

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ლია მაისაია

ახალი ტიპის სარეგულაციო ნაგებობებზე

ღვარცოფების ზემოქმედების შეფასება

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

სადოქტორო პროგრამა – მშენებლობა

შიფრი – 0732

თბილისი

2022 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში  
სამშენებლო ფაკულტეტი  
წყალმომარაგების, წყალარინების, თბოაირმომარაგების და შენობათა  
საინჟინრო აღჭურვის დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი:

ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი

*ედუარდ კუხალაშვილი*

რეცენზენტები:

ასოცირებული პროფესორი

*შორენა კუპრეიშვილი*

ასისტენტ პროფესორი

*გიორგი ბრეგვაძე*

დაცვა შედგება 2022 წლის „22“ თებერვალს, 15.00 საათზე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის  
საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოს სხდომაზე, კორპუსი I,  
აუდიტორია 508  
მისამართი: 0171, თბილისი, კოსტავას 68.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,  
ხოლო ავტორეფერატისა – ფაკულტეტის ვებგვერდზე

საუნივერსიტეტო სადისერტაციო

საბჭოს მდივანი

ტექნ. მეცნ. კანდიდატი

აკადემიური დოქტორი, პროფესორი

*დემურ ტაბატაძე*

დემურ ტაბატაძე

**თემის აქტუალობა.** სადინარებით ღვარცოფთა უსაფრთხო ტრანზიტი და რეგულირება ღვარცოფწარმომქმნელი კერების, წყალშემკრები აუზის პოტენციალის, სადინართა კალაპოტების მორფომეტრიის, გამტარუნარიანობის, ქანების დეფორმაციულობის და ფორმირებული ნაკადის რეოლოგიური მახასიათებლების შემხვედრ წინააღმდეგობებზე ზემოქმედების შესაძლებლობებთან არის დაკავშირებული.

გარემოზე ღვარცოფების ზემოქმედების შედეგად ეკოლოგიური წონასწორობის რღვევასთან ერთად ადგილი აქვს ლანდშაფტური ინფრასტრუქტურის დეცენტრალიზაციას და ხშირად მოვლენა ადამიანის მსხვერპლითაც მთავრდება. შემხვედრ წინააღმდეგობებზე ასეთი ნაკადების ზემოქმედების შედეგი ავარიული სიტუაციებით არის გამოწვეული. სარეგულაციო ნაგებობების მწყობრიდან გამოსვლის ზუსტი პროგნოზირება მათი ფორმირების მრავალფეროვნებისა და რეჟიმების დროის სხვადასხვა მომენტში ცვლილების გამო ძალზე რთულია და ზოგჯერ თითქმის შეუძლებელიც კი.

ღვარცოფსარეგულაციო ნაგებობების ფუნქცია კომპლექსური სახისაა, მოიცავს ისეთ სფეროებს, როგორცაა ეკოლოგიური წონასწორობა, ლანდშაფტური ინფრასტრუქტურა, დასახლებული პუნქტების უსაფრთხოება და სხვა. ტერიტორიულად ისეთი მცირე, მთაგორიანი ქვეყნისათვის, როგორც საქართველოა, ეკონომიკის თვალსაზრისით, საციცოცხლო მნიშვნელობა გააჩნია ღვარცოფთა რისკებისაგან დამცავი ნაგებობების მდგრადობასა და საიმედოობას. ექსპლუატაციის უახლესი ისტორიის რანჟირებით მათი უმრავლესობა მოძველებულია ან თითქმის არ არსებობს, რის გამოც დაბალია გარემოსდაცვითი ღონისძიებების ეფექტურობის დონე. სტატისტიკიდან გამომდინარე, დაფიქსირებულია ეკოლოგიური წონასწორობის რღვევის უამრავი შემთხვევა, რასაც არახელსაყრელი ეკონომიკურ-სოციალური პრობლემები მოაქვს დასახლებულ პუნქტებზე.

ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობების ავარიული სიტუაციებისა და

მწყობრიდან გამოსვლის შემთხვევების ზუსტი პროგნოზირება გამომწვევი მიზეზების მრავალფეროვნებისა და დროის სხვადასხვა მომენტში მოქმედების გამო არის ძალზე რთული.

მოვლენის არსის შეფასებას ართულებს შემხვედრ წინააღმდეგობებზე ზემოქმედების ანომალურობა და რეოლოგიური მაჩვენებლების დიდ დიაპაზონში ცვლილება. არ არსებობს სარეგულაციო საინჟინრო გადაწყვეტების გაანგარიშების და მასზე ნაკადის ზემოქმედების ზუსტი სქემები და გაანგარიშების ზუსტი მეთოდები და მეთოდოლოგია. რეგულირების პრობლემა დაკავშირებულია ნაკადის დიდ დამრტყმელ ძალასთან, ანომალურობასთან, ნაკლებად ემორჩილება მექანიკის კანონებს. ნაკადი მოძრაობის დროს ძნელად იცვლის დინამიკურ ღერძს და შემხვედრ წინააღმდეგობებზე ზემოქმედების დროს ახორციელებს სრული ენერგიით დარტყმას, მოძრაობის დროს თვითონ იქმნის კალაპოტს. რეგულირებისა და სადინარში სხვადასხვა ტიპის ნაგებობების შერჩევის დროს მნიშვნელოვანია სადინარის კალაპოტის ტრასის გეგმაში ცვლილების და განივი კვეთის სიღრმეზე კონფიგურაციის სირთულის გავლენა მოძრავი ნაკადის ჰიდრავლიკაზე, მათი მრავალი სახეობით ჩამოყალიბების შესაძლებლობაზე და სხვ. წარმოდგენილი სურათი გარკვეული დონით ასუსტებს ლანდშაფტური ინფრასტრუქტურის მდგრადობას და გარემოს დაცვის ეფექტური სარეგულაციო ღონისძიებების ადაპტირების შესაძლებლობებს. კონსტრუქციული გადაწყვეტების ინოვაციური სახეების შექმნა რესურსდამზოგი ტექნოლოგიების გამოყენებით, ღვარცოფსარეგულაციო ღონისძიებათა სამშენებლო ნორმებისა და წესების დამუშავება გარემოს დაცვის ერთ-ერთ აქტუალურ საკითხად რჩება.

**სამუშაოს მიზანი.** ბუნებრივი ანომალიების რეგულირების ღონისძიებების და საინჟინრო ნაგებობების სიმრავლის მიუხედავად, მათი გაუმჯობესება ან ინოვაციური სახის შექმნა რთულ ამოცანათა კატეგორიას განეკუთვნება.

ღვარცოფსარეგულაციო ღონისძიებათა კომპლექსში უპირატესად,

გამოყენების შესაძლებლობებით, შეიძლება მიჩნეული იქნას ნაგებობათა ის სახეები, რომელთა პარამეტრები და კონსტრუქციული გადაწყვეტები სრულად შეესაბამება ნაკადის სარეგულაციო შესაძლებლობებს.

სარეგულაციო ღონისძიებებით ბუნებრივი ანომალიების რეგულირება ისეთ ადგილებზე ხდება, სადაც სადინარების კვეთა ხდება სტრატეგიული დანიშნულების მაგისტრალებით ე.ი. ისეთ მონაკვეთზე, სადაც მოსალოდნელია ნაკადის შეჩერება, გადმოდინება, მოძრავი ნაკადის რეჟიმების ცვლილება, ტალღური დინების ჩამოყალიბების შესაძლებლობა, ნაკადის გვერდითი კუმშვა, ცვლადი მასით მოძრაობა, გაჩერება.

კვლევის მიზანს ბუნებრივი ანომალიებით გამოწვეული გართულებების საწინააღმდეგო გარემოსდაცვითი ახალი კონსტრუქციების დამუშავება, საპროექტო პარამეტრების დაზუსტება, მოსალოდნელი სტიქიის შემხვედრ ნაგებობებზე ზემოქმედების შესაძლებლობების შესწავლა და ინოვაციური გაანგარიშების მეთოდების და მეთოდოლოგიის მოვლენასთან ადაპტაცია წარმოადგენს. გამომდინარე აქედან, ღვარცოფთა რეგულირების და სადინარებში სარეგულაციო ღონისძიებების განთავსების და საპროექტო პარამეტრების დაზუსტების მიზნით კვლევის ძირითადი ამოცანებია:

- ღვარცოფთა რეგულირების და ნაგებობების განთავსების ადგილის შერჩევის მიზნით სადინარის კალაპოტის, ტრასის გეგმაში კონფიგურაციის, გრძივი პროფილის, განივი კვეთის, ნაკადის ჰიდრაულიკური პარამეტრების ცვლილება - კანონზომიერებების დაზუსტება;
- ღვარცოფთა ურთიერთგანსხვავებულობის და ნაგებობებზე ზემოქმედების შესაძლებლობების აღწერისა და ზემოქმედების კანონზომიერებების შეფასების პოლინომების მიღების მიზნით ექსპერიმენტის ჩატარების მეთოდოლოგიის შერჩევა;
- ბმულ ღვარცოფებში განივი ძალის სიღრმეზე ცვლილების კანონზომიერებები გრუნტების მექანიკაში გამოყენებულ ანალოგებზე დაყრდნობით და მოდებული მხები ძაბვის საფუძველზე დინამიკის საანგარიშო დამოკიდებულებების გამოყვანა;
- სადაწნეო და უდაწნეო ნაგებობებით რეგულირების შემთხვევაში ბმულ

ღვარცოფთა ჰიდრავლიკური ამოცანებისა და გაანგარიშების მეთოდის შერჩევა;

- ღვარცოფთა მოძრაობის რეჟიმების დაურღვევლად და ხერგილების წარმოქმნის გარეშე უსაფრთხო ტრანზიტის მიზნით ენერგეტიკული მახასიათებლების პროგნოზი;
- ნაგებობათა და ღვარცოფული ნაკადების პარამეტრების შერწყმის საფუძველზე შემხვედრ წინააღმდეგობებზე გადადინების კრიტერიუმები;
- ღვარცოფთა ანომალურობის გათვალისწინებით ბრძოლის მეთოდების ინოვაციური სტრატეგიის და კონსტრუქციების დამუშავება;
- ნაგებობებზე ღვარცოფთა ზემოქმედების გაანგარიშების მეთოდოლოგიის სრულყოფა;
- ნაგებობათა ლაბორატორიაში მოდელირება და საავტორო უფლების მქონე ნაგებობების საპროექტო პარამეტრების გამოყვანა.

**კვლევის ობიექტი და მეთოდები.** მთისა და მთისწინა ლანდშაფტური ინფრასტრუქტურა, ღვარცოფთა წყალშემკრები აუზები, ღვარცოფწარმოქმნელი ლოკალური კერები, ფორმირებული ღვარცოფები, ღვარცოფსარეგულაციო ნაგებობები.

სადისერტაციო ნაშრომი ეხება ღვარცოფთა რეგულირების მრავალ საკითხს და ამოცანების გადაწყვეტა მიზანმიმართულად ექსპერიმენტული და თეორიული კვლევების მეთოდოლოგიას ეყრდნობა.

ინოვაციურ ნაგებობათა ნატურაში ეფექტურად გამოყენების და ღვარცოფთა რისკების რეგულირების მიზნით ლაბორატორიაში კვლევის ჩატარების დროს გამოყენებულია ექსპერიმენტის დაგეგმვის მეთოდები შავი ყუთისა და ბერძნულ-ლათინური კვადრატის სახით.

- ფაქტორთა ცვლილების და ობიექტზე ზემოქმედების პოლინომების მათემატიკური მოდელის აგების მიზნით გამოყენებულია ცდების მინიმალური რაოდენობის წარმოების და მიღებული შედეგების სხვადასხვა კრიტერიუმებით შეფასების მეთოდები. ექსპერიმენტების

წარმოების დროს საკვლევ ობიექტად მიჩნეული იქნა ღვარცოფსარეგულაციო ბარაჟით დაკავებული მყარი მასის გამაწონასწორებელი ქანობის ცვლილების კანონზომიერებების შესწავლა;

- ღვარცოფთა სადაწნეო და უდაწნეო ნაგებობით რეგულირების დროს წინააღმდეგობის ძალების შეფასების მიზნით გამოყენებულია გრუნტების მექანიკაში აპრობირებული განივი ძალების განსაზღვრის მეთოდები;
- სადაწნეო და უდაწნეო ნაგებობებით ღვარცოფთა ჰიდრავლიკური პარამეტრების შეფასების დროს გამოყენებულია ჰიდრომექანიკაში არსებული მეთოდები;
- ღვარცოფთა შემხვედრ წინააღმდეგობებზე უსაფრთხო გადადინების შეფასების მიზნით გამოყენებულია უწყვეტი ტალღის აღწერის მოდელი და კვლევის მეთოდები, კერძოდ - წნევის სიჩქარეზე დაყრდნობით ღვარცოფის შემფოთებით მასისა და მოცულობის ცვლილების შეფასების მეთოდები;
- დამრტყმელი ძალით ნაგებობაზე ღვარცოფის ზემოქმედების დროს გამოყენებულია მოძრაობის რაოდენობის კანონები, ხოლო დარტყმის კოეფიციენტის რეოლოგიასთან კავშირის შეფასების მიზნით-გრაფიკული კავშირები;
- ღვარცოფთა რეგულირების და ინოვაციური ნაგებობის კონსტრუირების თვალსაზრისით განხორციელდა საპატენტო ძიება, ხოლო ნაგებობის კონსტრუქციული გადაწყვეტის დროს გათვალისწინებულ იქნა ნაკადის ანომალურების მახასიათებლები;
- სარეგულაციო ნაგებობების სამშენებლო ნორმებისა, წესების შემუშავება და საანგარიშო მახასიათებლების კორექტირება განხორციელდა ნაგებობებზე ნაკადის ზემოქმედების შეფასების ახალი მეთოდოლოგიის გამოყენებით.

**ნაშრომის ძირითადი შედეგები და მეცნიერული სიახლე.** სადისერტაციო ნაშრომის შესრულების შედეგად გამოიკვეთა შემდეგი შედეგები და

მეცნიერული სიახლეები:

- ღვარცოფსადინარების რეგულირების და სადინარებში ღვარცოფებთან ბრძოლის ღონისძიებების გატარების მიზნით სადინარის გეგმაში ნაგებობის განლაგებისათვის დამახასიათებელი კონფიგურაცია და გრძივი პროფილის სიგრძეზე ცვლილება ემორჩილება მათემატიკური აღწერის შესაძლებლობებს, ხოლო განივი კვეთის სიღრმეზე ცვლილება და მორფომეტრია არ ემთხვევა გეომეტრიული ფიგურების არც ერთ კონფიგურაციას. იგი მიახლოებულია მრუდწირული განივი კვეთის მქონე ტრაპეციის ფორმასთან;
- ნაგებობის ლაბორატორიული გამოცდის და ექსპერიმენტის დაგეგმვის საფუძველზე მიღებულია ნაგებობით დაკავებული მყარი მასის გამაწონასწორებელი ქანობის საანგარიშო დამოკიდებულება პოლინომების სახით;
- გრუნტების მექანიკის ანალოგიაზე დაყრდნობით მიღებულია მხები ძაბვის ახალი საანგარიშო დამოკიდებულება რეოლოგიასთან კავშირში;
- ბმულ ღვარცოფთა დაწნევიანი და უდაწნეო ნაგებობებით ტრანზიტის შემთხვევაში არანიუტონურ მოდელებზე დაყრდნობით გამოყვანილია საშუალო და მაქსიმალური სიჩქარეების დაწნევის დანაკარგების საანგარიშო დამოკიდებულებები;
- ღვარცოფსაშვებზე გადადინების, ღვარცოფსატარი ღიობებით ნაკადის გატარების და ნაგებობებზე გადადინების შემთხვევისათვის მიღებულია ხარჯის კოეფიციენტის, უკუტალღის და ნაგებობებზე უსაფრთხო გადადინების საანგარიშო დამოკიდებულებები;
- საავტორო უფლების მქონე გრძივი ნაგებობებისათვის გამოყვანილია დამრტყმელი ძალის საანგარიშო დამოკიდებულებები;
- დამუშავებულია საავტორო უფლების მქონე ახალი ღვარცოფსარეგულაციო ელასტიკური ბარაჟი და მიღებულია პატენტი;
- შემოთავაზებულია ახალი ტიპის ნაგებობის გაანგარიშების მეთოდოლოგია და მასზე ღვარცოფის ზემოქმედების საპროგნოზო საანგარიშო დამოკიდებულებები;



- ღვარცოფის ჰიდრავლიკაზე დაყრდნობით გამოყვანილია ახალი ნაგებობის სიმაღლის, სიგრძის, გამჭოლობის, შემადგენელი ელემენტების, დამრტყმელი ძალის და ნაგებობათა რაოდენობის განსაზღვრის საანგარიშო დამოკიდებულებები.

**შედეგების გამოყენების სფერო.** ღვარცოფთა რეგულირების შემოთავაზებული ახალი მეთოდები ხელს შეუწყობს გარემოს დაცვას და ეკოლოგიური წონასწორობის მდგრადობას.

ცალკეული კონკრეტული ამოცანების გადაწყვეტის შესაძლებლობები დიდ დახმარებას გაუწევს ჰიდროტექნიკაში, ჰიდრავლიკაში, წყალმომარაგებასა და წყალარინებში, საინჟინრო ეკოლოგიაში, გარემოს დაცვისა და სხვა მომიჯნავე დარგებში მოღვაწე მეცნიერებს სამომავლო კვლევების დასახვის დროს.

**ნაშრომის აპრობაცია.** დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებულია 12 პუბლიკაცია.

სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი დებულებები მისი დამუშავების სხვადასხვა ეტაპებზე მოხსენებული იყო სამეცნიერო კონფერენციებზე, მათ შორის:

1. ლ.მაისაია. ღვარცოფებისაგან დაცვის ინოვაციური მეთოდები შიომღვიმის სამონასტრო კომპლექსის მაგალითზე. II ონლაინ საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული ინტერდისციპლინარული კონფერენცია, ჰუმანიტარული სასწავლო უნივერსიტეტი, 6 დეკემბერი, 2021 წ, თბილისი.
2. ლ. მაისაია. ღვარცოფები, ღვარცოფსაწინააღმდეგო და სარეგულაციო ნაგებობების ტიპები. I ონლაინ საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული ინტერდისციპლინარული კონფერენცია, ჰუმანიტარული სასწავლო უნივერსიტეტი, 27 მაისი, 2021 წ, თბილისი.
3. ე. კუხალაშვილი, გ. გავარდაშვილი, ი. ირემაშვილი, ნ. ბერაია, ქ. დადიანი, ხ. კიკნაძე, ლ. მაისაია., „წყალსატავეების კვების წყაროთა ჰიდროლოგიური მახასიათებლები და მათი როლი წყლის ინტეგრირებულ მართვაში“, საქართველოს სოფლის მეურნეობის აკადემია, ინტერნეტ სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია, „საქართველოს აგროსაინჟინრო სექტორის სტაბილიზაციისა და განვითარების პრიორიტეტები კორონავირუსის პანდემიისა და მის შემდგომ პერიოდში“, 17–18

სექტემბერი, 2020 წ., თბილისი.

4. Maisaia L., Beraia N., Shavlakadze M., The types of the debris flow against buildings and choosing their constructions, IX საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია, „წყალთა მეურნეობის, გარემოს დაცვის, არქიტექტურისა და მშენებლობის თანამედროვე პრობლემები“, 25–27 ივლისი, 2019.
5. ლ. მაისაია. ღვარცოფის ფორმირების განმსაზღვრელი ფაქტორები. ახალგაზრდა მეცნიერთა VII ინტერდისციპლინარული კონფერენცია. ქუთაისი-წყალტუბო. 2019 წ.
6. T .Supatashvili.,Sh. P.Sichinava., M.Shavlakadze., Kh.Kiknadze., L.Maisaia. Forecasting colloidal fractions value transported by floogs on the example of Duruji Basin. 5-th International Conferense Debris Flows. Ecocenter for Environmental Proteqtion,1-5 October, Tbilisi.2018.

**დისერტაციის მოცულობა და სტრუქტურა** სადისერტაციო ნაშრომი წარმოდგენილია შესავალით, 5 თავით და ძირითადი დასკვნებით. იგი მოიცავს 141 ნაბეჭდ გვერდს, მათ შორის 45 ნახაზს, 2 ცხრილს და 135 დასახელების ლიტერატურას.

### **დისერტაციის ძირითადი შედეგები თავების მიხედვით**

სადისერტაციო ნაშრომის პირველ თავში – “საინჟინრო გადაწყვეტებზე ღვარცოფთა რისკებით გამოწვეული საფრთხეები და ბრძოლის ღონისძიებები” – მოყვანილია ღვარცოფის რისკებით გამოწვეული ზემოქმედებების შესაძლებლობის ანალიზი, ღვარცოფული მოვლენების ფორმირების, განსაკუთრებულობისა და რისკების შეფასებების ოპერატიული საშუალებების ღვარცოფსარეგულაციო პრაქტიკაში გამოყენების და საპროექტო პარამეტრების შერჩევის მიმოხილვა და ანალიზი; ბრძოლის გამოყენებული მეთოდების დადებითი და უარყოფითი მხარეები და ინოვაციურ ნაგებობათა შერჩევაში განმსაზღვრელი გარემოებების როლი დაურეგულირებელ ნაკადთა მრავალსახეობით არსებობის შესაძლებლობებიდან და ჰიდრავლიკის დონიდან გამომდინარე; მდგრადი საიმედო ღონისძიებების შერჩევის კრიტერიუმები, ნაკადთან

ნაგებობების საკონტაქტო ზედაპირის გაზრდის, ინოვაციური შესაძლებლობებით ენერჯის ჩაქრობა და კონსტრუქციული გადაწყვეტების სრულყოფა. ჩატარებული კვლევის ანალიზით გამოიკვეთა არსებული ღონისძიებებით ღვარცოფებთან ბრძოლის სტრატეგია ნაგებობების სახეობებთან კავშირში.

ღვარცოფების სარეგულაციო ნაგებობების კონსტრუქციების ფუძემდებლად 323 წლიდან ჩვენს წელთაღრიცხვამდე, იაპონია ითვლება. ხანგრძლივი პერიოდი – 21-ე საუკუნემდე მეცნიერებას დასჭირდა გაეკეთებინა სწორი დასკვნები.

დაგროვილ ინფორმაციასა და ნატურაში მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობით ნაგებობებზე ღვარცოფების ზემოქმედების და მათი სარეგულაციო კონსტრუქციული სრულყოფის საკითხებმა ასახვა ჰპოვა ცნობილი მეცნიერების: ბ. ახმედოვის, გ. ბერუჩაშვილის, თ. ვოინჩიანოჟენცევის, მ. გაგომიძის, თ. გველესიანის, ი. ვინოგრადოვის, ვ. თევზაძის, ი. იბადზადეს, ზ. იორდანიშვილის, ნ. კერესელიძის, დ. კერესელიძის, ვ. ლიათხერის, ა. მაგომედოვას, ც. მირცხულავას, ა. მირზანჟადზადეს, ო. ნათიშვილის, ვ. სანოიანის, გ. სვანიძის, გ. ხარაიშვილის, გ. ხერხეულიძის, ფ. შატბერაშვილის, ა. შეკოს სამეცნიერო ნაშრომებში. არსებული კვლევების ტრადიციულ გამგრძელებლებს წარმოადგენს მეცნიერთა თაობა, რომელთა შორის აღსანიშნავია გ. გავარდაშვილი, ე. კუხალაშვილი, ი. ყრუაშვილი, გ. გავრიშკინა, მ. გოლშეტინი, ი. ინაშვილი, დ. ფრუიძე, ი. სმირნოვა, ლ. სოხაძე, ლ. სილვიო, ზ. სტეფანოვი, ი. ვლასოვი, ს. ოკულა, ტ. ტაკაჰაში და სხვ.

ღვარცოფთა სახეების ერთმანეთისაგან კონცენტრაციულ-სიჩქარითი მახასიათებლების მოძრაობის რეჟიმების დიდ დიაპაზონში ცვლილების, მოძრაობის რეჟიმების განსხვავებულობას და ნაგებობებზე ზემოქმედების ანომალურობის გამო ყურადღებას იპყრობს სამეცნიერო ლიტერატურაში არსებული კონსტრუქციული გადაწყვეტებისა და ნაგებობათა სახეობები. ყოველი მათგანის ნაკადზე ზემოქმედების და გამოყენების მიზნობრიობის

ამოცანიდან გამომდინარე არის გადაწყვეტილი. სადინარებში ღვარცოფთა ფიქსირებული ენერგეტიკული მახასიათებლების დიდი დიაპაზონი და ტალღის სიღრმის მასშტაბები, ნაგებობათა საექსპლუატაციო მაჩვენებლები, ადასტურებს მათი უმრავლესობის თითქმის წყობიდან გამოსვლის და ბრძოლის ღონისძიებების სტრატეგიის არასრულყოფილ მდგომარეობას. ანომალიის ბუნებიდან გამომდინარე იკვთება სარეგულაციო ღონისძიებების და კონსტრუქციული გადაწყვეტების შემუშავების აუცილებლობა, რითაც მნიშვნელოვნად გაიზრდება ნაკადთან შეხების საკონტაქტო ზედაპირი, გამარტივდება სადინარში ნაგებობების მოწყობა, გაიზრდება ლანდშაფტების, ინფრასტრუქტურისა და გარემოს მდგრადობის ფუნქცია, შესაძლებელი გახდება განსხვავებული სიმკვრივის ნაკადთა რეგულირების მასშტაბები. აღნიშნულიდან გამომდინარე, სადისერტაციო ნაშრომში გათვალისწინებულია ღვარცოფებისაგან დაცვის ფუნქციური შესაძლებლობები, ნაკადის ნაგებობებზე დამოკიდებულება, სიხისტის შემცირება და ნაკადის ელასტიკური შეხების შესაძლებლობა, საპროექტო პარამეტრების სიზუსტის ალბათობის გაზრდა და არსებული სამშენებლო ნორმებისა და წესების ახალ მეთოდოლოგიაზე დაყრდნობით სრულყოფა.

ნაშრომის მეორე თავში – **“სარეგულაციო ნაგებობებზე ღვარცოფთა ზემოქმედების ნატურული და ლაბორატორიული კვლევა”** – მოყვანილია ღვარცოფთა ინოვაციური ბარაჟით რეგულირების შემთხვევისათვის, ექსპერიმენტებზე დაყრდნობით, ინოვაციური ნაგებობის გამჭოლ-უნარიანობასთან კავშირში, ღვარცოფის დაჭერის გამაწონასწორებელი ქანობის ცვლილების საანგარიშო დამოკიდებულებები; ღვარცოფთა კვლევის ობიექტებზე ზემოქმედების საფრთხის შეფასების მიზნით, შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის დახმარებით და დაფინანსებით შესწავლილ იქნა შიომღვიმის სამონასტრო კომპლექსზე მიჯრით მდებარე ღვარცოფსადინარის მორფომეტრია და მის სიგრძეზე განივი კვეთის ცვლილების სურათი. საპატენტო ძიების ანალიზზე დაყრდნობით დაპროექტდა ინოვაციური ღვარცოფსარეგულაციო ბარაჟი.

კვლევების პირველ ეტაპზე ინოვაციური ნაგებობის სადინარში განთავსების მიზნით შესწავლილ იქნა სამონასტრო კომპლექსის მოქმედი ხევის ღვარსადენი. კვლევის საფუძველზე დადგინდა სადინარის ჰიდრავლიკური მახასიათებლების ცვლილების განსაკუთრებულობები, კერძოდ, მისი განივი კვეთის ტრაპეციასთან მიახლოებული ფორმა. სადინარის სიღრმის ცვლილების ზღვრები 1,1÷4,0 მ-ის ფარგლებშია, გრძივი ქანობის ცვლილების დიაპაზონია 0,087÷0,195, ღვარცოფსადინარის სიღრმე დინების მიმართულებით იცვლება 1,5 მ-დან 7,0 მ-მდე, ჰიდრავლიკური რადიუსი – 0,3 მ-დან 2,0მ-მდე, ხოლო განივი კვეთის ფართობი ზოგიერთ მონაკვეთში 18 მ<sup>2</sup>-მდე იცვლება. ჩატარებულ კვლევებთან ერთად დაზუსტდა სამონასტრო კომპლექსზე სადინარის გარსშემოდენის ტრასა და გეგმა.

ექსპერიმენტული კვლევის მეორე ნაწილი ინოვაციური ბარაჟის ლაბორატორიაში მოდელირების და ექსპერიმენტების ჩატარების მეთოდოლოგიის შერჩევას დაეთმო.

ღვარცოფთა ურთიერთგანსხვავებულობისა და ნაგებობებზე ურთიერთქმედების სირთულის გამო ექსპერიმენტებში საძიებო ფაქტორის მოდელის აგების მიზნით განმსაზღვრელ კრიტერიუმებად მიჩნეულ იქნა ცდების მინიმალური რაოდენობის წარმოება ცდომილების გათვალისწინებით და საძიებო ფაქტორის სრულყოფილად აღწერის შესაძლებლობა.

შემადგენელი ფაქტორების აღწერის ოპერატიულ საშუალებად გამოყენებულ იქნა ცდებით მიღებული გრაფიკული დამოკიდებულებები, ხოლო მოვლენის მოდელად ფუნქციონალური დამოკიდებულება

$$I = A f(K^*, m, n), \quad (1)$$

სადაც  $I$  – ღვარცოფსარეგულაციო ბარაჟით დაკავებული მყარი მასის გამაწონასწორებელი ქანობის სიდიდეა;

$m$  – ექსპერიმენტული ღარის  $i$  ქანობის გამოსაცდელი ნაგებობის ქანობთან  $i_k$  ფარდობის სიდიდე;

$n$  – ნაგებობის გამჭოლი ზედაპირის ბადის  $\Delta$  მაქსიმალური სიგრძის ნაკადით ტრანსპორტირებული ქვის  $d$ . დიამეტრთან ფარდობითი

სიდიდე;

$K^*$  – მყარი ხარჯის  $q_t$  წყლის  $q_B$  ხარჯთან ფარდობის სიდიდე;

$A$  – კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს მიღებული შედეგებისა და ფორმულით გაანგარიშებული შედეგების განსხვავებას.

კვლევის დროს ლაბორატორიული ექსპერიმენტული ღარის და საექსპერიმენტო ნაგებობის სამოდულო ზომები შემდეგი სახით არის წარმოდგენილი.

**ჰიდრავლიკური ღარის მონაცემები:**

1. ჰიდრავლიკური ღარის სიგრძე  $L = 12$  მ;
2. ღარის სიგანე  $B = 0,36$  მ;
3. ღარის სიმაღლე  $H = 0,29$  მ;
4. ღარის ქანობის ცვლილების შესაძლებლობა  $i = 0,01 \div 0,06$ .

**ღვარცოფსარეგულაციო ელასტიკური ბარაჟი:**

1. ნაგებობის სიგრძე  $L = 0,6$  მ;
2. ნაგებობის სიგანე  $B = 0,36$  მ;
3. ნაგებობის სექციების რაოდენობა  $N = 3$  ცალი;
4. ნაგებობის სექციების სიგრძეები  $\Delta L_1 = \Delta L_2 = \Delta L_3 = 0,20$  მ;
5. სექციების სიმაღლეები  $H_1 = 0,05$  მ,  $H_2 = 0,10$  მ,  $H_3 = 0,15$  მ;
6. ნაგებობის ზედაპირის მაქსიმალური ქანობი  $i = 0,25$ ;
7. სექციებში ჩამონტაჟებული ბადეების ზომები  
1. (5-7) მმ; 2. (4-5) მმ; 3. (2-3) მმ; 4. (1-3) მმ;
8. ბარაჟის მაქსიმალური სიმაღლე  $H = 0,15$  მ.

კვლევის ობიექტის შეფასების მიზნით გამოყენებულ იქნა ექსპერიმენტის დაგეგმვის აპრობირებული მეთოდი ბერძნულ-ლათინური კვადრატის სახით, ხოლო ფაქტორების ცვლილების დიაპაზონი შემდეგი სახით არის წარმოდგენილი:

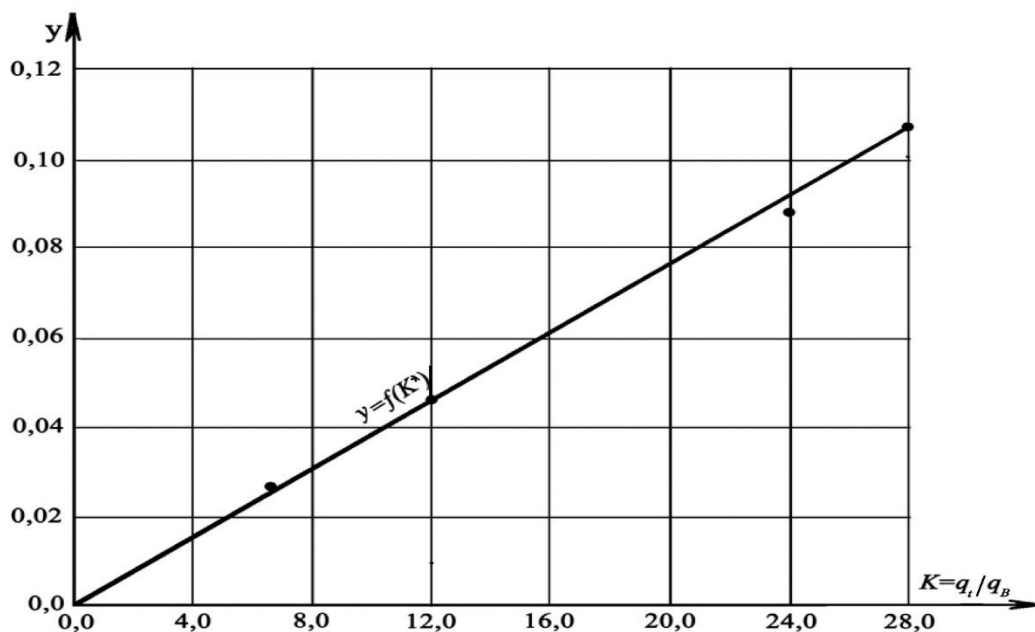
$K^* = 6,4;$	$K^* = 12,0;$	$K^* = 24,0;$	$K^* = 28,0;$
$m = 0,02;$	$m = 0,04;$	$m = 0,06;$	$m = 0,08;$
$n = 0,33;$	$n = 0,66;$	$n = 1,00;$	$n = 1,33.$

ექსპერიმენტებით მიღებული საძიებო  $I$ -ის სიდიდის და ფაქტორთა ცვლილების ბერძნულ-ლათინური კვადრატის სახე მოცემულია №1 მატრიცის სახით. (ცხრილი №1)

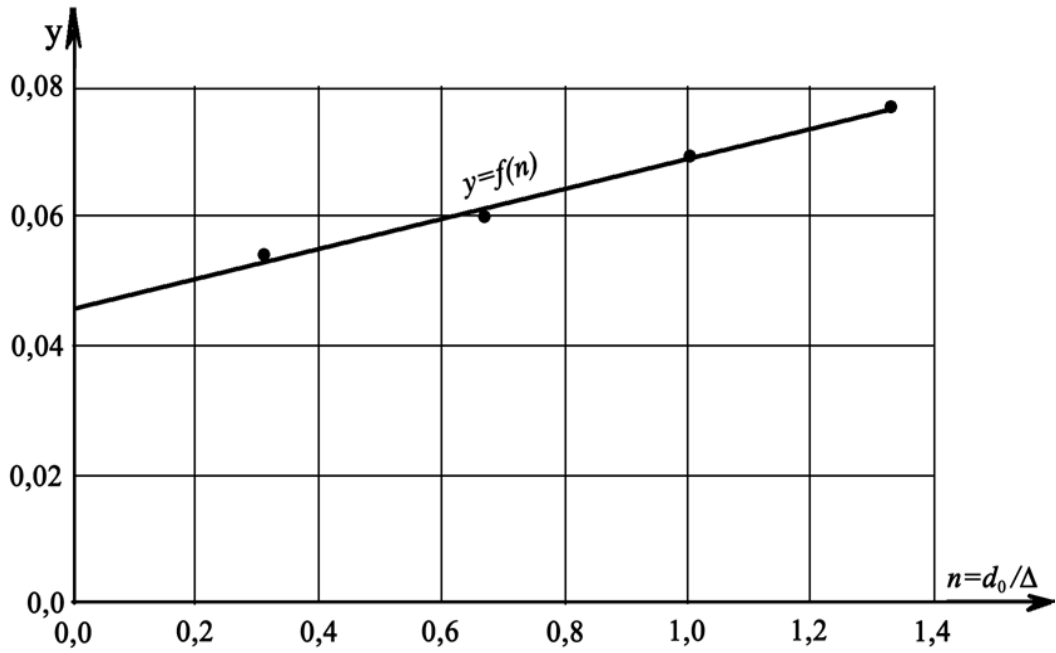
ცხრილი №1

$m = \frac{i}{i_K}$ $K^* = \frac{q_T}{q_B}$	$m_1 = 0,02$	$m_2 = 0,04$	$m_3 = 0,06$	$m_3 = 0,08$
$K_1 = 6,4$	$n_1 = 0,33$ $I_1 = 0,020$	$n_2 = 0,66$ $I_2 = 0,022$	$n_3 = 1,00$ $I_3 = 0,022$	$n_4 = 1,33$ $I_4 = 0,023$
$K_2 = 12,0$	$n_2 = 0,66$ $I_2 = 0,046$	$n_1 = 0,33$ $I_1 = 0,041$	$n_4 = 1,33$ $I_4 = 0,053$	$n_3 = 1,00$ $I_3 = 0,047$
$K_3 = 24,0$	$n_3 = 1,00$ $I_3 = 0,102$	$n_2 = 0,66$ $I_2 = 0,059$	$n_1 = 0,33$ $I_1 = 0,057$	$n_4 = 1,33$ $I_4 = 0,103$
$K_4 = 28,0$	$n_4 = 1,33$ $I_4 = 0,122$	$n_3 = 1,00$ $I_3 = 0,117$	$n_2 = 0,66$ $I_2 = 0,102$	$n_1 = 0,33$ $I_1 = 0,091$

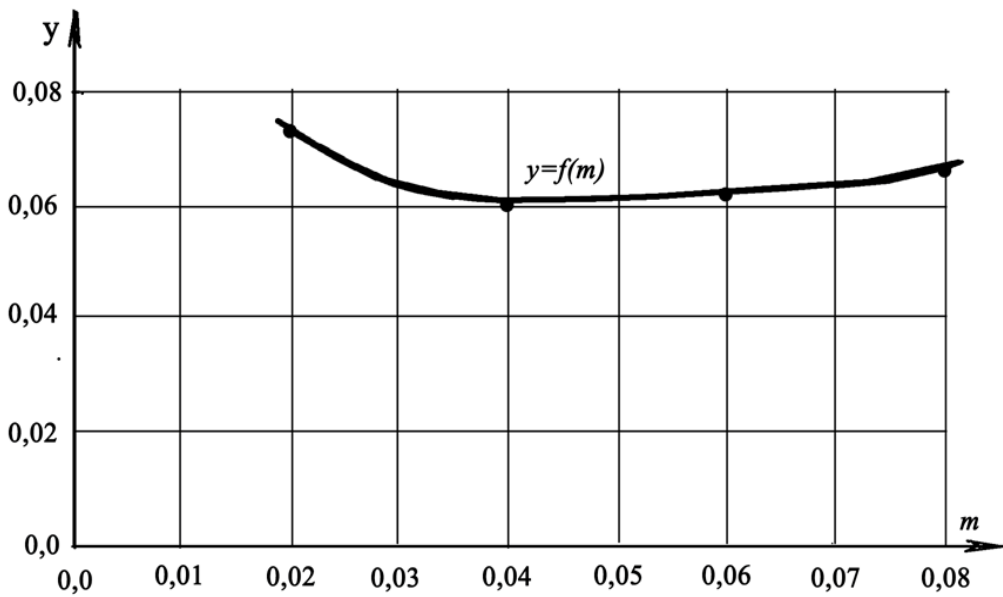
ექსპერიმენტების შედეგად მიღებული გამაწონასწორებელი ქანობის სიდიდეების გასაშუალებული მნიშვნელობების ფაქტორებთან დამოკიდებულება მოცემულია ნახაზებზე 1, 2, 3.



ნახ. 1.  $y = f(q_t/q_B)$  დამოკიდებულების გრაფიკი



ნახ. 2.  $y = f(d/\Delta)$  დამოკიდებულების გრაფიკი



ნახ. 3.  $y = f(i/i_K)$  დამოკიდებულების გრაფიკი

გრაფიკული დამოკიდებულებების საძიებო  $I$  სიდიდის ფაქტორების ცვლილებასთან კავშირში 1, 2 და 3 ნახაზების საძიებო სიდიდესთან საანგარიშო მოდელების აპროქსიმაციის საფუძველზე გამოყვანილია საანგარიშო დამოკიდებულებები 2, 3 და 4.

$$I = 0,00367 \cdot q_t/q_B \quad (2)$$

$$I = \frac{0,03}{(i/i_K)^{0,234}} \quad (3)$$

$$I = 0,042 + 0,026 \frac{d}{\Delta} \quad (4)$$



საინჟინრო ნაგებობის ღვარცოფსადინარში განლაგება ნაკადის ანომალურობიდან გამომდინარე ხდება, ხოლო სადინარში ღვარცოფთა რეგულირება ნაკადისა და კალაპოტის ურთიერთქმედების შესაძლებლობით განისაზღვრება. აღნიშნული განსაკუთრებით ისეთ შემთხვევაშია საყურადღებო, როცა სადინარის მორფომეტრიასა და ნაკადის ჰიდრავლიკურ პარამეტრებს შორის კავშირი არ ექვემდებარება შეფასებას. ასეთ სიტუაციებში ნაგებობათა განლაგების ადგილების შერჩევა სიფრთხილეს საჭიროებს.

სადინარის კალაპოტის ძნელად აღსაწერი კონფიგურაცია და დინების მიმართულებით მისი ცვლილების კანონზომიერება ხშირად ნაგებობაზე ნაკადის ზემოქმედების და სადინარში მათი განლაგების პროგნოზირების შესაძლებლობის საშუალებას არ იძლევა, ამასთან ერთად რთულდება ნაგებობათა განლაგების ადგილის შერჩევაც.

ფუნქციური (2), (3) და (4) დამოკიდებულებების, ხოლო (1) დამოკიდებულებაში  $A$  კოეფიციენტის გათვალისწინებით, სათანადო გარდაქმნების და გამარტივების საფუძველზე გამაწონასწორებელი ქანობის საანგარიშო დამოკიდებულებას ექნება სახე:

$$I = Y = 0,0275 \frac{(0,042+0,026d/\Delta) \cdot q_t/q_B}{(i/i_K)^{0,234}} \quad (5)$$

(5) დამოკიდებულებაში ფარდობითი სიდიდის  $d/\Delta$  მნიშვნელობა, როცა ბაგირის დიამეტრი  $d_{ბაგ}$ -ის, რაოდენობა  $N$ -ის, ხოლო ინოვაციური ნაგებობებისათვის გამჭოლობის კოეფიციენტი  $K$ -ს ტოლია:

$$\frac{d}{\Delta} = \frac{1}{N} \cdot \frac{d}{d_{ბაგ}} \cdot \frac{1-\sqrt{K}}{\sqrt{K}} \quad (6)$$

(6) დამოკიდებულების გათვალისწინებით (5) გამაწონასწორებელი ქანობის სიდიდე იქნება:

$$I = 0,0275 \frac{0,042+0,026 \frac{1}{N} \frac{d}{d_{ბაგ}} \frac{1-\sqrt{K}}{\sqrt{K}}}{(i/i_K)^{0,234}} \cdot q_t/q_B \quad (7)$$

დალექილი მასის ზედაპირიდან გამომდინარე, როცა გამაწონასწორებელი ქანობის განმსაზღვრელი სიღრმე ნაგებობის ზედა ბიეფში  $H$ -ის, ხოლო ნატანის გავრცელების სიღრმე  $L$ -ის ტოლია

$$I = \frac{H}{L} \quad (8)$$

ნაგებობებს შორის მანძილი, როცა ნაგებობასთან მყარი ნატანის სიღრმე ნაგებობის სიღრმის ტოლია, ე.ი.  $H = H_{\delta}$

$$L = H_n (i/i_K)^{0,234} / 0,0275 \left( 0,042 + 0,026 \frac{1}{N} \frac{d}{d_{\text{ზაგ}}} \frac{1-\sqrt{K}}{\sqrt{K}} \right) \cdot q_t / q_B. \quad (9)$$

დასარეგულირებელი  $L^*$  უბნის ცნობილი სიგრძის შემთხვევაში ნაგებობათა რაოდენობა:

$$N = \frac{L^*}{L_{\delta}} \quad (10)$$

ერთი და იგივე რეოლოგიური მახასიათებლების მქონე ღვარცოფის შემთხვევაში ქვის ჩანართის დიამეტრის ნაკადის სიღრმესთან ფარდობა მნიშვნელოვან როლს ასრულებს გამაწონასწორებელი ქანობის ფორმირებაში. ფარდობითი სიდიდის შემცირებისას ადგილი აქვს გამაწონასწორებელი ქანობის სიდიდის შემცირებას და ამიტომ იზრდება ნაგებობებს შორის დაცილება, ხოლო პარალელურად მცირდება ნაგებობათა რაოდენობა.

ნაშრომის მესამე თავში – “ღვარცოფსადინარები და ღვარცოფთა ჰიდრაულიკა” – განხილულია ღვარცოფის მოძრაობის დაწნევანი და უდაწნეო მოძრაობის შემთხვევებში მათი საანგარიშო მოდელები, დაწნევანი მოძრაობის შემთხვევისათვის აღწერილია ღვარცოფის გვირაბში მოძრაობა. მოძრაობის შეფასების დროს საგრადიენტო შრის მიმართ შერჩეულია მოძრაობის მოდელი

$$-\mu \frac{dU_x}{dy} = \frac{P_1 - P_2}{2\ell} \psi(r - r_0), \quad (11)$$

სადაც  $\mu$  – ღვარცოფის სიბლანტის კოეფიციენტი  $\left( \frac{\text{ნ}\cdot\text{წმ}^2}{\text{წ}^4} \right)$ ;

$U_x$  – ადგილობრივი სიჩქარე საგრადიენტო შრეში (მ/წმ);

$r_0$  – გვირაბში მოძრავი ნაკადის გულის რადიუსია;

$P_1 - P_2$  – გვირაბის შერჩეულ კვეთებზე მოქმედი ღვარცოფის წნევები  $\left( \frac{\text{ბ}}{\text{წ}^2} \right)$ ;

$\ell$  – სადაწნეო გვირაბის სიგრძე (მ);

$\psi$  – სიჩქარის კოეფიციენტი და მოძრავი ნაკადისა შინაგანი ხახუნის კუთხეზეა დამოკიდებული.  $\psi = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$

(11) მოდელზე დაყრდნობით გამოყვანილია გვირაბში ღვარცოფის ხარჯის და საშუალო სიჩქარის საანგარიშო დამოკიდებულებები:

გვირაბში ღვარცოფის ხარჯი

$$Q = \frac{\Delta P \pi (r_c - r_0)}{2 \mu \ell} \psi^4 \left[ \frac{r_c^2}{2} + \frac{(r_c - r_0)^2}{3} \right]; \quad (12)$$

გვირაბში საშუალო სიჩქარე

$$V = \frac{\Delta P \pi}{2 \mu \ell} \left( \frac{r_c - r_0}{r_c} \right)^2 \psi^2 \left[ \frac{r_c^2}{2} + \frac{(r_c - r_0)^2}{3} \right]. \quad (13)$$

უდაწნეო მოძრაობის განხილვის დროს ნაკადის ენერგეტიკული პარამეტრების განსაზღვრა ემყარება არანიუტონური მოდელების მოვლენასთან ადაპტაციას, კერძოდ, მხები ძაბვის სიღრმეზე განაწილების კანონს. საანგარიშო სქემა შერჩეულია არანიუტონურ მოდელებზე დაყრდნობით, რომლის საფუძველზეც მოძრაობა განხილულია საგრადიენტო შრითა და გულით. უდაწნეო მოძრაობისათვის გამოყვანილია საშუალო სიჩქარის მაქსიმალურთან ფარდობის საანგარიშო დამოკიდებულება როცა ნაკადის გულის სიღრმე  $h_0$ -ის, ხოლო ნაკადის სიღრმე  $H$ -ის ტოლია.

საშუალო სიჩქარის მაქსიმალურთან ფარდობა

$$\frac{V}{V_0} = 0,67 + 0,33 \frac{h_0}{H} \quad (14)$$

საშუალო სიჩქარე

$$V = \frac{g \cdot i \cdot H^2}{\nu} \left( 1 - \frac{h_0}{H} \right)^2 \psi^2 \left( 1 + \frac{1}{2} \frac{h_0}{H} \right) \quad (15)$$

ღვარცოფის ხარჯი

$$Q = \frac{g \cdot i \cdot H^3}{\nu} \left( 1 - \frac{h_0}{H} \right)^3 \psi^3 \left( 1 + \frac{1}{2} \frac{h_0}{H} \right) \quad (16)$$

მიღებული საანგარიშო დამოკიდებულებების სიზუსტე შედარებულ იქნა ნატურაში ფიქსირებულ მონაცემებთან და საშუალო კვადრატული გადახრა არ აღემატება 15%-ს.

ნაშრომის მეოთხე თავში – “ღვარცოფთა უსაფრთხო ტრანზიტი შემხვედრი წინააღმდეგობებით” – მოყვანილია ღვარცოფსაშვებზე გადადინებული ნაკადის გაანგარიშების მეთოდოლოგია და შემოთავაზებულია ღვარცოფის უსაფრთხო ტრანზიტის განმსაზღვრელი პარამეტრების

საანგარიშო დამოკიდებულებები. კერძოდ, მოცემულია ღვარცოფის გატარების ისეთი შემთხვევა, როცა მისი ნაგებობაზე გადადინება კედლის სახით წარმოდგენილი შემხვედრი წინააღმდეგობის ღიობით ან ღვარცოფსაშვის ჰორიზონტალურ ზღურბლზე ხორციელდება და ხარჯის კოეფიციენტის საანგარიშო დამოკიდებულებას, როცა ბმულობის ეკვივალენტური სიღრმე  $h_0$ -ის, შინაგანი ხახუნის კოეფიციენტი  $\varphi$ , სიჩქარის კოეფიციენტი  $\psi$  -ს, და ნაკადის სიღრმე  $H_0$ -ის ტოლია, ექნება სახე:

$$m^* = \psi \frac{\left(2\psi^2 - \frac{h_0}{H_0}\varphi\right) \sqrt{\left(1 - \frac{h_0}{H_0}\right)\varphi}}{2\psi^2 + \varphi} \quad (17)$$

როცა ცნობილია ხარჯის კოეფიციენტის სიდიდე, ღვარცოფსაშვზე გადადინებული ნაკადის ხარჯის მნიშვნელობის განსაზღვრა სირთულეს არ წარმოადგენს და მისი მნიშვნელობა ტოლია:

$$Q = m^* b \sqrt{2gH_0^3/2}. \quad (18)$$

ჰიდრავლიკური თვალსაზრისით კალაპოტური ჰიდროტექნიკური ღიობები შეიძლება განხილულ იქნას როგორც ფართოზღურბლიანი ღვარცოფსაშვი. როცა ხიდისქვეშა გასასვლელი ღიობის გაბარიტები ვერ იძლევა ღვარცოფის გატარების შესაძლებლობას, ადგილი აქვს გასატარებელი მასის უკან დაბრუნების და უკუტალღის წარმოქმნის შემთხვევას.

ხიდისქვეშა ღიობის გასასვლელიდან უკან დაბრუნებული ღვარცოფის მასების წარმოშობის შემთხვევაში, როცა ტალღის სიმაღლე  $Z$ -ის ტოლია და ღიობის შესასვლელში ნაკადის სიღრმე  $h_1$ -ის, სიჩქარე  $V_0$ -ის, ხოლო ღიობში ნაკადის სიჩქარე  $V_r$ -ის და ღიობის სიმაღლე  $h_r$ -ის ტოლია,  $h$  ბმულობის ეკვივალენტური სიღრმის და  $\varphi$  შინაგანი ხახუნის კოეფიციენტის რეოლოგიური მონაცემების მქონე ღვარცოფისათვის უკუტალღის წარმოქმნის პროგნოზი შეიძლება გაანგარიშებულ იქნეს დამოკიდებულები

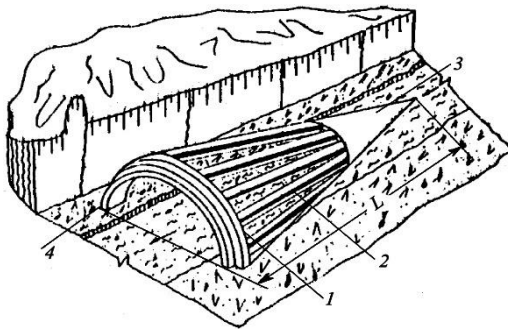
$$Z = \frac{g\psi(h_1-h_0) \pm \sqrt{g^2\psi(h_1-h_0)^2 - 2(V_0h_1 - V_rh_r)(V_r - V_0)g\psi}}{g\psi}. \quad (19)$$

ხშირია შემთხვევა, როცა ხდება სადინარის კალაპოტში განლაგებულ ნაგებობებზე ღვარცოფთა გადადინება. აქედან გამომდინარე, ნაგებობის სიმაღლის შერჩევის დროს განიხილება ისეთი შემთხვევა, როცა ნაგებობა არ

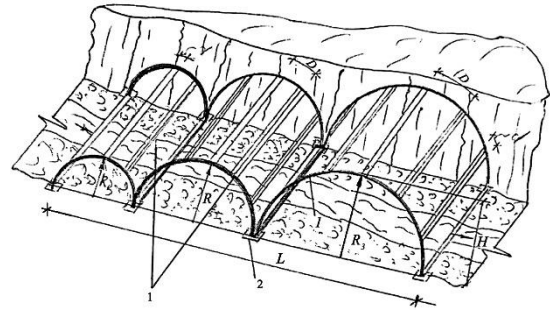
იწვევს ნაკადის მდგრადობის რღვევას და უკუტალღის წარმოქმნას. ნაგებობის წინ სადინარის ჰორიზონტთან დახრის  $\theta$  კუთხის შემთხვევაში, როცა ღვარცოფის სიღრმე  $h_1$ -ის ტოლია, კრიტიკული სიღრმე –  $h_K$ -ის, ნაგებობის სიმაღლე  $P$ , რეოლოგიასთან კავშირში

$$P = \frac{h_1}{\cos \theta} \frac{4a+a^3+4\sqrt{a}}{4} - H. \quad (20)$$

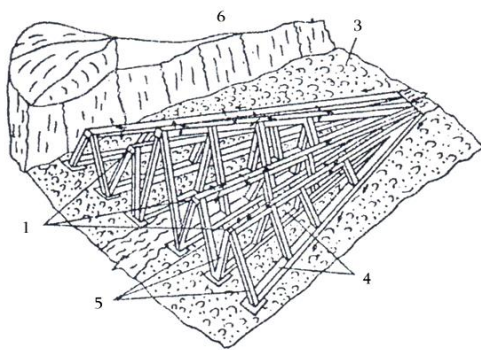
ნაშრომის მეხუთე თავში –“ ღვარცოფის ზემოქმედება ნაგებობებზე” – ღვარცოფთა წარმოქმნის გაზრდილი სიხშირე, სატრანზიტო დერეფნებში რეგულირების სირთულე და ანომალურობა ართულებს ასეთი ნაკადების რეგულირების საკითხს, აღნიშნულიდან გამომდინარე შემოთავაზებულია ბრძოლის ღონისძიებების ინოვაციური სტრატეგია და საავტორო უფლების მქონე ახალი მოდიფიკაციის გრძივი ღვარცოფსარეგულაციო ნაგებობების გაანგარიშების მეთოდოლოგია. არსებულთან შედარებით შემოთავაზებული ნაგებობები გამორჩეულია კონსტრუქციული გადაწყვეტებით, ნაკადზე ზემოქმედების ინოვაციური შესაძლებლობებით, დამრტყმელ ძალასთან დამყოლობით, ელასტიკურობით და ხასიათდება მაღალი საიმედოობით. სადისერტაციო ნაშრომში მოცემულია მათი დახასიათება და საილუსტრაციო ნახაზები, შეფასებულია ნაგებობებზე ღვარცოფის მოსალოდნელი დარტყმის ძალის შესაძლო სიდიდის საანგარიშო დამოკიდებულებები, ნაგებობათა კონსტრუქციული ელემენტების დადგენის საანგარიშო სქემები და დამოკიდებულებები, გამჭოლობასთან კავშირში ნაგებობის ზედაპირზე დამრტყმელი ძალის გადანაწილების და სიდიდის საანგარიშო დამოკიდებულებები. ნაგებობათა სახეობების მიხედვით ვიხილავთ კონსტრუქციათა იმ სახეებს, რომელთა საერთო ხედები (ნახ. 4 ა,ბ,გ,დ) ნახაზებზეა მოცემული.



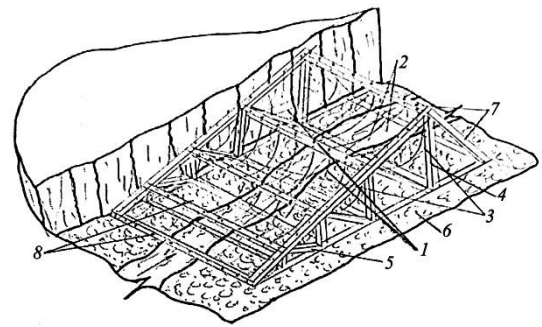
ა) ნახევრად კონუსური ელასტიკური ბარაჟი



ბ) ნახევრად ცილინდრული გამჭოლი ნაგებობა



გ) ღვარცოფსაწინააღმდეგო პირამიდული ნაგებობა



დ) ღვარცოფსარეგულაციო ელასტიკური ბარაჟი

**ნახ.4. ღვარცოფდამჭერ ნაგებობათა საერთო ხედები**

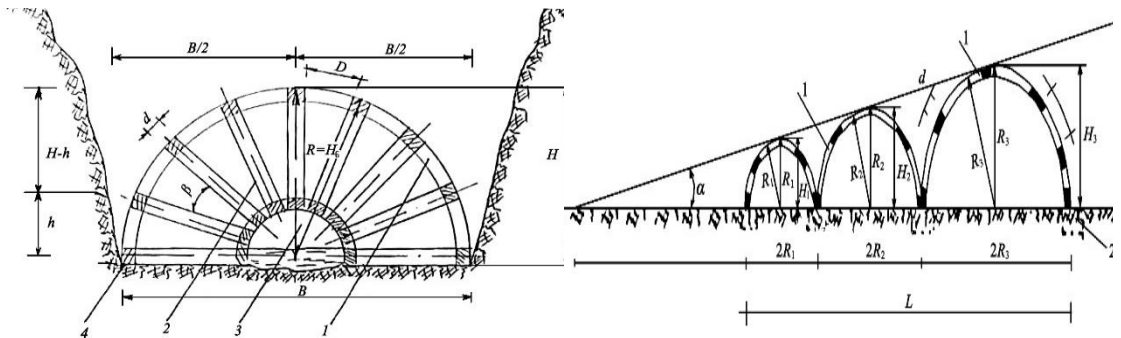
ა) ღვარცოფის საწინააღმდეგო ნახევრად კონუსური ნაგებობა – საავტორო მოწმობა №1101499, წარმოდგენილია ნახევრად კონუსური ფორმით, რომლის წვერო (3) და ყრუ ნაწილი (1), დამაგრებულია საძირკველზე (4), ყრუ და გამჭოლი ნაწილი ერთმანეთთან დაკავშირებულია კოჭებით (2);

ბ) ნახევრად ცილინდრული გამჭოლი ნაგებობა – საავტორო მოწმობა №1191515, წარმოდგენილია თაღურ-საფეხურისებრი ფორმით. ნაგებობის ზედაპირი შესრულებულია მეორადი რესურსებით – რელსებით (1), ნახევრად ცილინდრული ტრამპლინის ფორმით, რომელთა საყრდენი თაღები ჩამაგრებულია რკინაბეტონის საძირკველში (2);

გ) ნაგებობა პირამიდული ფორმით – საავტორო მოწმობა №1413185, წარმოდგენილია გამჭოლი სახით, რომელიც კოჭების სისტემით (1) თავში შეკრულია კონის სახით, განაპირა კოჭები (2) განლაგებულია სადინარის ფუძეზე (3), მათ შორის განლაგებულ კოჭებს ნაკადის დინებასთან აქვს უკუქანობი და დაყენებულია საყრდენ კონსტრუქციაზე (4).

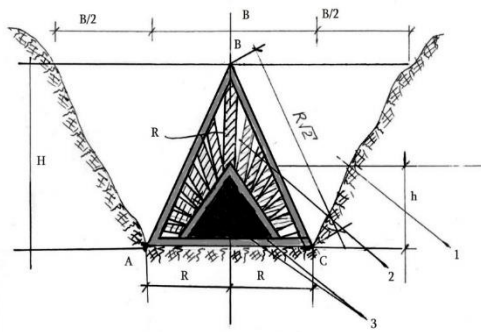
დ) ღვარცოფსარეგულაციო ელასტიკური ბარაჟი – პატენტი P20207068B. ნაგებობა, კონსტრუირებულია შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ხელშეწყობით. იგი წარმოდგენილია სამკუთხა პრიზმების (3) სახით, ფუძეებით (4), წახნაგებით (5), ფუძეების წახნაგებით (6), წიბოებით (7), ტროსების ჩასამაგრებელი ხვრელებით (8), გრძივი (1) და განივი (2) ტროსებით.

ინოვაციურ ნაგებობათა კონსტრუქციული ელემენტების გაანგარიშების მიზნით მოცემულია მათი საანგარიშო სქემები (ნახ.5 ა,ბ,გ,დ).

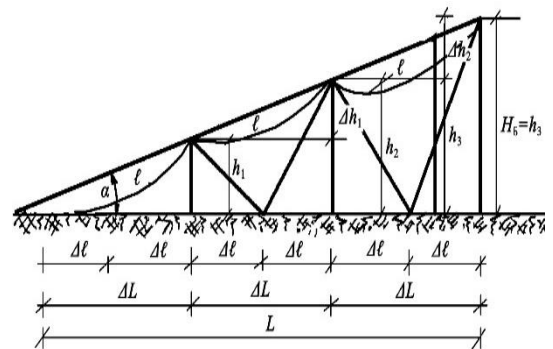


ა) ნახევრად კონუსური ელასტიკური ბარაჟი

ბ) ნახევრად ცილინდრული გამჭოლი ნაგებობა



გ) პირამიდული გამჭოლი ნაგებობა



დ) ღვარცოფსარეგულაციო ელასტიკური ბარაჟი

ნახ. 5. ინოვაციურ ნაგებობათა კონსტრუქციული ელემენტების გაანგარიშების სქემები

ღვარცოფსარეგულაციო ელემენტების შერჩევის დროს გამოყენებულია ახალი მეთოდოლოგია და გაანგარიშების მიდგომები. როდესაც ნაგებობის სიმაღლე  $H$ -ის, სიგრძე  $L$ -ის, სადინარის კალაპოტის სიგანე  $B$ -ს ტოლია, სახეობების მიხედვით ცხრილის (ცხრ. 2) სახით მოცემულია საანგარიშო დამოკიდებულებების სახეები.

საავტორო უფლებების მქონე ნაგებობების ელემენტების საანგარიშო დამოკიდებულებები

№	ნაგებობის ელემენტები	ნაგებობის დასახელება			
		ნახევრად კონუსური	ნახევრად ცილინდრული	პირამიდული	ელასტიკურ-გამჭოლი
1	2	3	4	5	6
1	ნაგებობის სიმაღლე, $H$	$H = \frac{n(d+L) - D}{\pi}$	$H = \Delta \sin \alpha \frac{1 + 3 \sin \alpha + 2 \sin^2 \alpha}{1 - \sin \alpha}$ $= \frac{n(d+D)}{2\sqrt{2}} \quad H = \frac{nd + (n-1)D}{2}$	$H = \frac{B}{2} = R$	$H = B/2$ $H = nd + \frac{(n-1)D}{2}$
2	ნაგებობებით ღვარცოფ-სადინარის დაკავებული ფართობი, $\omega$	$\omega = \frac{2[n(d+L) - D]^2}{\pi^2}$	$\omega = \frac{[nd + (n-1)D]^2}{2}$	$\omega = \frac{B \cdot H}{2}$ $= \frac{[nd + (n-1)D]^2}{4}$	$\omega = [nd + (n-1)D]^2$
3	ნაგებობის ყრუ ნაწილის მაქსიმალური და გამჭოლი ნაწილის მინიმალური რადიუსი, $r$	$r = \frac{nd}{\pi}$	_____	$h = \frac{nd}{2\sqrt{2}}$	_____
4	სამკუთხა ღრუ ღრეჩობის შემთხვევაში კოჭების მაქსიმალური რიცხვი, $n$	$n = \frac{\pi H + D}{d + D}$	_____	$n = \frac{2\sqrt{2}H + D}{d + D}$	_____
5	კოჭის სიგრძე, $L_k$	$L_k = L - \ell - 2\delta$	$L_k = B$	$L_k = \frac{n(d+D) - D}{2\sqrt{2} \sin \alpha}$	$L_k = L_n \cdot K$
6	ნაგებობის სრული სიგრძე, $L$	$L = \frac{n(d+D) - D}{\pi \sin \alpha}$	$L = 2R_1 + 2R_2 + 2R_3$	$L = \frac{H}{\sin \alpha}$	$L = \frac{H}{\sin \alpha}$



1	2	3	4	5	6
7	ნაგებობის ყრუ ნაწილის სიგრძე, $l_r$	$l_r = \frac{\square}{\sin \alpha} = \frac{nd}{\pi \sin \alpha}$	_____	$l_r = \frac{nd}{2\sqrt{2} \sin \alpha}$	_____
8	ნაგებობის გამჭოლი ღრეჩოს მაქსიმალური ზომა, $D_{max}$	$DB_{max}$	$DB_{max}$	$DB_{max}$	$DB_{max}$
9	ნაგებობის სიმაღლის სიგრძესთან ცვლილების ზღვრები	$\frac{1}{6} \leq \frac{H}{L} \leq \frac{5}{18}$	$\frac{1}{6} \leq \frac{H}{L} \leq \frac{5}{18}$	$\frac{1}{6} \leq \frac{H}{L} \leq \frac{5}{18}$	$\frac{1}{6} \leq \frac{H}{L} \leq \frac{5}{18}$
10	ნაგებობის დახრის კუთხე სადინარის ფუძესთან	$\alpha = 11 \div 13^\circ$	$\alpha = 11 \div 13^\circ$	$\alpha = 11 \div 13^\circ$	$\alpha = 11 \div 13^\circ$
11	ნაგებობის სიგანე, B	$B = nd + (n - 1)D$	$B = \frac{nd + (n - 1)D}{2} = \frac{H}{2}$	$B = \frac{n(d + D) - D}{\sqrt{2}}$	$B = nd + (n + 1)D$
12	კოჭის – ბაგირების რიცხვი, $n_1$	$n_1 = \frac{1B + 2D}{2d + D}$	$n_1 = \frac{H + D}{d + D}$	$n_1 = \frac{2\sqrt{2}H + D}{d + D}$	$n_1 = \frac{1B + 2D}{2d + D}$
13	კოჭის – ბაგირების რიცხვი სიგრძეზე, $n_2$	$n_2 = \frac{B + D}{d + D}$	_____	_____	$n_1 = \frac{1B + 2D}{2d + D}$
14	კოჭის – ბაგირების სისქე	$d_b = nd$	$d_k = nd_{koWi}$	$d_k = nd$	$d_b = nd$
15	ცილინდრული ზედაპირის რადიუსები	$r=h$ $R=H$	$R_1 = \Delta \frac{\sin \alpha}{1 - \sin \alpha}; R_2 = R_1(1 + \sin \alpha)$ $R_3 = R_2 \frac{1 + 3 \sin \alpha + 2 \sin^2 \alpha}{1 + \sin \alpha}$	_____	_____
16	კოეფიციენტი, K	$K = 0,215 + 0,785 \left(1 - \frac{h}{H}\right)^2$	$K = \frac{1 - d/H}{1 + d/D}$	$K = 0,5 + 0,5 \left(1 - \frac{\square}{H}\right)^2$	$K = \frac{(1 - d/B)^2}{(1 + d/D)^2}$

ღვარცოფთა ნაგებობებზე მოსალოდნელი დამრტყმელი ძალა კონსტრუქციათა ელემენტების განმსაზღვრელ ფაქტორს წარმოადგენს. ფორმირებული ნაკადის მოძრაობის რაოდენობის ცვლილების მოდელზე დაყრდნობით და ღვარცოფის დეფორმაციულობიდან გამომდინარე, დამრტყმელი ძალის სიდიდე

$$P = K \frac{\gamma \theta V \sin \alpha}{g} \quad (21)$$

სადაც  $\gamma$  - ღვარცოფის მოცულობითი წონა (ნ/მ<sup>3</sup>);

$\theta$  - ღვარცოფის ხარჯი (მ<sup>3</sup>/წმ);

$V$  - ღვარცოფის სიჩქარე (მ/წმ);

$g$  - სიმძიმის ძალის აჩქარება (მ/წმ<sup>2</sup>);

შერჩეულ კვეთებში ნაკადის გაჭიმვითა და კუმშვით გამოწვეული ფარდობითი დეფორმაციის სიდიდის კოეფიციენტი

$$K = \frac{16-f(\alpha)}{f(\alpha)} = \frac{16-(a^3+4\sqrt{a})(2+\sqrt{a})^2}{(a^3+4\sqrt{a})(2+\sqrt{a})^2} \quad (22)$$

ზემოთ მოყვანილი ნაგებობებისათვის დამრტყმელი ძალის სიდიდე, კონსტრუქციული განსხვავებულობიდან გამომდინარე, როცა

$$f(\alpha) = (a^3 + 4\sqrt{a})(2 + \sqrt{a})^2 \quad \text{შემდეგი სახითაა წარმოდგენილი:}$$

1. ნახევრად კონუსური გამჭოლი ნაგებობა

$$\Delta P_1 = \frac{\gamma \omega V^2}{g} \sin \alpha \left[ \left( 0,215 + 0,785 \left( 1 - \frac{h_0}{h} \right) \right)^2 \right] \frac{16-f(\alpha)}{f(\alpha)}; \quad (23)$$

2. პირამიდული გამჭოლი ნაგებობა

$$\Delta P_2 = \frac{\gamma \omega V^2}{g} \sin \alpha \left[ \left( 0,5 + 0,5 \left( 1 - \frac{h_0}{h} \right) \right)^2 \right] \frac{16-f(\alpha)}{f(\alpha)}; \quad (24)$$

3. ნახევრად ცილინდრული ნაგებობა

$$\Delta P_3 = \frac{\gamma \omega V^2}{g} \sin \alpha \left( 0,5 - 0,5 \frac{d}{H} \right) \frac{16-f(\alpha)}{f(\alpha)}; \quad (25)$$

4. ღვარცოფსარეგულაციო ელასტიკური ბარაჟი

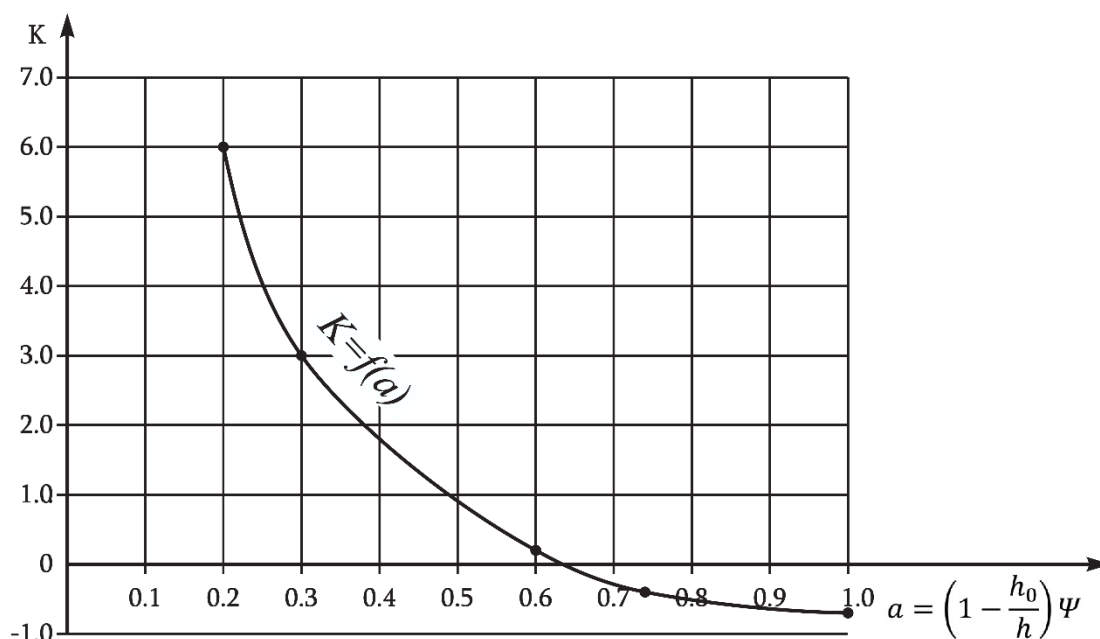
$$\Delta P_4 = \frac{\gamma \omega V^2}{g} \sin \alpha \frac{1}{\left( 1 + \frac{d}{H} \right)^2} \frac{16-f(\alpha)}{f(\alpha)}. \quad (26)$$

დამრტყმელი ძალის წარმოდგენილი დამოკიდებულებების პარამეტრ  $a$ -ს სიდიდე რეოლოგიური მახასიათებლების ფუნქციას წარმოადგენს და შინაგანი ხახუნის  $\varphi$  კოეფიციენტისა და ბმულობის ფუნქციაა.  $a$ -ს სიდიდის საანგარიშოდ მოტანილია ცხრილი 3.

$a$ -ს სიდიდის მნიშვნელობები ღვარცოფის რეოლოგიასთან კავშირში

$\psi = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$					
$h_0/h$	0	0,4	0,6	0,8	1,0
0	0,02	0,16	0,36	0,64	1,0
0,2	0,025	0,102	0,232	0,409	0,64
0,4	0,014	0,058	0,132	0,234	0,36

რადგან დამრტყმელი ძალის კოეფიციენტი რეოლოგიური მახასიათებლების ფუნქციას წარმოადგენს, ანგარიშის წარმოების მიზნით მოყვანილია გრაფიკული დამოკიდებულება  $K = f(a)$  (ნახ.6)



ნახ. 6.  $K = f(a)$  დამოკიდებულების გრაფიკი

ნაგებობათა რაოდენობის განსაზღვრა მათი გამჭოლობიდან გამომდინარე ხდება და საანგარიშო დამოკიდებულება, როცა გამჭოლობის კოეფიციენტი  $K^*$ -ს ტოლია

$$N = \frac{1}{1-K^*} \tag{27}$$

კვლევის შედეგად მიღებული ღვარცოფებთან ბრძოლის წარმოდგენილი ღონისძიებები, კონსტრუქციული გადაწყვეტები, შერჩეული ბრძოლის სტრატეგია, გაანგარიშების მეთოდები, მეთოდოლოგია

და დანერგვა პრაქტიკაში ხელს შეუწყობს ლანდშაფტური ინფრასტრუქტურის მდგრადობას და გარემოს დაცვის ეფექტურობის ამაღლებას.

### დასკვნები

1. ღვარცოფების რეგულირებაზე ჩატარებული კვლევის შედეგების რანჟირებით, მათი სადინარების გეგმაში კონფიგურაციის, ფუძის ქანობის, მორფომეტრიული ჰიდრაგლიკური პარამეტრების ცვლილების სურათის მიხედვით გამოიკვეთა ნაკადის ჰიდრაგლიკური პარამეტრების და საანგარიშო დამოკიდებულებების გამოყვანის სირთულე და ლაბორატორიული კვლევების ჩატარების აუცილებლობა;
2. კვლევის ობიექტზე ფაქტორთა ზემოქმედების შესწავლის მიზნით გამოყენებულია ლაბორატორიული კვლევების სტანდარტული და მოდიფიცირებული მეთოდები. ღვარცოფსარეგულაციო ბარაჟზე ღვარცოფის ზემოქმედების მოდელირებისა და ექსპერიმენტების დაგეგმვის მეთოდების გამოყენებით, ღვარცოფთა სახეობების გათვალისწინებით დაზუსტებულია ნაგებობათა ეფექტურად გამოყენების შესაძლებლობები;
3. სტრუქტურულ-მაჩვენებლიანი მოდელით დისკრეტულობიდან უწყვეტ ტანამდე ტრანსფორმირებული ღვარცოფისათვის განივი ძალის დადგენის მიზნით გამოყენებული იქნა გრუნტების მექანიკაში აპრობირებული ანალოგები, კერძოდ, მხები ძაბვის საფუძველზე შედგენილი იქნა ღვარცოფთა დაწნევიანი და უდაწნეო მოძრაობის მოდელები და ღვარცოფსატარ ნაგებობებში ნაკადის ჰიდრაგლიკური პარამეტრების საანგარიშო დამოკიდებულებები;
4. ნაგებობებით ღვარცოფთა უსაფრთხო ტრანზიტის, მათზე გადადინების და საანგარიშო მახასიათებლების განსაზღვრის მიზნით დადგინდა შემხვედრი წინააღმდეგობების ოპტიმალური ზომები და ღვარცოფსადინარების გეომეტრიის მახასიათებლები;
5. ღვარცოფთა პარამეტრების და შემოთავაზებული კონსტრუქციული გადაწყვეტის საფუძველზეც გამოიკვეთა მათი ურთიერთშერწყმის

- შესაძლებლობა, რის საფუძველზე ადვილად გადასაწყვეტი გახდა რეგულირების კონსტრუქციული ელემენტების განსაზღვრის მეთოდოლოგიის შერჩევა;
6. ფორმირებულ ღვარცოფთა მოძრაობის ტალღური ფორმით ჩამოყალიბებით ნათლად იკვეთება კრიტიკული ინფრასტრუქტურის გაძლიერებული რღვევის შესაძლებლობები, აღნიშნული საფუძველი გახდა როგორც ინოვაციური ნაგებობის შექმნის, ისე ბრძოლის სტრატეგიის შემუშავების. ღვარცოფების რეგულირების მიზნით შემოთავაზებულია ინოვაციურ ღვარცოფსარეგულაციო ნაგებობათა სახეები, რომელზეც მიღებულია პატენტი, ხოლო ბრძოლის სტრატეგიის თვალსაზრისით ეფექტურად იქნა მიჩნეული გრძივი ნეგებობები;
  7. ღვარცოფსარეგულაციო ობიექტების საპროექტო პარამეტრები, რომლებსაც თავის მხრივ განსაზღვრავს მოსალოდნელი ღვარცოფების სიმძლავრე და დარტყმითი შესაძლებლობები, შეფასდა ინოვაციურ მოდელებზე დაყრდნობით, ჰიდრაულიკური კლასიკური კანონების და დარგში არსებული მიღწევების შესაბამისი დონის სრულ შესატყვისობაში;
  8. დადგენილია ბმული ღვარცოფების შეშფოთების წარმოქმნის და დამრტყმელი ტალღის ნაგებობებზე ძალური ზემოქმედების შესაძლებლობები და გამოყვანილია საანგარიშო დამოკიდებულებები;
  9. ღვარცოფული მოვლენების ძალური ზემოქმედების შესაძლებლობები საფუძველად დაედო როგორც ნაკადებთან ბრძოლის სტრატეგიის მიმართულების შერჩევას, ისე სხვადასხვა კონფიგურაციის ახალი კონსტრუქციების საპროექტო ელემენტების დაგეგმარებას, რომელიც გაანგარიშების მეთოდების სრულყოფის საფუძველი გახდა. მიღებული დამოკიდებულებების პრაქტიკული რეალიზაციით შესაძლებელი გახდება როგორც სამშენებლო ნორმების და წესების სრულყოფა, ასევე კვლევის მიღებული შედეგებით მეცნიერულად დასაბუთებული ღონისძიებების პრაქტიკაში დანერგვა და კომპლექსურად გამოყენება გარემოს დაცვის მიზნით.

## გამოქვეყნებულ შრომათა სია

### (მათ შორის თანაავტორობით)

1. ე. კუხალაშვილი., გ. გავარდაშვილი., ი. ირემაშვილი., ლ. მაისაია., ნ. ბერაია., ხ. კიკნაძე., ქ. დადიანი. ღვარცოფსადინართა რისკების რეგულირება და ინოვაციური ნაგებობების გაანგარიშების მეთოდოლოგია. თბილისი, 2021. 51გვ.
2. Maisaia L. Cohesive Mudflow Transit through Penstock and Computational Characteristics of the Current. „Znanstvena misel” journal #61, Ljubljana, Slovenia, 2021., p.29 – 31.
3. Вартанов М. В., Кечхошвили И. М., Берая Н. П., Дадиани К. З., Кикнадзе Х. Л., Маисая Л. Д. Математические модели некоторых задач интегрального управления водными ресурсами, DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.1.87, Европейский Союз Ученых. Серия: экономические и юридические науки. №6(87), 2021, с. 3-7;
4. ლ. მაისაია., ღვარცოფები, ღვარცოფსაწინააღმდეგო და სარეგულაციო ნაგებობების ტიპები., I ონლაინ საერთაშორისო სამეცნიერო - პრაქტიკული ინტერდისციპლინარული კონფერენცია., მასალები, თბილისი, 2021., გვ. 47 – 50.
5. ე. კუხალაშვილი, გ. გავარდაშვილი, ი. ირემაშვილი, ნ. ბერაია, ქ. დადიანი, ხ. კიკნაძე, ლ. მაისაია., წყალსატევების კვების წყაროთა ჰიდროლოგიური მახასიათებლები და მათი როლი წყლის ინტეგრირებულ მართვაში, საქართველოს სოფლის მეურნეობის აკადემია, ინტერნეტ სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია, „საქართველოს აგროსაინჟინრო სექტორის სტაბილიზაციისა და განვითარების პრიორიტეტები კორონავირუსის პანდემიისა და მის შემდგომ პერიოდში“, 17–18 სექტემბერი, 2020 წ., თბილისი, გვ. 149–159
6. Gavardashvili G., Kukhalashvili E., Iremashvili I., Gavardashvili N., Maisaia L., Dadiani K. Development of the debris flow control elastic barrage design methodology. Construction of optimized energy potential. Poland, 2020., p. 127-137.
7. Maisaia L., Beraia N., Shavlakadze M., The types of the debris flow against buildings and choosing their constructions, IX საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია, „წყალთა მეურნეობის, გარემოს დაცვის, არქიტექტურისა და მშენებლობის თანამედროვე პრობლემები“, 25–27 ივლისი, 2019, გვ. 179–182;
8. Vartanov M., Kukhalashvili E., Beraia N., Maisaia L. Economic Efficiency of Debris-flow Control, American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS) ISSN (Print) 2313-4410, ISSN (Online) 2313-4402, 2019, pp. 22-28;

9. ე. კუხალაშვილი., გ. გავარდაშვილი., ი. ირემაშვილი., ლ. მასიაია., ნ. ბერაია., ხ. კიკნაძე., ქ. დადიანი. მათემატიკური მოდელი ღვარცოფის ენერგეტიკული მახასიათებლების შეფასებისათვის. განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი სამეცნიერო შრომათა კრებული # 74, თბილისი, 2019., გვ. 100-107.
10. ნ. კვაშილავა., გ. ჩახაია., ზ. ვარაზაშვილი., ლ. წულუკიძე., ი. ხუბულავა, თ. სუპატაშვილი, ლ. მასიაია. მდ. გლდანისხევის ხეობაში არსებული მეწყერსაშიში ფერდობის მდგრადობის შეფასება. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, ქ. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“ № 2(722), თბილისი, 2016 წ
11. ლ. წულუკიძე., ლ. მასიაია., ხ. კიკნაძე. ბორჯომის რაიონში სოფ. დაბასთან არსებულ მდ. ნადვარევისხევაში ფორმირებული ღვარცოფის მიერ ტრანსპორტირებული მყარი ფრაქციების მოცულობის დადგენა ქვის ჩანართების კონფიგურაციის გათვალისწინებით. საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის სამეცნიერო შრომათა კრებული # 70 თბილისი 2015., გვ. 209-214.
12. ლ. მასიაია., ხ. კიკნაძე., ა. გოგიაშვილი. ჰიდროგეოლოგიური პირობების ზეგავლენა გრუნტის წყლების დინამიკასა და ეკოლოგიური სტაბილურობის შენარჩუნებაზე. Vსაერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „წყალთა მეურნეობის, გარემოს დაცვის, არქიტექტურისა და მშენებლობის თანამედროვე პრობლემები“, თბილისი, 2015., გვ.166-169.

## Resume

Mudflow prevention buildings and their functions are complex, they include and overlook ecological balance, Landschaft infrastructure, the safety of populated areas, etc. For a country that is mountainous and limited in landmass, in terms of economy, mudslide preventing infrastructure, their condition and reliability are critical. According to the latest history of usage, most of them are outdated or almost non-existent, which is why the level of effectiveness of environment protection measures is low. According to statistics, there are many cases of ecological imbalance, which leads to unfavorable economic and social problems in populated areas. Therefore, in order to regulate the floods and place regulatory measures in the pipelines and to specify the parameters of the project, clarification of regularities (laws) of change of hydraulic flow parameters are given; Methodology of conducting experiments to describe the diversity of mudflow and the possibilities of impact on buildings and to obtain polynomials for the assessment

of impact regularities; In case of regulation with pressure and non-pressure structures, hydraulic functions of connected floods and selection of calculation methodology; Prediction of energy characteristics for safe transit without violation of flood movement regimes and without the generation of obstacles/bottlenecks; Criteria for overflowing obstacles encountered based on a combination of building and flood flow parameters; Taking into account anomalies of mudflows and developing innovative methods of combating them and refining existing constructions; Improving the methodology for calculating the impact of mudflows on buildings; Modeling buildings in a laboratory setting and deriving design parameters of copyrighted buildings.