

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

მანანა ნანიტაშვილი

ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობებში კომპოზიტური მასალების  
გამოყენების შესახებ

სადოქტორო პროგრამა: წყლის ინჟინერია

შიფრი 0712.1.1

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2020 წ.

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის წყალმომარაგების, წყალარინების, თბოაირმომარაგების და შენობათა საინჟინრო აღჭურვის N105 დეპარტამენტში.

თანახელმძღვანელები:

პროფესორი ზურაბ გვიშიანი \_\_\_\_\_

პროფესორი მარტა კოსიორ-კაზბერუკი \_\_\_\_\_

რეცენზენტი: გივი გავარდაშვილი \_\_\_\_\_

რეცენზენტი: ჯონი ხეცურიანი \_\_\_\_\_

დაცვა შედეგება 2020 წლის \_\_\_\_\_ საათზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო კოლეგიის სხდომაზე.

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 68, სტუ, კორპუსი I, აუდ. 508

სადისერტაციო ნაშრომის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში, ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე.

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი:

პროფ. დემურ ტაბატაძე \_\_\_\_\_

## შესავალი

### ნაშრომის საერთო დახასიათება

#### ნაშრომისაქტუალურობა

მსოფლიოში ღვარცოფულ-ეროზიული პროცესების აქტივაცია გლობალური კლიმატური ცვლილებების ფონზე და ჩვენი ქვეყნის გეოლოგიური თავისებურებებიდან გამომდინარე შესწავლილი თემა აქტუალურია, მიღებული შედეგები კი შესაძლოა გამოყენებულ იქნეს პრაქტიკულ საქმიანობაში.

#### მეცნიერული სიახლე

1. დადგენილია ღვარცოფული მასის წვრილფრაქცივანი შემადგენლის რაოდენობრივი მეტობისკენ ცვლილება, რაც ადასტურებს გლობალური დათბობის უარყოფით ზემოქმედებას კალაპოტების შემადგენელ ქანებზე;

2. ღვარცოფული კალაპოტური დანალექების კვლევის საფუძველზე შემუშავებულია ძვრის საწყისი წინაღობის, ძვრის წინაღობისა და დინამიკური სიბლანტის დაზუსტებული ემპირიული დამოკიდებულებები;

3. კვლევამ ცხადყო, რომ ტრადიციულად ღვარცოფული ნარევის წვრილფრაქცივანი შემადგენელი, რომელიც განიხილება 0.1 მმ-ზე ნაკლები დიამეტრის მქონე ნაწილაკებად, ვერ იძლევა ბმული ღვარცოფის დინამიკური პროცესების ზუსტ აღწერას. თიხა-კოლოიდური ნაწილაკების ცალკე ჯგუფად გამოყოფამ საშუალება მოგვცა რეალობას მიახლოვებული, დაზუსტებული მონაცემების მიღებისა;

4. ნაშრომში განხილულია სხვადასხვა ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო კონსტრუქციები და განსაზღვრულია მათი კალაპოტში განლაგების თავისებურებანი. რაც საშუალებას იძლევა მაქსიმალურად შინარჩუნებულ იქნეს ბუნებრივი, ეკოლოგიური წონასწორობა;

5. შესწავლილია მინაპლასტიკური და ბაზალტოპლასტიკური არმატურის ფიზიკა-მექანიკური მახასიათებლები.

მიღებულია თანაბარი დატვირთვის პირობებში განვითარებულ ფარდობით დეფორმაციებსა და მხებ ძაბვებს შორის ემპირიული დამოკიდებულებები.

6. განსაზღვრულია კომპოზიტებით არმირებულ კოჭში ბზარების წარმოქმნის მომენტის შესაბამისი მხები ძაბვები, რაც დასაშვებ საზღვრებში მინაპლასტიკური და ბაზალტოპლასტიკური არმატურის გამოყენების საშუალებას იძლევა ღვარცოფსაწინააღმდეგო მასიურ, გრავიტაციულ ნაგებობებში.

7. მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდების გამოყენებით მიღებულია ემპირიული დამოკიდებულებები, რომელთა პრაქტიკაში დანერგვა ხელს შეუწყობს ღვარცოფსაწინააღმდეგო ღონისძიებების მეტად ეფექტურად გატარებას.

### **სამუშაოს მიზანი**

სადისერტაციო ნაშრომის მიზანია - ღვარცოფის მყარი შემადგენლის რეოლოგიური მახასიათებლების და თანამედროვე კომპოზიტური სამშენებლო მასალების ფიზიკა-მექანიკური თვისებების ექსპერიმენტული კვლევით მიღებული ემპირიული დამოკიდებულებების შედეგების საფუძველზე ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობებში კომპოზიტური მასალების გამოყენების შესაძლებლობის განსაზღვრა; ბმული ღვარცოფის დინამიკური საანგარიშო დამოკიდებულებების დაზუსტება და თანამედროვე კომპიუტერული მოდელირების გამოყენებით ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობების საანგარიშო პარამეტრების განსაზღვრა და დაზუსტება.

### **კვლევის ობიექტი და მეთოდები**

კვლევის ობიექტს წარმოადგენს საქართველოში არსებული ღვარცოფული ხასიათის მდინარეების დურუჯისა და არაგვის წყალშემკრები აუზები. ნაშრომში წარმოდგენილი ექსპერიმენტული კვლევა განხორციელებულია მეცნიერული ექსპერიმენტის დაგეგმარების მეთოდების გამოყენებით. კვლევით მიღებული შედეგების დამუშავებისას

გამოყენებულია მათემატიკურ სტატისტიკაში, საინჟინრო ჰიდროლოგიაში, ჰიდრაულიკაში, გეოდეზიაში, გრუნტების მექანიკაში, ჰიდროტექნიკურ მშენებლობაში და სხვა მონათესავე მეცნიერებათა მიმართულეებში საყოველთაოდ აღიარებული მიდგომები და მეთოდები. მონაცემების შეგროვება, გრაფიკული ინფორმაციის დამუშავება და გაანგარიშებები განხორციელებულ იქნა თანამედროვე პროგრამული უზრუნველყოფის მეშვეობით: DEBFLOW, GIS, LIRA და სხვა.

### კვლევის ძირითადი შედეგები

თანახმად ჩატარებული კვლევისა, შესაძლებელია გაკეთდეს დასკვნა, რომ:

- ღვარცოფული მასის წვრილფრაქცოვანმა შემადგენელმა რაოდენობრივად მეტობისკენ ცვლილება განიცადა, რაც კიდევ ერთხელ ადასტურებს გლობალური დათბობის უარყოფით ზემოქმედებას კალაპოტების შემადგენელ ქანებზე;
- ღვარცოფული კალაპოტური დანალექების კვლევის საფუძველზე შემუშავებული ძვრის საწყისი წინააღმდეგობის, ძვრის წინააღმდეგობისა და დინამიკური სიბლანტის დაზუსტებული ემპირიული დამოკიდებულებები ადასტურებს, რომ ღვარცოფული ნარევის წვრილფრაქცოვანი შემადგენელი, რომელიც განიხილება 0.1 მმ-ზე ნაკლები დიამეტრის მქონე ნაწილაკებად, ვერ იძლევა გარემოში მიმდინარე ღვარცოფული პროცესების ზუსტ აღწერას.
- თიხა-კოლოიდური ნაწილაკების ცალკე ჯგუფად გამოყოფა საშუალებას იძლევა რეალობას მიახლოებული, დაზუსტებული მონაცემების მიღებისა;
- ნაშრომში განხილული სხვადასხვა ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო კონსტრუქციების კომპლექსური განლაგება მაქსიმალურად ინარჩუნებენ ბუნებრივ ეკოლოგიურ წონასწორობას;

- მინაპლასტიკური და ბაზალტოპლასტიკური არმატურის ფარდობითი დეფორმაციისა და მხები ძაბვების დამოკიდებულებას წრფივი ხასიათი აქვს;
- ზღვრული მხები ძაბვების სიდიდე არ არის დამოკიდებული დიამეტრზე;
- სხვა თანაბარ პირობებში ზღვრული მხები ძაბვების მნიშვნელობები მინაპლასტიკური და ბაზალტოპლასტიკური არმატურის ერთმანეთთან მიახლოებულია;
- მინაპლასტიკური და ბაზალტოპლასტიკური არმატურის გამოყენება შესაძლებელია კოჭის ტანში ბზარწარმოქმნის მომენტამდე (მაგალითად, დაწოლის ამტან სამშენებლოელემენტებში ბაზალტოპლასტიკური არმატურა გამოიყენება);
- ბაზალტოპლასტიკურსხვაარმატურებთან შედარებით გააჩნია მაღალი საბოლოო სიმტკიცე;
- იგი არექვემდებარება კოროზიას და აქვს იგივე თვისებები, როგორც უჟანგავ ლითონს დამასზედ 40%-ით იაფია;
- ბაზალტოპლასტიკური არმატურა ცეცხლგამძლეობის უკეთესი მაჩვენებლითხასიათდება, ვიდრე ნებისმიერი სხვა სახის კომპოზიტი;
- ბაზალტოპლასტიკურ არმატურასტუტე მედეგობის უკეთესი მაჩვენებელი აქვს, ვიდრე მინაპლასტიკურს;
- ბაზალტოპლასტიკური არმატურა ლითონის არმატურასთან შედარებით, თითქმის სამჯერ უფრომსუბუქია.
- კვლევის შედეგად მიღებული მონაცემები შესაძლოა გამოყენებულ იქნეს მინაპლასტიკური და ბაზალტოპლასტიკური არმატურით არმირებული კონსტრუქციების სიმტკიცის გაანგარიშებისას.

### **კვლევის შედეგების გამოყენების სფერო**

ნაშრომში წარმოდგენილი კვლევის საფუძველზე მიღებული შედეგები ხელს შეუწყობს: ღვარცოფმცოდნეობის, ჰიდროტექნიკური მელიორაციის, გარემოს დაცვის, საინჟინრო ეკოლოგიისა და ჰიდროგეოლოგიის სფეროში მომუშავე ორგანიზაციებსა და ინჟინრებს ქმედითი გარემოსდამცავი ღონისძიებების გატარებაში, საპროექტო ნორმების, ნორმატიული დოკუმენტებისა და ღვარცოფსაწინააღმდეგო ღონისძიებების სწორად შემუშავება-შერჩევაში, ხოლო დარგში მოღვაწე მეცნიერებს - სამომავლო კვლევების ეფექტურ განხორციელებაში.

### **სამუშაოს სტრუქტურა და მოცულობა**

სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავალის, ოთხი თავის, საერთო დასკვნებისა და გამოყენებული ლიტერატურისგან (87 დასახელება). ნაშრომი გადმოცემულია 110 ნაბეჭდ გვერდზე, მათ შორის 10 ცხრილი, 30 ნახაზი და 8 ფოტო.

## დისერტაციის ძირითადი შედეგები

### თავების მიხედვით

სადისერტაციონაშრომის პირველ თავში „ღვარცოფული მოვლენების შესწავლის ისტორია და ლიტერატურული მიმოხილვა“ აღწერილია: ღვარცოფული მოვლენების შესწავლის და მათთან ბრძოლის ღონისძიებათა შემუშავების ისტორია XIX საუკუნიდან დღემდე. მოძიებულია ისტორიული ფაქტები, რომლებიც მეტყველებენ იმაზე, რომ საუკუნეების განმავლობაში კავკასიის მთიანი რეგიონების მოსახლეობა ეფექტურ ბრძოლას ეწეოდა ფერდობებიდან არადარეგულირებულ ჩამონატანთან, რომელიც დიდ ზიანს აყენებდა მიწათმოქმედებას და მეცხოველეობას. საქართველოს, სომხეთის, აზერბაიჯანის, დაღესტნის, შუა აზიის, ყირიმის ტერიტორიებზე ათასწლეული სიძველის მქონე მთის მდინარეების დინების მარეგულირებელი ნაგებობებია შემორჩენილი.

კავკასიის რეგიონში ღვარცოფების ფორმირების საკითხებს და მათი დამანგრეველ ზემოქმედებასთან ბრძოლის ღონისძიებების დამუშავებამ ინჟინრებისა და მეცნიერების ყურადღება მიიპყრო კავკასიონის ქედზე გზის გაყვანისას. ლიტერატურაში ეს საკითხები საქართველოს სამხედრო გზის პროექტის ავტორის ბ.სტატკოვსკის მიერ 1859 წელს იყო განხილული. იგი ხაზს უსვამდა ღვარცოფის დიდ დამანგრეველ ძალას. 1865 წელს ბ.სტატკოვსკის მიერ იყო ორგანიზებული ექსპედიცია „ყაზბეგის გრანდიოზული ჩამონაქცევის“ წარმოქმნის მიზეზების დასადგენად, რომელმაც გადაკეტა თერგის ხეობა და საქართველოს სამხედრო გზა. მთის ფერდობების გატყიანების სამუშაოები ჩატარდა 1876 წელს ქ.ფეოდოსიასთან, 1880 - 1898 წლებში სამთო-მელიორაციული სამუშაოები დაიწყო უზბეკეთში, ქ.ტაშკენტიდან ჩრდილო-აღმოსავლეთით. სამუშაოები მიმდინარეობდა ს.რაუნერის სელმმღვანელობით და მიზნად ისახავდა სარწყავი სისტემების დაცვას ღვარცოფების დამანგრეველი ზემოქმედებისაგან.



ღვარცოფების წარმოქმნის აუცილებელი პირობების მთელი კომპლექსის, შედარებით სრული და ღრმა ანალიზი მოყვანილია 1902 წელს გეოლოგ კ.ბოგდანოვიჩის ნაშრომში „კავკასიის მთავარი ქედის ორი გადაკვეთა“.

ღვარცოფების მოძრაობის მექანიზმი და მათი ზემოქმედება გარემოზე დაწვრილებით არის განხილული ნ.პილცოვის ნაშრომებში.

1909 წელიდან კავკასიაში ღვარცოფების წარმოქმნის საკითხებით და მათთან ბრძოლის ღონისძიებების დამუშავებით დაკავებული იყო წყლების სამმართველო.

ღვარცოფების ჰიდროლოგიური რეჟიმის შესწავლის აუცილებლობის საკითხი პირველად 1913 წელს იქნა დასმული, მას შემდეგ, რაც შეიქმნა კავკასიის წყლების სამმართველოს ჰიდრომეტრიული ნაწილი. ღვარცოფული აუზების ჰიდრომეტრიული დაკვირვებების ძირითადი ორგანიზაციული საკითხები ჩამოყალიბებულ იქნა ა.ესენის მიერ, მაგრამ პრაქტიკულ განხორციელებამდე მიყვანილ არ იქნა.

1923 წელს საქართველოში განხორციელდა ქ.თბილისის ღვარცოფებისაგან დაცვის სამთო-მელიორაციული სამუშაოები.

ამიერკავკასიის რკინიგზის სამმართველოს მიერ ჩატარდა იმ ღვარცოფული აუზების დეტალური ტოპოგრაფიული გამოკვლევა, რომლებიც საფრთხეს უქმნიდნენ რკინიგზის ნორმალურ ფუნქციონირებას და დამუშავებულ იქნა ფერდების გამაგრების პროექტები.

1928 წლიდან 1934 წლამდე შეიქმნა რამოდენიმე სპეციალური სტაციონარული საცდელ-მელიორაციული პუნქტი ყველა ღვარცოფულ რეგიონში.

XX საუკუნის 40-იან წლებამდე ჩატარებული სამუშაოების ძირითად ნაკლს წარმოადგენდა გამოსაკვლევი პრობლემის მიმართ კომპლექსური მიდგომის უქონლობა. უმეტეს შემთხვევაში ყველა მეცნიერი განიხილავდა ღვარცოფს ცალსახად, მხოლოდ თავისი სპეციალობის პოზიციიდან.

1945 წელს ა.ველიკანოვმა დაიწყო ნატანდატვირტული ნაკადების ფიზიკა-მექანიკური თვისებებისა და დინამიკის თეორიული კვლევა. მანვე ღვარცოფის გავლის შემდეგ, კალაპოტის ფორმისა და აგებულების შესწავლის საფუძველზე, აღადგინა ნაკადის მოძრაობის საერთო სურათი და მიანიშნა მოძრაობის იმ თავისებურებებზე, რომლებიც განპირობებულია ღვარცოფული მასის შემადგენლობით.

შემდგომ წლებში ღვარცოფების წარმოქმნის პირობების შესწავლას საქართველოს სხვადასხვა მდინარეების აუზებში აწარმოებდნენ გ.არეშიძე, კ.ბეგიშვილი, დ.ბერძენიშვილი, ი.ბუაჩიძე, მ.გაგოშიძე, თ.კიკნაველიძე, შ.ყიფიანი, ო.კუცნაველიძე, ე.ქურდაძე, ც.მირცხულავა, ა.ონიანი, გ.ხმალაძე, ე.წერეთელი, ე.ჯავახიშვილი და სხვანი. ღვარცოფების დინამიკისა და ღვარცოფსაწინააღმდეგო ღონისძიებების შესწავლას მიძღვნილი აქვს ტ.ბეგიშვილის, მ.გაგოშიძის, ვ.თევზაძის, ზ.იორდანიშვილის, ლ.სულაქველიძის, ი.ყრუაშვილის, ი.ხერხეულიძის, გ.ხერხეულიძის, ც.მირცხულავას, თ.ვოინიჩ-სიანოჟენცკის, ო.ნათიშვილის, გ.გავარდაშვილის, ე.კუხალაშვილის, ი.ინაშვილის, ი.კლიმიაშვილისა და სხვათა ნაშრომები.

**ღვარცოფების გავრცელების არეალი და კლასიფიკაცია.** ევრაზიისა და ამერიკის კონტინენტების გარდა, ღვარცოფული მოვლენები ფიქსირებულია აფრიკაში, ავსტრალიაში, წყნარი, ატლანტიკისა და ინდოეთის ოკეანეების კუნძულების მთიან რეგიონებში.

მძლავრი ღვარცოფები ფიქსირდება დიდი კავკასიონის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ფერდზე, აზერბაიჯანის საზღვრებში. მდინარე ქიშჩაიზე 1889-1956 წლებში რეგისტრირებულია 9 ღვარცოფი, რომელთა შორის ყველაზე მძლავრი 1901 წელს დაფიქსირდა. კავკასიონის სამხრეთ-დასავლეთ ნაწილში ღვარცოფსაშიში რაიონები განთავსებულია რიონის, ენგურისა და სხვა მდინარეების აუზებში; ცენტრალურ კავკასიონზე - თერგის, ყუბანის, არაგვისა და დიდი ლიახვის მდინარის აუზებში, ხოლო დიდი კავკასიონის აღმოსავლეთ ნაწილის ჩრდილოეთ და სამხრეთ ფერდობებზე - მდინარე ალაზნის მარცხენა სანაპიროზე. მცირე კავკასიონზე ღვარცოფსაშიში

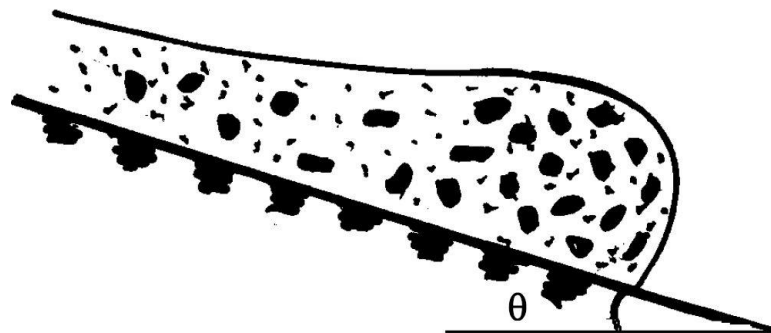
ტერიტორიები ფართოვდება აღმოსავლეთისა და სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულებით, რაც დაკავშირებულია მაღალმთიანი რეგიონის მშრალ კლიმატთან. აქ ძირითადი ღვარცოფსაშიში რაიონები განთავსებულია სომხეთის, ბარგუმატის და მეგრინის ქედების ფერდობებზე.

აქედან გამომდინარე, ეროზიულ-ღვარცოფულ მოვლენებთან ბრძოლა ჩვენი ქვეყნისათვის უმნიშველოვანეს პრობლემას წარმოადგენს.

ნაშრომში მოტანილია ღვარცოფის კლასიფიკაცია სხვადასხვა მახასიათებლების მიხედვით:

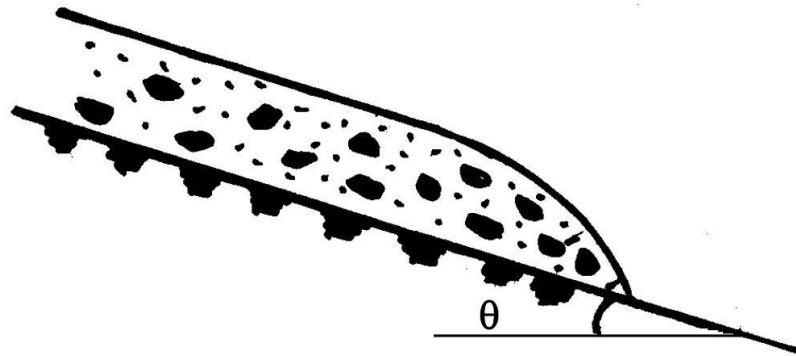
- დინების დროის;
- ტალღის სიმაღლის;
- ნაკადის მყარი მასითგაჯერების;
- სიმკვრივის;
- ეროზირებისა და ტრანსპორტირების უნარის;
- სახეობების მიხედვით: ბმული და არაბმულიანტურბულენტური;
- ღვარცოფწარმოქმნისპროცესის.

განხილულია ბმული ღვარცოფის ფრონტალური ნაწილის მოძრაობის თავისებურებანი, ვინაიდან ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობათა მუშაობის ეფექტურობა განპირობებულია ფრონტის ზემოქმედების კუპირებაზე. ნახაზზე 1 წარმოდგენილია შემთხვევა, როდესაც ღვარცოფი კალაპოტის ზედა ფენიდან იერთებს მყარ ფაზას - დეფორმირებადი კალაპოტი, და აკუმულირებს მას ფრონტალურ ნაწილში.



ნახ.1. ბმული ღვარცოფის ფრონტალური ნაწილის ფორმა დეფორმირებად კალაპოტში მოძრაობისას.

ნახაზზე 2 წარმოდგენილია შემთხვევა, როდესაც კალაპოტის ზედაპირიდან ვერ ხდება მყარი ფაზის მიერთება - არადეფორმირებადი კალაპოტი. ფრონტალური ნაწილის ფორმა ნაკლებად გამოკვეთილია. ღვარცოფი მოძრაობისას ტოვებს კალაპოტში მყარ ფაზას ბოლოდან - უკანა ნაწილიდან, მცირდება მისი სიღრმე. ის სუსტდება და მოძრაობის სიჩქარე კლებულობს.



ნახ. 2. ბმული ღვარცოფის ფრონტალური ნაწილის ფორმა არადეფორმირებად კალაპოტში მოძრაობისას.

ასეთ შემთხვევაში ღვარცოფი შესაძლოა ვერ გავიდეს გამოტანის კონუსზე და გაჩერდეს სატრანზიტო ზონაში. შედეგად კი, აკუმულირებული ღვარცოფული მასა შექმნის ზღუდარს და შეცვლის კალაპოტურ პროცესებს.

სადისერტაციონაშრომისმეორე თავში „ღვარცოფსაწინააღმდეგო ღონისძიებები“ აღწერილია: ღვარცოფსაწინააღმდეგო ღონისძიებები, ნაგებობები და მათი მნიშვნელობა ღვარცოფებთან ბრძოლისას.

კლასიკური ღვარცოფწარმოქმნის ხელის შემშლელი ნაგებობები ორ ჯგუფად იყოფა:

- ნაგებობები, რომლებიც ღვარცოფული მოვლენების სტაბილიზაციას უწყობს ხელს (საგუბრების კასკადები, საყრდენი კედლები, სადრენაჟო მოწყობილობები, ფერდების ტრასიტება, აგრარული და სატყეო ღონისძიებები);

- ნაგებობები, რომლებიც ღვარცოფული მოვლენების თავიდან აცილებას უწყობს ხელს (წყალდიდობის მარეგულირებელი კაშხლები, სხვა ტიპის ჰიდროტექნიკური ნაგებობები და სხვადასხვა ტიპის წყალშემკრებები, როგორც ხელოვნური, ასევე ბუნებრივი).

საინჟინრო ნაგებობებს, რომლებიც განლაგებულია ღვარცოფის სატრანზიტო ზონაში, განეკუთვნება შემდეგი ნაგებობები:

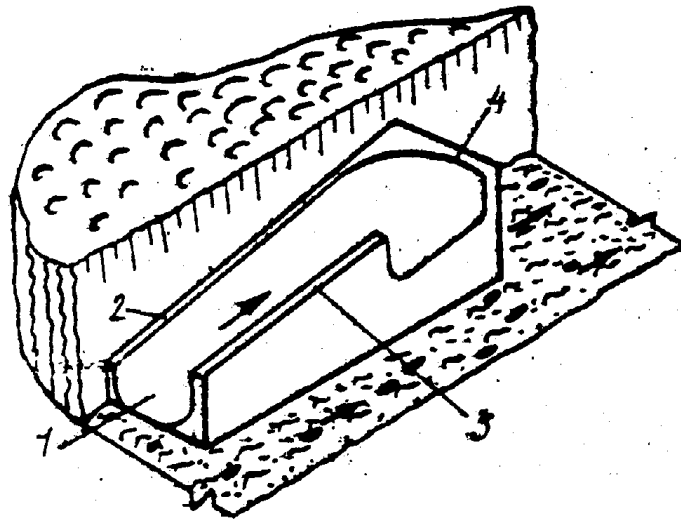
- ღვარცოფგამტარები (არხები, ხიდები და სხვა);
- ღვარცოფმიმართველი (კალაპოტში დინების მიმართულებით განლაგებული დამბის ან კედლის ტიპის მცირე ზომის ზღუდარები);
- ღვარცოფდამჭერი (კალაპოტის სრულად ან ნაწილობრივ გადამკეტი ყრუ ან გამჭოლი დამბები და კაშხლები, ტრამპლინური ტიპის, ცხურის ტიპის ნაგებობები და სხვა).

ღვარცოფის გამოტანის კონუსზე ძირითადად კლასიკური ნაპირსამაგრი ნაგებობები არის განთავსებული, რომელთა ამოცანაა დასახლებების, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებისა და საწარმოო ობიექტების დაცვა.

თანამედროვე გარემოსდამცავ ღონისძიებათა განხორციელებისას ყურადღება ეთმობა ღვარცოფსაწინააღმდეგონაგებობებს, რომელთა დანიშნულებაა ნაკადის ზემოქმედებისშემცირება, როგორც თვით ნაგებობაზე, ასევე დასაცავ ობიექტზე. კონსტრუქციებისადმი წაყენებულ მოთხოვნებში გათვალისწინებული უნდა იყოს:

- მაღალ მედეგობა;
- ნაგებობების კონსტრუქციული სიმარტივე;
- მარტივად განსახორციელებელი სამშენებლო სამუშაოები;
- ნაგებობის დაბალი თვითღირებულება.

ჩვენს მიერ განხილული კონსტრუქციები განეკუთვნება გამჭოლ, ტრამპლინისტიპის ნაგებობებს, ნახაზი 3.



ნახ. 3. ტრამპლინის ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგონაგებობა.

პარაბოლური ფორმის ღვარცოფსაწინააღმდეგონაგებობის დამუშავებას,

ბოლოში მოხვეულობით მდინარის ღვარცოფსაწინააღმდეგონაგებობის დამუშავებას, რომელიც ბოლოვდება კალაპოტის ღვარცოფსაწინააღმდეგონაგებობის მიმართული ელიფსური ფორმის კედლით. ამასთან კონსტრუქციის შიდა ბორცვის სიმაღლე აღემატება სავარაუდო კატასტროფული ღვარცოფის სიღრმეს. ნაგებობის უპირატესობას წარმოადგენს ღვარცოფის ენერჯის ეფექტური ჩახშობა - ღვარცოფის ასული ნაკადის შეჯახება ნაგებობისაგან თავისუფალ კალაპოტში მიმავალ ნაკადთან. ეს ხელს უწყობს წყალარინების ჰიდრაულიკური რეჟიმის შენარჩუნებას. კატასტროფული ღვარცოფის გავლის შემთხვევაში წარმოადგენს ელიფსური კონსტრუქციის არიტორებად დამუშავებულ ეფექტურად ამ ტიპის კონსტრუქციას უპირატესობას სხვა ნაგებობებთან შედარებით წარმოადგენს:

- ნაგებობის საიმედო და ხანგრძლივი დამუშავება;
- მთის მდინარეების კალაპოტების მორფოლოგიური აგებულების მაქსიმალურად შენარჩუნება და მათი სტაბილიზაცია;
- დიდი ეკონომიკური ეფექტი.

წარმოადგენს ელიფსური ნაგებობების შენდებარკინა-ბეტონით, რომლის რაოდენობა მთლიანად მშენებლობის სახის 80%-ს შეადგენს.

აღწერილი ტიპის კონსტრუქციების ეფექტური გეომეტრიული პარამეტრების განსაზღვრისათვის აუცილებელია დაზუსტდეს ღვარცოფის დინამიკური მახასიათებლები.

სადისერტაციონაშრომისმესამე თავიში „**ბმულ ღვარცოფთა დინამიკის თავისებურებანი**“ აღწერილია: ღვარცოფების მოძრაობის სიჩქარის განსაზღვრის სხვადასხვა ავტორთა მიერ მიღებული თეორიული და ემპირიული დამოკიდებულებები.

რიგი ავტორებისაღვარცოფში წყალსმიიჩნევენგარემოდ, რომელსაცგადააქვსმყარინაწილაკებიდაგანსაზღვრავენღვარცოფისსიჩქარეს, როგორცწყლისნაკადისას, მაგრამდამატებითიკოეფიციენტებისგათვალისწინებით:

$$V_1 = \xi V \tag{1}$$

სადაც

$V_1$  - ღვარცოფის სიჩქარეა;

$\xi$  - კორექციის კოეფიციენტი;

$V$  - წყლის ნაკადის სიჩქარეა.

სხვებიარამკაფიოდატარებენზღვარსღვარცოფისიმავეპარამეტრებისწყლისნაკადთანშედარებისას. ასევეგანსხვავდებასხვადასხვაავტორთა მიერღვარცოფშიმყარიშემადგენელისფორმისგათვალისწინება.

ერთნიითვალისწინებენმყარკომპონენტებსმოცულობითიკონცენტრაციისსახით, მეორენიწონითიკონცენტრაციისსახითდაა.შ.

ბლანტ–პლასტიური

ბმული, ღვარცოფის მოძრაობის სიჩქარის დასადგენად ფლეიშმანის მიერ ექსპერიმენტული გზით მიღებულია შემდეგი ფორმულა:

$$V_1 = [1 - 0.1\gamma_1^{1.5}\sqrt{\mu - \mu_0}]V \tag{2}$$

სადაც,

$\gamma_1$ -ღვარცოფის მოცულობითი წონაა;

$\mu$ - სიბლანტის კოეფიციენტი;

$\mu_0$ - ღვარცოფის სასაზღვრო სიბლანტეა, მისი არაბმულიდან ბმულმდგომარეობაში გადასვლის დროს.

ფორმულა (2)-

შიფრჩხილებში მოთავსებული გამოსახულება არის კოეფიციენტი, რომელიც გვაძლევს საშუალებას ღვარცოფის სიჩქარის იდენტიფიცირებისა და ვეზომის წყლის ნაკადის სიჩქარესთან. ს. ფლეიმანი თვლის, რომ ფორმულა (2) მისაღებია პირველ მიახლოებაში. ავტორი იძლევა მისი გამოყენების ზღვრებს.

ღვარცოფის მოძრაობის საშუალოსიჩქარის განსაზღვრისათვის მ. მოსტკოვმა შემოიტანა ფორმულა:

$$V_1 = K_1 \sqrt{gH(i - i_0)} \quad (3)$$

სადაც

$K_1$  - ნაკადის მოძრაობის წინაღობის კოეფიციენტი;

$g$  - თავისუფალი ვარდნის აჩქარება;

$H$  - ნაკადის საანგარიშოსიღრმეა;

$i$  - კალაპოტის ქანობია;

$i_0$  - ღვარცოფის გაჩერების ქანობია.

მოსტკოვია დნიშნავს, რომ  $K_1$  -

არის ფუნქცია შენაერთის საშუალო დიამეტრისა და ნაკადის სიღრმის თანაფარდობისა. ფორმულის ავტორი არ იძლევა რეკომენდაციას შენაერთების საშუალო დიამეტრის განსაზღვრისათვის და არამახვილებს ყურადღებას იმაზე, საჭიროა თუ არა საშუალო დიამეტრის განსაზღვრის დროს წვრილ დისპერსულ იმედად გენელის გათვალისწინება.

ზ. იორდანიშვილის მიერ შემოტანილი ადამოკიდებულიება:

$$V_1 = \left[ 14.6 \rho_0 i H B^4 - 0.346 \sqrt{\frac{K}{B}} \right]^{1.7} \quad (4)$$

სადაც



B -

არის ღვარცოფის მყარი შემადგენელისა და წყლის კომპონენტები  
სმასების თანაფარდობა;

K -

ღვარცოფში შემავალი კოლოიდური ნაწილაკებისა და მყარი შემადგენელის მასების თანაფარდობაა.

ავტორი გამოდის ძალების დინამიკური წონასწორობის პირობიდან, რომლებიც მოქმედებენ კალაპოტის რომელიმე უბანზე, ბმული ღვარცოფის რომელიმე ნაწილზე. მოცემული დამოკიდებულებები ვალისწინებს ღვარცოფის ყველა ძირითად კომპონენტს.

განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმო სენ-ვენანის მიერ არადამყარებული მოძრაობისათვის მიღებულ დიფერენციალურ განტოლებებს:

$$i - \frac{\partial h}{\partial l} = \frac{1}{g} V \frac{\partial V}{\partial l} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{V^2}{C^2 R} + \frac{qV}{g\omega} \quad (5)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial l} + \frac{\partial \omega}{\partial t} = q \quad (6)$$

ისინი მიეკუთვნებიან დიფერენციალური ჰიპერბოლური განტოლებები სრიცხვს, რომელთაც ცხადია მონახსნი არ გააჩნიათ. გაანგარიშებისას გამოიყენება რიცხვითი მეთოდები.

ბმული ღვარცოფები იმ სუსპენიათა რიცხვს განეკუთვნება, რომელთა დახასიათებაც შესაძლებელია მხოლოდ მრავალკომპონენტური გარემოსათვის შემუშავებული რეოლოგიური მოდელების მეშვეობით.

ჰეტეროგენული ნარევის სიბლანტის განსაზღვრისთვის ფართოდ იყენებენ ნობილიგამოსახულებას, რომელიც აინშტაინის მიერ 1906 წელს იქნა მიღებული.

$$\mu = \mu_0 (1 + \alpha S) \quad (7)$$

სადაც  $\mu$  - დისპერსული გარემოს სიბლანტეა;

$\mu_0$ - წყლისსიბლანტეა;

$\alpha$ - მამრავლია, რომელიც განსაზღვრულია ნაწილაკის ფორმით;

S- დისპერსული ფაზის მოცულობითი კონცენტრაციაა.

განტოლება (7)-

ის გამოყენებაში ძლებამხოლოდ გარკვეულ პირობებში, როდესაც:

დისპერსული ფაზის კონცენტრაცია დაბალია და ნაწილაკებს

შორის არ არსებობს ურთიერთქმედებანი. ამის გარდა აუცილებელია,

რომ სისტემა იყოს არაკუმშვადი,

ხოლო სისტემაში დინებას ლამინარული ხასიათი უნდა ჰქონდეს.

ნაშრომში განხილულია: ბენსელის, ოუზენის, ეირიხის, კუნის, სმოლუხოვსკის, სიმხის, ვანგის, ბრინკმანის, როსკოს, რობინსონის, მორის, ოტოტაკეს და სხვათა მიერ მიღებული დამოკიდებულებები, რომელთა ანალიზმაც მოგვცა საშუალება გაგვესაზღვრა ღვარცოფული ნარევის თიხა-კოლოიდური შემადგენელი რეოლოგიური (შვედოვ-ბინგამის) მოდელი (8).

$$\tau = \tau_0 + \mu \frac{du}{dy} \quad (8)$$

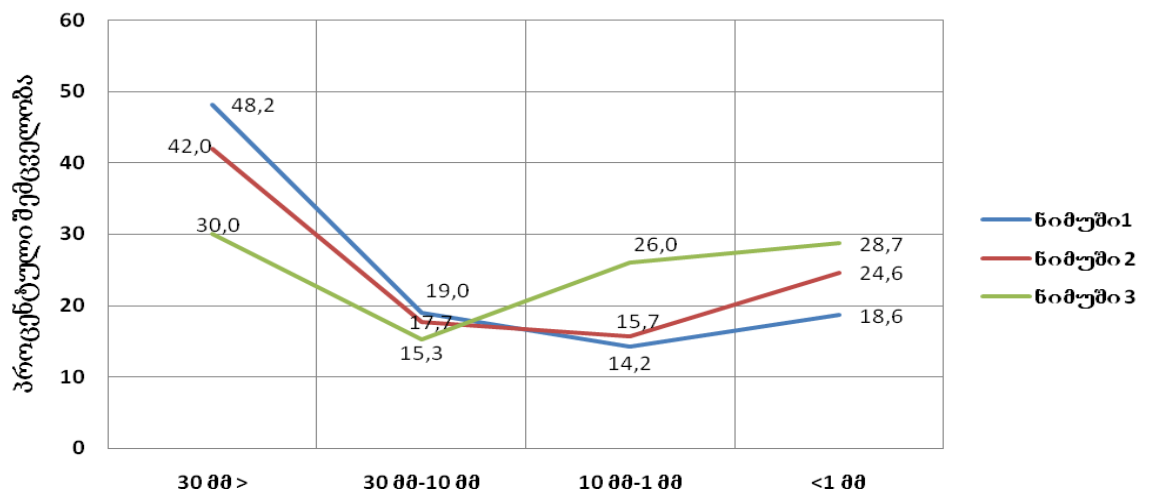
ექსპერიმენტალური კვლევისათვის განისაზღვრა მდ. დურუჯის კალაპოტიდან აღებული დაურღვეველი ნიმუშების გრანულომეტრიული შემადგენლობა. შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 1 და ნახაზ 4-ზე.

ცხრილი 1.

მდ. დურუჯის კალაპოტიდან აღებული ღვარცოფული ნატანის ნიმუშების გრანულომეტრიული შემადგენლობა

რიგითი ნომერი	ქვეები >30 მმ	ღორღი 30 -10 მმ	ხრეში დამსხვილი ქვიშა 10 -1 მმ	წვრილ ფრაქციულ ნაწილი < 1 მმ
ნიმუში 1	48,20	19,00	14,20	18,60
ნიმუში 2	41,50	18,70	16,70	23,10
ნიმუში 3	30,00	15,30	26,00	28,70

გრანულომეტრიული შედეგების ანალიზი ცხადყოფს, რომ გამოტანის კონუსის სხვადასხვა ადგილში ღვარცოფული ნარევის შემადგენლობა განსხვავებულია. ჩვენ ვვარაუდობთ, რომ ეს განპირობებულია ბმული ღვარცოფის დინამიკის თავისებურებებით. გამოტანის კონუსზე გამოსვლისას საგრადიენტო შრე კარგავს თავის თვისებებს, რის შედეგადაც კალაპოტის ზემოქმედებით ღვარცოფის ბირთვი იწყებს რღვევას. შედარებით დიდი დიამეტრის მქონე ჩანართები ინერციით აგრძელებს მოძრაობას და თავს იყრის გამოტანის კონუსის ფრონტალურ ნაწილში, ხოლო შედარებით მცირე ზომის ჩანართები გამოტანის კონუსზე ლაგდება დიამეტრის კლებით წყალსადენის სათავისაკენ. წვრილფრაქციული მასა კი, შეიძლება ითქვას, თანაბრად არის განაწილებული გამოტანის კონუსზე.

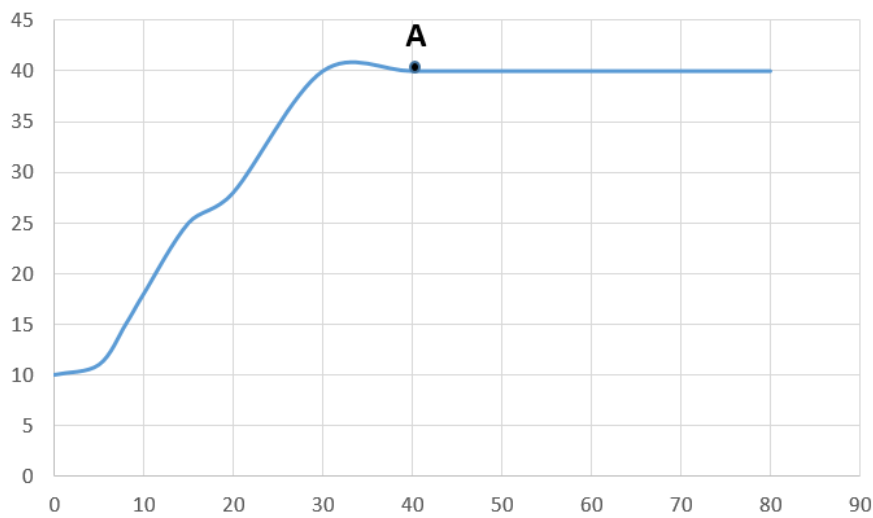


**ნახ. 4.მდ.დურუჯის კალაპოტიდან აღებული ღვარცოფული ნატანის ნიმუშების გრანულომეტრიული შემადგენლობა.**

ღვარცოფული მასის ნიმუშების ექსპერიმენტულ კვლევებში გამოყენებული იყო ხელსაწყო „რეოტესტ-2“. კვლევის საწყის ეტაპზე შესწავლილ იქნა წვრილდისპერსული ფაზის მასური კონცენტრაციის გავლენა მისი ხსნარების სტრუქტურულ-მექანიკურ მაჩვენებლებზე. ექსპერიმენტები ტარდებოდა მყარი შემადგენელის მასური კონცენტრაციის

წილის მუდმივი ზრდით 0.1-დან 0.7-მდე ბიჯით 0.05. ყველა ექსპერიმენტის მანძილზე საცდელი ხსნარის ტემპერატურა იყო 20°C. ყოველი ნიმუშისათვის ჩატარებულია ხუთ-ხუთი ცდა, ექსპერიმენტებს შორის ერთსაათიანი ინტერვალით.

ნახაზებზე 5-7 ნაჩვენებია კინეტიკის განვითარების დამახასიათებელი მრუდები მყარი შემადგენლის სხვადასხვა მასური კონცენტრაციის დროს. ნახ. 5-დან ჩანს, რომ არადამყარებული პლასტიკური (მონაკვეთი 0A) დინების გარდა, შეიძლება გამოყოფილ იქნეს ბლანტი დინების A წერტილის მარჯვნივ მონაკვეთი. არადამყარებული დინების წარმოქმნის მიზეზს წარმოადგენს სისტემაში ძაბვების ზრდა, რასაც თან სდევს სტრუქტურის გარდაქმნა. ხოლო როცა ძაბვების მნიშვნელობები მიაღწევს ხანგრძლივი სიმტკიცის ზღვარს, სისტემაში აღინიშნება დეფორმაციების სტაბილიზაცია.



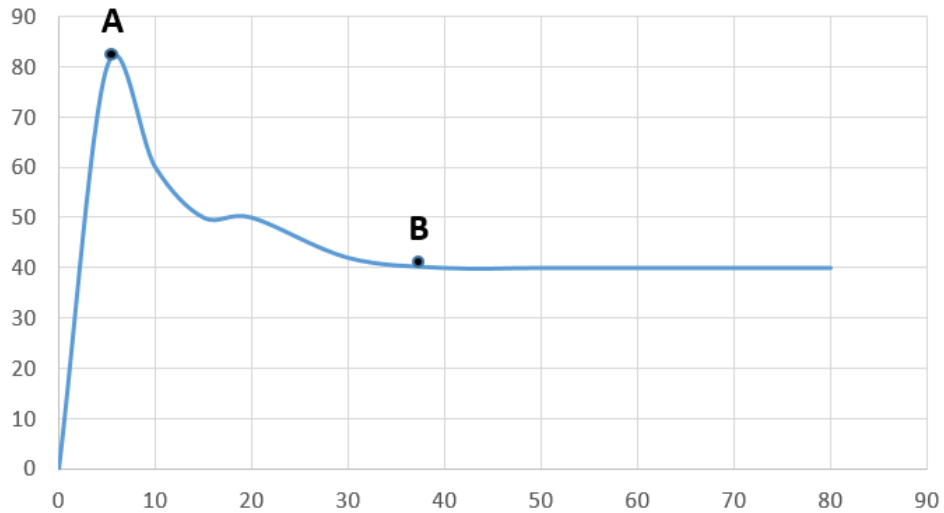
**ნახ. 5. ნარევის დეფორმაციის კინეტიკის**

**განვითარების მრუდი - P=0,5-ის მნიშვნელობის დროს.**

ნახ. 5-დან ჩანს, რომ არადამყარებული პლასტიკური (მონაკვეთი 0A) დინების გარდა, შეიძლება გამოყოფილ იქნეს ბლანტი დინების A წერტილის მარჯვნივ მონაკვეთი.

ნარევი კონცენტრაციის მომატება ცვლის დეფორმაციების კინეტიკის განვითარებას (ნახაზი 6). სისტემის დატვირთვის საწყის ეტაპზე დეფორმაციები გადადიან დრეკად დეფორმაციებში (მონაკვეთი 0A),

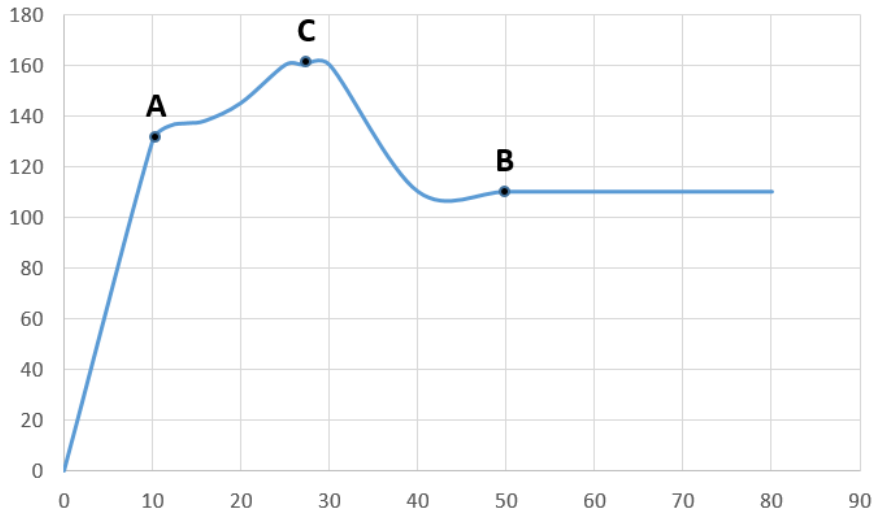
რომელსაც თან სდევს კავშირების განმტკიცება. წერტილ A-ში ძაბვები სისტემაში აღწევს თავის მაქსიმუმს, რის შემდეგაც სტრუქტურაში კავშირების ნგრევა მათ აღდგენას სჭარბობს. შემდეგ აღინიშნება დეფორმაციების თანდათანობითი სტაბილიზაცია წერტილ B-მდე, რომელიც მთავრდება ბლანტი დინებით.



**ნახ. 6. ნარევის დეფორმაციის კინეტიკის**

**განვითარების მრუდი -  $P=0,6$ -ის მნიშვნელობის დროს.**

ნახაზზე 8, სადაც მყარი შემადგენლის კონცენტრაცია  $P=0,7$ , აღინიშნება AC მონაკვეთის გამოჩენა, რომელიც აღწერს კავშირების ნგრევის დასაწყისს მათი აღდგენის სიჭარბით. წერტილ C-ში დანგრეული და აღდგენილი კავშირების რაოდენობა გათანაბრებულია. მრუდის შემდეგი ნაწილი შეესაბამება დეფორმაციების სტაბილიზაციის დასაწყისს და პოტენციურ გადასვლას ბლანტ დინებაში.



ნახ. 8. ნარევის დეფორმაციის კინეტიკის

განვითარების მრუდი -  $P=0,7$ -ის მნიშვნელობის დროს.

ბუნებაში იშვიათად გვხვდება ღვარცოფები, რომელთა მყარი შემადგენელი წარმოდგენილია მხოლოდ წვრილდისპერსული ფაზით. ღვარცოფის შემადგენელი ნაწილაკების დიამეტრი ფართოდ იცვლება და რამდენიმე მეტრსაც კი აღწევს.

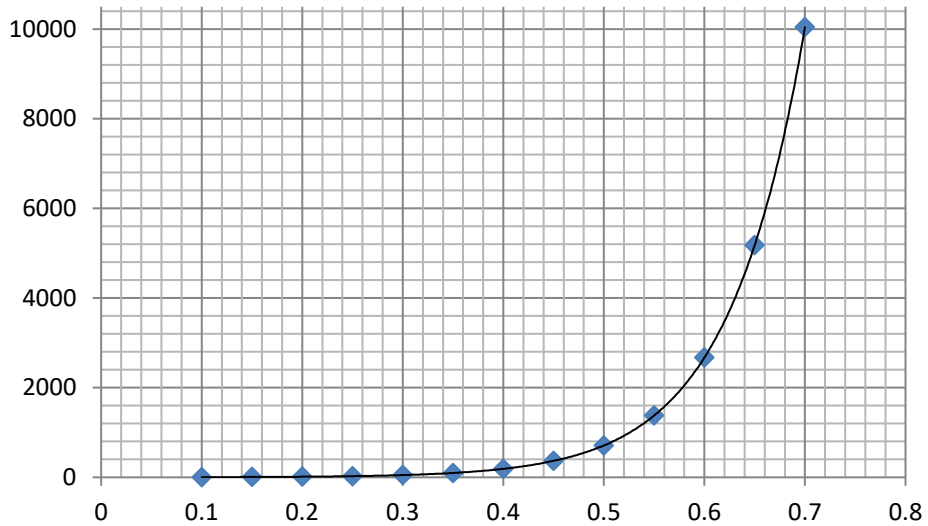
ლაბორატორიული კვლევის შედეგები დამუშავებულია მატემატიკური სტატისტიკის მეთოდებით და წარმოდგენილია ემპირიული დამოკიდებულებებით და გრაფიკული სახით.

თიხა-კოლოიდური ხსნარების ძვრის საწყისი წინაღობა და მყარი შემადგენლის მასური კონცენტრაციის დამოკიდებულებას აქვს შემდეგი სახე:

$$\tau_0 = 0,9484e^{13.24P} \text{ (ნ/მ}^2\text{)} \quad (9)$$

სადაც

$P$  - თიხა-კოლოიდური ნაწილაკების მასური კონცენტრაციაა.



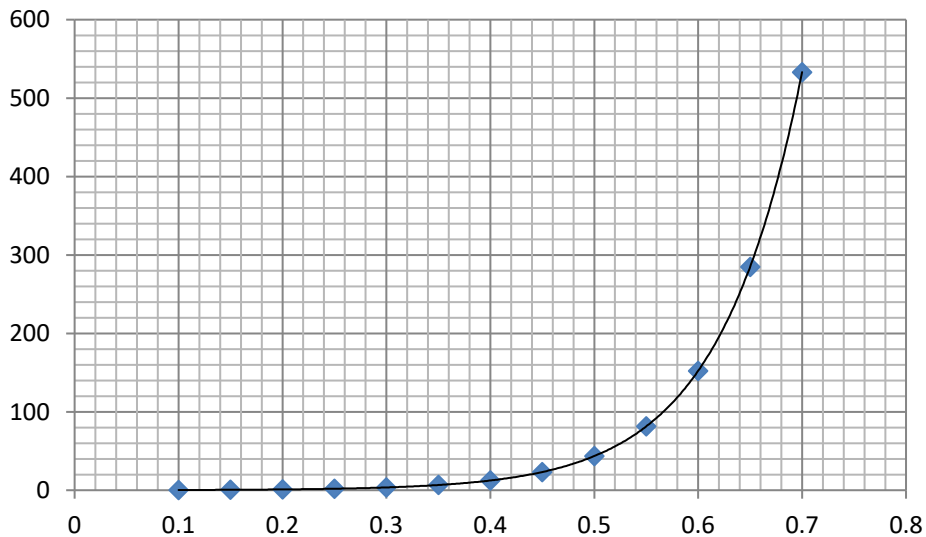
**ნახ. 9. თიხა-კოლოიდური ხსნარების ძვრის საწყისი წინაღობა და მყარი შემადგენელის მასური კონცენტრაციის დამოკიდებულება.**

თიხა-კოლოიდური ხსნარების სიბლანტის დამოკიდებულება მათ მასურ კონცენტრაციაზე:

$$\mu = 0.0827e^{12.53P \left(\frac{6\eta_0}{\sigma}\right)} \quad (10)$$

სადაც

$P$  - თიხა-კოლოიდური ხსნარის მასური კონცენტრაციაა.



**ნახ. 10. თიხა-კოლოიდური ხსნარების სიბლანტის დამოკიდებულება მათ მასურ კონცენტრაციაზე.**

მიღებული შედეგები საშუალებას იძლევა არსებული თეორიული და ემპირიული დამოკიდებულებების სრულყოფისა:

ღვარცოფის წაძვრის პირობა:

$$C^* = \frac{e^{(0.556+13.24P-0.609K)}}{\sup \frac{mes \omega}{mes f}} \quad (11)$$

ღვარცოფის გაჩერების სავარაუდო ქანობი:

$$i_0 = \frac{e^{(0.556+13.24P-0.609K)}}{\gamma H} \quad (12)$$

ბმული ღვარცოფის მაქსიმალური სიჩქარე:

$$V_{max} = \frac{\gamma i h^2}{0.25 e^{(12.53P-0.25K-0.856)}} \quad (13)$$

$$V_{max} = \frac{\gamma i H^2}{0.25 e^{(12.53P-0.25K-0.856)}} \quad (14)$$

სადაც

$\gamma$  - ღვარცოფული ნარევის მოცულობითი წონაა;

$i$  - წყალმდენის ქანობია;

$h$  - ღვარცოფის საგრადიენტო შრის სიმაღლეა;

$H$  - ღვარცოფის მთლიანი სიღრმეა;

$K$  - მყარი შემადგენელის ფარდობითი კონცენტრაციაა.

შემოთავაზებული დამოკიდებულებები შეიძლება რეკომენდირებული იყოს პრაქტიკაში გამოსაყენებლად. ამ ფორმულებით მიღებული შედეგები შედარებულია არსებული დამოკიდებულებებით მიღებულ მნიშვნელობებთან და ნატურულ მონაცემებთან.

სადისერტაციონაშრომისმეთხე თავიში „კომპოზიტური სამშენებლო მასალების გამოყენების შესაძლებლობა ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობებში“ აღწერილია: კომპოზიტური სამშენებლო მასალების გამოყენების არეალი, მათი თვისებები და ტესტირების სტანდარტები. კომპოზიტების მონაცემები შედარებულია ფოლადის A-III კლასის არმატურის ძირითად მახასიათებლებს. განსაზღვრულია დადებითი და უარყოფითი თვისებები.



კვლევის ობიექტად ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობებში გამოყენებისათვის შერჩეულია მინაპლასტიკური და ბაზალტოპლასტიკური არმატურის დეროები დიამეტრით 10 მმ და 12 მმ. (ფოტო 1, 2).



ფოტო. 1. სხვადასხვა დიამეტრის მინაპლასტიკური არმატურა.



ფოტო 2. სხვადასხვა დიამეტრის ბაზალტოპლასტიკური არმატურა.

ექსპერიმენტი ჩატარებულ იქნა ბელოსტოკის ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის ლაბორატორიის ბაზაზე. კვლევის გეგმარება და მიღებული შედეგების დამუშავება შესრულდა ინჟინრული ექსპერიმენტის თეორიის შესაბამისად.

ექსპერიმენტთა შედეგები დამუშავებულ იქნა მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდების გამოყენებით და გრაფიკული სახით წარმოდგენილია ნახ. 11-ზე და ცხრილ 2-ში).

მიღებულია ემპირიული დამოკიდებულებები: 10 მმ-იანი არმატურის ღეროებისათვის (15) და 12 მმ-იანი არმატურის ღეროებისათვის (16).

$$\Delta/d = 0.053\tau_u - 6.88, \quad (15)$$

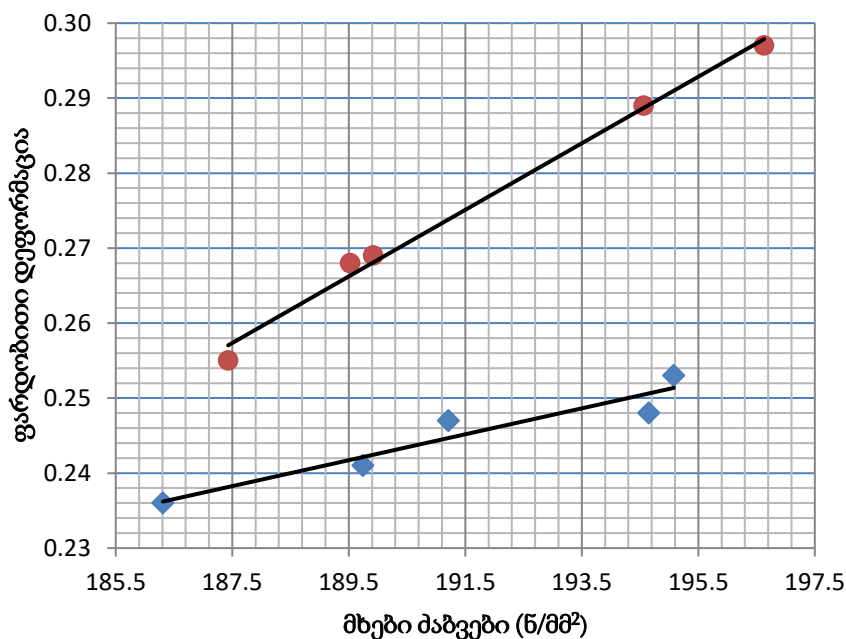
$$\Delta/d = 0.017\tau_u - 0,86, \quad (16)$$

სადაც:

$\Delta$  - მინაპოლიმერული არმატურის ღეროს მსხვრევის მომენტში ვერტიკალური გადაადგილება (მმ);

$d$  - არმატურის დიამეტრია (მმ);

$\tau_u$  - მხები ძაბვა (ნ/მმ<sup>2</sup>).

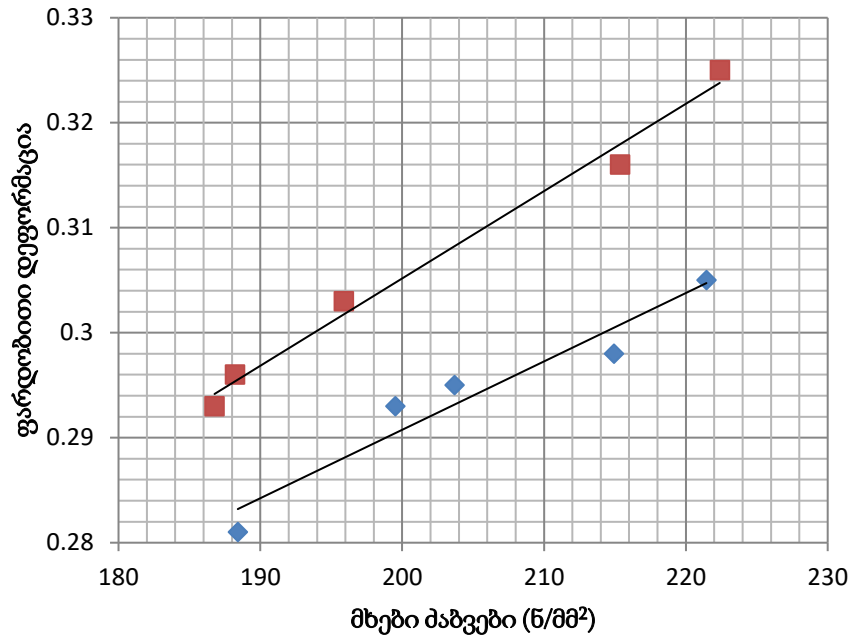


ნახ. 11. მინაპოლიმერული არმატურის ფარდობითი დეფორმაციისა და მხები ძაბვების დამოკიდებულების გრაფიკები.

ცხრილი 2.

მინაპოლიმერული არმატურის ღეროების ექსპერიმენტული კვლევების შედეგები

სერია	ნიმუშის ნომერი	$d$ მმ	$\tau_u$ N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{u, საშ}$ N/mm <sup>2</sup>	$\Delta$ მმ	$\Delta_{საშ}$ მმ	$\frac{\Delta}{d}$	$\frac{\Delta_{საშ}}{d}$
S1	S1-1	10	191.21	191,39	2.47	2,45	0.247	0.245
	S1-2		194.65		2.48		0.248	
	S1-3		189.74		2.41		0.241	
	S1-4		186.31		2.36		0.236	
	S1-5		195.08		2.53		0.253	
S2	S2-1	12	196.63	191.61	3.56	3.31	0.297	0.276
	S2-2		189.92		3.23		0.269	
	S2-3		194.56		3.47		0.289	
	S2-4		189.52		3.21		0.268	
	S2-5		187.43		3.06		0.255	



ნახ. 12. ბაზალტოპლასტიკური არმატურის ფარდობითი დეფორმაციის და მხები ძაბვების დამოკიდებულების გრაფიკები.

ცხრილი 3.

ბაზალტოპლასტიკური არმატურის ღეროების ექსპერიმენტული კვლევების შედეგები

სერია	ნიმუშის ნომერი	d მმ	$\tau_u$ ნ/მმ²	$\tau_u$ საშ ნ/მმ²	$\Delta$ მმ	$\Delta$ საშ მმ	$\frac{\Delta}{d}$	$\frac{\Delta_{საშ}}{d}$
S3	S3-1	10	188.41	205.6	2.81	2.94	0.281	0.294
	S3-2		199.52		2.93		0.293	
	S3-3		203.69		2.95		0.295	
	S3-4		214.93		2.98		0.298	
	S1-5		221.45		3.05		0.305	
S4	S4-1	12	186.77	201.72	3.52	3.68	0.293	0.306
	S4-2		188.21		3.55		0.296	
	S4-3		195.88		3.64		0.303	
	S4-4		215.35		3.79		0.316	
	S4-5		222.39		3.90		0.325	

მიღებულია ემპირიული დამოკიდებულებები: 10 მმ-იანი არმატურის ღეროებისათვის (17) და 12 მმ-იანი არმატურის ღეროებისათვის (18).

$$\Delta/d = 0.00065\tau_u + 0.16, \quad (17)$$

$$\Delta/d = 0.00083\tau_u + 0.138, \quad (18)$$

სადაც:

$\Delta$  - ბაზალტოპლასტიკური არმატურის ღეროს მსხვრევის მომენტში ვერტიკალური გადაადგილება (მმ);

$d$  - არმატურის დიამეტრია (მმ);

$\tau_u$  - მხები ძაბვა (ნ/მმ<sup>2</sup>).

მინაპლასტიკური არმატურით არმირებული, ღუნვაზე მომუშავე ბეტონის კონსტრუქციების მუშაობის თავისებურებების განსაზღვრისათვის ბელოსტოკის უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის ლაბორატორიაში დამზადდა 80x160x1400 ზომის 2 სახეობის კოჭები:

1. მინაპლასტიკური არმატურით არმირებული ( $d=10$ );
2. ფოლადის A-III კლასის არმატურით არმირებული ( $d=12$ ).

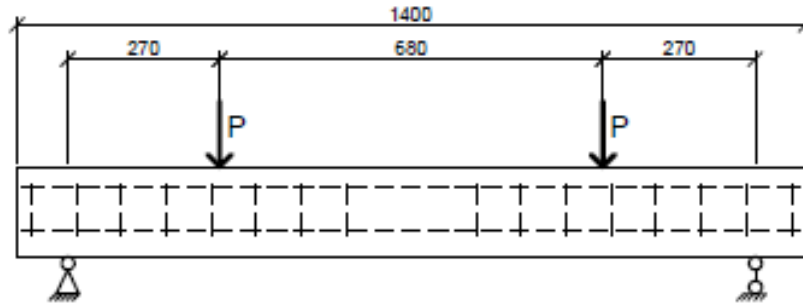
არმატურის დიამეტრები შერჩეულ იქნა ჩანაცვლების მახასიათებლის მიხედვით ცხრილი 4-ის შესაბამისად.

მომზადდა B25 კლასის ბეტონის ნარევი, რომლის შედგენილობაა:

- 13,2 კგ ცემენტი
- 45 კგ ღორღი;
- 21,6 კგ ქვიშა;
- 6,8 ლ წყალი.

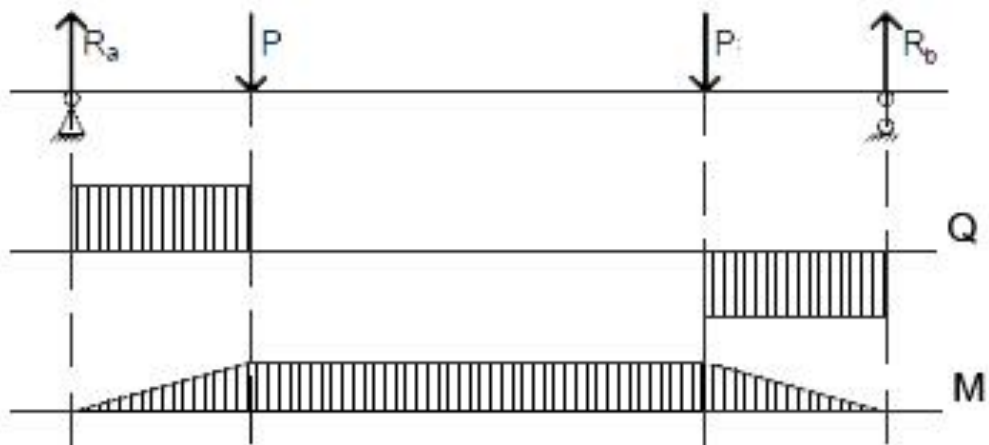
გამოყენებულია არმატურის ბადე სამონტაჟო ბიჯით 7x80 მმ, განივი ღეროების სიგრძე 130 მმ. მუშა არმატურის სიგრძე 1380 მმ.

ექსპერიმენტები ჩატარდა კოჭების დამზადებიდან 28 დღის შემდეგ. ექსპერიმენტირებისას კოჭი მაგრდებოდა პლატფორმაზე (ნახ. 13.), რომლის მარცხენა საყრდენი უძრავი სახსარია და აღჭურვილია საყრდენის რეაქციის წამკითხველი ელექტრონული გადამწოდით, მარჯვენა კი - მოძრავი. კოჭი აღჭურვილია ორი ელექტროგადამწოდით და ერთი საათის ტიპის ინდიკატორით, რომელიც კოჭის დეფორმაციას ზომავს, ხოლო უშუალოდ არმატურაზე დამაგრებულია გუგენბერგის ტენზომეტრი, რომელიც არმატურის გაღუნვას განსაზღვრავს.



ნახ. 13. კოჭის დატვირთვის სქემა.

ექსპერიმენტს წინ უძღვოდა თეორიული გაანგარიშება, რომელმაც, პირველი ზღვრული მდგომარეობის თანახმად, განსაზღვრა ბზარების წარმოქმნის მომენტი. გაანგარიშებით ბზარების წარმოქმნის მომენტი ფოლადის არმატურით არმირებული კოჭისა 1,2-ჯერ მეტია, ვიდრე მინაპლასტიკური არმატურით არმირებული კოჭისა. ყოველივე ეს განპირობებულია მინაპლასტიკური არმატურის შედარებით დაბალი ზღვრული სიხის კოეფიციენტით.



ნახ. 29. კოჭში წარმოქმნილი ძაბვების ეპიურები.

ჩატარებული კვლევების შედეგების თანახმად, აგებულ იქნა კოჭში წარმოქმნილი ძაბვების ეპიურები სქემატურად ნახაზზე 29., რიცხვითი მნიშვნელობები კი მოტანილია ცხრილში 10.

ცხრილი 10.

კოჭში წარმოქმნილი ძაბვების რიცხვითი მნიშვნელობები

არმატურის ტიპი	$P$ $\delta$	$R_a$ $\delta$	$R_b$ $\delta$	$Q$ კნ	$M$ კნ <sup>2</sup> მ
ლითონი	9875	9875	9875	±9,88	2,66
მინაპლასტიკური	2560	2560	2650	±2,65	0,72

ცდების ჩატარებისას განსაკუთრებული ყურადღება მიქცეული იყო კოჭში ბზარების წარმოქმნაზე და მათ თავისებურებაზე. პირველი ბზარი წარმოიქმნა კოჭის შუაწელზე, მაქსიმალური დეფორმაციების ზონაში, რაც მიანიშნებს მინაპლასტიკური არმატურის შედარებით დაბალ სიხისტეზე.

ნაშრომის დასკვნით ნაწილში წარმოდგენილია განხორციელებული თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების შედეგები.

ნაშრომში წარმოდგენილი თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების შედეგების კრიტიკული ანალიზის საფუძველზე:

- დადგენილიამდ.დურუჯის სატრანზიტო ზონიდან და გამოტანის კონუსზე ღვარცოფული მასის წვრილფრაქცივანი შემადგენელის რაოდენობრივი ზრდა, რაც კიდევ ერთხელ ადასტურებს გლობალური დათბობის უარყოფით ზემოქმედებას კალაპოტების შემადგენელ ქანებზე;
- თეორიული და პრაქტიკული საანგარიშო დამოკიდებულებების შეპირისპირებამ ცხადყო, რომ ტრადიციულად ღვარცოფული ნარევის წვრილფრაქცივანი შემადგენელი, რომელიც განიხილება 0.1 მმ-ზე ნაკლები დიამეტრის მქონე ნაწილაკებად, ვერ იძლევა გარემოში მიმდინარე ღვარცოფული მოვლენების დინამიკური პროცესების თავისებურებების ზუსტ აღწერას;
- დადგენილია, რომ თიხა-კოლოიდური ნაწილაკების ცალკე ჯგუფად გამოყოფამ რეალობას მიახლოვებული, დაზუსტებული მონაცემების მიღების საშუალება მოგვცა;
- შემუშავებულია ღვარცოფული კალაპოტური დანალექების ძვრის საწყისი წინაღობის, ძვრის წინაღობისა და დინამიკური სიბლანტის დაზუსტებული ემპირიული დამოკიდებულებები;
- განხილულია სხვადასხვა ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო კონსტრუქცია და მათი თავისებურებანი, რომლებიც კალაპოტში განთავსებისას მაქსიმალურად ინარჩუნებენ ბუნებრივ და ეკოლოგიურ წონასწორობას;
- მიღებულია კომპოზიტური სამშენებლო მასალებისათვის, კერძოდ კი, მინაპლასტიკური და ბაზალტოპლასტიკური არმატურისათვის თანაბარი დატვირთვის პირობებში, ფარდობითი დეფორმაციებსა და მხებ ძაბვებს შორის ემპირიული დამოკიდებულებები, რომელნიც წრფივ ხასიათს ატარებენ;



- განსაზღვრულია კომპოზიტებით არმირებულ კოჭში ბზარების წარმოქმნის მომენტის შესაბამისი მხები ძაბვები, რაც დასაშვებ საზღვრებში მინაპლასტიკური და ბაზალტოპლასტიკური არმატურის გამოყენების საშუალებას იძლევა ღვარცოფსაწინააღმდეგო მასიურ - გრავიტაციულ ნაგებობებში.

**სამუშაოს აპრობაცია.** სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი დებულებები მოხსენებული იყო:

1. VIII საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „წყალთა მეურნეობის, გარემოს დაცვის, არქიტექტურისა და მშენებლობის თანამედროვე პრობლემები“, შრომების კრებული, 1-5 ნომბერი 2018;
2. 5<sup>th</sup> International Conference. Debris flowws: disasters, risk, forecast, protection. Tbilisi. Georgia, October 1-5,2018.
3. IX საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „წყალთა მეურნეობის, გარემოს დაცვის, არქიტექტურისა და მშენებლობის თანამედროვე პრობლემები“, შრომების კრებული 25-27 ივლისი, 2019.

**დისერტაციის ძირითადი შინაარსი გამოქვეყნებულია შემდეგ ნაშრომებში:**

1. მდ.  
დურუჯისგამოტანისკონუსზეაღებულიდვარცოფულიმასისგრანულომე ტრიულიშემადგენლობისშესახებ.გვიშიანიზ., ნანიტაშვილიმ., გურგენიძემდ., კოსიორ-კაზბერუკმ., მღებრიშვილიმ.VIII საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „წყალთა მეურნეობის, გარემოს დაცვის, არქიტექტურისა და მშენებლობის თანამედროვე პრობლემები“, შრომების კრებული, 1-5 ნომბერი 2018;
2. Origin and classification of debris flows. M.G.Nanitashvili, D.R.Gurgenidze, I.D.Inashvili. 5<sup>th</sup> International Conference. Debris flowws: disasters, risk, forecast, protection. Tbilisi. Georgia, October 1-5,2018.
3. დვარცოფულინარევისრეოლოგიურიმახასიათებლებისგანსაზღვრისს აკითხი.ზ.გვიშიანი, მ.ნანიტაშვილი, დ.გურგენიძე, მ.მღებრიშვილი, IX საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „წყალთა მეურნეობის, გარემოს დაცვის, არქიტექტურისა და მშენებლობის თანამედროვე პრობლემები“, შრომების კრებული 25-27 ივლისი, 2019.
4. Показатели надежности элементов системы водоснабжения. (Климиашвили Л.Д., д.т.н., профессор, Гургенидзе Д.Р., к.т.н., профессор, Наниташвили

М.Г., докторант, Гогоберидзе Л.Б., докторант. Грузинский технический университет.)Из серии монографий“Экология окружающей среды”, Том 1,Европейскиеиинновационные технологии водоснабжения и водоотведения в условиях ЮжногоКавказа. Под научной редакцией: А.Прангишвили, Л.Дзениса, Л.Климашвили,Д.Гургенидзе, З.Гвишиани,А.Гуриновича, Тбилиси, ГТУ, 2019.

5. Вероятностные показатели надежности основных устройств водонасосной станции. (Климиашвили Л.Д., д.т.н., профессор, Гургенидзе Д.Р., к.т.н., профессор, Наниташвили М.Г., докторант, Робакидзе М.А., докторант. Грузинский технический университет.)Из серии монографий “Экология окружающей среды”, Том 1, Европейские инновационные технологии водоснабжения и водоотведения в условиях ЮжногоКавказа. Под научной редакцией: А.Прангишвили, Л.Дзениса, Л.Климашвили, Д.Гургенидзе, З.Гвишиани, А.Гуриновича, Тбилиси, ГТУ, 2019.

## Resume

On the basis of critical analysis of the theoretical and experimental research presented in the work it's possible to draw the following conclusions:

- The quantitative increase of the fine-grained mudflow-components within the riverbed of River Duruji indicates the negative influence of global warming on the different layers of the beds;
- Theoretical and practical work has determined, that the traditionally accepted analysis based on the minimal size (0.1mm) of fine-grained mudflow components does not fully describe the features of the dynamic processes of the naturally occurring mudflow events;
- It has been determined that the separation of the clay-colloidal components into an additional group of particles to be considered, allows for more accurate results to be acquired;
- The empirical equation of the initial shear stress, shear stress and dynamic viscosity of floodplain sediments is developed;
- The different types of anti-mudflow structures that keep the natural-ecological balance and their specifications are discussed.
- The empirical equations of relative deformation and shear stress of composite construction materials, such as composite armature are developed and is of linear character;
- The shear stress of composite armature beams, before the development of cracks has been defined, which will allow the usage of compost armature (within permissible limits) in anti-mudflow structures.