლი, ხოლო ხიდის გამოსასვლელი კალაპოტის სიგრძე – 40-80 მ., ადგილობრივი პირობებისა და ჰიდრაულიკური გაანგარიშების მიხედვით.

### ლიტერატურა

1. დ. გუბელაძე კალაპოტური ნაკადები და მათი მოძრაობის ზოგიერთი თავისებურება. სამეცნიერო შრომათა კრებული მეცნიერების პრობლემები, საერთაშორისო კრებული. თბილისი. ერევანი. სსაუ. 1999 წ.
2. ო. ნათიაშვილი, ვ. თევზაძე, ზ. დანელია. ღვარცოფების და ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობების ჰიდრაულიკა. თბილისი, 1995 წ.
3. ი. ყრუაშვილი. ღვარცოფები და მათთან ბძოლის მეთოდები. თბილისი, 2014 წ.
4. გ. ჭუბაბრია. ნიაღვარსადენ ნაგებობათა დაპროექტება მთაგორიანი რელიეფის პირობებში. გამ-ბა „საბჭოთა საქართველო“, თბილისი, 1975.
6. Брилинский А. Л., Горные потоки, их природа и меры борьбы с ними, 1936.
7. Рошин И. И. проф., Борьба с селевыми потоками „Известия ТГПИ им. Левина“, в. III, 1938.

საბჭოთა პერიოდის საცხოვრებელი განაშენიანების  
საპანონომდებლო ნორმატიული ბაზა

გ. ხოფერია

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. 77, 0175, თბილისი,  
საქართველო)

*რეზიუმე.* განიხილულია საბჭოთა პერიოდის ქალაქგეგმარებითი მშენებლობის საკანონმდებლო ნორმატიული ბაზის ძირითადი პარამეტრები, მათი დადებითი და უარყოფითი მხარეები.

*საკვანძო სიტყვები:* ნორმატიული ბაზა, განაშენიანების პარამეტრები, სამშენებლო ნორმატივები და წესები, საცხოვრებელი განაშენიანება, საბაზისო მონაცემები, განაშენიანების რეგულაციები.

### 1. შუსავალი

საბჭოთა პერიოდის საცხოვრებელი განაშენიანების საწყის ეტაპებს მიეკუთვნება ომამდელი და ომისშემდგომი პერიოდები, როდესაც ჯერ კიდევ არ არის ჩამოყალიბებული მწყობრი გეგმარებითი ნორმატიული ბაზა და როდესაც ქვეყანა ომის შედეგად დანგრეული ქალაქების აღდგენით იყო დაკავებული. მაგრამ, უკვე 1950-იანი წლების მეორე ნახევრიდან დაიწყო ჩამოყალიბება ქალაქმშენებლობისა და ზოგადად მშენებლობის ნორმატიულმა დოკუმენტებმა, რომლებიც მუშავდებოდა სამშენებლო სამეცნიერო კვლევით ინსტიტუტებში. 1958 წელს, წინამორბედი ცნობარების საფუძველზე, მიღებულ იქნა ქალაქგეგმარებითი განაშენიანების სამშენებლო წესები და ნორმები „სნიპ“-ი ( 41-58).

### 2. ძირითადი ნაწილი

კვლევაში განიხილულია, საბჭოთა პერიოდის სამშენებლო ნორმებისა და წესების „სნიპ“-ების ჩამოყალიბების და განვითარების ოთხი ეტაპი, რომლებიც მიღებულია 1958, 1966, 1975 და 1989 წლებში.

1958 წელს გამოცემულ „სნიპ“-ში, საბჭოთა იდეოლოგიისგან გამომდინარე, მასში მოცემული ნორმები და წესები, იმპერატიულად მოქმედებდა სსრ კავშირის მთელ ტერიტორიაზე. აქ პირველად დაფიქსირდა საცხოვრებელი ე.წ. სელიტურული ზონის ორგანიზების ახლებური, თავისუფალი დაგეგმარების პრინციპი, რამაც ფაქტობრივად შეცვალა, ადრე არსებული განაშენიანების პერიმეტრული დაგეგმარება, შეიქმნა მიკრორაიონული სისტემა, დაიწყო განაშენიანების სიმჭიდროვემ, გაჩნდა მეტი სივრცობრივი თავისუფლება. ამასთანავე, დოკუმენტში შენარჩუნებული იყო წინა პერიოდის ქალაქმშენებლობითი აზროვნების რუდიმენტებიც.

საცხოვრებელი მასივის ან მიკრორაიონის მასშტაბით ანალიზის ჩასატარებლად ვსარგებლობთ, ზემოხსენებული 1958, 1966, 1975 და 1989 წლებში გამოცემული სამშენებლო ნორმებისა და წესების (სნიპ) სახელმძღვანელოებით ( 41-58, II-2-62, II-60-75\*, 2.07.01-89\*) და განვიხილავთ საცხოვრებელი მასივების განაშენიანების მორფოლოგიის განმსაზღვრელი ძირითადი ნორმატიულ მაჩვენებლებს, რომლებიც დაჯგუფებულია ფუნქციურ-თვისობრივი პრინციპებით.

განაშენიანების საბაზისო მაჩვენებლები:

ცხრილი 1.

№	საბაზო მაჩვენებლების პარამეტრების სახეობა	წელი			
		1958	1966	1975	1989
1	სართულიანობა	4-5	5-9	9-12	9-12-14-16
2	საცხოვრებელი ფართის ნორმა ერთ სულ მოსახლეზე (მ <sup>2</sup> )	9	9-12	14-18	18-
3	საცხ. ფართის ნორმა ერთ სულ მოსახლეზე რეზერვით, განვითარების პერსპექტივით (მ <sup>2</sup> )	12	15	23	23
4	მასივის (მიკრორაიონის) ფართი (ბრუტო) 1 კაცზე (მ <sup>2</sup> )	33-36	33-36	20-19	22
5	მასივის (მიკრორაიონის) მოსახლეობა რაოდენობა (ათასი კაცი)	10-12	6-18	4-20	4-20
6	მასივის (მიკრორაიონის) სარეკომენდაციო ფართი (ჰა)	30-50	30-50	30-50	10-60
7	საცხოვრებელი ფონდის სიმჭიდროვე ბრუტო (საცხოვრებელი ფართი 1 ჰა ზე) მ <sup>2</sup> /ჰა	2400-3000	2800-4200	6600-6900	6600-6900
8	საცხ. ფონდის სიმჭიდროვე ნეტო (საცხ.ფართი 1 ჰა ზე/ მასივის ფართზე) მ <sup>2</sup> /ჰა	4400-7000	4400-7000	4400-7000	4400-7000
9	განაშენიანების სიმჭიდროვე ნეტო(შენობათა განაშ. ფართის % მასივის ნეტო) %	24	21-22	21-22	21-22

ცხრილდან ჩანს, რომ 1958–1989 წლების პერიოდში განაშენიანების სართულების რაოდენობა 4-5 დან 9-12-16 სართულამდე გაიზარდა. ერთ სულ მოსახლეზე ფართობის ნორმა, ძირითადად 9-12 კვ/მ იყო (მიუხედავად იმისა, რომ ცხრილში მატება 18 კვ/მ მდებარეობს). ამავდროულად მიკრორაიონების ფართობი ერთ კაცზე (ბრუტო) მცირდება 33კვ/მ-დან 22 კვ/მ-მდე, ხოლო საცხოვრებელი ფონდის სიმჭიდროვე (ნეტო) უცვლელი რჩება.

განაშენიანების ნორმატიული დაშორებები შენობებს შორის:

ცხრილი 2

№	განაშენიანების ნორმატიული დაშორებები (მანძილები)	წელი			
		1958	1966	1975	1989
1	დაშორება შენობების გრძივ მხარეებს შორის (მ)	30	30-48	42-49	20
2	დაშორება შენობების გრძივ მხარეებსა და ტორეცებს შორის (მ)	15	15-24	26-49	10
3	ინსულაციის ნორმა დგინდება ხანგრძლივობით (სთ)	2,5	2,5	2,5	2,5
4	ხანძარსაწინააღმდეგო დისტანცია (მ)	6-15	6-15	6-15	6-15
5	განაშენიანების მინიმალური დაშორება ქუჩის წითელი ხაზიდან (მ)	3.6	3.6	3.6	3.6
6	განაშენიანების მინიმალური დაშორება მთავარი ქუჩის წითელი ხაზიდან (მ)	12	12	12	12
7	განაშენიანების მინიმალური დაშორება საქალაქო გზის (ავტობანი) კიდიდან (მ)	20-50	50	50	25-50

ცხრილში ნაჩვენებია განაშენიანებაში არსებული ნორმატიული დაშორებები (მ)-ობით დასაშვები მანძილი შენობათა გრძივ მხარეებს შორის 1958-დან 1975-მდე იზრდება 30-49 მ. ხოლო ბოლო მონაცემით იკლებს 20 მეტრამდე. ინსოლაციის ნორმები (საათებში) არის სტანდარტულად 2.5 სთ. ასევე მოცემულია განაშენიანების მინიმალური დაშორებები წითელი ხაზიდან, მთავარი ქუჩისა და საქალაქო დანიშნულების გზის (ავტობანი) სავალი ნაწილის კიდიდან, ეს პარამეტრებიც არის სტაბილური ოთხივე პერიოდის ნორმატივებით.

განაშენიანების სტრუქტურული ელემენტების მახასიათებლები:

ცხრილი 3

№	სახეობა: სპორტული და სათამაშო მოედნები	წელი			
		1958	1966	1975	1989
1	სპორტული მოედნის მინ. ფართი ერთ სულზე (მ <sup>2</sup> )	1,5-2	1,2-2	1,2-2	2
2	სასკოლო და სკოლამდელი სათამაშო მოედნების ფართი ერთ სულზე (მ <sup>2</sup> )	1	1	0,7-1,1	0,7
3	სპორტული მოედნების მომსახურების რადიუსი (მ)	500	500	500	500
4	მინიმალური დაშორება სპორტული მოედნიდან საცხ. ფანჯრებამდე (მ)	6-15	6-15	6-15	6-15
5	მინიმალური დაშორება სათამაშო მოედნიდან საცხ. ფანჯრებამდე (მ)	15	25	25	10-40
6	სპორტული მოედნების მინიმალური დაშორება სანაგვე ბუნკერებამდე (მ)	10	20	20	20
7	სათამაშო მოედნების მინიმალური დაშორება სანაგვე ბუნკერებამდე (მ)	20	30	30	30

ცხრილში ასახულია საცხოვრებელ განაშენიანებაში განთავსებული სხვადასხვა დანიშნულების სპორტული და ბავშვთა სათამაშო მოედნები, მათი ნორმატიული ფართობები ერთ სულ მოსახლეზე, ასევე დაშორებები და რადიუსები საცხოვრებელი კორპუსის ფანჯრებამდე და სანაგვე ბუნკერებამდე. ეს მონაცემები თითქმის სტაბილურად უცვლელია.

აგრეთვე ნორმატივებით რეგულირდებოდა საგანმანათლებლო ობიექტების ძირითადი პარამეტრებიც. ბავებისა და საბავშვო ბაღების საპროექტო ტერიტორიის ფართობი ერთ სულ მოსახლეზე შეადგენდა საშუალოდ 25–40 კვ/მ-ს, სკოლის ტერიტორიის 14–60 კვ/მ-ს. განსაზღვრული იყო ადგილთა რაოდენობები 1 ათას მოსახლეზე ბავა და საბავშვო ბაღების 70–90 ადგილი, სკოლების 150–180 ადგილი. მათი სამომსახურეო ზონის რადიუსები ბავა და საბავშვო ბაღებისთვის 300–500 მეტრი, სკოლებისთვის 750–1000 მეტრიანი რადიუსი. უნდა აღინიშნოს, რომ „სნიპ“-ი ითვალისწინებდა სარეზერვო ტერიტორიის ფართობებს, განვითარების პერსპექტივით.

მომდევნო ცხრილში მოყვანილია ავტოსადგომების განთავსების ნორმატივები, ამ პარამეტრებს დიდი ყურადღება ეთმობოდა, ვინაიდან ავტომობილების რაოდენობა ყოველთვის იყო გეომეტრიული პროგრესიით ზრდადი, შესაბამისად ყოველი ახალი ნორმატიული დოკუმენტების მომზადებისას ხდებოდა მათში ცვლილებების შეტანა.

ავტომობილებისა და ავტოსადგომების განთავსება:

ცხრილი-4

№	ავტომობილები და ავტოსადგომები	წელი			
		1958	1966	1975	1989
1	ავტომობილიზაციის დონის განსაზღვრა, მსუბუქი ავტომობილის 1000 მოსახლეზე (ც)	30-50	50-70	150-180	200-250
2	ავტომობილიზაციის დონის განსაზღვრა, მოტოციკლის და მოპედის 1000 მოსახლეზე (ც)	10-20	20-50	50-70	50-100
3	ავტომობილების მუდმივი სადგომების რაოდენობა მიკრორაიონში %	100	100	70	90
4	ავტომობილების დროებითი, ღია სადგომების რაოდენობა მიკრორაიონში %	-	-	25	25
5	ავტომობილების სადგომების ფართი სულ მოსახლეზე (მ <sup>2</sup> )	0,8-1	0,8-1	0,8-1	0,8
6	მაქსიმალური მანძილი საცხოვრებელი კორპუსის შესასვლელიდან ავტოსადგომამდე (მ)	350-600	500	800	800
7	მაქსიმალური მანძილი საცხოვრებელი კორპუსის შესასვლელიდან ავტოსადგომამდე (მ)	100	100	100	100
8	დისტანცია საცხოვრებელი კორპუსიდან ავტოსადგომამდე (მ)	15-50	15-50	10-50	10-50
9	დისტანცია ბაგა-ბაღებიდან და სკოლებიდან ავტოსადგომამდე (მ)	25-100	25	15	15-50

### 3. დასკვნა

ამრიგად, ჩატარებული ანალიტიკური კვლევის შედეგად, სადაც ვისარგებლეთ, საბჭოთა პერიოდის სამშენებლო ნორმებისა და წესების (სნიპ) სახელმძღვანელოებით, გამოცემული 1958, 1966, 1975 და 1989 წწ ( 41-58, II- 2-62, II-60-75\*,

2.07.01-89\*), შეიძლება შემდეგი დასკვნის გაკეთება. სამშენებლო ნორმატიული ბაზის შეფასებაში შესაძლოა გამოვეყნოთ როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი მხარეები:

კერძოდ, ის ფაქტორი, რომ არსებული საკანონმდებლო პარამეტრები არეგულირებდნენ განაშენიანების დაგეგმარებას, და შედეგად იმ პერიოდის ქალაქგეგმარებაში თითქმის არ შეინიშნება გეგმარებითი ქაოსიურობა და უხეში დარღვევები, შეიძლება ჩაითვალოს დადებითად.

ის გარემოება, რომ საცხოვრებელი და საზოგადოებრივი დანიშნულების ნაგებობები, ეკონომიის გამო, ძირითადად შენდებოდა ტიპური სტანდარტული პროექტებით, რომელთაც არქიტექტურულ-ესთეტიკური თვალსაზრისით, არანაირი ფასეულობა არ გააჩნდათ, უდავოდ საბჭოთა პერიოდის სამშენებლო ნორმატიული ბაზის უარყოფითი მხარეა.

### ლიტერატურა

1. Строительные правила и нормы Планировки и застройки городов СН 41-58. Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, СССР, Москва-1959;
2. Строительные нормы и правила СНиП II-К.2-62 . СССР, Москва – 1967;
3. Планировка и застройка городов, поселков и сельских населенных пунктов СНиП II-60-75. СССР, Москва, 1975;
4. Строительные нормы и правила СНиП 2.07.01-89\* Градостроительство. "Планировка и застройка городских и сельских поселений". СССР, Москва, 1989.



საავტომობილო გზების სივრცული სიმდოვრის უზრუნველყოფა  
ი. მიქავა

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. 77,  
0175, თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე.** სატრანსპორტო ნაკადის გამტარუნარიანობა არის ერთ-ერთ წინაპირობა განვითარებული და მოწყობილი საავტომობილო გზების ქსელის მიმართ. სივრცული დაპროექტების მიზანია გაზარდოს საავტომობილო გზის გამტარუნარიანობა და გააუმჯობესოს გადაადგილების პირობები. სივრცული დაპროექტება ძირითადად დამყარებულია ტრასირების ემპირიულ წესებზე და მხაზველობითი გეომეტრიის მეთოდების გამოყენებაზე. გზის პერსპექტიული გამოსახულებების გამოსახვით მოწმდება და უმჯობესდება მისი სივრცული სიმდოვრე.

**საკვანძო სიტყვები:** გზა, სიმდოვრე, გამტარუნარიანობა, ესთეტიკა, მრუდი, კლოტოიდა.

## 1. შუსაველი

თანამედროვე პირობებში აღიარებულია, რომ ჩქაროსნული საავტომობილო გზა უნდა იყოს ოპტიკურად მდოვრე. გზის სიმდოვრის მიმართ მოთხოვნები შემდეგნაირად განისაზღვრება: პირველი, ჩქაროსნული მოძრაობის უსაფრთხოების პირობის უზრუნველყოფა და მეორე, ესთეტიკური მოთხოვნების დაკმაყოფილება, რადგანაც საგზაო ნაგებობები ისეთი ელემენტებია, რომლებიც საკმაოდ დიდ ზეგავლენას ახდენს ლანდშაფტზე. ლანდშაფტურ-არქიტექტურული მოსაზრებების თანახმად, გზას უნდა ჰქონდეს სასიამოვნო და ჰარმონიული ფორმა ნებისმიერი წერტილიდან შეხედვისას. ამრიგად, გზის სიმდოვრე უნდა იყოს უწყვეტი ანუ მუდმივი. ტრასის მუდმივი სიმდოვრე მიიღწევა გზის ელემენტების წარმატებული თანაფარდობით და ამ ელემენტების უწყვეტი გადასვლით ერთი სახეობიდან მეორეში იმ პირობით, რომ თვითონ ტრასის ყველა ელემენტი იქნება ოპტიკურად ნათელი, რაც იმას ნიშნავს, რომ რეალურ პირობებში არ უნდა განიცდიდნენ ოპტიკურ დამახინჯებას.

მოთხოვნა, რომ გზის სიმდოვრე უნდა იყოს მუდმივი, წამოჭრილია ჯერ კიდევ XX საუკუნის 40-იან წლებში გერმანელმა ინჟინრმა ჰანს ლორენსმა და მანვე შექმნა გარკვეული ემპირიული ფორმულები გზის სიმდოვრის უზრუნველსაყოფად. იმასთან დაკავშირებით, რომ ემპირიულ წესებს საერთო ხასიათი აქვს ხელსაყრელი თანაფარდობა ტრასის ელემენტებს შორის, ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში, დგინდება ოპტიკური ანალიზის საფუძველზე, გზის მონაკვეთების პერსპექტიული გამოსახულებების ან მოდელების გამოყენებით. გზის სიმდოვრის ოპტიკური შემოწმების ეს მეთოდი არის ძალიან შრომატევადი და აფერხებს დაპროექტების ტემპს.

## 2. ძირითადი ნაწილი

### 2.1. ტრასის ელემენტების თანაფარდობა

გზაზე მოძრაობისას ხშირად ვამჩნევთ, რომ მრუდი, რომელიც შორიდან გვეჩვენება გარდატეხილად, მიახლოებისას თანდათანობით ხდება მდოვრე, ხოლო მრუდის დასაწყისიდან გარკვეულ დისტანციაზე იგი სიმდოვრის ხარისხს სრულად აკმაყოფილებს. შორიდან ხილული გზის მკვეთრი მოსახვევი როგორც მძღოლს, ისე მგზავრს უქმნის არასასიამოვნო შთაბეჭდილებას, ამიტომაც შეძლებისდაგვარად საჭიროა ამის აღმოფხვრა. იმის გათვალისწინებით, რომ მრუდის დასაწყისთან მიახლოებისას მისი სიმდოვრე უმჯობესდება, მიზანშეწონილია მივადწიოთ დამაკმაყოფილებელ სიმდოვრეს არა მარტო მრუდის ფარგლებში, არამედ მის ფარგლებს გარეთაც. ჩაზნექილი მრუდის ხილვადობის მანძილი S განისაზღვრება გრძივ პროფილში სწორი მონაკვეთის სიგრძისა და ამოზნექილი მრუდის სიგრძის

ჯამით, იმის შესაბამისად როცა  $Y=0.8$  მ-ს ( $X$  აითვლება მრუდის დასაწყისიდან ან ბოლოდან). ამასთანავე, მძლოლის თვალი მრუდის ტანგენსიდან ამალელებულია  $0,7$  მ-ით. საბოლოო ჯამში მძლოლის თვალი გზის სავალ ნაწილიდან  $1,5$  მ-ით ზემოთაა. მრუდის  $S$  სიგრძე, როდესაც  $Y=0.8$  მ-ს, მრუდის რადიუსის სიდიდესთან დამოკიდებულებით, მოცემულია პირველ ცხრილში.

R, ათასი მ.	2.5	3	4	5	6	8	10	12.5	15	20	25	30	40	50
S, მ.	60	70	80	90	100	110	130	140	160	180	200	220	250	280

დაკვირვება გვიჩვენებს, რომ მრუდის სიგრძე ხელსაყრელ თანაფარდობაში უნდა იყოს სწორ მონაკვეთებთან. რაც უფრო გრძელია სწორი მონაკვეთი, მით უფრო გრძელი უნდა იყოს მრუდი მის შემდეგ. იმ შემთხვევაში, თუ მრუდი პერსპექტივაში აღიქმება, როგორც გარდატეხა, მაშინ მისი სიმდოვრის გაუმჯობესება ხდება რადიუსის გაზრდით.

დიდი რაოდენობის პერსპექტიული გამოსახულების ანალიზის საფუძველზე დადგენილია, რომ თანაფარდობა გეგმისა და გრძივი პროფილის ელემენტებს შორის უნდა აკმაყოფილებდეს 2 ცხრილში მოყვანილ დამოკიდებულებას.

მანძილი გარდატეხამდე $D_{გარ.}$ , მ	150	200	250	300	350	400	500	600	700
წრიული მრუდის მინ. სიგრძე $S_3, S_3,$ მ	110	150	200	240	280	320	400	500	600

ეს მონაცემები ხელსაყრელია გამოვიყენოთ დაპროექტებისას მრუდის საორიენტაციო სიგრძის დანიშვნისათვის, რაც დამოკიდებული იქნება კუთხის წვერომდე მანძილზე. ქვემოთ, მე-3 ცხრილში მოცემულია მრუდების მინიმალური სიგრძეები, რომლებიც უზრუნველყოფენ საკმარის სიმდოვრეს, მრუდის დასაწყისამდე არსებული მანძილის მიხედვით. ამ მონაცემებით, მარტივია მიღებული საპროექტო გადაწყვეტილებების ოპტიკური ანალიზი.

მანძილი ძირითადი მრუდის დასაწყისამდე $D_გ.$ , მ	50	100	150	200	250	300	350	400	450
წრიული მრუდის მინ. სიგრძე $S_3, S_3,$ მ	50	115	180	250	330	400	500	600	700

მრუდისა და სწორის თანაფარდობის გარდა, პერსპექტივაში ყურადღება უნდა მიექცეს მოსახვევის სიმრუდეს. რაც უფრო დიდია მოსახვევის სიმრუდე გეგმაზე, პერსპექტივაშიც მით უფრო მეტად ხვდება იგი ხედვის მცირე კუთხის ქვეშ.

## 2.2. მუდმივი სიჩქარით მოძრაობის შესაძლებლობის უზრუნველყოფა

საგზაო შემთხვევების რაოდენობის შემცირების ყველაზე ეფექტური ღონისძიება დაპროექტებისას აღმოიფხვრას ყველა მონაკვეთი, სადაც მოძრაობის სიჩქარე შემცირდება. ერთ-ერთ ასეთ მონაკვეთს განეკუთვნება მრუდების მონაკვეთები. იმისათვის, რომ აღმოიფხვრათ მრუდების მონაკვეთებზე სიჩქარის შენელების ფაქტები, მრუდის სიმდოვრე უნდა იყოს იმდენად დამაჯერებელი, რომ მძლოლი მრუდთან მიახლოებისას დარწმუნებული იყოს არჩეული სიჩქარის რეალიზაციის შესაძლებლობაში, რაც ახლოს იქნება საანგარიშო სიჩქარესთან და ისე გაიაროს მრუდის მონაკვეთი. სიფრთხილის ხარისხი ცალკეულ მძლოლებს შორის შეიძლება იყოს სხვადასხვა, ამიტომაც ავტომობილთა ნაკადის თანაბარზომიერი მოძრაობის უზრუნველყოფის მიზნით, შემოთავაზებულია  $1,5$ -ჯერ გაიზარდოს საანგარიშო სიჩქარის შესაბამისი ნორმატიული ხილვადობის მანძილი, რაც ასევე უზრუნველყოფს მრუდის სიმდოვრეს.

თუ ზემოთ მოყვანილ დასკვნებს გამოვიყენებთ დაპროექტების პროცესში, წრიული მრუდის მინიმალური რადიუსი უნდა განისაზღვროს გარდატეხის კუთხის სიდიდისა და მრუდის რეკომენდებული სიგრძის მიხედვით. ცხრილი 4.

საანგარიშო სიჩქარე $V_{საანგ.}$ კმ/სთ	50	60	80	100	120
მინიმალური მანძილი, საიდანაც აუცილებელია მრუდის სიმდოვრის უზრუნველყოფა $D_g$ , მ	90	110	150	210	260
წრიული მრუდის მინ. სიგრძე $S_3, S_6$ , მ	100	130	180	270	350

**2.3. ტრასის მომიჯნავე ელემენტების შეუღლება**

პერსპექტიული გამოსახულებების ოპტიკური ანალიზის საფუძველზე დადგენილია, რომ თანდათანობითი გადასვლა არ არის საკმარისი წრიული მრუდის და სწორი მონაკვეთის შეუღლების ადგილებში გეგმაზე და გრძივ პროფილში რადიუსით 5 000 მ-ზე ნაკლები მნიშვნელობის დროს და შებრუნებული მრუდების შეუღლების ადგილებში გეგმასა და გრძივ პროფილში 5 000 მ-ზე ნაკლები რადიუსის შემთხვევაში. ამ შემთხვევებში საკმარისი თანდათანობითი გადასვლა ხორციელდება გარდამავალი მრუდების შემოღებით, რომელიც დამოკიდებულია საანგარიშო სიჩქარესა ან მანძილზე მრუდის დასაწყისამდე, რომლის პარამეტრებიც არ იქნება ნაკლები ქვემოთ მოცემულ მნიშვნელობებზე. გარდამავალი მრუდის სახით გამოიყენება კლოტოიდა:

$$L \cdot R = A^2$$

სადაც L არის მანძილი მრუდის დასაწყისიდან მის ნებისმიერ წერტილამდე; R მოხვევის რადიუსი იმავე წერტილში; A მრუდის მახასიათებელი პარამეტრი. პორიზონტალური და ვერტიკალური მრუდებისათვის გეგმაში და გრძივ პროფილში, პარამეტრების მინიმალური მნიშვნელობები აიღება მე-5 ცხრილში მოცემული მნიშვნელობების მიხედვით.

ცხრილი 5.

$V_{საანგ.}$ კმ/სთ	40	60	80	100	120
$D_{საანგ.ბოლ.}$ მ	50	75	100	140	175
A, მ	120	200	275	400	500

გრძივ პროფილში, კლატოიდის ჩაზნექილ მრუდთან შეუღლების შემთხვევაში, აუცილებელია მათ საწყის წერტილებს შორის გადანაცვლების ოპტიმალურ სიდიდეთა გათვალისწინება. კლოტოიდის სიგრძე ამ შემთხვევაში გარკვეულ ფარგლებში იზღუდება, მე-6 ცხრილში.

ცხრილი 6.

R, მ	125	250	400	600	1000	1500	2000	3000	4000	5000
A, მ	110	175	240	300	400	525	625	775	950	1100
L, მ	100	125	140	150	160	180	200	200	220	220
$\Delta R$ , მ	2.70	2.50	2.15	1.56	1.07	0.84	0.80	0.55	0.52	0.48

კლოტოიდა, როგორც გზის ელემენტი, შესამჩნევი რომ გახდეს, ტრასის მიმართულების ცვლილებამ მის ფარგლებში უნდა მიაღწიოს არანაკლებ 30-ს. შესაბამისად, მოხვევის მცირე კუთხეების დროს 60-მდე, მიზანშეწონილია შეუღლებული კლოტოიდების გამოყენება, წრიული მონაკვეთების ჩასმის გარეშე. მონაკვეთების წრიული მრუდების შეუღლებისას, რომელთა რადიუსების თანაფარდობა ტოლია  $R_1/R_2 > 2$ , გადასვლის თანდათანობა მიიღწევა კლოტოიდის მონაკვეთით, რომლის სიმრუდეც იცვლება  $1/R_1$ -დან  $1/R_2$ -მდე ფარგლებში. ავტომობილის მართვის მაქსიმალური კომფორტის უზრუნველსაყოფად,

შესაუღლებელი უკუკლოტიდების პარამეტრები უნდა იყოს ერთნაირი. პარამეტრების ზღვრული დასაშვები თანაფარდობა ტოლია  $A_1/A_2 \leq 2$ .

ვერტიკალური ჩაზნექილი მრუდის ბოლოს შეუღლება მუდმივი ქანობის მქონე წრიული მრუდის დასაწყისთან ან ჰორიზონტალური მრუდის დასაწყისთან დასაშვებია. გზის სიმდოვრე დამაკმაყოფილებელია ორივე მიმართულებით შეხედვისას. მონაკვეთის სიმდოვრე დამოკიდებულია შემდეგ თანაფარდობაზე  $R_2:R_3$ , ამიტომ ამ შემთხვევაში აუცილებელია შემოწმება პერსპექტივის გათვალისწინებით.

გაცილებით რთულად მოსახერხებელია ვერტიკალური ჩაზნექილი მრუდის ამოზნექილ სივრცულ მრუდთან შეუღლება. ჩაზნექილი მრუდის მხრიდან მოძრაობისას, გზის პერსპექტივა სრულიად დამაკმაყოფილებელია. ამის საწინააღმდეგოდ, ამოზნექილი მრუდის მხრიდან მოძრაობისას, განსაზღვრულ ინტერვალზე, როცა თვალი ჯერ კიდევ ოდნავ არის ამაღლებული მხებს ზემოთ, რომელიც გადის გადაღუნვის წერტილში, შეიმჩნევა მკვეთრი გარდატეხვები გზის მარცხენა მხრის ხაზებზე. მარჯვენა მხარეს შესაბამისი ხაზები მდოვრება. თუ გავითვალისწინებთ, რომ არადამაკმაყოფილებელი პერსპექტივა შეიმჩნევა აგრეთვე ამოზნექილი მრუდიდან ჩაზნექილ მრუდზე გადასვლისას, მაშინ ზემოთ განხილული შეუღლება შეიძლება ჩაითვალოს მისაღებად. უნდა აღინიშნოს, რომ პროექტირების პრაქტიკაში ხშირად არის საჭიროება გეგმაზე მრუდის შეთავსებისა ვერტიკალურ ამოზნექილ მრუდთან.

ჩაზნექილი მრუდის, მის მომდევნო ჩაზნექილ ან ამოზნექილ კლოტიდასთან შეუღლების შემთხვევაში, უნდა ვეცადოთ, რომ კლოტიდის დასაწყისი უმნიშვნელოდ ფარავდეს ჩაზნექილი მრუდის ბოლოს. ჩაზნექილი ვერტიკალური მრუდის სივრცის შეუცვლელად, მოყვანილი პირობისდამაკმაყოფილება შეიძლება გეგმაზე კლოტიდის პარამეტრის გაზრდით.

გეგმაზე შებრუნებული კლოტიდების შეუღლება შებრუნებულ წრიულ მრუდებთან, გრძივ პროფილში ქმნის შთაბეჭდილებას სავალი ნაწილის ნაწიბურების ტალღისებურობის შესახებ. შებრუნებული კლოტიდების მონაკვეთის ოპტიკური სიმდოვრე მიიღწევა გრძივ პროფილში შებრუნებული გარდამავალი მრუდების გამოყენებით, იმ პირობით, რომ გეგმასა და გრძივ პროფილში გადაღუნვის წერტილები შეთავსებული იქნება. თუ გრძივი პროფილის და პროექტებისას გამოიყენება მხოლოდ წრიული მრუდები, მაშინ აღნიშნული დეფორმაციის თავიდან აცილების მიზნით, შებრუნებულ მრუდებს შორის პროფილში უნდა იქნას დაპროექტდეს სწორი მონაკვეთი.

### 3. დასკვნა

დიდი რაოდენობის პერსპექტიული გამოსახულების ანალიზის საფუძველზე რეკომენდაციები და თანაფარდობები, რათა გამარტივდეს ტრასის სივრცული სიმდოვრის მიღწევა პროექტირების პროცესში. დაკვირვებების შედეგად დადგინდა ხელსაყრელი თანაფარდობები როგორც მრუდებისა და სწორი მონაკვეთების სივრცეებს შორის, ისე გეგმისა და გრძივი პროფილის ელემენტებს შორის. განხილულია ავტომობილთა ნაკადის თანაბარზომიერი მოძრაობის უზრუნველყოფის პირობა და მისი მიღწევის გზა. მოყვანილია გეგმისა და გრძივი პროფილის ელემენტების შეუღლების ხელსაყრელი მეთოდები და მაგალითები.

### ლიტერატურა

- 1) Бабков В.Ф.. Сочетание автомобильных дорог с ландшафтом. Издательство „Высшая школа“, Москва, 1964 год.
- 2) В.Ф. Бабков. Дорожные условия и безопасность движения. Издательство „Транспорт“, Москва, 1964 год.
- 3) Трескинский С. А., Кудрявцев Г. П . Эстетика автомобильных дорог. Издательство „Транспорт“, Москва, 1978 год.
- 4) Лобанов Е. М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя. Издательство „Транспорт“, Москва, 1980 год.

მრავალშრიანი ბეტონის ნაკეთობის მიღების პრინციპი,  
ერთსტადიანი დაჟალიბების ტექნოლოგიის გამოყენებით

გ. სულთანიშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას 77,  
0175, თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე.** მრავალშრიანი ნაკეთობის დამზადების თანამედროვე მეთოდები ითვალისწინებს მრავალსტადიურ ტექნოლოგიებს. ამ ტექნოლოგიებით ხორციელდება თითოეული შრის დამზადება, რომელიც საბოლოოდ განიხილება ერთ ნაკეთობად. აღნიშნული ტექნოლოგიები ძვირადღირებულია და შრომატევად პროცესებთან არის დაკავშირებული.

მრავალშრიანი ბეტონის ნაკეთობის დასამზადებლად ჩვენ გთავაზობთ მძიმე და მსუბუქი შემავსებლებზე დამზადებული ბეტონის ნარევის ვიბროგანშრეების ტექნოლოგიას. ბეტონი ნარევის განშრედება შემავსებლების მოცულობითი მასის სხვადასხვა გვარობის და ბეტონის ტიქსოტროპიის ხარჯზე გაჯირჯევა ვიბრაციის დროს. ასეთი ტექნოლოგიით დამზადებული შემომზღუდავი ელემენტები მნიშვნელოვნად უფრო იაფია.

**საკვანძო სიტყვები:** ვიბროგანშრეება, ბეტონის ტიქსოტროპია, ვიბრაცია, სიმტკიცე, მდგრადობა.

### 1.შესავალი

მრავალშრიანი ბეტონის ნაკეთობის დამზადებისათვის ერთსტადიანი ტექნოლოგიით ვიბროგანშრეების გზით საჭიროა გამოყენებული იქნას მინიმუმ ორი სახის შემავსებლის გამოყენება მძიმე და მსუბუქი, ასევე მოწყობილობა, რომელიც უზრუნველყოფს ბეტონის ნარევის ხანგრძლივ ვიბრირებას. ამ მეთოდის გამოყენებით მიღებული მინიმალური ფენების რაოდენობა არის სამი, ხოლო ბეტონის სიმკვრივე ნაკეთობაში ცვალებადია და მცირდება თანდათნობით ქვედა ზედაპირიდან ზედასკენ, რაც დამოკიდებულია შემავსებლის მარცვლების მოცულობით მასაზე.

### 2. ძირითადი ნაწილი

დასახული მიზნის მისაღწევად ჩვენ გთავაზობთ, შრეების წარმოსაქმნელ მასალად ისეთი შემავსებლების გამოყენებას, რომელთაც ექნება მაქსიმალურად განსხვავებული, კონტრასტული მოცულობითი მასები. ასეთი ნარევი შემავსებლის გრანულების საკუთარი წონის ზემოქმედებითაც განშრედება.

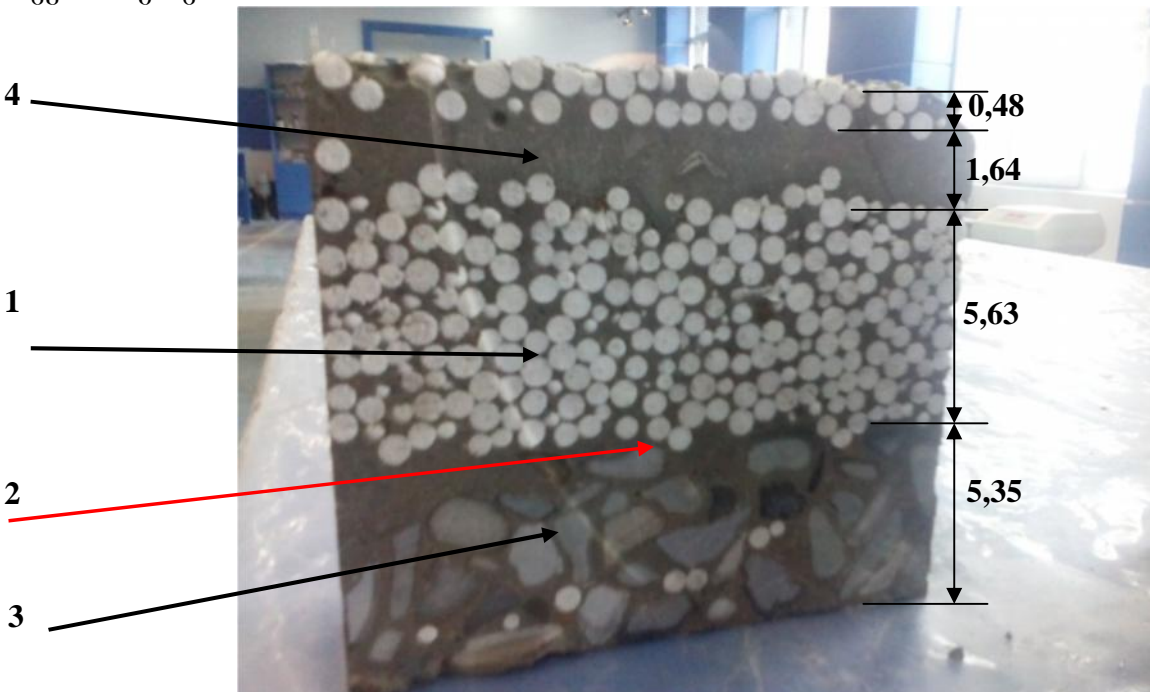
მძიმე ბეტონის შრეების მისაღებად მასალის სახით ვიყენებთ ჩვეულებრივი, მკვრივი მთის ქანების მძიმე შემავსებლებს. ექსპერიმენტებში გამოვიყენეთ მკვრივი შემავსებლის გარეცხილი ფრაქცია ზომით 5–10 მმ, დარკვეთის გარეცხილი ქვიშის ფრაქცია 0–5 მმ, ასევე დარკვეთის ქვიშის მტვრისებრი ფრაქცია. შემკვრელ მასალად გამოვიყენეთ ცემენტი რომლის აქტივობაა 200–300, ლაბორატორიული ცდების მონაცემებით. პლასტიფიცირებული დანამატის სახით ბეტონის ნარევი სუპერპლასტიფიკატორი ( R SO FLOUID OPTIMA 208), რომელიც ემატებოდა ცემენტის მასის 0,3-3%-მდე ოდენობით. მიღებული ნარევის ჩამოსხმით კუბებად ზომით 15×15×15სმ, შემდგომ მათი ვიბრაციით ნარევის განშრეებადღე, ვადგენდით აუცილებელ ტექნოლოგიურ პარამეტრებს, ბეტონის მრავალშრიანი ნაკეთობის შრეების დასაყალიბებლად. ვიბრირება მიმდინარეობდა თანამიმდევრული ეტაპებით სქემის მიხედვით. [1-5]

ყოველი ეტაპის შემდგომ იზომებოდა შრის სისქე, ხოლო შრის ამოღებული ნაწილი ბრუნდებოდა ფორმაში. თუ შრის სისქე იყო დაახლოებით წინასწარ დადგენილი  $T_b$  სიდიდის ტოლი (სმ), მაშინ ვიბრირების დრო ითვლებოდა

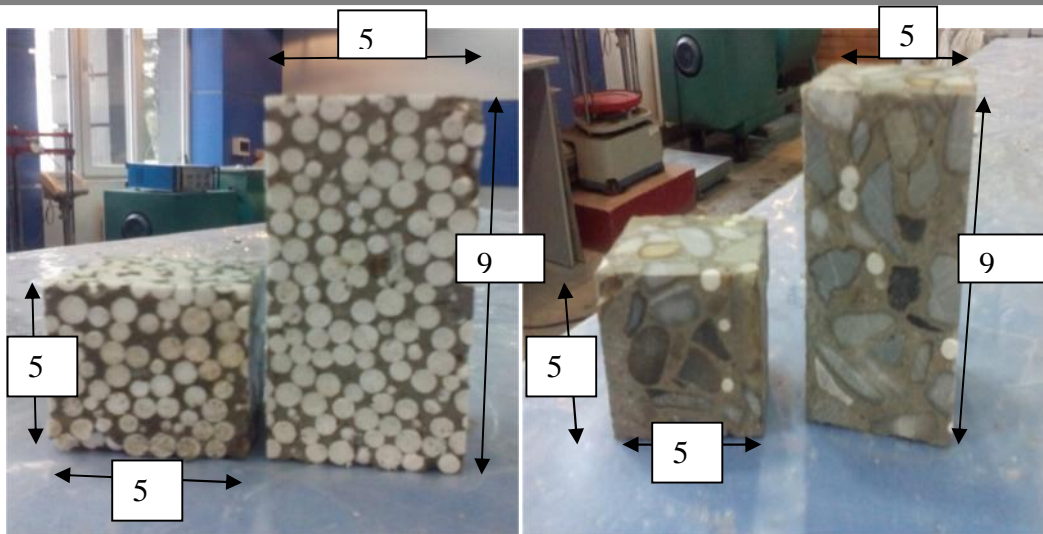
დადგენილად. თუ კი შრის სისქის ზომა აღმოჩნდებოდა Tb დადგენილზე ნაკლები, მაშინ მიმდინარეობდა შემდგომი დამატებითი ეტაპი ვიბრირებისა 30 წამიდან იმ მომენტამდე, ვიდრე პოლისტიროლის წარმოქმნილი ზედა შრის შემდგომი ორი, მიმდევრობითი ეტაპით რჩებოდა მუდმივი, ერთნაირი. ეტაპების საერთო რაოდენობა შეადგენდა 3-ს, ან 4-ს.

ფორმიდან ამოღებულ ნიმუშს ვხერხავდით ბეტონის წარმოქმნილი შრეების სტრუქტურის ანალიზისათვის. ბეტონის ნარევის შედგენილობა ექვემდებარებოდა კორექციას პლასტიკურობის ცვლით ბეტონის თხევადი ნაწილის ცვალებადი შედგენლობით ან წყლისა და ცემენტის ურთიერთობის ცვლილებით, ან პლასტიფიცირებული დანამატების რაოდენობის გაზრდით, ან ნარევი თხევადი ნაწილის გაზრდით. ნარევის თხევადი ნაწილის კორექტირება განისაზღვრებოდა შემავსებლების გრანულტშორისი სიცარიელით, რომელიც განკუთვნილი იყო Tb და Kb შრეების წარმოსაქმნელად ბეტონის ნაკეთობაში.

ბეტონის მთლიანი მასის შერჩევა მიმდინარეობდა ლაბორატორიულ ბეტონსარევი ზემოქმედებით ფორმაში ჩასხმული ბეტონის ნარევის განშრევება მიმდინარეობდა აუცილებელი დატვირთვით. მიღებული ექსპერიმენტული ნიმუშების გამყარება მიმდინარეობდა ლაბორატორიული რეჟიმის კამერაში, რომელიც უზრუნველყოფდა მოცემული ტემპერატურული რეჟიმის პირობებში ბეტონის გამოშრობას. აქ უნდა აღინიშნოს შემდეგი: აუცილებელია ბეტონის შრის წინასწარი დაყოვნება ჩვეულებრივ, ნორმალურ ტემპერატურაზე, მინიმუმ 1-1,5 სთ-ს, რათა მარცვლებშორისი ხსნარის კარკასმა მიიღოს მისი მინიმალური საწყისი სიმტკიცე. შემდგომ მიიღწევა ტემპერატურის ნელი აწევა მაქსიმუმ 60°C-ზე. ჩვენს ექსპერიმენტებში ხელსაყრელი დაყოვნების დროს ჩავინიშნეთ 9 საათიან ნაკეთობის სრული გამოშრობისათვის რეჟიმის კამერაში.



სურ 1. ნიმუშის გახერხვის შემდეგ ჩანს განშრევებული ბეტონის სტრუქტურა: 1 - თბოსაიზოლაციო შრე; 2 – გამჭოლი შრე; 3 – კონსტრუქციული შრე; 4 – დამცავი შრე. შრეების სისქე მოცემულია სანტიმეტრებში.



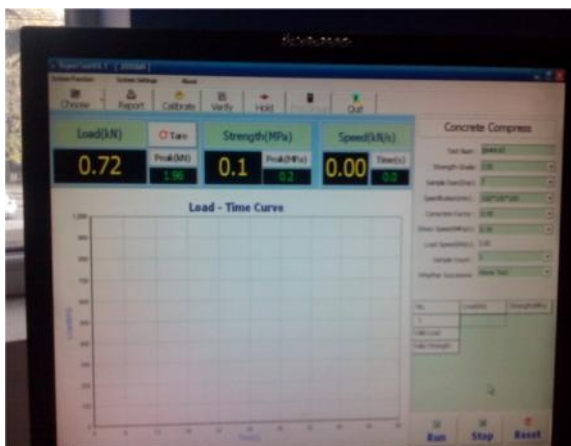
სურ 2. თბოსაიზოლაციო (T) შრის და კონსტრუქციული (K) შრის ნიმუშები, რომელიც გამოიხერხა ბეტონის კუბიდან ბეტონის განშრევებული ნარევის შედგენლობის კორექტირებით. ზომები მოცემულია სანტიმეტრით.

შემდეგ ცხრილში მოცემულია ბეტონის ნარევის შედგენილობა კგ/მ<sup>3</sup>, მძიმე და მსუბუქი პენოპოლისტიროლის შემავსებლებით კუბების ფორმებში ზომით არის 15X15X15 სმ.

*ცხრილი*

ცემენტი მ 300, კგ/მ <sup>3</sup>	ღორღი 5-10მმ, კგ/მ <sup>3</sup>	ქვიშა 0- 5 მმ, კგ/მ <sup>3</sup>	ქვიშის მტვრისებრი ფრაქცია, კგ/მ <sup>3</sup>	აფუებული პოლისტიროლ ის ფრანულუბ, ლიტრი	C პკგ/მ <sup>3</sup>	წყალი, ლიტრი	წყალ / ცემენტი
436	523	319	71	593	4,36	268	0,614

ცდა მიმდინარეობდა 8 დღის განმავლობაში რეჟიმის კამერიდან ნიმუშების გამოღების შემდეგ. წვაზე სიმტკიცე განისაზღვრებოდა ნიმუშებისათვის, რომლებიც იხერხებოდა ბეტონით განშრევებული შრიდან - პრიზმებში, ზომით 5X5X9 სმ და კუბიკებში, ზომით - 5X5X5 სმ. ექსპერიმენტული ნიმუშების გამოცდა ჩვენ მიერ ჩატარდა ლაბორატორიულ პირობებში ჰიდრაულიკურ წნეხზე, მართვის ავტომატური სისტემით. ექსპერიმენტის დროს მიღებული მონაცემები, გამოდიოდა წნეხით მართული სისტემის ეკრანზე, იხ. სურ-ზე.



სურ. 3





რაჭა-ლეჩხუმის რეგიონში ტურიზმის და დასვენების  
ინფრასტრუქტურის განვითარების პოტენციალი

თ. მახარაშვილი, დ. ბახტაძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. 77, 0175 თბილისი,  
საქართველო)

*რეზიუმე.* განხილულია საქართველოს ერთ-ერთი მთიანი რეგიონის, რაჭა-ლეჩხუმის ტურისტული ინფრასტრუქტურის მდგომარეობა და მისი განვითარების პოტენციალი.

*საკვანძო სიტყვები:* ტურისტული ინფრასტრუქტურა, სამთო ტურიზმი, დასვენება, რეკრეაციის პირობების გაუმჯობესება, პოტენციალის ეფექტური გამოყენება.

### 1. შესავალი

რაჭა-ლეჩხუმის რეგიონის ბუნებრივ-გეოგრაფიული პირობები – მიმზიდველი ლანდშაფტი, კლიმატური პირობები, მთის სუფთა ჰაერი, წიწვოვანი და ფოთლოვანი ტყეების სისშირე, კულტურული ძეგლების სიმრავლე, მინერალური წყლებისა და სხვა ბუნებრივი რესურსების სიუხვე ქმნის უნიკალურ პირობებს სხვადასხვა სახის ტურიზმის (საავტომობილო, საცხენოსნო, სალაშქრო და სამონადირეო ტურიზმი, ეკოტურიზმი და სხვ.) განვითარებისათვის.

### 2. ძირითდი ნაწილი

რეგიონში უკვე არსებობს საქართველოს არაერთი ცნობილი კურორტი: შოვი, უწერა, ქვეშეაკე, სორტუანი, ხიდიკარი, ბუგეული, ლაშიჭალა, ძუღური, ახალჭალა, ზესხო, მუაში, სადაც ასამდე სამკურნალო-მინერალური და გოგირდიანი წყალი მოიპოვება. თუმცა ამ ეტაპზე რეგიონში ტურიზმის განვითარებას ხელს უშლის ინფრასტრუქტურის მოუწესრიგებლობა და ინვესტიციების ნაკლებობა. ამჟამად, რეგიონის კურორტების უმრავლესობის ინფრასტრუქტურა მთლიანად მოშლილია და სრულ რეაბილიტაციას საჭიროებს.

რეგიონის კურორტებს შორის ჰავის, კლიმატისა და მინერალური წყლების სამკურნალო თვისებებით განსაკუთრებით გამოირჩევა შოვისა და უწერას კურორტები. შესაძლებელია კურორტ შოვის სამთო-სათხილამურო კურორტად გარდაქმნა, რის შემდეგაც კურორტი შეძლებს დამსვენებელს წელიწადის ნებისმიერ დროს მოემსახუროს და რეგიონის სოციალურ-ეკონომიკურ განვითარებაში დიდი წვლილი შეიტანოს. სამთო-სათხილამურო კურორტის მშენებლობისათვის შესანიშნავი პირობებია სოფ. შქმერშიც. ტურისტებისთვის მიმზიდველი ადგილებია შაორისა და ლაჯანის წყალსაცავები. შაორის წყალსაცავი ამბროლაურის მუნიციპალიტეტის ულამაზესი ადგილია, რომლის ირგვლივ გვხვდება უნიკალური ჯიშის ტყეები და კულტურულ-ისტორიული ძეგლები. შაორზე არსებობს პოტენციალი ყველა სეზონის ტურიზმის (მ.შ. სათხილამურო ტურიზმის) განვითარებისთვის.

ამჟამად, რეგიონში (ამბროლაურში, ონში, ლენტეხსა და შოვში) ფუნქციონირებს რამდენიმე კომფორტული სასტუმრო რაც, რა თქმა უნდა არასაკმარისია მთელი რეგიონის მასშტაბით. რეგიონში ძალზე არასაკმარისია კვების ობიექტების რაოდენობა. აღსანიშნავია, რომ 2012 წელს ქ. ამბროლაურში ფუნქციონირება დაიწყო ტურიზმის საინფორმაციო ცენტრმა, რომლის ძირითადი ამოცანა შესაბამისი ინვესტიციების მოძიება და სხვადასხვა სახის ტურისტული მარშრუტის შედგენაა.

#### *დაცული ტერიტორიების ბიომრავალფეროვნება*

რეგიონში ტურიზმის განვითარების პოტენციალს ხელს უქვობს ის გარემოება, რომ აქ 230 ათას ჰა-ზე, ზღვის დონიდან 500–4600 მ-ის სიმაღლეზე მდებარეობს რაჭა-

ლენხუმ-ქვემო სვანეთის გეგმარებითი დაცული ტერიტორიები, რომლებიც წარმოადგენს ცენტრალური კავკასიონის გეგმარებითი დაცული ტერიტორიების ნაწილს და მოიცავს რაჭა-ლენხუმ-ქვემო სვანეთის ეროვნულ პარკს, ბუნების 12 ძეგლს და 4 აღკვეთილს (დაცული ტერიტორიის ერთ-ერთი სახე, რომელსაც მინიჭებული აქვს სპეციალური სტატუსი). აღკვეთილები გამოირჩევა კარსტული ღრმეულებით, პლატოსებრი უბნებით, კირქვული სერებითა და ღრმად ჩაჭრილი ეროზიული კანიონებით. ბუნების ძეგლები შერჩეულია მათი უნიკალური ფიზიკურ-გეოგრაფიული მახასიათებლების – კარსტული რელიეფის და კირქვის სუბსტრატზე განვითარებული მცენარეულობის თავისებურებით. ეროვნული პარკის ტერიტორიაზე გავრცელებულ მცენარებთაგან 164 კავკასიის ენდემია, 26 – საქართველოს ენდემი, ხოლო 5 – რაჭა-ლენხუმ-ქვემო სვანეთის ფლორის ენდემი. ასევე გავრცელებულია ძუძუმწოვართა 51 და ფრინველთა 152 სახეობა, მათ შორის საქართველოს „წითელ ნუსხაში“ შეტანილი სახეობები, რაც ტერიტორიის ბიომრავალფეროვნების მნიშვნელობაზე მიუთითებს. ეროვნული პარკი არის მაღალი დონის ეკოლოგიური ღირებულებისა და ეკოტურიზმის განვითარების პოტენციალის მქონე ტერიტორია. შესაძლებელია გეგმარებით დაცულ ტერიტორიაზე ტურისტული პოტენციალის გამოყენება ფრინველებსა და ცხოველებზე დაკვირვების, ასევე ბოტანიკური და ეკოლოგიური (მაგალითად, კარსტულ მღვიმეებში) ტურების ორგანიზებით. ეროვნულ პარკში შესაძლებელია ალპინიზმის განვითარებაც. დღეისათვის, ეროვნული პარკის ინფრასტრუქტურა არ არის შექმნილი. თუმცა, მსოფლიო ბანკის დაფინანსებით უკვე მომზადებულია მენჯემენტის გეგმები 5-წლიანი მართვისთვის. აღნიშნული გარემოება ხელს შეუწყობს ეროვნული პარკის მიმდებარედ მცხოვრები მოსახლეობის ჩართვას ეკოტურისტულ საქმიანობასა და სხვადასხვა სოციალურ პროექტში. შესაძლებელი გახდება მოსახლეობის გადამზადება გიდის სერვისის უზრუნველსაყოფად, აგრეთვე საოჯახო სასტუმროებისა და კვების ობიექტების განვითარება და ადგილობრივი პროდუქციის რეალიზაცია, რაც ხელს შეუწყობს რეგიონში სოციალურ-ეკონომიკური პირობების გაუმჯობესებას.

### *დასახლებათა იერსახე და სივრცითი დაგეგმვა*

რეგიონში არსებული დასახლებების ინფრასტრუქტურული იერსახე – შენობა-ნაგებობების, ეზოების, ქუჩების, ტროტუარების, მოედნების, სკვერების, პარკების იერსახე, საქართველოს სხვა რეგიონების ანალოგიურად, არადაამაკმაყოფილებელია. ამის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი განმაპირობებელი ფაქტორია არქიტექტურულ-სამშენებლო სფეროს რეგულირების ქმედითი სისტემის არარსებობა. თუმცა უკანასკნელ წლებში, მნიშვნელოვანი ყურადღება ეთმობა მუნიციპალური ცენტრების კეთილმოწყობას და გარე განათების სამუშაოებს.

მაგრამ აქვე უნდა აღვნიშნოთ რაჭა-ლენხუმის რეგიონში არც მხარის და არც მუნიციპალურ დონეზე არ ხორციელდება სივრცით-ტერიტორიული დაგეგმვა.

ინფრასტრუქტურის განვითარება მნიშვნელოვანია აგრეთვე რაჭა-ლენხუმის მრავალრიცხოვანი კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლების შესანარჩუნებლად, რომელიც მრავლადაა რეგიონში, თუმცა მათი მდგომარეობა დიდწილად სავალალოა. კულტურულ-ისტორიული ძეგლები ტურისტული პოტენციალის ერთ-ერთი უმთავრესი ფაქტორია. ხშირ შემთხვევაში სწორედ ძეგლების სანახავად ჩამოდის ტურისტი (როგორც ქვეყნის მოქალაქე, ასევე უცხოელი სტუმარი) რეგიონში. არჩევანი კი საბედნიეროდ საკმაოდ ფართოა, იქნება ეს საკულტო, საერო თუ საფორტიფიკაციო ნაგებობები, ინტერესი მათ მიმართ ერთნაირად დიდია. მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ ყველასთვის ცნობილი, X საუკუნის უნიკალური ჩუქურთმებით მორთული ნიკორწმინდის ტაძარი, მრავალძალის XI საუკუნის ეკლესია (რომელიც რამდენიმე

წლის წინ აღადგინეს) აქ ინახება ჯალალ-ად-დინის მუზარადი და შაჰ-აბასის ხმალი, სოტევის, ბარაკონის ეკლესიები, თუ ონის სინაგოგა...

არანაკლებ საინტერესოა ქვემო და ზემო რაჭის ხის, ფართო აივნისანი თუ მთის რაჭის დუროიანი, ქვით ნაშენი სახლები, სვანურ კოშკებს რომ მოგვაგონებს (მოუვლელობის გამო სამწუხაროდ მხოლოდ ერთადერთი სახლის ნანგრევებია შემორჩენილი სოფელ დებში). თითქმის დაკარგულია ის სამშენებლო ტექნოლოგია რითაც ხალხური არქიტექტურის ეს ბრწყინვალე ნიმუშები იქმნებოდა. იმედი უნდა ვიქონიოთ რომ რეგიონში, აქა-იქ კიდევ შემორჩა უკვე ხანში შესული დურგალი თუ კირით ხურო, რომელსაც ჯერ კიდევ ახსოვს ხელობა და საერო არქიტექტურის შექმნის ტრადიციები, რომლებიც საუკუნეები გადაეცემოდა მშობლიდან შვილებს.

დღეს დიდებული ნანგრევების შემყურე ხვდებით თუ როგორი შთამბეჭდავი იქნებოდა შუა საუკუნეებში რეგიონის დამცველი ციხე-კოშკები. ახლა უკვე მრავალი ბრძოლების და მიწისძვრებისგან ნანგრევებად ქცეული მინდა ციხე და კვარა ციხე, თაკვერის ციხესიმაგრის ნაშთები...

მნიშვნელოვანია რომ გაუმჯობესდეს არა მარტო ძეგლების მიმდებარე ტერიტორიის კეთილმოწყობა, არამედ მთლიანად რეგიონის ინფრასტრუქტურა. კეთილმოწყობის ტურისტული ცენტრები განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი ძეგლების სიახლოვეს. სადაც ტურისტი მიიღებს საჭირო ინფორმაციას ძეგლთან დაკავშირებით. აქვე იქნება კვალიფიცირებული გიდების ბიურო, მცირე კაფე თუ მუზეუმი, სანკვანძი და მედაუნქტი. შემუშავდეს ძეგლის აღდგენის თუ კონსერვაციის კონცეფცია. წინააღმდეგ შემთხვევაში სამუდამოდ დაგუარავთ იმას, რაც ჯერ კიდევ შემოგვრჩა, რითაც ყოველი ჩვენგანი ამაყოფს.

არანაკლებ აღსანიშნავია უნიკალური, ამ მხარისთვის დამახასიათებელი სასოფლო-სამეურნეო ტექნოლოგიები, იქნება ეს ხვანჭკარის განთქმული ღვინის დაყენება, თუ რაჭული ღორის დამზადების ტექნოლოგიას. ამის გარეშე არ არსებობს რეგიონის კულტურა და არანაკლებ საინტერესოა ტურისტისთვის, რომელიც ადგილობრივი ყოფა-ცხოვრების სანახავად და გასაცნობად არის ჩამოსული.

რაჭა-ლეჩხუმი, საქართველოს მთიანი რეგიონების მსგავსად მდიდარია მრავალფეროვანი ხალხური ფოლკლორით, სიმღერით, ცეკვით, სხვადასხვა დღესასწაულების აღნიშვნის ტრადიციით. განსაკუთრებით პოპულარულია მარიამობა, როდესაც თითქმის მთელი რაჭა იკრიბება მრავალძალის ეკლესიასთან. ამ განსაკუთრებული დღის გამო, მომსვენლათვის მგზავრობის გასამარტივებლად ორიოდ წლის წინათ მოასწავლდა სამანქანო გზის ნაწილი. თუმცა ეს, რა თქმა უნდა, საკმარისი არ არის თუ მთლიანად რეგიონს გადავხედავთ.

### **სატრანსპორტო და საინჟინრო ინფრასტრუქტურა**

საავტომობილო გზებს (დასახლებების შიდა გზების ჩათვლით) რეგიონში 1543,5 კმ უკავია. მათ შორის ასფალტ-ბეტონის საფარით დაფარულია 121,2 კმ, გრუნტით - 1414,1 კმ, ხოლო ბეტონით - 8,2 კმ. რეგიონის ტერიტორიაზე საერთაშორისო მნიშვნელობის გზა არ გადის. აქ არსებულ გზებზე განლაგებულია 185 ხიდი, რომელთა საერთო სიგრძე 3855 გრძივ მეტრს შეადგენს.

აღსანიშნავია, რომ ასფალტის ან ბეტონის საფარით არ არის დაფარული მუნიციპალური ცენტრებისა და შესაბამისი დასახლებების დამაკავშირებელი ადგილობრივი მნიშვნელობის სახელმწიფო გზების, აგრეთვე საკურორტო დასახლებებამდე მისასვლელი გზების დიდი ნაწილი.

### **ტურისტული პოტენციალის ეფექტური გამოყენება და მისი გაზრდის ხელშეწყობა**

საქართველოს მთავრობისთვის ცნობილია რაჭა-ლეჩხუმის ტურისტული პოტენციალი და რეგიონის 2014–2021 წლების განვითარების გეგმაში მნიშვნელოვანი

ადგილი უკავია. აქ დეტალურად არის აღწერილი თუ რა ღონისძიებების გატარებას გეგმავს ხელისუფლება:

მიზანი 6: ტურიზმის მრავალმხრივი განვითარება.

ამოცანა 6.1. პროგრამული და ინფრასტრუქტურული ინიციატივების მომზადება, მართვა და განხორციელება.

ტურიზმის განვითარების რეგიონული და მუნიციპალური პროგრამების შემუშავება

ტურიზმის, როგორც კომპლექსური ინდუსტრიის განვითარების შესაძლებლობების შესწავლა და გამოვლენა, შესაბამისი ინიციატივების შემუშავება, განხორციელება და პოპულარიზაცია;

ტურიზმის სახეების განვითარების ხელშეწყობა და პოპულარიზაცია;

ტურიზმის უფრო ეფექტური მართვისათვის, შესაბამისი სახელმწიფო გრანტებისა და პროგრამების ათვისება-განხორციელებაში კერძო სტრუქტურების ჩართვა

ტურისტული ინფრასტრუქტურის, ისევე როგორც შესაბამისი პოლიტიკის შექმნაში ადგილობრივი მოსახლეობის ჩართულობის დონის გაზრდა;

სპეციალური საინვესტიციო პაკეტების მომზადება და მათი შეთავაზება ინვესტორებისათვის;

ტურისტული სააგენტოების, შესაბამისი კადრების და რეგიონში ტურისტული ნაკადების ორგანიზებული შემოდინების ხელშეწყობა;

ტურიზმის კეთილმოწყობილი საინფორმაციო ცენტრების შექმნა და ამოქმედება შოვის, უწერის, ლაშიჭალის კურორტებისა და შაორის ტერიტორიის ინფრასტრუქტურის მოწესრიგება და შესაბამისი საინვესტიციო წინადადებების მომზადება;

ლენტეხის მუნიციპალიტეტში კურორტ მუაშის, ზესხოს, ყორულდაშის და ბავარის ტურისტული და საკურორტო პოტენციალის ამოქმედება;

რეგიონის საკურორტო და სარეკრეაციო ობიექტების, მათთან მისასვლელი გზებისა და ინფრასტრუქტურის მოწესრიგება; რეგიონის მასშტაბით საინფორმაციო ინფრასტრუქტურის სრულფასოვანი მოწყობა;

ტურისტთა დაბინავების ადგილებისა და კვების ობიექტების (მათ შორის, სწრაფი კვების ობიექტების) მოწყობა თანამედროვე სტანდარტების შესაბამისად, კეთილმოწყობილი კემპინგის პუნქტების შექმნის ხელშეწყობა რეგიონის ყველა მუნიციპალიტეტში.

ამოცანა 6.2. მრავალფეროვანი ტურისტული პროდუქტის შექმნა და რეგიონის რეკლამირება.

ტურისტული მარშრუტების შექმნა-განახლება; კულტურული, სათავგადასავლო, სამკურნალო, სპორტული და სხვა ტურების ორგანიზების ხელშეწყობა;

სხვადასხვა სახის და მასშტაბის ტრადიციული სპორტული დღესასწაულების, შეჯიბრებების, ფოლკლორული ფესტივალების, კონკურსების, ოლიმპიადების აღდგენა-განვითარების ორგანიზება;

ადგილობრივი ნატურალური პროდუქტების, ადგილობრივი წარმოების, ეკოლოგიურად სუფთა და ბევრ ქვეყანაში განთქმული ღვინოების პოპულარიზაცია;

სპეციალური ვებგვერდისა და ბანერების გაკეთება; რუკების, გზამკვლელების, ბროშურების და სარეკლამო რგოლების მომზადება და გავრცელება;

ადგილობრივი ტრადიციული ნაწარმისა და სუვენირების წარმოების განვითარების ხელშეწყობა.

### 3. დასკვნა

ყოველივე ზემოაღნიშნული ნათლად გვაჩვენებს რომ რეგიონს ტურისტული განვითარების კუთხით დიდი პოტენციალი აქვს. თუმცა, აქვე ხაზი უნდა გავუსვათ იმას, რომ ეს შეუძლებელი იქნება საჭირო ინფრასტრუქტურის და ტურიზმისთვის აუცილებელი სერვისების განვითარების გარეშე. საბედნიეროდ, საქართველოს მთავრობაში შეინიშნება ამ კუთხით ინტერესის მატება. იგეგმება სხვადასხვა პროექტი, საკანონმდებლო ცვლილებები. შეიქმნა ეგრედწოდებული „მთის კანონი“ (რომლის დეტალურ განხილვას სასურველია ცალკე სტატია დაეთმოს). ყველასთვის ცნობილია, რომ ტურიზმის განვითარება არა მარტო რეგიონისთვის, არამედ მთლიანად ქვეყნისთვის უმნიშვნელოვანესია. არ არის საკმარისი მთვრობამ მხოლოდ ადგილობრივი მოსახლეობის სუბსიდირებასა და ერთჯერად პროექტებზე იზრუნოს. უფრო მნიშვნელოვანია ჯანსაღი, უსაფრთხო გარემოს შექმნა, ხარისხიანი ჯანდაცვა და საკომუნიკაციო სისტემები, დანარჩენს უკვე თავად მოსახლეობა მიხედავს.

### ლიტერატურა

1. საქართველოს მთავრობის განკარგულება: 1374– რაჭა - ლეჩხუმისა და ქვემო სვანეთის რეგიონის განვითარების სტრატეგია 2014–2021 წლებისთვის
2. <http://rachalechkhumi.blogspot.com/p/blog-page.html>
3. <http://www.elitetravel.ge>
4. [http://www.government.gov.ge/files/275-38379-941560-137419\\_09.13-1.pdf](http://www.government.gov.ge/files/275-38379-941560-137419_09.13-1.pdf).
5. [www.nacres.org](http://www.nacres.org)
6. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
7. <http://www.apa.gov.ge>
8. <http://seismo.iliauni.edu.ge>
9. <http://catalog.edu.ge>
10. <http://www.government.gov.ge/files/53-74-847928-racha-lechkhumi.pdf>

დიდმალიანი შენობების გადახურვის კონსტრუქციების  
ხანმედგობის საკითხები

კ. მახარობლიძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი,  
კოსტავას 77)

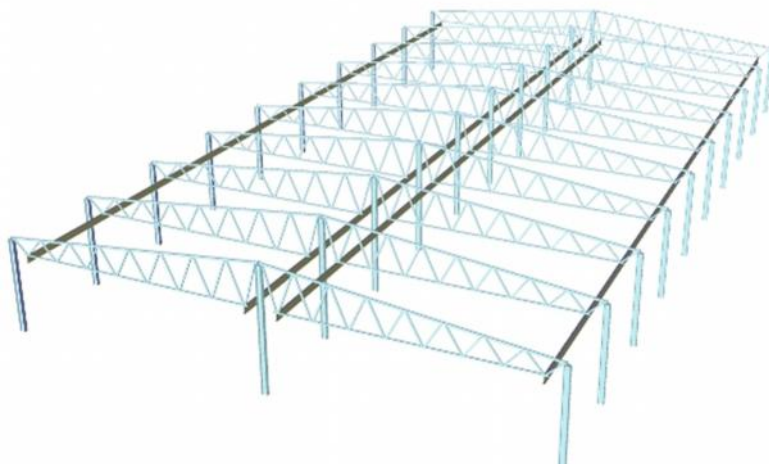
**რეზიუმე.** განხილულია დიდმალიანი შენობა-ნაგებობების გადახურვის კონსტრუქციების ხანმედგობის საკითხები, კერძოდ, მრავალფუნქციური სისტემების (მთლიანად კომპლექსის) საიმედოობა. მოცემულია დიდმალიანი გადახურვის კონსტრუქციული ელემენტის მწყობრიდან გამოსვლის ინტენსიურობის მრუდი, ასევე მთლიანად შენობა-ნაგებობის და მისი ცალკეული კონსტრუქციის ელემენტის საშუალო ხანმედგობის მაჩვენებლები. **საკვანძო სიტყვები:** დიდმალიანი კონსტრუქციები, ხანმედგობა, საიმედოობა, ინტენსიურობა, მრავალფუნქციური სისტემები, მრუდი, საიმედოობის დონე, კომპლექსი და დატვირთვები.

### 1. შუსავალი

ნაშრომში განხილულია დიდმალიანი შენობა-ნაგებობების გადახურვის კონსტრუქციების ხანმედგობის საკითხები, კერძოდ, ის შეეხება მრავალფუნქციური სისტემების (მთლიანად კომპლექსის) საიმედოობას. მოცემულია ექსპლუატაციის პერიოდში გადახურვის საიმედოობის ცვლილების მრუდი. ასევე დიდმალიანი გადახურვის კონსტრუქციული ელემენტის მწყობრიდან გამოსვლის ინტენსიურობის მრუდი, მთლიანად შენობა-ნაგებობის და მისი ცალკეული კონსტრუქციის ელემენტის საშუალო ხანმედგობის მაჩვენებლები.

### 2. ძირითადი ნაწილი

დიდმალიანი შენობა-ნაგებობების გადახურვის კონსტრუქციები მრავალ ელემენტური და მრავალფუნქციური სისტემებია. სისტემის საიმედოობა მთლიანად კომპლექსში დამოკიდებულია მის შემადგენელ ელემენტებზე. თუმცა მცხოვრებთათვის, დასაქმებულებისა და მომსახურე პერსონალისათვის აუცილებელია მთლიანად შენობა-ნაგებობის საიმედოობა, მაგალითად, ელემენტების ერთიანობა და კომპლექსი, გადაბმა, შეპირაპირება და შეუღლება, ასევე მათი საიმედოობა არა მხოლოდ სიმტკიცის, არამედ ექსპლუატაციისა (საინჟინრო სისტემების ფუნქციონირების საიმედოობის ჩათვლით).



ზემოთ ჩამოთვლილთან ერთად დაპროექტების, მშენებლობისა და ექსპლუატაციის პრაქტიკაში ხშირად კონსტრუქციის სიმტკიცე განიხილება როგორც მთავარი, ხოლო საიმედოობა, შენარჩუნებულ იქნეს საექსპლუატაციო მაჩვენებლები შემომზღუდავი კონსტრუქციებისა – როგორც მეორეხარისხოვანი. ახალი სახლების და პროექტებისას საექსპლუატაციო მახასიათებლები არ არის საანგარიშო ეტალონად მიჩნეული. მაგალითად, ელემენტებს და მათ შეუღლების წერტილებს ანგარიშობენ სიმტკიცეზე და დეფორმაციებზე, თუმცა დასაშვები დეფორმაციები ყოველთვის არ უზრუნველყოფს შენობის კომფორტულ ნორმატიულ მდგომარეობას. ამის გამო ელემენტების შეერთების ადგილების საექსპლუატაციო მაჩვენებლებს ირჩევენ უპირატესად კონსტრუქციულად და არა ანგარიშის გზით.

დაპროექტებისას აუცილებლად უნდა გავითვალისწინოთ ფაქტორები, რომლებიც ზეგავლენას ახდენს კონსტრუქციის საიმედოობაზე: გამოსაყენებელი ელემენტების ხარისხი და რაოდენობა; ელემენტებისა და დეტალების მუშაობის რეჟიმი; დამზადების სტანდარტიზაცია და უნიფიკაცია; დეტალების, კვანძებისა და ელემენტების გამოკვლევისა და რემონტის ჩატარების შესაძლებლობა.

შენობის სამონტაჟო სამუშაოების წესების დარღვევის; მასალებისა და მაკომპლექტებელი ნაკეთობების შესაბამისი კონტროლის არარსებობის; შეფასების დარღვევისა და მასალების არახარისხიანით შეცვლის; არასახარბიელო პირობებში დიდი ხნის განმავლობაში შენახული კონსტრუქციული ელემენტების გამოყენების; კონკრეტული ოპერაციებისა და ახალი მზა პროდუქციის გამოშვებამდე არასაკმარისი კონტროლის, ასევე თვითონ მონტაჟის ტექნოლოგიის დარღვევის შედეგად შეიძლება წარმოიქმნას პირობები, რაც უარყოფითად იმოქმედებს მთლიანად შენობა-ნაგებობის კონსტრუქციის საიმედოობაზე.

შენობა-ნაგებობებისა და მისი შემადგენელი ელემენტების საიმედოობაზე ექსპლუატაციის პერიოდში ზეგავლენას ახდენს შემდეგი ფაქტორები: შინაგანი დაძაბულობა, ძაღვები კონსტრუქციაში, რომელიც არ შეესაბამება კონსტრუქციულ მნიშვნელობებს; გარე ზემოქმედება; ტექნიკური მომსახურების სისტემა; მომსახურე და სარემონტო პერსონალის ტექნიკური კვალიფიკაცია.

მიღებულია ჩავთვალოთ, რომ საექსპლუატაციო საიმედოობა უდრის თვით პროდუქტისა (შენობა, მექანიზმი) და მოხმარების (ადამიანური ფაქტორი) საიმედოობას. ეს ბოლო მოსაზრება მოიცავს მოხმარების ყველა ფაქტორს და გამოიხატება ნაგებობის საიმედოობის მეტად ან ნაკლებად მნიშვნელოვან შემცირებით. ამ ყველაფრის უარყოფითი გავლენის შემცირებისათვის განსაზღვრულ როლს ასრულებს საორგანიზაციო ღონისძიებები: ტექნიკური მომსახურე პერსონალის სწავლება და მომზადება; კონსტრუქციების მწყობრიდან გამოსვლის სტატისტიკური მაჩვენებლების შეგროვების ორგანიზება ადგილზე; სისტემის ექსპლუატაციისათვის, მათი პროფილაქტიკისა და რემონტისათვის სპეციალური ინსტრუქციებისა და მეთოდების შემუშავება.

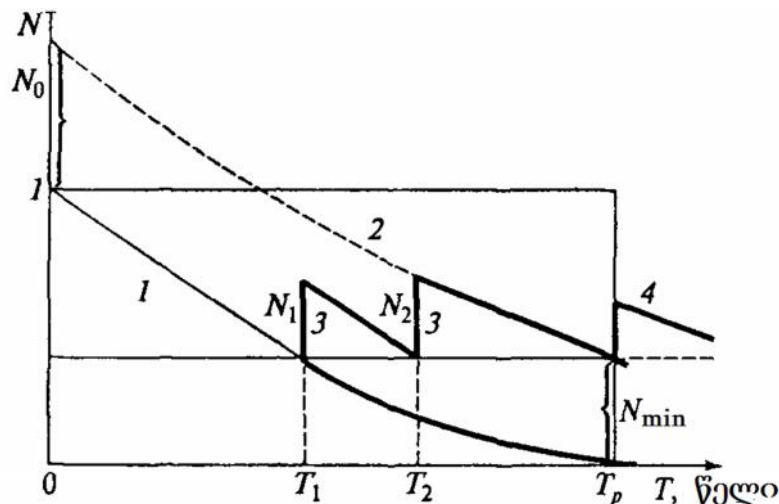
დღესდღეობით, საცხოვრებელი და საზოგადოებრივი შენობები, ისევე როგორც ქალაქების საინჟინრო ნაგებობები, განიცდიან სირთულეების მაშტაბების მნიშვნელოვან ცვლილებას. თანამედროვე შენობები შეიძლება მივიჩნიოთ, როგორც დიდი ტექნიკური სისტემა, მექანიზმი. ასეთი სისტემები აქვთ დიდი რაოდენობის სხვადასხვა სახის კომპონენტის გაერთიანება, რომელთაც აქვთ რთული ერთმანეთზე გადახლართული კავშირები და არათანაბარი ცვლადი დატვირთვები. განცალკევებულ, პატარა დეტერმინირებულ სისტემებთან და ნაგებობებთან საპირისპიროდ დიდი სისტემები იქცევიან არაპროგნოზირებულად, სტოქასტიკურად. თავისთავად, შენობების, როგორც სისტემის სირთულეების დაძლევაში მიღწეულმა ნახტომმა უნდა გამოიწვიოს ცვლილებები დაპროექტების მეთოდებში. მცირე სისტემების (შენობა, მექანიზმი) შემუშავება და კვლევა ეყრდნობა კონსტრუქციული ელემენტებისა და კვანძების დამზადების დეტალურ ანალიზს, გაანგარიშების ამოცანებისა და მეთოდების

სპეციალიზაციასა და კონსტრუირებას. ხოლო დიდი სისტემების შექმნა პირიქითაა, იგი გულისხმობს პატარა სისტემების სინთეზსა და ინტეგრაციას. [1]

სისტემები მიეკუთვნება შედარებით ფართო გაგებას, სადაც განიხილება შემავალი ელემენტების მრავალსახეობა და ურთიერთდამოკიდებულება, ასევე კონსტრუქციების მუშაობის დინამიკა (ექსპლუატაციის პერიოდში) და ლოგიკურ საზღვრებში მათი დაქვემდებარება (ანალიზის დედუქციური მეთოდი).

რთული სისტემების საწყისად, მათ შორის შენობებისა და ნაგებობებისა, ითვლება ფორმების მრავალფეროვნება (პოლიფორმიზმი), რომელთა კონტროლიც ხორციელდება ცალკეული ელემენტების ანგარიშსა და კონსტრუირებაში. რთული სისტემების დროს შეიძლება იგი დაიყვანოთ ისეთ მოდელად, რომლებიც შედგებიან უამრავი გაცილებით მარტივი ნაწილისაგან. შენობებისა და დიდმალიანი გადახურვის კონსტრუქციების საიმედოობა გამოისახება დროთა განმავლობაში ცვალებადობით, მასალების თვისებების და გარემო პირობებით (დატვირთვები და ზემოქმედებები). მასალების თვისებებისა და მაჩვენებლების ფაქტორებზე დაყრდნობით შენობის აგების დამთავრებისას განსაზღვრავენ მის თავდაპირველ საიმედოობას, რომელიც ექსპლუატაციის პირველი დღიდან თანდათანობით მცირდება (სურათი 1) თუ დავინტერესდებით საიმედოობის, ხანმედგობის მინიმალური დასაშვები ზღვარით  $N_{min}$  საანგარიშო ვადის განმავლობაში, მაშინ შეიძლება ნაგებობის გაძვირების ხარჯზე მივალწით  $N_0$  მაღალ საწყის საიმედოობის დონეს, რომელიც  $T_p$  პერიოდისათვის,  $N_{min}$ -ის ტოლი იქნება.

ამ ყოველივეს ზოგადი, სიმბოლური შეთანხმებით შეგვიძლია ვუწოდოთ საწყისი რეზერვაცია. საწყისი რეზერვაციის განსაზღვრა მეტწილად ეკონომისტების ამოცანად ითვლება. რა თქმა უნდა, შეიძლება გავაგრძელოთ ყველაფერი თავდაპირველი რეზერვაციის გარეშე, მაგრამ ასეთი თანამიმდევრობით დაგეგმვებიდან რემონტები (მრუდი 2), რომელიც შეინარჩუნებდა ნაგებობის საიმედოობის მაჩვენებელს  $N_{min}$  დონის ხევით მთელი ექსპლუატაციის განმავლობაში.



სურ. 1- გადახურვის საიმედოობის ცვლილება ექსპლუატაციის პერიოდში  
 1 - თეორიული მრუდი; 2 - თეორიული მრუდი რეზერვების შემთხვევაში; 3 -  
 კაპიტალური რემონტის შედეგად საიმედოობის გაზრდა; 4 - ხანმედგობის გაზრდა.

რომ წარმოვიდგინოთ მთლიანად ექსპლუატაციის პერიოდში ხანმედგობის ცვლილებები, მიზანშეწონილი იქნება შევავასოთ გადახურვის მუშაობის სქემა დროის განმავლობაში. ნებისმიერი კონსტრუქციული ელემენტის ექსპლუატაციის მთლიანი

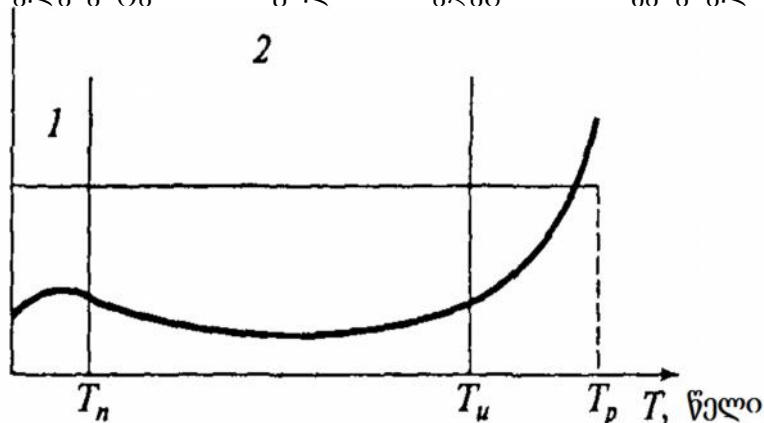


დრო შეიძლება დაეყოთ სამ პერიოდად: ტესტირების, ნორმალური ექსპლუატაციისა და ინტენსიური გამოყენების პერიოდებად.

მე-2 სურათზე მოცემულია დიდმალიანი გადახურვის კონსტრუქციული ელემენტის მწყობრიდან გამოსვლის ინტენსიურობის მრუდი, რომელიც დაყოფილია სამ პერიოდად.

ტესტირების ანუ საცდელი ექსპლუატაციის პერიოდში მწყობრიდან გამოსვლის ინტენსიურობა დიდია, რადგან კონსტრუქციული ელემენტების კომპლექსი შეიძლება შეიცავდეს დიდი რაოდენობით დეფექტურ ელემენტებს, რომლებიც მწყობრიდან გამოდიან ერთიმეორის მიყოლებით; მოკლე დროში მწყობრიდან გამოსვლის ინტენსიურობა სწრაფად მცირდება და მიახლოებით სტაბილური სიდიდის ხდება, რადგან უკვე ყველა დეფექტური ელემენტი გამოვიდა მწყობრიდან და ისინი ან შეარემონტეს, ან გამოცვალეს. ამ დროს ნაგებობაში ბუნებრივი პროცესების მიზეზებით გამოწვეული (მაგალითად შენობის ჯდენით, რხევებით და ა. შ.) მწყობრიდან გამოსვლა ფიქსირდება და ვლინდება ტექნოლოგიური ხასიათის დეფექტები – მონტაჟი, ტრანსპორტირება, და სამუშაოების წარმოება.

ტესტირების პერიოდის შემდეგ მწყობრიდან გამოსვლის ინტენსიურობა ხდება მუდმივი, სტაბილური – იწყება ნორმალური ექსპლუატაციის პერიოდი, ამ პერიოდის ჩავარდნებს ეწოდებათ უეცარი. როდესაც კონსტრუქციული ელემენტების გამოყენების დრო აღწევს  $T_n$ -ს, მაშინ თავს იჩენს ძლიერი დატვირთვით ნაგებობის გამოყენება – ინტენსიური გამოყენების პერიოდი, და ჩავარდნების ინტენსიურობა იზრდება  $T_p$ -მდე, რომელიც წარმოადგენს, როგორც მთლიანად შენობა-ნაგებობის, ისე მისი ცალკეული კონსტრუქციების, ელემენტების საშუალო ხანმედეგობის მაჩვენებელს.



ნახ. 2. კონსტრუქციის მწყობრიდან გამოსვლის ინტენსიურობა, დროის ფუნქცია ექსპლუატაციისას 1 - ტესტირების პერიოდი; 2 - ნორმალური ექსპლუატაციის პერიოდი; 3 - ინტენსიური გამოყენების პერიოდი

ნორმალური ექსპლუატაციის პერიოდი ხასიათდება მოულოდნელი ჩავარდნებით. ამის მიზეზი შეიძლება იყოს დატვირთვების კონცენტრაცია, რომელიც თავისმხრივ წარმოადგენს შემთხვევით მოვლენას. ასე რომ, გადაბმის ადგილების მწყობრიდან გამოსვლა გაუონვის ან გაყინვის სახით ნორმალური ექსპლუატაციის პერიოდში შეიძლება გაჩნდეს მოულოდნელად, მაგალითად, ტემპერატურული დატვირთვის კონცენტრირება საიზოლაციო მასალის რომელიმე მონაკვეთში მოხდეს და შედეგად საიზოლაციო მასალისა და ბეტონის ან ლითონის შეუღლების ადგილას ბზარების გაჩენა გამოიწვიოს.

ინტენსიური გამოყენების პერიოდში, მაგალითად, საიზოლაციო მასალის გადაბმის ადგილას, იზრდება მწყობრიდან გამოსვლის რაოდენობა, რაც დაკავშირებულია მასალის დაძველების მოვლენასთან, მისი ელასტიურობის

შემცირებასთან, შედეგად ბზარების გაჩენასთან და ბეტონთან ან ლითონთან შეჭიდულობის დაქვეითებასთან. [2]

### 3. დასკვნა

დიდმალიანი შენობა-ნაგებობების გადახურვის კონსტრუქციების ხანმედგობის შენარჩუნებისა და გაზრდისათვის, კერძოდ, ეს ეხება მრავალფუნქციური სისტემების (მთლიანად კომპლექსის) საიმედოობას, აუცილებელია სამშენებლო მასალების მაღალი ხარისხი, რეზერვებისა და რემონტების გათვალისწინება. დიდმალიანი გადახურვის კონსტრუქციული ელემენტების მწყობრიდან გამოსვლის ინტენსიურობის შემცირების, ასევე მთლიანად შენობა-ნაგებობის და მისი ცალკეული კონსტრუქციების ელემენტების საშუალო ხანმედგობის მაჩვენებლების გაზრდისათვის აუცილებელია ხარისხიან მასალებთან ერთად გაუმჯობესდეს მშენებლობის ხარისხი კერძოდ კვანძები მაღალი ხარისხით შესრულდეს.

### ლიტერატურა

1. НИИЖБ, ЦНИИП ромзданий. Руководство по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций из тяжелого бетона . М.,1977;
2. Козачек В. Г., Нечаев Н. В., Хотенко С. Н., Римшин В. И., Роитман А. Г. Обследование и Испытание Зданий и Сооружений, Москва, 2004;

E-mail: [v.martin.hm@gmail.com](mailto:v.martin.hm@gmail.com)

## 1.

[1].

## 2.

90%

59,12<sup>3</sup>).

-

«

»

3,482<sup>3)</sup>, 32 - 1<sup>3</sup>.<sup>51</sup> ( 28,64<sup>3)</sup>,  
(198300<sup>2)</sup> ( )  
( )  
( )



3.

1. . . . . 6 – ;  
2014
2. . . . . ( ) –  
, 2011 ( )
3. „ . . . . , 27-  
28 2015, .185–189
- 4.Guguchia M. The Study of Three Tier Drainage and Use If for Colchis Wetland Soils Reclamation. XII International Conference “Environmental Protection, Biological and Ecological Science and Engineering“. Madrid (Spain), 2014, pp.555

პირველი გვარის სინგულარული ინტეგრალური განტოლების  
რიცხვითი ამოხსნები გახსნილი კონტურების შემთხვევაში

გ. ყიფიანი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. № 77,  
0175, თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე.** პირველი გვარის სინგულარული ინტეგრალური განტოლებისათვის აგებულია მარკოვის ტიპის კვადრატურული ფორმულების შესაბამისი რიცხვითი ამოხსნის მაღალი რიგის სიზუსტის სქემა. მიღებულია შესაბამისი შეფასებები.

**საკვანძო სიტყვები:** სინგულარული ინტეგრალი, გახსნილი კონტური, კვადრატული ფორმულა, რიცხვითი ამოხსნა.

## 1. შესავალი

განიხილება პირველი გვარის [1] სინგულარული ინტეგრალური განტოლების

$$\frac{1}{\pi i} \int_{ab} \frac{\varphi_0(t) dt}{t - t_0} + \frac{1}{\pi i} \int_{ab} K(t_0, t) \varphi_0(t) dt = f(t_0), \quad t_0 \in L$$

(1)

რიცხვითი ამოხსნის საკითხები, გახსნილი კონტურების შემთხვევაში გარკვეულ დაშვებებში საძებნი ამონახსნის ფუნქციათა კლასის მიმართ. ასეთ განტოლებებზე მიიყვანება, მაგალითად დირიხლეს ამოცანა სიბრტყეზე ჭრილებისათვის [1], ლეროსა და ძელის გრების ამოცანები, სიბრტყის ტემპერატურული სტაციონარული ამოცანა, ნებისმიერად განლაგებული ბზარების შემთხვევაში ([2] თ. VII), ასევე დრეკადობის თეორიის ძირითადი სასაზღვრო ამოცანები.

მრავალი ავტორის მიერ განხილულია სხვადასხვა სქემა ასეთი განტოლების რიცხვითი ამოხსნებისათვის, მათ შორის, უფრო რთულ შემთხვევებში, როცა განტოლების ინდექსი უარყოფითი რიცხვია. ამ მხრივ განსაკუთრებით აღსანიშნავია ა. ჯიშკარიანის [8-9], ი. ლიფანოვის [10-11], ბ. მუსაევის [12-13], მ. კუბლაშვილის [3] შრომები.

მიუხედავად ამისა, აღნიშნულ შრომებში, როგორც წესი, განიხილება პირველი გვარის სინგულარული განტოლების გულისა და ინტეგრალის წირის მიმართ გარკვეული შეზღუდვები. ინტეგრირების წირად აღებულია ნამდვილი ღერძის მონაკვეთი. ნებისმიერი კონტურის შემთხვევაში განტოლების გარდაქმნა მონაკვეთის შემცველ განტოლებად პრინციპულად შესაძლებელია, მაგრამ ხშირად ძალიან არასასურველია. განსაკუთრებით ისეთ განტოლებებში, რომლებიც უკავშირდება პრაქტიკულ ამოცანებს. ხშირად ასეთი გარდაქმნები რთულია, რადგანაც გამოყენებებში უფრო ხშირად იძულებულნი ვართ გამოვიყენოთ გარკვეული საწყისი მონაცემები. მეორე მნიშვნელოვანი საკითხია გამოთვლილი სქემების კრებადობის სისწრაფე.

მოცემულ ნაშრომში განხილული სქემა გამოიყენება პირველი გვარის სინგულარული ინტეგრალური განტოლების რიცხვითი ამოხსნებისთვის, ნებისმიერი გახსნილი კონტურის შემთხვევაში, იმ დაშვებით, რომ მოცემულ ზუსტ განტოლებას ამოხსნების განსახილველ კლასში აქვს ერთადერთი ამოხსნა.

მარჯვენა მხარისა და გულის მიმართ გარკვეულ დაშვებებში შესაძლებელია მივალწიოთ კრებადობის საკმაოდ მაღალ რიგს.

2. ძირითადი ნაწილი

ჩავთვალოთ, რომ (1) განტოლებაში  $ab$  გახსნილ გლუვ კონტურია, ჩვენ ჩავთვლით, რომ ის მოცემულია პარამეტრული სახით  $t = t(s)$  ( $s_a \leq s \leq s_b$ ),  $K(t_0, t)$  და  $f(t)$   $ab$  ზე მოცემული ფუნქციებია, რომლებიც აკმაყოფილებს ჰელდერის პირობას (იხ. [1]).

ვუძებნოთ (1) განტოლების ამონახსნი, რომელიც შემოსაზღვრულია  $a$  - ბოლოზე და შემოუსაზღვრელია  $b$  - ზე. ასეთ ამონახსნს, როგორც ცნობილია (იხ. [1] § 68), აქვს შემდეგი სახე:

$$\varphi_0(t) = \sqrt{\frac{t-a}{t-b}} \varphi(t) \tag{2}$$

სადაც  $K$  და  $f$ -ზე ზემოთ მოყვანილ დაშვებაში,  $\varphi$  ფუნქცია  $ab$  -ზე აკმაყოფილებს ჰელდერის პირობას. თუ გავითვალისწინებთ (2) - ტოლობას, მაშინ (1) განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\frac{1}{\pi i} \int_{ab} \sqrt{\frac{t-a}{t-b}} \frac{\varphi(t)}{t-t_0} dt + \frac{1}{\pi i} \int_{ab} \sqrt{\frac{t-a}{t-b}} K(t_0, t) \varphi(t) dt = f(t_0) \quad t_0 \in ab \tag{3}$$

როგორც აღვნიშნეთ ასეთი განტოლებების რიცხვით ამოხსნებს მიძღვნილი აქვს უამრავი ნაშრომი (იხ. [3], [4], [5], [6] და ა.შ.), მაგრამ ეს სქემები ძალიან რთულია და ინჟინრებს მათი გამოყენება უჭირთ. მირიან კუბლაშვილმა ნაშრომში ([7]) ძალიან გაამარტივა ეს სქემები. აღნიშნულ ნაშრომში გამოყენებულია ეს იდეა მარკოვის ტიპის კვადრატურული ფორმულებისათვის, კერძოდ:

$$S_n^{(\frac{1}{2}, -\frac{1}{2})}(\varphi; t_0) \equiv \frac{1}{\pi i} \int_{ab} \sqrt{\frac{t-a}{t-b}} \frac{\varphi(t) dt}{t-t_0}, \quad (t_0 \in ab, t_0 \neq a, b) \tag{4}$$

სინგულარული ინტეგრალი იცვლება  $S_n^{(\frac{1}{2}, -\frac{1}{2})}(\varphi; t_0)$  მარკოვის ტიპის კვადრატურული ფორმულით (იხ. [5]) ხოლო რეგულარული ინტეგრალი  $K(\varphi; t_0) = \frac{1}{\pi i} \int_{ab} \sqrt{\frac{t-a}{t-b}} K(t_0, t) \varphi(t) dt$   $K_n(\varphi; t_0)$  - ჩვეულებრივი კვადრატურული ფორმულით, მარკოვის კოეფიციენტებით და კვანძებით (იხ. [5]) და (3) - ზუსტი ინტეგრალური განტოლება

$$S(\varphi; t_0) \approx S_n^{(\frac{1}{2}, -\frac{1}{2})}(\varphi; t_0) + K_n(\varphi_n; t_0) \tag{5}$$

თუ (5)-ში  $t_0$ -ის ნაცვლად ჩავსვათ  $T(v, j) = \{t_{vj}\}$  ( $v = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m$ ) მივიღებთ წრფივ განტოლებათა სისტემას  $T(v, j)$  წერტილებში  $\varphi_n(t_{vj})$  უცნობების მიმართ. თუ ამოვხსნით ამ სისტემას და  $\varphi_n(t_{vj})$  ამონახსნებით ავაგებთ  $L_n(\varphi_n; t)$  - ლაგრანჟის საინტერპოლაციო მრავალწევრს, მაშინ



$$L_v(\varphi; t_0) = \sum_{k_0=1}^m l_{vk_0}(t_0)\varphi(t_{vk_0}), l_{\sigma k}(t) = \frac{\omega_\sigma(t)}{(t - t_{\sigma k})\omega_\sigma'(t_{\sigma k})}, \omega_\sigma(t) = \prod_{k=1}^m (t - t_{\sigma k})$$

მტკიცდება, რომ როცა  $K(t_0, t), f(t_0) \in H_\alpha^{(r)}(ab)$  ადგილი აქვს შეფასებას:

$$\|\varphi(t) - L_n(\varphi_{n_0;t})\|_{H\beta} \leq \frac{C_r l_{nn}}{n^{r+\alpha-\beta-\frac{1}{2}}} \quad (m > r + 1, \quad \beta < a < \frac{1}{2})$$

სადაც  $\varphi$  არის (3) განტოლების ამონახსნი, ხოლო  $C_r$  - რაიმე მუდმივა.

### 3. დასკვნა

ამრიგად, (3) განტოლებისათვის აგებულია მარკოვის ტიპის მაღალი რიგის სიზუსტის რიცხვითი ამოხსნის სქემები. შედგენილი შესაბამისი კომპიუტერული პროგრამა Mathematica – სიმბოლურ ენაზე. მიღებული შედეგები სხვადასხვა პრაქტიკული გამოყენებითი ტიპის ამოხსნებისათვის სწორად ასახავს რეალურ სურათს.

### ლიტერატურა

1. ... // ... , 1968 . 511 .
2. ... 1966 . 707 .
3. მ. კუბლაშვილი - ბზარების მქონე სხეულების დაძაბულ-დეფორმირებული და რღვევის პროცესების კვლევის მეთოდების დამუშავება სინგულარულ ინტეგრალურ განტოლების მეთოდის გამოყენებით. სადოქტორო დისერტაცია. თბილისი, 2004 წ. 235 გვ.
4. ... - ; 3, 1970, 15-17
5. ზ. კაპანაძე. ბზარების ამოცანების რიცხვითი ამოხსნები სინგულარული ინტეგრალური განტოლებების გამოყენებით. დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაცია, ავტორეფერატი, თბილისი, 2015 წელი.
6. ... IX ... , 28–31 2014 . 37–41
7. Mirian Kublashvili – Numerical solutions of singular integral equation using simplified schemes, Scientific-technical journal “Building”, 3(43), 2016
8. ... // ... , 1979, 19, 5 1149–1161.
9. ... // ... - 1986 . 86.- . 41–49
10. ... // ... „, 1995-504 .
11. ... , - ... . 1979, 43, 1, 184-188
12. ... // ... , -1985-34 .. , 23.10.85, 73, 77-85
13. ... . 1988. . 298, 2 . 286-290.

ფართა სივრცითი ჰარმონიების აბეზის პრინციპები  
არქიტექტურულ კომპოზიციებში

მ. ცალქალამანიძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. 77, 0175 თბილისი, საქართველო)

*რეზიუმე.* ნაგებობათა არქიტექტურის, მათი შიგა სივრცეების, კონსტრუქციების, ფუნქციური დანიშნულებისა და ემოციური დატვირთვის ჰარმონიული სინთეზის მისაღწევად, მეტად მნიშვნელოვანია ფერის არა მხოლოდ დეკორატიულ-ესთეტიკური ფაქტორის, არამედ მასთან დაკავშირებული ასოციაციური შეგრძნებების გამოყენებაც, რაც წარმოშობს საჭირო ფსიქოემოციურ განწყობას, ქმნის განსაკუთრებულ, მოცემული ფუნქციის შესაბამის ფსიქოლოგიურ კლიმატს.

ადამიანის გონებაში წლების განმავლობაში ჩამოყალიბებული ფერთა კომბინაციების ზეგავლენის გათვალისწინება მის ფსიქოსომატურ სისტემასა და ასოციაციურ შეგრძნებებზე, იძლევა ამგვარი კავშირების გამოყენების შესაძლებლობას არქიტექტურულ გარემოში ადამიანის ქმედითი ფუნქციების შესაბამისობის მისაღწევად. ყოველივე ეს შესაძლებელია სწორად გამოყენებული ფერთა სიმბოლოების მნიშვნელობითა და ასოციაციური ეფექტის გავლენის გამოყენებით.

*საკვანძო სიტყვები:* ფერთა ასოციაციური შეგრძნებები, განწყობა, არქიტექტურული გარემო.

1. შესავალი

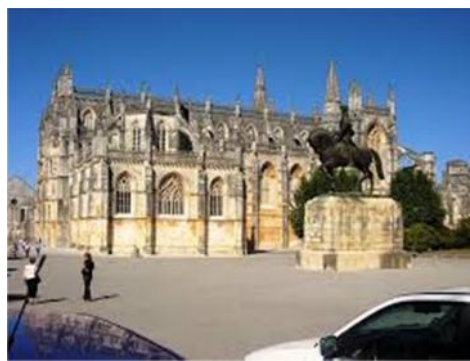
ადამიანის მიერ გარე სამყაროს აღქმაზე არა მხოლოდ ერთი ფერი, არამედ სხვადასხვა ფერის შეხამება ახდენს ზეგავლენას. ამგვარი ფერთა ერთობლიობა ყალიბდება ფერების ჯგუფებისაგან, რომელთაც სივრცისა და დროის გარკვეულ მომენტში ხედავს და აღიქვამს ადამიანი. ფერთა შერწყმა ალამაზებს და ამბაფრებს ადამიანის შეგრძნებებს გარემოს მიმართ, თუმცადა ფერის განხილვა მხოლოდ ასეთი მიდგომით (მისი დეკორატიულობის თვალსაზრისით) არ იქნებოდა სწორი, რადგან მას შეუძლია გარემოს სხვადასხვაგვარად ინტერპრეტირება და მეტამორფოზაც.

„ჩვენ აღვიქვამთ ჩვენს გარემოს როგორც „წარმოდგენას“ და ვქმნით მას არსებული მდგომარეობის მიხედვით, როგორც მოტივაციას ჩვენი სურვილების აღსასრულებლად...“, – წერს გოეთე (იოჰან ვოლფგანგ ფონ გოეთე (1749–1832 წწ.), გერმანელი მწერალი და მოაზროვნე, პოეტი და ფილოსოფოსი, მხატვარი და ხელოვნების თეორეტიკოსი, დიპლომატი და სახელმწიფო მოღვაწე; მას ეკუთვნის „ფერთა თეორია“ (1810 წ.) – ამ დარგში ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი მეცნიერული ნაშრომი ნიუტონის შემდეგ). გოეთეს პოეტური ფილოსოფიით, ფერთა ერთობლიობაში წორმოიშობა სულიერი საწყისი, ხოლო შეგრძნების სფეროს აქვს ცის სამრეკლოს აგებულება, რომლის „ფანჯრები – თვალები“ გარე სამყაროს აფიქსირებენ, სამყაროს, რომელიც მოცემულია ფერთა ერთიანობით და მათი ჰარმონიული სრულყოფით.

ფერები ინფორმაციის უდიდესი წყაროა, გვესაუბრებიან რა უძველესი ენით, ავლენენ თავიანთ ხასიათს და დანიშნულებას. ადამიანი განარჩევს ფერთა ამ უძველეს სიმბოლოებსა და ნიშნებს, რომელსაც დღესაც იყენებს, იმისათვის, რომ მის გარემოში სიმშვიდემ და ურთიერთგაგებად დაისადგუროს. ასეთი ინფორმაციისათვის დამახიანებელი ნიშნების გაცნობიერება კი ხდება უპირველეს ყოვლისა ადამიანთა აზროვნებისა და საზოგადოების განვითარების შედეგად.

## 2. ძირითადი ნაწილი

საუკუნეების განმავლობაში ადამიანი თავად ქმნის საკუთარ გარემოს, რომელიც პირველ რიგში მისი სხეულის აგებულებასა და სივრცეში მის მდგომარეობასთან არის დაკავშირებული, რადგანაც გველივით მუცლით მხოხავი რომ ყოფილიყო, მას სხვაგვარი გარემო დასჭირდებოდა, ისევე, როგორც შესაბამისი გარემო აქვს არწივს, ცხენსა თუ სხვა ცხოველს... ადამიანი დგას, იხედება, თავისუფლად მოძრაობს სივრცეში და, რაც მთავარია, შეუძლია ამ გარემოს შეცნობა და თავის თავზე მორგება. შესაბამისად, იგი მოთხოვნილებებისამებრ ცვლის რა პროპორციასა თუ ფერს, აგებს თავის განსაკუთრებულ გარემოს, სადაც ახდენს საკუთარი განცდების იდენტიფიცირებას: სიმაღლისაკენ მიმართული ნაგებობა (მაგ. კოშკი), ფროიდისეული შეხედულებით (ზიგმუნდ სოლომონ ფროიდი (1856–1939 წწ.), ავსტრიელი ფსიქოლოგი, ფსიქიატრი და ნევროლოგი, ფსიქოანალიზის ფუძემდებელი), აგრესიული განცდის მატარებელია; ვერტიკალური, „აქტიური“ წყობის საპირისპიროდ კი, როგორც სიმშვიდისა და პასიურობის საწყისი, გვესახება ჰორიზონტალურად განვითარებული არქიტექტურა (მაგ. კათედრალი).



სხვადასხვა ისტორიულ ეპოქაში ფორმისადმი დამოკიდებულებასთან ერთად იცვლებოდა ფერის გამოყენების კრიტერიუმებიც. თავდაპირველად ფერს ენიჭებოდა უმეტესად სიმბოლური მნიშვნელობა, რასაც ვხვდებით ბაბილონის ზიკურატებსა თუ ჩინეთის სასახლეებში, ინდოეთის, იაპონიისა და ეგვიპტის ტაძრებში. შუა საუკუნეების გოტიკური ტაძრების იდუმალ ინტერიერში ფერი გამოიყენება როგორც იდეოლოგიური ზემოქმედების ერთ-ერთი საშუალება: ფერად ვიტრაჟებში გამჭოლი მზის სხივები ქმნიდა ფერთა პოლიქრომულ ნაკადს, რომელიც მორწმუნეთათვის სულიერ საწყისს განასახიერებდა და მათ რელიგიურ ექსტაზს აძლიერებდა.

არქიტექტურას, როგორც ადამიანის მოღვაწეობის ყოველ დარგს, გააჩნია თავისი ისტორია და თეორია. ზოგადად არქიტექტურის არსი არის ეპოქისა თუ სტილის შესატყვისი სივრცის ფორმირების დაუფლება, სადაც აღსანიშნავია ორი ასპექტი:

1. აღქმა – როდესაც არქიტექტორის ხედვა არ უნდა შემოიფარგლებოდეს საგნის მხოლოდ გარეგანი იერსახით, რადგან ყოველი ეპოქის თუ ადამიანის სოციალური, პოლიტიკური, კულტურული, თუ სხვა კრიტერიუმი გარკვეულწილად ზემოქმედებას უნდა ახდენდეს მის ცნობიერებასა და შემოქმედებით ხედვაზე;

2. ასახვა (აღწარმოება) – როდესაც არქიტექტურა წარმოგვიდგება სხვადასხვა ეპოქის მახასიათებლის როლში: იმპერიის პერიოდებში (მაგ. გერმანიის რაიხი, ფარაონების დინასტიის მმართველობა ეგვიპტეში) – მონუმენტის სახით; არაბეთის სახელმწიფოებრივი წყობისა და რელიგიური შეზღუდვების ამსახველი ნაგებობებით (მაგ. ალგამბრას სასახლის დახურული სივრცეები); ანდა აღორძინების ხანის არქიტექტურა, რომელიც ასახავს ახლებურ მიდგომას სამყაროსადმი; დასასრულს, თანამედროვე არქიტექტურა, მისთვის დამახასიათებელი შეგრძნებით „სივრცე – დრო“, როდესაც მოსაძებნია ახლებური ხერხები და მიდგომები ამ უმნიშვნელოვანესი კავშირის უკეთ წარმოსაჩენად.

არქიტექტურა უშუალოდ ზემოქმედებს ადამიანებზე, მის ემოციებზე. წარმოქმნილი წმინდა პრაქტიკული მოთხოვნებიდან, არქიტექტურა ამავედროულად წარმოშობს განწყობის საკვანძო ხასიათს: დადებითს ან უარყოფითს. იგი თავისთავად არ უნდა წარმოადგენდეს ნაგებობათა წყობის შემთხვევით ერთობას, გათვლილს მხოლოდ ადამიანთა მაქსიმალური რაოდენობის განსათავსებლად.



ჩვენი ყოფის სხვადასხვა მხარე: აქტიური თუ პასიური (ისეთი, როგორცაა მოძრაობა, კომუნიკაცია, ადგზნება, ანდა განტვირთვა, დასვენება, ინტიმი და სხვ.), შესაბამის გარემოს საჭიროებს. გარემოს ხასიათი განაპირობებს გარკვეულ განწყობას და არქიტექტურაც, თავის მხრივ, ქმნის შესაბამის სიტუაციას. ეს მართებულია ყოველი ეპოქისათვის, სულერთია ეს იქნება რენესანსი თუ თანამედროვე არქიტექტურა. შუა საუკუნეების ტაძარში შესული ადამიანი წინასწარ განწყობილი იყო იმისათვის, რომ მონაწილეობა მიეღო რელიგიურ რიტუალში, რასაც ხელს უწყობდა კონკრეტული არქიტექტურული ნაგებობა და მისი ინტერიერი. საოპერო წარმოდგენა, რაც არ უნდა კარგი აკუსტიკის მქონე, მაგრამ მისთვის შეუსაბამო შენობაში და ინტერიერში იდგმებოდა (მაგ. ყიდვა-გაყიდვისთვის განკუთვნილი სავაჭრო სივრცე, მეცნიერებათა სასახლის საკონფერენციო დარბაზი, თუ ლითონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციებიანი ქარხნის საამქრო), იგი მეტად რთულად აღსაქმელი იქნება მსმენელისათვის.

ჩვენ ვცდილობთ საკუთარი განცდებისა და შეგრძნებების შესაბამისობის მიღწევას იმ ხელოვნურ სამყაროში, სადაც ყოველი ჩვენთაგანი თავისი ცხოვრების უმეტეს ნაწილს ატარებს და რომელსაც ჩვენ თავადვე ვქმნით. სწორედ აქედან მომდინარეობს არქიტექტურის მთავარი დანიშნულება – შექმნას განწყობის მოდალურობა სივრცეში (ფილოსოფიური ტერმინი, სემანტიკური კატეგორია, შეგრძნებათა თვისება ფსიქოლოგიაში).

ზოგადად, სივრცე შეიძლება განვიხილოთ როგორც გარემო, სადაც საგნები, ადამიანები და სხვა ცოცხალი არსებები თანაარსებობენ. შენობა – ნაგებობები გარედან წარმოადგენს საგნებს, ხოლო შიგნით კი სივრცეებს. ორივე თავის მხრივ განკუთვნილია გარკვეული განწყობა – ქმედებისათვის: შენობა – ნაგებობის გარეგანი იერსახე და თვისება მჭიდრო კავშირში უნდა იყოს შიდა სივრცის არქიტექტურასთან, მის არქიტექტონიკასთან. არაერთ შემთხვევაში კი შენობის ფორმა და ფერი შეუსაბამო განწყობის მატარებელია იმისთვის, თუ რა უნდა ხდებოდეს შიგნით, ამ ფორმის მიღმა.

ადამიანი და გარემო გავლენას ახდენენ ერთმანეთზე. გარკვეულწილად, შეხედულებები საზოგადოებაში თაობიდან თაობას გადაეცემა ყოველდღიური კომუნიკაციის საშუალებით, სხვადასხვა კულტურაში მათი მეშვეობით განსხვავებული ჩვევები და ტრადიციები ვითარდება. ამგვარი ინფორმაციის მიღების პროცესი მოიცავს იდეებისა და ცნებების ურთიერთკავშირს და შემდგომი გადაამუშავების მეშვეობით დასკვნების გაკეთების შესაძლებლობას. გაცნობიერებული ემოციები აერთიანებს ისეთ განცდებს, რომელიც შემეცნებით აზროვნებას მოითხოვს და შეიძლება დააზიანოს ან გააუმჯობესოს ადამიანის თვითაღქმა. ეს ფაქტორი

მნიშვნელოვან როლს თამაშობს მომავალი თაობის წარმატებასა და მორალურ განვითარებაში.

ემოცია მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ადამიანის ცხოვრებაში და მის განვითარებაში, ხოლო მისი განსაზღვრა ურთულესი პროცესია. პოზიტიური განცდა გულისხმობს დადებით ემოციებს, როგორცაა სიხარული, ერთგულება, სიყვარული, აღტაცება, ენთუზიაზმი, სიმშვიდე... ნეგატიური განცდა, შესაბამისად, უარყოფით ემოციებს მოიცავს - დეღვას, შიშს, წუხილს, დანაშაულის გრძნობას, სევდას...

ადამიანთა ემოციურმა რეაქციამ ფერების სხვადასხვა დაჯგუფებაზე გარკვეული ასოციაციები და მათი სიმბოლური მნიშვნელობები წარმოშვა. მაგალითად, ბალახის მწვანე - ცის ცისფერთან შერწყმით გვაგონებს ბუნების გაშლილი მდელოების სიმშვიდეს და გონებას განტვირთვისკენ უბიძგებს.

ფერი - ეს არის პირველიც, რაც თვალში გვხდება ახალ სივრცეში და უკანასკნელიც, რაც ჩვენს მეხსიერებაში რჩება. ფერთა შერწყმის არასწორი შერჩევას, შეიძლება დაირღვეს ნებისმიერი კომპოზიციური სტრუქტურის ემოციური დატვირთვა. ფერისა და ფორმის შერწყმას თავისი ენერგეტიკა აქვს, მაგალითად, მთის მწვერვალების წვეტიანი, კუთხოვანი, მყიფე ხაზები აძლიერებს ემოციურ ტონუსს; პეიზაჟების მწვანისა და ყავისფერის ფერთა გამა ქმნის სიმშვიდისა და სტაბილურობის შეგრძნებას; ზღვის ლურჯი ხედები აყუჩებს ტკივილს და ამშვიდებს ნერვულ სისტემას...



აქ ნათლად ვლინდება კავშირი: ფერი – ფორმა – ასოციაცია. როგორც ჩანს, დღევანდელ რეალობაშიც ფერთა ასოციაციები დაკავშირებულია არა მარტო საგნებთან, არამედ სხვა ცნებებთანაც. უძველესი დროიდან ერთ-ერთ ასეთ კავშირთაგან კოცონი-კერა ისახება, სადაც ცეცხლის და, შესაბამისად, წითლის აგრესია თანაარსებობს სხვა შეგრძნებებთან, როგორცაა სითბო, ურთიერთკავშირი, კომუნიკაცია... ამიტომაც მის ირგვლივ ადამიანები იკრიბებოდნენ ყოველდღიური საზრუნავის შემდეგ, აქ ხდებოდა ინფორმაციის გაცვლა-გაზიარება, განტვირთვა. ამგვარი შეგრძნებების კავშირზე დაყრდნობით, თანამედროვე ინტერიერის არქიტექტურის დაპროექტებისას შესაძლებელია ერთ-ერთი, მეტად მიმზიდველი ხერხის გამოყენება, რომელსაც წარმატებით იყენებენ მედიცინაში სტრესის მოსახსნელად (ე. წ. შთაგონების თანამიმდევრული წარმართვის მეთოდი), რაც საშუალებას მოგვცემს ჩვენს ასეთ არასტაბილურ ცხოვრებაში მოვიპოვოთ ძალზე საჭირო ემოციური წონასწორობა.

ფერთა კომბინაციების ასოციაციური შეგრძნებები ადამიანის ფიზიოლოგიაზე, აზროვნებაზე, კეთილდღეობასა და „ფსიქოლოგიურ კომფორტზე“ ახდენს

ზეგავლენას, რაც შემდგომში განაპირობებს მის ქცევას. ქცევა კი არის ცოცხალი არსების, სუბიექტის გარემოსთან ურთიერთქმედების ფორმა. „სანამ ცოცხალი არსება რაიმე ქცევას მიმართავს, მას უკვე მანამდე აქვს ეს ქცევა განწყობის სახით მოცემული“. თითქმის ერთი საუკუნის წინ დ.უზნაძის მიერ გამოთქმული იდეები დღესაც აქტუალურია (დიმიტრი უზნაძე (1886–1950 წწ.), ქართველი ფსიქოლოგი, ფილოსოფოსი, პედაგოგი და საზოგადო მოღვაწე; ფსიქოლოგიის ქართული სამეცნიერო სკოლის დამფუძნებელი, თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის და საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ერთ-ერთი დამფუძნებელი, „განწყობის თეორიის“ ავტორი). მისი აზრით მოთხოვნილება არის ერთ-ერთი სუბიექტური ფაქტორი, რომელიც აუცილებელია ქცევის განსახორციელებლად. მაგალითად, თუ ადამიანს შემეცნების მოთხოვნილება აქვს, ის სათანადო სიტუაციას ეძებს ამის დასაკმაყოფილებლად.

მოთხოვნილებისა და სიტუაციის თანხვედრის შედეგად ადამიანს უყალიბდება განწყობა. განწყობა განსაზღვრავს ადამიანის გარკვეულ ემოციურ დამოკიდებულებას ახალი ინფორმაციისადმი, წინასწარ ამზადებს მას გარკვეული ქცევისათვის და შესატყვისი ძალებისა და შესაძლებლობების მობილიზაციას ახდენს. თანამედროვე ფსიქოლოგთა ნაწილი მიიჩნევს, რომ ადამიანის ნებისმიერი ემოციური განცდა მისი გარემოსადმი ადაპტაციის შედეგად ყალიბდება. შესაბამისად, შეუძლებელია ადამიანის ემოციური რეაქციებისა და მათი გამომწვევი სიტუაციების, მათ შორის სივრცობრივის, ერთმანეთისაგან განცალკევება.

### 3. ღსკვნა

დღევანდელი პროგრესის პირობებში, როდესაც მნიშვნელოვნად შეიცვალა ადამიანის მისწრაფებები, არქიტექტურაც, თავისი სივრცითი გარემოს აზრობრივი გადაწყვეტით, უნდა უპასუხებდეს ამ ახალ მოთხოვნებს. სწორედ ამიტომ დიზაინერების მიზანია არა მარტო ახალი საინტერესო სტრუქტურების შექმნა, რომელიც უპასუხებს თანამედროვე სტილის მოთხოვნებს, არამედ ისეთი სივრცის შეთავაზება, რომელიც შექმნის შესაფერის პირობებს ადამიანთა დადებითი განწყობისთვის. ამის მიღწევა კი შესაძლებელია შესაბამის ასოციაციურ შეგრძნებების კავშირზე დაყრდნობით აწყობილ ფერთა სივრცითი ჰარმონიების გამოყენებით, რაც თავისი კომფორტით დაეხმარება ადამიანს განვითარებისა და თვითრეალიზაციის ურთულეს პროცესში. ამგვარი პრინციპით აგებული ფერთა კომპოზიციების საშუალებით შესაძლებლობა იქმნება საზოგადოებრივი დანიშნულების შენობათა ინტერიერის სხვადასხვა სივრცე არამარტო განსხვავებული ინტერესების ადამიანთა ჯგუფებისთვის გახდეს მაქსიმალურად კომფორტული, არამედ ასევე მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდეს შეზღუდული შესაძლებლობის მქონე პირთათვის მათი ყოფის პირობები.

აქედან გამომდინარე, მეტად მნიშვნელოვანია, საზოგადოებრივი დანიშნულების შენობა-ნაგებობების და დაპროექტებისას ფერთა სივრცითი ჰარმონიების აგების ისეთი პრინციპების გათვალისწინება, რომლებიც ფერთა სიმბოლოების მნიშვნელობების და მათი კომბინაციებით შექმნილი ასოციაციური ეფექტის ზეგავლენით არის განპირობებული.

### ლიტერატურა

1. . . . . - « . . . . . », 2001(ISBN5-87317-074-6)
2. . . . . : . . . . . ( . . . . . ) . . . . . ( . . . . . ), - « . . . . . », « . . . . . », 1998(ISBN5-15-000935)
3. . . . . , - « . . . . . », - . . . . . 2000(ISBN5-93414-019-1)
4. « . . . . . », 1987 ( N4985)

რკინაბეტონის კოჭური ფილების ზიდვის უნარის (სიმტკიცის)  
ფაქტორული ანალიზი

ლ. ავალიშვილი, ი. რთველაძე, ნ. ნაკვეთაური  
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ.  
კოსტავას ქ. 77)

**რეზიუმე.** სამაგისტრო სამუშაოს ფარგლებში თეორიულად გამოკვლეულია რკინაბეტონის თეორიის ფუნდამენტური საკითხი > კვეთის შერჩევის აქტუალურ საინჟინრო ამოცანა, კერძოდ, სამშენებლო პრაქტიკაში ფართოდ გავრცელებული ღუნვადი ელემენტის – კოჭური ფილის სიმტკიცე; ამისათვის შესწავლილია სიმტკიცეზე მოქმედ ფაქტორთა ზეგავლენა დიფერენცირებულად რაოდენობრივი შეფასებით, პარამეტრების ვარიაციის საფუძველზე რეალურ დიაპაზონში. სიმტკიცის ფაქტორული ანალიზით მიღებული ცხრილებისა და დიაგრამის ფორმის შედეგები გაუადვილებს დამპროექტებელს შრომას.

**საკვანძო სიტყვები:** რკინაბეტონის კოჭური ფილა, სიმტკიცე, ზიდვის უნარი, ბეტონის კლასი, არმატურის კლასი, დაარმატურების პროცენტი.

### 1. შესავალი

საქართველოს რესპუბლიკის რკინაბეტონის კონსტრუქციების მოქმედი ეროვნული ნორმატივების [1] თანახმად, სამშენებლო კონსტრუქციების გაანგარიშება წარმოებს ზღვრულ მდგომარეობათა მეთოდით. კონკრეტულად, დასახული ამოცანა - რკინაბეტონის კოჭური ფილის სიმტკიცის ანალიზი განეკუთვნება გაანგარიშებას I ზღვრული მდგომარეობის - ზიდვის უნარის (სიმტკიცის) მიხედვით გაანგარიშებას. დაპროექტების შედეგად შერჩეული უნდა იყოს რაციონალური (ოპტიმალური), ე.ი. დატვირთვის ყველაზე საშიში შეხამებისათვის შერჩეულ უნდა იქნას ერთდროულად უსაფრთხო და ეკონომიკურად ხელსაყრელი კვეთი. რკინაბეტონის კოჭური ფილის ზიდვის უნარის ანალიზი და მასზე მოქმედ ფაქტორთა სწორი რაოდენობრივი შეფასება ოპტიმალური დაპროექტების საწინდარი და აქტუალური საინჟინრო ამოცანაა. ამიტომ იგი იწვევს როგორც სამეცნიერო, ისე პრაქტიკულ ინტერესსაც. წარმოდგენილი თეორიული კვლევის შედეგი - ცხრილები და დიაგრამები შეამსუბუქებს დამპროექტებლის შრომას, მისცემს მას სწორ საპროექტო ორიენტაციას.

### 2. ძირითადი ნაწილი

ცნობილია, რომ რკინაბეტონის მთელი სართულშუა გადახურვის მოცულობის უდიდეს ნაწილს – 60-70%-ს შეადგენს ფილის მოცულობა. ცხადია, ფილის კონსტრუქციული სისტემის სწორ გადაწყვეტას, მის სიმტკიცეს დიდი მნიშვნელობა აქვს შენობის სიხისტისა და ზიდვის უნარისათვის.

კოჭური ფილა კონტურით დაყრდნობილი ფილისაგან იმით განსხვავდება, რომ კოჭური ფილის უდიდესი გვერდის შეფარდება უმცირეს გვერდთან 2 და მეტია; ფილის საანგარიშო სიგანე მიიღება  $b=1m=100სმ$ ; ხოლო დაარმატურების რაციონალური პროცენტი  $\mu\%=0,3\pm 0,6\%$ ; ფილის სისქე ჩვეულებრივ წიბოვან სართულშუა გადახურვებში მიიღება  $h_{ფ}= (5-10)სმ$ .

ზიდვის უნარის (სიმტკიცის, იგივე ზღვრული მომენტის) დასადგენად ვიყენებთ სიმტკიცის პირობებს:

$$M \leq R_b b h_0^2 A_0 \quad (\text{ბეტონის, შეკუმშული ზონის მიხედვით}) \quad (1)$$

$$M \leq R_s A_s \eta h_0 \quad (\text{არმატურის, გაჭიმული ზონის მიხედვით}) \quad (2)$$

ამოცანის არსი არის ის რომ ფილის სიმტკიცეზე მოქმედ ყველა ფაქტორის ზეგავლენა შეფასდეს დიფერენცირებულად და რაოდენობრივად (პროცენტობით) ფაქტორთა ვარირებით რეალურ პრაქტიკულ დიაპაზონში.

ზღვრული მომენტები ისაზღვრება სიმტკიცის პირობით:

$$\bar{M}_{ზღვრ} = R_s A_s \eta h_0 \quad (3)$$

ფილის სიმტკიცეზე მოქმედი ფაქტორებია;

არმატურის კლასები: A-I, A-II, A-III, A-IV;

დაარმატურების პროცენტი:  $\mu\% = 0,3 \div 0,6\%$ ;

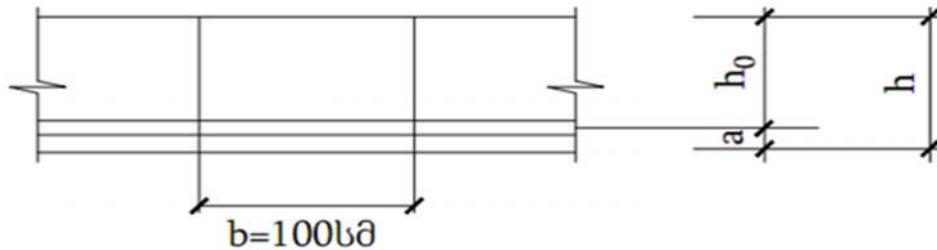
კვეთის სიმაღლე (ფილის სისქე)  $h_0 = 5-10$  სმ;

ბეტონის კლასები: B-15; B-20; B-25; B-30;

$\eta$  კოეფიციენტი აიღება ცხრილებიდან  $\xi$ -ის მიხედვით.

$$\xi = \mu \frac{R_s}{R_b}$$

პირველ სურათზე მოცემულია ფილის გეომეტრიული სიდიდეები, ხოლო პირველ ცხრილში – ფილის გეომეტრიული ზომები.



სურ. 1

ცხრილი 1

	b (სმ)	h (სმ)	h <sub>0</sub> (სმ)	b h <sub>0</sub> (სმ) <sup>2</sup>
1	100	5	3,5	350
2	100	6	4,5	450
3	100	8	6,5	650
4	100	9	7,5	750
5	100	10	8,5	850

ქვემოთ ცხრილებში (ცხრ.2, ცხრ.3, ცხრ.4, ცხრ.5) მოცემულია მოქმედი ნორმატივების მიხედვით გაანგარიშებული ზღვრული მომენტები ( $\bar{M}_{ზღვრ}$ ) რამდენიმე ერთეული შემთხვევისათვის.

ცხრილი 2

	h <sub>0</sub> (სმ)	R <sub>b</sub>	R <sub>s</sub>	μ	(სმ) <sup>2</sup>		ξ	η	η	M <sub>ზღვრ</sub> კვ.მ
					A <sub>s</sub>	A <sub>s</sub> (ცხრ)				
1	3,5	(B-15)8.5ფბა	A-I, 225ფბა	0.003	1.05	1.05	0.08	0.96		0.79
2	4,5				1.35	1.42				1.38
3	6,5				1.95	1.98				2.78
4	7,5				2.25	2.26				3.66
5	8,5				2.55	2.55				4.68

ცხრილი 3



#	μ%	R <sub>s</sub> (მპა)	R <sub>b</sub> (მპა)	b h <sub>0</sub> (სმ) <sup>2</sup>	h <sub>0</sub> (სმ)	(სმ) <sup>2</sup>		ξ	η	M <sub>ზღვრ.</sub> კვ.მ
						As	As(ცხრ)			
1	0,3	A-I, 225	B-15; 8,5	250	3.5	2.55	2.55	0.08	0.96	4.68
2	0,4				4.5	3.40	3.52	0.11	0.945	6.4
3	0,5				6.5	4.25	4.53	0.13	0.935	8.1
4	0,6				8.5	5.1	5.03	0.16	0.92	8.9

ცხრილი 4

	R <sub>b</sub> (მპა)	A-	μ%	R <sub>s</sub> (მპა)	h <sub>0</sub> (სმ)	b h <sub>0</sub> (სმ) <sup>2</sup>	(სმ) <sup>2</sup>		ξ	η	M <sub>ზღვრ.</sub> კვ.მ
							As	As(ცხრ)			
1	B-15; 8,5	A-I	0.5%	228	6.5	650	3.25	3.52	0.13	0.935	4.8
2		A-II		280				3.93	0.16	0.92	6.6
3		A-III		365				3.52	0.21	0.9	7.5
4		A-IV		510				3.93	0.3	0.85	11.1
5		B <sub>p</sub> -I		360				3.52	0.21	0.9	7.4

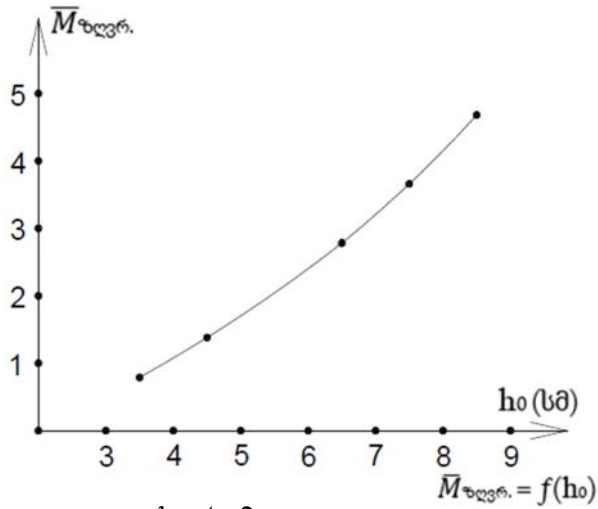
პროგრამით დაგეგმილია ყველა შესაძლო ვარიანტის გაანგარიშება, ანუ ზღვრული მომენტების სრული სპექტრის მიღება სამაგისტრო შრომის ფარგლებში. ცხრილების და დიაგრამების სახით მიღებული შედეგი გაუადვილებს დამპროექტებელს შრომას, ვინაიდან მისცემს რა მას სწორ საპროექტო ორიენტაციას. ასევე დაგეგმილია მიღებული ზღვრული მომენტების ფაქტორული ანალიზი, რომელიც აამაღლებს სამაგისტრო ნაშრომის სამეცნიერო და პრაქტიკულ ღირებულებას.

ცხრილი 5

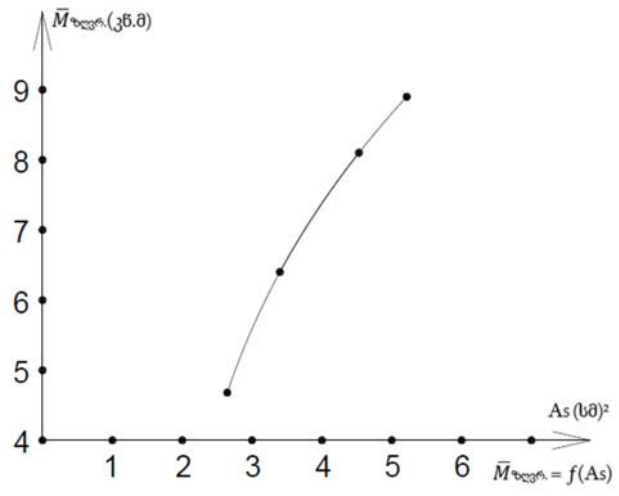
	B-	R <sub>b</sub> (მპა)	h <sub>0</sub> (სმ)	b h <sub>0</sub> (სმ) <sup>2</sup>	μ%	R <sub>s</sub> (მპა)	(სმ) <sup>2</sup>		ξ	η	M <sub>ზღვრ.</sub> კვ.მ
							As	As(ცხრ)			
1	B-15	8.5	6.5	650	0.5	A-I; 225	3.25	3.52	0.13	0.935	4.8
2	B-20	11.5							0.1	0.95	4.9
3	B-25	14.5							0.08	0.96	4.94
4	B-30	17.0							0.07	0.965	4.97

ქვემოთ მოცემულია რამდენიმე დამახასიათებელი გრაფიკი შემდეგი ფუნქციური დამოკიდებულებებისათვის:

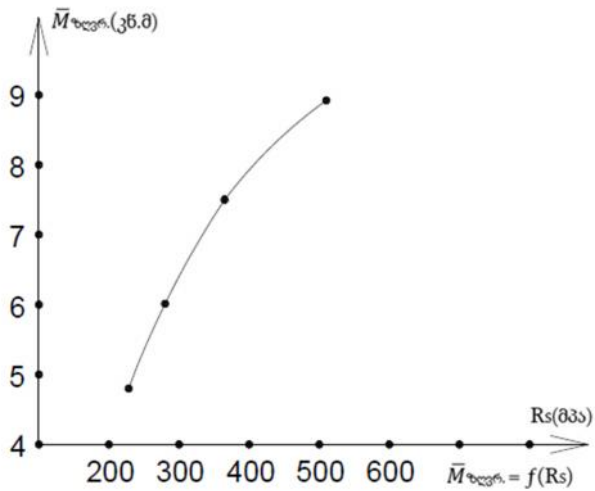
$$\bar{M}_{\text{ზღვრ.}} = f(h_0); \bar{M}_{\text{ზღვრ.}} = f(As); \bar{M}_{\text{ზღვრ.}} = f(R_s); \bar{M}_{\text{ზღვრ.}} = f(R_b); \bar{M}_{\text{ზღვრ.}} = f(\mu\%);$$



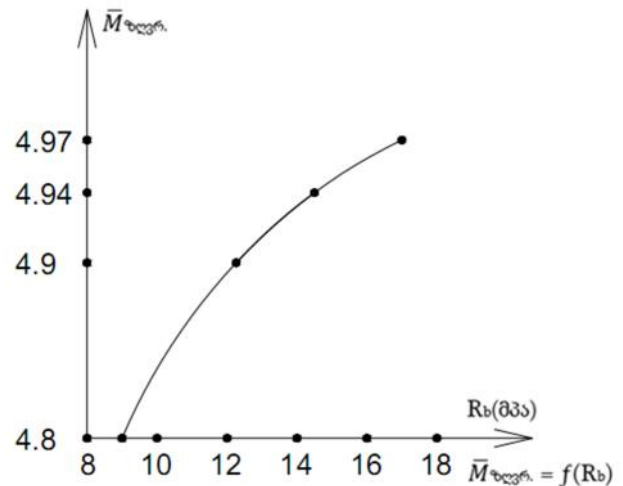
სურ. 2



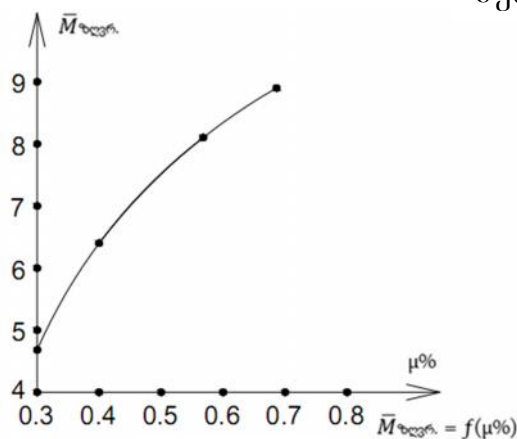
სურ. 3



სურ. 4



სურ. 5



სურ. 6

### 3. დასკვნა

კოჭური ფილის ზღვრული მომენტების (სიმტკიცის) ფაქტორულმა ანალიზმა გამოავლინა შემდეგი:

1. ფილის მუშა სიმაღლის გაზრდა (h<sub>0</sub>) 100%-ით; იწვევს ზღვრული მომენტის გადიდებას 83,3%-ით;
2. ფილის მუშა არმატურის კვეთის ფართობის (A<sub>s</sub>)-ზრდა 50%-ით; იწვევს ზღვრული მომენტის გადიდებას 47,4%-ით;
3. არმატურის კლასის ამაღლება A-I-დან A-IV-მდე (სიმტკიცის ამაღლება 55%-ით) იწვევს ზღვრული მომენტის გაზრდას 56,8%-ით;
4. ბეტონის კლასის ამაღლება B-15-დან B-30-მდე (50%-ით) ამაღლებს ზღვრულ მომენტს 3,42%-ით;
5. ფილის კვეთის დაარმატურების პროცენტის გაზრდა 0,3%-დან 0,6%-მდე (ანუ 100%-ით) იწვევს ფილის ზღვრული მომენტის მომატებას 47%-ით.

### ლიტერატურა

1. საქართველოს სამშენებლო ნორმები და წესები. ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციები. პნ 03.01-07. თბილისი, 2007, გვ. 4-7.
2. ნ. ნინუა. რკინაბეტონის კონსტრუქციები, თბილისი, 1988, გვ. 86-93.



## Jarosław Rajczyk

Jarosław Rajczyk was born on May 27, 1958. He is a graduate of the Technical Research Institute of the Mining of the Family in Cz stochowa that he graduated in 1978. He completed his university studies in 1978-1983. in the Leningrad Institute of Engineering and Construction. The title of PhD in technical sciences was awarded in 1998 by the State University of Architecture and Construction in St. Petersburg based on the paper: "Optimization of the elements of plate mechanical tools used in the technology of processing precast concrete products".

He obtained the postdoctoral degree of habilitation in technical sciences at the State Polytechnical University in Saint Petersburg based on his thesis on "Scientific basis for the selection of geometrical structure and kinematics of disc working tools for concrete surface treatment machines.

The general scientific achievements are 180 publications, including 18 compact items and 30 patents, including 3 foreign ones.

In scientific activity, he specializes in the following areas:

- comprehensive mechanization of technological processes including the technology of molding and processing of concrete surfaces;
- mechanization of technological processes related to the construction and maintenance of engineering structures - road construction;
- instrumental assessment of the quality of building technological processes and testing the properties of concrete and asphalt-concrete composites.

In the 1989-1990 he completed a one-year internship at the Department of Architecture at the State University of Architecture and Construction in Saint Petersburg and in 1992 a six-month internship at the Institute of Economics and Construction Organization at the Vienna Technical University. In 1993, he completed a scientific internship at the Technical University in Darmstadt, Germany. He has building qualifications, to manage construction works in the construction and construction specialty.

He has been employed at the Faculty of Civil Engineering since 1984. Since 2000, he has been the Head of the Department of Building and Materials Technology in the years 2005-2012, he was the Dean of the Faculty of Civil Engineering.

From 2012, prof. Jarosław Rajczyk performs the functions of Deputy Dean for Science and conducts classes in, among others, from objects: technology of construction works, construction machinery and equipment, transport construction.

During his work at the Faculty of Civil Engineering at Cz stochowa University of Technology, he was the supervisor of over 200 engineering and master's theses as well as three doctors of technical sciences who complement the creative achievements also outside the country. He reviewed numerous doctoral and postdoctoral dissertations in Poland and abroad.

Since 2008, he has been an editor of the Scientific Bulletin of the Faculty of Civil Engineering and a member of the College of Editorial Staff at the Technical University of Ostrava and the University of Architecture and Construction in Yerevan. In the years 2005-2012 at the Faculty of Civil Engineering he created a laboratory for the needs of road construction. Since 2005 he is member of editorial board of International Scientific Journal of Georgian Technical University "Mshenebeli". Since 2013 he is member of editorial board of International Scientific Journal of Georgian Aviation University "Air Transport".

In 2017 Jarosław Rajczyk was awarded by a diploma for successful cooperation with the scientists of Batumi Shota Rustaveli State University, in particular in the preparation of young scientific personnel in this field.

He is a member of International Scientific and Organizing Committees of I - X International Conferences on Contemporary Problems of Architecture and Construction.

The confirmation of the recognition of achievements in scientific and research work and didactics were numerous awards granted, including the First Degree Award of the Rector of the Cz stochowa University of Technology for the scientific activity Medal of Merit for the Cz stochowa University of Technology, Medal of the National Education Commission. In recognition of his creative patent activity, he was awarded the Officer's Cross of the Order of

Invention awarded by the Greatest Regard of the Kingdom of Belgium, as well as the Commander's Cross and the Grand Officer's Cross.

With his creative activity Mr. Jaroslav (Jarek) met his 60th anniversary. His friends, relatives, colleagues, and disciples were once convinced that the Georgian people have a great friend, a great person.

From the 60th anniversary of Mr. Jaroslav (Iarek), he has a precious family. Spouse Mrs. Marlene, who was engaged and is engage her share, always looks proud.

We wish you a healthy, long life, Mr. Jaroslav with your beautiful family.

Editorial board of the Journal "Mshenebeli"

« »  
**SUMMARIES**

**A. Sabakhtarishvili, D. Mkheidze, A. Velijanashvili, M. Tsikarishvili, N. Rodonaia. METHODS OF EXPERT EVALUATION OF ACTUAL COST OF CONSTRUCTION WORKS PERFORMED AT THE SITE. Scientific-technical journal “BUILDING” #1(48), 2018**

In the article is considered the methods of expert assessment of the actual expenses of the construction works performed by the group of authors, which were considered the "construction of infrastructure" and "construction inspection accreditation persons" association as well as in various ministries. The article is presented in the form for comprehensive consideration in wide civil engineering and scientific circles. The following will be presented to the Government by considering the presented method (considering the comments) and issuing the Rules of Procedure by the Government Decree.

**I. Mshvidobadze, G. Chokhonelidze, Z. Kakulia, Sh. Kavsadze. ON SELECTION OF DESIGN VALUES BUILDINGS IN THE CASE OF PARTIAL REINFORCEMENT OF FOUNDATION STRUCTURES. Scientific-technical journal “BUILDING” #1(48), 2018**

In the article is considered the case when occurs the partial reinforcement of the foundation. In such a case, it is especially important to know how the ground-based features are selected so that they do not cause the building cracking in reinforced as well as under reinforcing parts of building. In order not to originate a cracks, it is of particular importance to select the ground characteristics of the soil - the internal friction angle of the ground and the specific cohesion  $C$ .

In the article as a conclusion is stated a method of selection of  $S_p$  force and foundation area where the deformation of the reinforced base will not occur.

**T. maxarashvili, D. bakhtadze. Socio-economic and demographic situation in the Racha-Lechkhumi region. Scientific-technical journal “BUILDING” #1(48), 2018**

The article discusses the difficult social-economic and demographic situation in Racha-Lechkhumi region of Georgia.

**G. Gotsiridze, I. Gotsiridze. New recommended formulas for calculating composition of concrete. Scientific-technical journal “BUILDING” #1(48), 2018**

The article presents new methods of hard concrete composition based on the following principles: only sand is able to fill the emptiness of thick filling, not the mixture of cement and sand, which is considered the classic method of calculating the absolute volume. The new recommendations for calculation increase the amount of sand in the concrete. The concrete mixture becomes more advanced with the technological properties.

**Z. Madzagua, D. Tabatadze, D. Jankarashvili. DETERMINATION OF MAXIMUM DEFLECTION IN RECTANGULAR PLATE WITH TAKING INTO ACCOUNT OF CONCRETE CREEPING DEFORMATIONS. Scientific-technical journal “BUILDING” #1(48), 2018**

In the paper is presented the rule for determining maximum deflection in the reinforced concrete rectangular plate, taking into account the order of its construction (sequence of construction) and concrete creeping deformations. The creeping deformations are taken into account based on the life cycle theory, because this theory is considered as the best for reinforced concrete structures.

**T. Gardapkhadze, M. Gardapkhadze. THE ANALYSIS OF THE SANDWICH DEPRESSED SHELL AT ACTION OF TRANSVERSE PRESSURE AND TEMPERATURE. Scientific-technical journal “BUILDING” #1(48), 2018**

On the base of the variation formulation of the shell's nonlinear deformation is derived the formula of the finite elements formulation of the task of determining the mode of deformation of having double curvature sandwich shell under action of force and heat influence.

**B. Surguladze, K.Makharoblidze. Basics for calculating reinforced concrete structures for use in dry, hot climatic conditions. Scientific-technical journal “BUILDING” #1(48), 2018**

When designing reinforced concrete structures that are operated in conditions of dry, hot and cold temperatures, it is necessary to take appropriate measures, since they are subject to systematic influences of variable temperatures. Due to reinforced concrete temperature deformations, we must follow the appropriate special rules to ensure that the building meets the operating conditions.

**L. Kakhiani, A. Tsakiashvili, M. Tavadze. INFLUENCE OF SHEAR CRACKING ON STRENGTH OF BENDING ELEMENTS WITH APPLICATION OF REINFORCED CONCRETE FRACTURE MECHANICS. Scientific-technical journal “BUILDING” #1(48), 2018**

In the article are considered the crack growth resistance, cracks origination, their types, calculation methods based on experimental data for the reinforced concrete bending elements. The design formulas and calculation schemes are stated with taking into account the methods of reinforced concrete fracture mechanics.

**G. Kipiani. High order accuracy of quadratic formulas for singular integrals. Scientific-technical journal “BUILDING” #1(48), 2018**

In case of the contours opened for the weighted singular integration, the Markov type square formula of high-order accuracy is constructed. Computer programs are designed to count such integrations on Mathematica symbolic language.

**G. Nozadze. EXPERIMENTAL RESEARCH OF BEHAVIOR UNDER LONG-TERM LOAD OF REINFORCED CONCRETE COMPOSITE CROSS-SECTION BEAM SIMPLY SUPPORTED ON TWO SUPPORTS. Scientific-technical journal “BUILDING” #1(48), 2018**

Based on experimental studies was developed the methods of calculation of reinforced concrete composite cross-sections structures with taking into account of probable nature of the concrete creeping deformation and is defined ultimate characteristic of the creeping deformation as deviation boundaries for probability value calculation for corresponding forces and stresses.

**E. Machaidze. THE ANALYSIS OF THE ENCLOSED THE CONE SHELLS CORRUGATED PYRAMID SHELLS. Scientific-technical journal “BUILDING” #1(48), 2018**

The structure of the corrugated pyramidal shells close to the cone shell is developed that are composed from planar elements and have a long rectangle shape. The middle surface of such a shell that has a constant curvature in one direction and a break in the other direction.

**D. Bedukadze. Frost Resistance Test of Samples of Asphalt-Concrete Based on Local Inert Materials without Additions and Sulfur Asphalt Concrete. Scientific-technical journal “BUILDING” #1(48), 2018**

In article the frost resistance test of asphalt concrete, based on local inert materials without additions and of sulfur asphalt concrete is described. Based on experimental investigation result there was established that the best frost resistance revealed the sample of sulfur asphalt concrete with the 20-30% modified sulfur, comparatively to samples without addition.

**L. Janashia. Alluviums of mudflow. Scientific-technical journal “BUILDING” #1(48), 2018**

The alluviums of mudflow is formed as a result of mudflow. By its nature, this is one of the most dangerous events from a natural catastrophic event that damages and destroys the road infrastructure. In many cases, people themselves become victims. The fight against alluviums of mudflow is carried out by complex measures, which include the division of work into two groups: active and passive measures.

**G. khoperia. The Legislative basis of the Living Development of the Soviet Period. Scientific-technical journal “BUILDING” #1(48), 2018**

The article concerns the basic features of the legislative basis of the urban planning development of the Soviet period and their positive as well as negative sides.

Namely, the fact that the existed legislative features regulated the planning of development and, as the result, the planning chaos and evident errors have not been traced in the urban planning of that period, can be evaluated as positive.

The circumstance that private and public buildings, because of economy, mainly used to be built in accordance with standardized designs, which, from the architectural-aesthetic point of view did not have any value, undoubtedly is the negative side of the constructive normative basis of the Soviet period.

**I. Mikava. Provision of spatial smoothness on highways. Scientific-technical journal “BUILDING” #1(48), 2018**

For a well-developed and organized network of highways one of the preconditions is a high traffic flow capacity. The goal of spatial design is to increase the capacity of the highway and improve traffic conditions. Spatial design for the most part is based on empirical rules of tracing and on the use of principles of descriptive geometry. Checking and improving spatial smoothness is achieved by drawing perspective images of the road.

**G. Sultanishvili. Principle of the multilayer concrete mixture acceptance used of single-stage technology. Scientific-technical journal “BUILDING” #1(48), 2018**

Modern methods used for manufacturing of multilayer products and structures *inter alia* consider the multi-stage technologies. Each of necessary layers is produced separately through such technology, and then, usually in a separate stand, they are combined into one item. Usually this is a rather expensive, energy-consuming, multi-cycle and a long process in terms of working hours.

For the manufacture of multilayer concrete products, we propose to use the technology of vibra-breakdown of concrete mixture containing heavy and light fillers and binder within a single batching. Breakdown of a single concrete mix occurs due to the difference of volume weights of fillers and thixotropy of the concrete - dilution at vibration. Made of walling elements through such technology, economically significantly cheaper.

**T. maxarashvili, D. bakhtadze. Tourism and recreation development potential of Racha-Lechkhumi region. Scientific-technical journal “BUILDING” #1(48), 2018**

The article deals with the state of the tourism infrastructure of mountain region Racha-Lechkhumi and its development potential.

**K. Makharoblidze. Questions of the durability of the structures of the overlap of large-span buildings. Scientific-technical journal “BUILDING” #1(48), 2018**

For maintenance and improvement of overlapping structures of large buildings, in particular, this is due to the reliability of multifunctional systems (the whole complex), it is necessary to use high-quality building materials and to take into account reserves and repairs. To reduce the failure rate of the structural elements of the large slabs, as well as for the growth of the average indices of durability of the entire building structure and its individual elements, it is necessary that with quality materials the quality of construction should be achieved with the help of high-quality joints.

**M.Vartanov. E.KechkoShvili. Some principles of integral management water resources of Georgia. Scientific-technical journal “BUILDING” #1(48), 2018**

At present, methods have been developed for solving the problem of the distribution of the water resources of the South Caucasus, stabilizing the ecological situation in the territory under consideration. When implementing this problem, integrated water resources management methods can be an effective means of reducing the scarcity of water resources. It is with this approach to the problem of using water resources that one can not be afraid of a water crisis.

**G. Kipiani. Numerical solutions of the singular integral equation of the first kind in case of open contours. Scientific-technical journal “BUILDING” #1(48), 2018**

For the singular integral equation of the first kind, a high-order accuracy chart of numerical solution corresponding to Markov's square formulas is built. Appropriate assessments have been received.

**M. Tsalkalamanidze. Principals of Creating Special Harmony with Color in Architectural Design. Scientific-technical journal “BUILDING” #1(48), 2018**

It is important to consider not only decorative and esthetic, but also an associative aspect when choosing colors for inner space of the building. Choice of color should help to create emotional connection with building's design and its function. Harmonious environments create socioemotional mood, special climate that is better aligned with the function of the given space.

Based on abovementioned, it is crucial, that interior design of public spaces, use colors that are chosen with nature in mind. Colors used should be based on principals of associative and symbolic cues and be harmonious.

**L. Avalishvili, I. Rtveladze, N. Nakvetauri. Factor analysis of the bearing capacity (strength) of reinforced concrete beam slabs. Scientific-technical journal “BUILDING” #1(48), 2018**

In this work the durability of a reinforced concrete beam slabs is theoretically studied. The impact of factors influencing permanence was studied, differentiated with a quantitative estimate on the basis of variation of the corresponding parameters in the real range. As a result of the factorial analysis of the studied element – reinforced concrete beam slabs, tables and graphics are obtained to facilitate work of the constructor, which determines the practical value of this study.



*რედაქტორი: მედეა ბაზაძე  
გადაეცა წარმოებას 15.04.2018  
ქაღალდის ზომა 60X84 1/8, 105 გვ.  
ტირაჟი 100 ეგ ზემკლავიარი*