

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ხათუნა კიკნაძე

ღვარცოფსადინარებში მიმდინარე კალაპოტური პროცესები

სადოქტორო პროგრამა მშენებლობა
შიფრი 0732

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი
2022 წელი

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

ხელმძღვანელი:

ტექნ. მეცნ. დოქტორი,
პროფესორი

გივი გავარდაშვილი

რეცენზენტები:

პროფესორი

ალექსანდრე ბაგრატიონ-დავითაშვილი

პროფესორი

მერაბ ალავერდაშვილი

დაცვა შედგება 2022 წლის „23“ 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 ვებ-გვერდზე

საუნივერსიტეტო სადისერტაციო

საბჭოს მდივანი

ტექნ. მეცნ. კანდიდატი,

აკადემიური დოქტორი, პროფესორი



დემურ ტაბატაძე,

თემის აქტუალურობა. საქართველო მთაგორიანი ქვეყანაა. მისი ტერიტორიის 54%-ს მთისა და მთისწინა ზონა შეადგენს. მდიდარია ჰიდროგრაფიული ქსელით. მდინარეთა ქსელის 90% ღვარცოფულია. ლანდშაფტურ ინფრასტრუქტურაზე ბუნებრივი ანომალიების რისკები, დაცვითი დონე და მდგრადობა თვითფორმირებადი სადინარების კალაპოტებში ბუნებრივი ანომალიებით გამოწვეულ კალაპოტურ პროცესებთან არის დაკავშირებული. კარგად შესწავლილ სადინარებშიც კი ფორმირებული ნაკადების ჰიდრავლიკურ პარამეტრებსა და კალაპოტის გეომეტრიას შორის კავშირის ამსახველი დამოკიდებულებები შეუსაბამოა და ვერ იძლევა მიმდინარე პროცესების სრულად აღწერის შესაძლებლობას.

თვითფორმირებად სადინარებში მიმდინარე პროცესების მათემატიკური მოდელებით აღწერის სირთულე, მოვლენის გაანგარიშების სრულყოფილი მეთოდოლოგიის შერჩევა, კავშირის დამყარება ნაკადის ჰიდრავლიკასა და სადინარის კალაპოტის მორფომეტრიას შორის, არსებული საანგარიშო დამოკიდებულებების დაზუსტება, სადინარში ნაკადის ქცევის სურათის შეფასება და ინოვაციური მოდელებით აღწერა, რთულად გადასაწყვეტ ამოცანათა კატეგორიას განეკუთვნება. ანალოგიურ ამოცანებს ვხვდებით ისეთ შემთხვევაში, როცა ნაკადის რეგულირება ხელოვნურად ხორციელდება და ადგილი აქვს მოძრავი ნაკადის სტაციონალურობის და ტანის გეომეტრიის შეცვლას, ჰიდრავლიკური პარამეტრების გაჭიმვა-კუმშვით შეცვლის შესაძლებლობას. ასეთ შემთხვევაში ჰიდრავლიკური პარამეტრების ცვლილების კატეგორიებად მიღებულია დეფორმაციები, ხოლო სტრუქტურული მდგრადობის ცვლილების ოპერატიულ საშუალებად - ფარდობითი დეფორმაციები შეიძლება იყოს გამოყენებული. შესაბამისად გარემოს დაცვითი დონე არის დაბალი, სტიქიათა ანომალურობის სრულად გაუთვალისწინებლობით ხორციელდება სადინარში მიმდინარე პროცესების აღწერა და სარეგულაციო ღონისძიებათა შერჩევა. გამორჩეული სიხშირით

ობიექტებზე ზემოქმედებისა და სადინართა გამტარუნარიანობის შესაძლებლობების შეფასების მეთოდების სრულყოფილების დაბალი დონის გამო, გაზრდილია შემხვედრი წინააღმდეგობებით გამოწვეული მოვლენის ინფრასტრუქტურაზე ზემოქმედების ენერგეტიკული მახასიათებლების ცვლილება, თავისუფალი ზედაპირის სხვადასხვა ფორმით ჩამოყალიბების შესაძლებლობები, მოძრაობის რეჟიმების ადვილად გარდასახვის, ნაკადის სტაციონალურობის რღვევის და სადინართა კალაპოტის დეფორმაციები.

სამუშაოს მიზანი. ღვარცოფთა სადინარებში მოძრაობას თან ახლავს ჰიდრავლიკის, სტრუქტურის, ენერგეტიკული მახასიათებლების და სადინართა კალაპოტების ფორმის ინტენსიური ცვლილების პროცესი. კალაპოტურ პროცესებში ნაკადის ზეგავლენა და კრიტიკულობა ისეთ მონაკვეთებშია საყურადღებო, სადაც მოსალოდნელია ნაკადის განივი კვეთის ან სიღრმის ცვლილების შესაძლებლობა, ღვარცოფსადინარებისათვის ასეთი მონაკვეთების სიხშირე და მრავალფეროვნება არის დამახასიათებელი და რეგულირების სირთულეებთანაც არის დაკავშირებული. აღნიშნულიდან გამომდინარე სამუშაოს მიზანს ღვარცოფთა ჩამოყალიბების და მდგრადობის გაძლიერების განმსაზღვრელი ფაქტორების, ფორმირებული ნაკადის კალაპოტურ პროცესებში ენერგეტიკული მახასიათებლების ცვლილების, შემხვედრ წინააღმდეგობებზე ზემოქმედების, სადინარში ქცევის სურათის, რეჟიმის ცვლილების, ტალღის ფორმით ჩამოყალიბების, ნაკადის ტრანსპორტუნარიანობის, კალაპოტში მიმდინარე პროცესების შეფასების, არსებული მეთოდების სრულყოფა, საანგარიშო მახასიათებლების დაზუსტება, ინოვაციური საანგარიშო მოდელების გამოყვანა წარმოადგენს.

კვლევის ობიექტი და მეთოდები. კვლევის ობიექტს ღვარცოფწარმოქმნელ კერებში ფორმირებული ღვარცოფის მდგრადობა, უწყვეტი გარემოს ზღვრები, სადინარებში ფორმირებული ღვარცოფის სტაციონალობა, ღვარცოფსადინარებში მიმდინარე პროცესები, მოძრაობის

პირობები, ფორმირებული ნაკადის სტრუქტურა, ტალღის ფორმით მოძრაობის ჩამოყალიბება, შემხვედრ წინააღმდეგობებზე ზემოქმედება, ტრანსპორტუნარიანობა, სტაციონარობა წარმოადგენს. დასახული ამოცანების გადაწყვეტა გრუნტების მექანიკაში, ჰიდრავლიკაში, ჰიდროტექნიკასა და ფიზიკაში საყოველთაოდ აღიარებული სამეცნიერო ტექნიკური მიდგომების გამოყენებით იქნა განხორციელებული: - ბმული ღვარცოფის უწყვეტი ტანის, ბმულობის დაკარგვის ჩარჩოდან გასვლის ზღვრებისა და მდგრადობის ამაღლების მიზნით გამოყენებული იქნა გრუნტების მექანიკისა და პოლიმერული სტაბილიზატორების შერჩევის მეთოდოლოგია.

- სადინარებში ღვარცოფთა მოძრაობის, დეფორმაციების, შემხვედრ წინააღმდეგობებზე ზემოქმედების ნაკადის მდგრადობის შეფასების, ზღვრული სიჩქარის ტრანსპორტუნარიანობის შეფასების დროს, გამოყენებულია ერთგანზომილებიანი დიფერენციალური განტოლების შედგენის, ექსპერიმენტული ცდების დაგეგმვის, ღვარცოფის თავისუფალი ზედაპირის განსაზღვრის, არაპრიზმატულ კალაპოტებში ნაკადის ქცევის შეფასების, მდგრადობის რღვევის ტალღის ფორმით ჩამოყალიბების შეფასების, კალაპოტის ფორმირების, შემხვედრ წინააღმდეგობებზე მოქმედი ფაქტორების თეორიული კვლევის მეთოდები და მეთოდოლოგია.

ნაშრომის ძირითადი შედეგები და მეცნიერული სიახლე. ღვარცოფთა ჩამოყალიბების და მდგრადობის ამაღლების ექსპერიმენტებზე და საანგარიშო ფორმულების გამოყვანის მეთოდებზე დაყრდნობით, ფორმირებული ღვარცოფის კალაპოტურ პროცესებში მონაწილეობის და თეორიულ-ინოვაციური მოდელების გამოყენებით, მიღებულია და დაზუსტებულია კალაპოტური პროცესების შეფასების სრულიად ახალი საანგარიშო კრიტერიუმები და მათემატიკური მოდელები, კერძოდ:

- ღვარცოფის გამონატანის კუმულარული მრუდების ანალიზით და ექსპერიმენტებზე დაყრდნობით დაზუსტებულია ღვარცოფულობის

ზღვრები, შემადგენელი კომპონენტების უწყვეტ ტანში ცვლილების შესაძლებლობები უტოლობების სახით და ღვარცოფთა ბუნებაში სპექტრის სახით ფორმირების შესაძლებლობები;

- კერებიდან ფორმირების შესაძლებლობების შემცირების მიზნით, ექსპერიმენტებით მიღებულია პოლიმერული სტაბილიზატორების გამოყენება. შესწავლილია მდგრადობის, კერძოდ, ბმულობის გაზრდის შესაძლებლობები სხვადასხვა ფაქტორებთან კავშირში და მიღებულია სტაბილიზატორების შესაბამისი დოზები;
- კალაპოტური პროცესების შეფასების მიზნით გამოყვანილია და სადინარის ფორმის სირთულის გათვალისწინებით მიღებულია სრულიად ახალი საანგარიშო მოდელები, კერძოდ:
 - მთავარი ძაბვების ცვლილების მათემატიკური მოდელი გვერდითი გაფართოების კოეფიციენტთან კავშირში;
 - ნაკადის გვერდითი კუმშვისა და სიღრმის ცვლილების საანგარიშო დამოკიდებულებები რეოლოგიასთან კავშირში;
 - ზღვრული სიგანისა და სიღრმის ცვლილების საანგარიშო დამოკიდებულება;
 - ტალღის ფორმით მოძრავი ღვარცოფის სიჩქარის შემხვედრ წინააღმდეგობებზე დინამიკური ზემოქმედების საანგარიშო დამოკიდებულებები;
 - ტრანსპორტუნარიანობის შეფასებისა და კალაპოტშია პროცესების რეგულირების მიზნით, ზღვრული სიჩქარის და ნაკადის მიერ ტრანსპორტირებული ქვების დიამეტრის საანგარიშო დამოკიდებულებები;
 - მდგრადობის რღვევის შეფასების მიზნით შერჩეულია ფორმირების საანგარიშო მოდელები.

შედეგების გამოყენების სფერო. სადისერტაციო ნაშრომში წარმოდგენილი შედეგები საანგარიშო ოპერატიული განტოლებების სახით ხელს შეუწყობს: ღვარცოფსადინარებში მიმდინარე პროცესების დაზუსტებას, მათი რეგულირების საინჟინრო ღონისძიებების, საინჟინრო საშუალებების შერჩევას, მდგრადობიდან გამომდინარე ღვარცოფთა რეჟიმების ცვლილების პროგნოზს კალაპოტურ პროცესებში.

ცალკეული კონკრეტული გადაწყვეტებით მიღებული შედეგები დიდ დახმარებას გაუწევს ჰიდროტექნიკაში, ჰიდრაულიკაში, გარემოს დაცვაში, საინჟინრო ეკოლოგიაში და სხვა მომიჯნავე დარგებში მოღვაწე მეცნიერებს სამომავლო კვლევებში.

ნაშრომის აპრობაცია. დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებულია 15 პუბლიკაცია.

სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი დებულებები მოხსენებული იყო სამეცნიერო კონფერენციებზე, მათ შორის:

1. ბ. კიკნაძე. „ღვარცოფულ ნაკადში მყარი ფრაქციების ტრანსპორტუნარიანობა და მათი მახასიათებლები დადგენა“ II ონლაინ საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული ინტერდისციპლინური კონფერენცია. ჰუმანიტარული სასწავლო უნივერსიტეტი. თბილისი, 6 დეკემბერი, 2021 წ.
2. ბ. კიკნაძე. „ბმული ღვარცოფული მოვლენები, კალაპოტის მორფომეტრია და შეფასების თეორიული საფუძვლები“. I ონლაინ საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული ინტერდისციპლინური კონფერენცია. ჰუმანიტარული სასწავლო უნივერსიტეტი. თბილისი, 27 მაისი, 2021 წ. გვ. 44-47
3. ე. კუხალაშვილი, გ. გავარდაშვილი, ი. ირემაშვილი, ნ. ბერაია, ქ. დადიანი, ბ. კიკნაძე, ლ. მასაია „წყალსაცავების 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“. თბილისი, 2020 წ.

4. Kiknadze Kh., Dadiani K., Kekelishvili L., Nibladze N. „Study of morphometric characteristics of the debris flow river-bed.“ Ministry of education, science, culture and sport of georgia tsotne mirtskhulava water management institute of georgian technical university ecocenter for environmental protection ix international scientific and technical conference „modern problems of water management, environmental protection, architecture and construction“ collected papers 22 – 27 july, 2019 pp.136-139
5. ხ. კიკნაძე „ღვარცოფსადინარის შემადგენელი გრუნტების მდგრადობის მახასიათებლები.“ ახალგაზრდა მეცნიერთა VII ინტერდისციპლინარული კონფერენცია. ქუთაისი-წყალტუბო, 2019 წ.
6. T. Supatashvili Sh. Kupreishvili, P. Sichinava, M. Shavlakadze, K. Dadiani, Kh. kiknadze, L. Maisaia „Forecasting colloidal fractions value transported by floods on the example of Duruji Basin.“ მე-5 საერთაშორისო კონფერენცია „ღვარცოფები, კატასტროფები, რისკი, პროგნოზები, დაცვა“. თბილისი, 1-5 ოქტომბერი, 2018 წ.

დისერტაციის მოცულობა და სტრუქტურა. სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავლის, ოთხი თავის, ძირითადი დასკვნებისა და გამოყენებული ლიტერატურისაგან, იგი მოიცავს 148 ნაბეჭდ გვერდს მათ შორის 15 ნახაზს, 13 ცხრილს, 14 სურათს და 115 დასახელების ლიტერატურას.

დისერტაციის ძირითადი შედეგები თავების მიხედვით

სადისერტაციო ნაშრომის პირველ თავი - სადინარში ღვარცოფთა კალაპოტურ პროცესებზე ზემოქმედების შესწავლის თანამედროვე მდგომარეობა - სადინარში ღვარცოფთა კალაპოტურ პროცესებზე ზემოქმედების შესწავლის თანამედროვე მდგომარეობით, მოყვანილია ღვარცოფთა ფორმირებული დინების თავისებურებანი, კალაპოტური პროცესების შეფასების მოდელები, ღვარცოფთა ფორმირების განმსაზღვრელი ფაქტორები და გავრცელების

გეოგრაფია. გაანალიზებულია ღვარცოფსადინარში მიმდინარე კალაპოტური პროცესების კლასიფიკაციური ნიშნები და ძირითადი საანგარიშო პარამეტრების ჰიდრაულიკის მათემატიკური მოდელები. შემხვედრი წინააღმდეგობების ზემოქმედების ზეგავლენის განმსაზღვრელი ფაქტორებია: მოძრაობის პირობების და კალაპოტური დეფორმაციების ფუნდამენტურ კვლევებში გამოყენებული ოპერატიული საშუალებები და სხვადასხვა ფორმით მოცემული საანგარიშო დამოკიდებულებები, ნაკადის ღვარცოფსადინარში ქცევითი დეფორმაციების განვითარების შესაძლებლობები, ნაკადის ზღვრული მდგომარეობის განმსაზღვრელი კრიტერიუმები, ტალღის სახით ფორმირებული მახასიათებლები და ცვლილების განმსაზღვრელი კრიტერიუმები. ღვარცოფთა ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების, იდენტურობის, პირობების, ნაკადისა და კალაპოტის ურთიერთმოქმედების შედეგად დამყარებული ჰიდრაულიკური რეჟიმები, მათი ცვლილების განმსაზღვრელი კრიტერიუმებია. მოვლენის ანომალურობა და ბუნებაში სახეობებით არსებობის შესაძლებლობის გამო კალაპოტური პროცესების ფიზიკური არსის სრულყოფილად წარმოდგენა, ართულებს მოვლენაზე საანგარიშო მოდელების ადაპტირების შესაძლებლობას და კალაპოტური პროცესების საანგარიშო დამოკიდებულებების გამოყვანას. მოვლენის შესწავლის არსებული კვლევების ანალიზით პირველი ეტაპის სამეცნიერო შრომები მოვლენის აღწერილობით ხასიათს ატარებს, ხოლო შემდგომ ეტაპზე ნათლადაა წარმოდგენილი, ჰიდროლოგიის, ჰიდრაულიკის, გეოგრაფიის, მექანიკის სრულყოფის საკითხები. ამ მხრივ საყურადღებოა ი. ველიკანოვის, მ. გაგოშიძის, მ. მოსტკოვის, ს.ფლეიშმანის, ი. ხერხეულიძის, გ. ხმალადის, ა. შეკოს, ი. ვინაგრადოვის და სხვათა სამეცნიერო შრომები.

მოვლენის კვლევის შემდგომი ეტაპი, სამეცნიერო შრომებში ჰიდრაულიკასა და რეოლოგიაში არსებული მოდელების გამოყენებით, კერებიდან ღვარცოფთა დაძვრის და სადინარში მოძრაობის შეფასების

საანგარიშო დამოკიდებულებების გამოყენას ეთმობა. სამეცნიერო შედეგებში მნიშვნელოვანია მ. ბერუჩაშვილის, ც. მირცხულავას, თ. ვოინიჩ-სიანოჟენცკის, ნ. კერესელიძის, ო. ნათიშვილის, ზ. იორდანიშვილის, გ. ხერხელიძის პუბლიკაციები;

თვითფორმირებად სადინარებში მოძრაობის შეფასება და კალაპოტური პროცესების საანგარიშო დამოკიდებულებებით აღწერა, ღვარცოფთა მოძრაობის რეჟიმების ფორმირებასთან არის დაკავშირებული. ტალღის ფორმით ჩამოყალიბებული ღვარცოფის კალაპოტურ პროცესებში მონაწილეობა კიდევ უფრო ართულებს პროცესის აღწერის შესაძლებლობას. ამ მიმართულებით მნიშვნელოვანია აკადემიკოს ო. ნათიშვილის და მისი სკოლის წარმომადგენლების დამსახურება. საჭიროა აღინიშნოს ვ. თევზაძის, ი. ყრუაშვილის, გ. გავარდაშვილის, ე. კუხალაშვილის, ი. ინაშვილის, კ. ბზიავას, ზ. გვიშიანის კვლევებით მიღებული შედეგები.

ღვარცოფთა სადინარებში რეგულირების სირთულები და შემხვედრი წინააღმდეგობით გამოწვეული მოძრაობის რეჟიმების ცვლილების შესაძლებლობები, კიდევ უფრო ამძაფრებს ღვარცოფთა კალაპოტურ პროცესებში მონაწილეობის შეფასების აუცილებლობას და, ასევე, არსებული მოდელების შეფასების სრულყოფას.

კალაპოტური პროცესების ფიზიკაზე არასრულყოფილი წარმოდგენა და პროცესში მონაწილე ნაკადების მრავალკომპონენტურობა დინების აღმწერ მრუდთა ოჯახში ართულებს არანეიტონური მოდელების გამოყენების შესაძლებლობას, რადგან დაურეგულირებელი მოძრაობის რეჟიმით მოძრავი სადინარის კალაპოტში, ნაკადი ხასიათდება დეფორმაციული შესაძლებლობების არასტაციონალურობით და კალაპოტის შემადგენელი გრუნტის სიმტკიცის მახასიათებლების არაკანონიური ცვლილებებით. კალაპოტური პროცესები მეცნიერული სიღრმით გლობალურია, მოვლენის ანომალურობის გამო. გარემოს მდგრადობა, მისი ინფრასტრუქტურის

ცვლილებები, რისკები და დეცენტრალიზაცია სადინარისა და ღვარცოფის ურთიერთქმედების დონეზე დაკავშირებული.

სადინარის კალაპოტის დეფორმაციულობა ნაკადის სტაციონალობის მახასიათებელია, ან პირიქით ღვარცოფსადინარებში მიმდინარე პროცესების კვლევა მათემატიკური საანგარიშო დამოკიდებულებებია. მათი აღწერა მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს ინოვაციური სარეგულაციო კონსტრუქციების შექმნის შესაძლებლობას, ღვარცოფსარეგულაციო პროექტების დანერგვას და იმ ამოცანების რეალიზაციას, რომლებიც ღვარცოფის ტანის დეფორმაციულობასთან, კალაპოტის ზღვრული წონასწორული მდგომარეობის შეფასების მეთოდების სრულყოფასთან და ტალღური მოძრაობის გათვალისწინებასთან არის დაკავშირებული.

მეორე თავი - ბმული ღვარცოფის ზღვრული წონასწორობისა და მოძრაობის განმსაზღვრელი მაჩვენებლების ექსპერიმენტული კვლევა - ეძღვნება კერებში ღვარცოფთა ფორმირების განმსაზღვრელი კომპონენტების გავლენის შესწავლას და ზღვრული წონასწორობისა და დეფორმაციული შესაძლებლობების ცვლილებაში მათი რეგულირების ექსპერიმენტული გზებით ვარირების შესაძლებლობას, ღვარცოფულობის ზღვრების დადგენის მიზნით, ღვარცოფული სადინარების შემადგენელი გრუნტით უწყვეტი გარემოს ზღვრების დადგენას, ღვარცოფისგან აგებულ მონაცემებზე დაყრდნობას და მათი ამსახველი საანგარიშო კრიტერიუმებისა და დამოკიდებულებების დამუშავებას.

გარემოს დაცვაში ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს კერებში ფორმირებულ ღვარცოფთა დეფორმაციული და ფორმირებული მასის წონასწორული მდგომარეობის განმსაზღვრელი პარამეტრების სხვადასხვა მეთოდებით გაძლიერების შესაძლებლობებს. ექსპერიმენტების პირველი სერიის წარმოება, რომლის ფინანსირება განახორციელა შოთა რუსთაველის სახელობის ეროვნულმა ფონდმა, რეოლოგიური პარამეტრების კვლევასა და

სამონასტრო კომპლექსზე მოქმედი ღვარცოფსადინარის მორფომეტრიის უწყვეტი გარემოს მდგრადობის ამაღლებას მიეძღვნა. ცდების შედეგად დადგენილი იქნა სამონასტრო ხევის ღვარცოფული გამონატანის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები, საცრის, ტრადიციულ მეთოდებზე დაყრდნობით. მოცულობითი წონის სიდიდეები შემადგენელი კომპონენტების წონითი თანაფარდობების საფუძველზე იქნა შეფასებული, ხოლო ღვარცუფოლობის კრიტერიუმები უტოლობის სახით იქნა წარმოდგენილი.

შიომღვიმის მონასტრის ხევისთვის ღვარცოფული მასის შემადგენელი ქვის კარკასის მოცულობითი მასის მნიშვნელობები დიამეტრთან კავშირში ცხრილი 1-ის სახით არის მოცემული.

ცხრილი 1.

ღვარცოფული მასის შემადგენელი ქვის და მოცულობითი მასის მნიშვნელობები დიამეტრთან კავშირში

ნაწილაკთა დიამეტრი, d, მმ	1	2	4	6	8	15
მოცულობითი მასა, γ, კგ/მ ³	1125	1570	1560	1553	1758	1560

მყარი ნაწილაკის კოლოიდური შემადგენლის პროცენტული შეცულობა ჩატარებული კვლევების საფუძველზე მოცემულია ცხრილი 2-ის სახით.

ცხრილი 2.

ღვარცოფული მასის მყარი შემადგენლის კოლოიდური ნაწილის % –ული შეცულობა

ფრაქციის ზომები, მმ	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005- 0,001	≤0,001
ფრაქციის პროცენტული შეცულობა მასაში	23,03	24,67	20,12	10,70	7,491	15,2

ღვარცოფული მასის მოცულობითი წონის ცვლილების დიაპაზონები, რომელიც მათი სახეებით დაყოფის განმსაზღვრელ ოპერატიულ საშუალებასაც წარმოადგენს მოცემულია ცხრილი 3-ის სახით.

ცხრილი 3.

ღვარცოფის მოცულობითი მასის მნიშვნელობები კგ/მ³, მისი შემადგენელი კომპონენტების წონითი ურთიერთთანაფარდობების გათვალისწინებით

№	M _z ^x	წყლის წონის შეფარდება ღვარცოფნარევის მთლიან წონასთან																									
		0	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32
1	0.000	1560	1590																								
2	0.067	1680	1710	1720	1740	1750																					
3	0.097	1730	1770	1780	1800	1820	1840																				
4	0.126	1790	1820	1840	1860	1880	1900	1930																			
5	0.152	1840	1880	1900	1920	1940	1960	1980	2010																		
6	0.177	1900	1940	1960	1980	2000	2020	2060	2070	2100																	
7	0.207	1960	2000	2020	2040	2060	2080	2100	2130	2150	2180																
8	0.228	2020	2070	2090	2110	2130	2150	2140	2200	2220	2250	2280															
9	0.258	1960	2000	2020	2040	2070	2090	2110	2130	2160	2180	2210	2240														
10	0.298	1890	1930	1950	1970	1990	2010	2030	2050	2070	2100	2120	2140	2160	2180												
11	0.342	1830	1850	1870	1890	1910	1930	1950	1970	1990	2010	2030	2060	2080	2110	2140											
12	0.389	1730	1770	1790	1810	1830	1850	1870	1890	1910	1930	1950	1970	1990	2020	2040	2060	2080									
13	0.498	1580	1610	1620	1660	1670	1680	1700	1720	1740	1760	1780	1810	1820	1840	1860	1880	1910	1930	1950	1990						
14	0.629	1430	1460	1470	1490	1500	1520	1540	1550	1570	1590	1610	1620	1640	1660	1680	1700	1720	1740	1760	1790	1830	1880				
15	0.752	1280	1300	1320	1330	1345	1160	1375	1390	1405	1420	1430	1450	1465	1480	1495	1520	1555	1560	1580	1600	1670	1680	1720	1730		
16	1.000	1125	1150	1160	1170	1190	1200	1210	1220	1240	1250	1260	1280	1290	1310	1320	1340	1360	1370	1380	1410	1440	1480	1580	1560	1620	1670

xx მილიმეტრიანი და მასზე ნაკლები ზომის ნაწილაკების წონის შეფარდება ღვარცოფის მყარ მასასთან.

ღვარცოფულობის, რომლის შემადგენელი კომპონენტები ურთიერთთანაფარდობასთან არის კავშირში, მათი ცვლილების დიაპაზონი უტოლობების სახით არის წარმოდგენილი

$$\begin{cases} 0 < M_1 < 0,49 \\ 0,228 < M_2 < 0,45 \\ 0,12 < M_3 < 0,20 \end{cases} \quad (1)$$

სადაც M_1 - მილიმეტრიანი და მასზე ნაკლები წონის ნაწილაკების წონის ფარდობა მყარ მასასთან;

M_2 - მილიმეტრიანი და მასზე ნაკლები წონის ნაწილაკების ფარდობა მთლიან ღვარცოფულ მასასთან;

M_3 - წყლის წონის ფარდობა ღვარცოფულ მასასთან.

ღვარცოფთა რეგულირება სადინარში ნაკადისა და სადინარის კალაპოტის ურთიერთქმედების შერწყმის შესაძლებლობებით არის განპირობებული და ასეთ პირობებში ნაკადის ჰიდრავლიკასა და კალაპოტის მორფომეტრიას შორის დამოკიდებულების კანონზომიერების ცვლილება არსებითად გადამწყვეტია საინჟინრო გადაწყვეტების შერჩევის დროს. სადინარში მიმდინარე პროცესების ნათელი წარმოდგენის მიზნით, წარმოდგენილია სამონასტრო ხევში ღვარცოფის სიგრძის ნაკადის სიღრმის სიგანესთან ფარდობა სიდიდეებთან და მას მრუდწირული სახე აქვს.

კერებში ფორმირებული ღვარცოფების ობიექტებზე ზემოქმედების შესაძლებლობა, რომლებიც კატასტროფის განმსაზღვრელი ფაქტორია, მათი დეფორმაციული შესაძლებლობებისა და წონასწორული მდგომარეობის განსაზღვრული კრიტერიუმების ცვლილების ზღვრებთან არის დაკავშირებული. მათი გაძლიერების ან შესუსტების მრავალი ღონისძიებაა გამოყენებული. სადისერტაციო ნაშრომში ამ მიმართულებით გამოყენებულია პოლიმერული სტაბილიზატორების კვლევის შედეგები. კვლევის ძირითადი მიზანი ღვარცოფწარმოქნილი მასის მდგრადობის გზით ღვარცოფულ კერებში მისი ზედაპირის ბმულობის გაძლიერებას წარმოადგენდა. ექსპერიმენტის ჩატარებისათვის გამოყენებული იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ც. მირცხულავას სახელობის

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის ნიადაგისა და გრუნტების ტექნიკური მელიორაციის ლაბორატორია. ღვარცოფული მასის ზედაპირების გამაგრების მიზნით გამოყენებული იქნა პოლიმერული სტაბილიზატორი. გამამაგრებელ პოლიკომპლექსად შეირჩა სსბმ-ის სახელწოდებით ცნობილი პოლიკომპლექსი - სულბიდურ სპირტული ბარდის მელიორანტი. მისი შემადგენელი ძირითადი კომპონენტი - ქაღალდის ნარჩენების მეორადი რესურსები - ტექნიკური ლიგნინები და მოდიფიცირებული კარბამიდული - ფორმალდეჰიდური ფისით და სუპერფოსფატით არის წარმოდგენილი.

კვლევის დროს შემოთავაზებული ღონისძიებების ღვარცოფული მასების ზედაპირზე წარმოქმნილი ქერქის სიმტკიცისა და დროში მდგრადობის შემოწმების მიზნით ტარდებოდა ღვარცოფული მასის - ქვიშაზე, ხრეშის ნაწილზე და კოლოიდურ მასაზე პოლიმერული ქერქის ექვივალენტური შეჭიდულობის შემოწმება. დადგინდა ღვარცოფული მასის შეჭიდულობის სიდიდეები - ღვარცოფწარმომქმნელი ქვიშისათვის 7,3 ნ/სმ²; ქვიშისა და კოლოიდური ნარევისათვის 13,1 ნ/სმ² და კოლოიდური ნაწილისათვის 14,0 ნ/სმ².

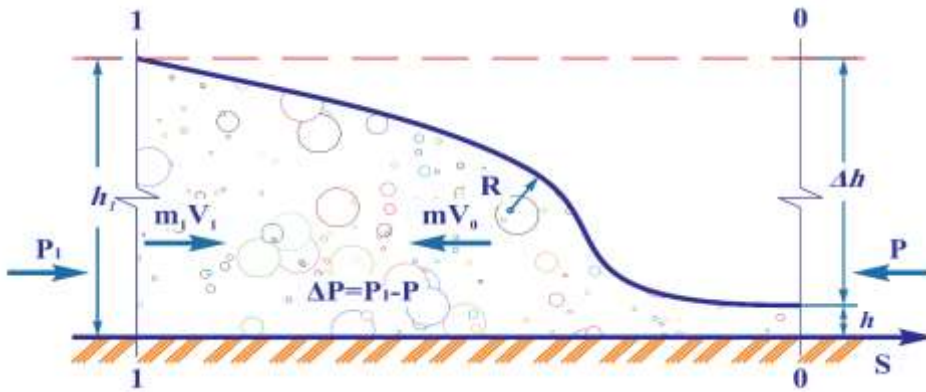
ღვარცოფულ მასაზე სსბმ-ის დასხურების შემდეგ წარმოქმნილ გრუნტპოლიმერულ ქერქს ახასიათებს გამოხატული კონდენსატი და კრისტალური სტრუქტურა, რომელთა წყალმდგრადობა და გამძლეობა პოლიკომპლექსის მოლეკულებისა და ღვარცოფული მასის სტრუქტურას შორის ძნელად გასაწყვეტი კავშირით არის წარმოდგენილი, რასაც ადასტურებს წყალშედწევადობაზე პოლიმერული ქერქის შესაძლებლობები შედეგით 8,8%.

ზედაპირულად გამაგრებული ღვარცოფული მასის მდგომარეობის შემოწმება განხორციელდა ფილტრაციული, ზედაპირული ჩამონადენის და მყარი ჩამონატანის ექსპერიმენტების საფუძველზე, რითაც შემოწმდა პოლიკომპლექსის დასხურების ეფექტი. ექსპერიმენტის შედეგად აღმოჩნდა, რომ დაწვიმების მუდმივი ინტენსივობის შემთხვევაში ადგილი

არ ჰქონდა თხევადი ჩამონადენის ინტენსივობის შეცვლას დროში და ყოველთვის მეტი იყო ფილტრაციულ ჩამონადენზე. რაც შეეხება მყარ ჩამონადენს - პოლიმერღვარცოფის ქერქის ნარევის ჩამონადენს ადგილი ქონდა მისი 100-დან 1000-ჯერ შემცირების შუალედში. რაც შეეხება წყლის აორთქლების შესაძლებლობას, ქერქის ზედაპირიდან 90 დღის განმავლობაში ღვარცოფული მასის ქვიშაში აორთქლება 15-30%-ით, ხოლო კოლოიდურ ნაწილში 50%-ით შემცირდა. პოლიმერული სტაბილიზატორის გამოცდა განხორციელდა აგრეთვე ღვარცოფწარმომქმნელ მასაზე ქარის ეროზიის მიმართ, რამაც დაადასტურა პოლიმერული ქერქის მაღალი მდგრადობა და მისი გამოყენებით შეიქმნა ღვარცოფწარმომქმნელი მასის $0,6 \pm 1,0$ სმ-ის სისქის მექანიკური მტკიცე წყალ-ქარ-ხანგამძლე პოლიმერღვარცოფული მასის ქერქი.

საველე კვლევები ტარდებოდა ღვარცოფულ სადინარებში აღებულ ღვარცოფული მასის ნიმუშებზე: სტაბილიზატორის გარეშე, ბალახის დათესვით, სტაბილიზირებული $2,5$ ლ/მ²-ზე დასხურებით და სტაბილიზირებული $2,5$ ლ/მ² -ზე დასხურებით და ბალახის დათესვით. სსმ-ის დატანა ზედაპირზე ხორციელდებოდა სასხურებელი აპარატით. ბალახის თესლად გამოყენებული იყო სათესლე მასალა სათითურა, ჰექტარზე 25 კგ. დათესვის ნორმით. ჩატარებული კვლევის შედეგებით გამოიკვეთა სტაბილიზირებული ღვარცოფული გრუნტის ქერქის მდგრადობის ამაღლება და მძლავრი ბალახის ფესვთა სისტემის შექმნა.

მესამე თავი - სადინარებში ღვარცოფთა მოძრაობა - მოყვანილია ღვარცოფთა დეფორმაციისა და დინამიკის თეორიული მეთოდები, რომლებშიც გათვალისწინებულია შემხვედრი წინაღობის ძალური ზემოქმედება ნაკადზე, ასევე, საანგარიშო მოდელების მოძრაობის რეჟიმი და სადინარის კალაპოტის ფორმები.



ნახ. 1. ღვარცოფის ტალღის ფორმით მოძრაობის საანგარიშო სქემა

წამური მოძრაობის რაოდენობისა და ენერჯის ბალანსის განტოლების საფუძველზე, ნახ. 1.-ზე მოცემული სქემის მიხედვით შერჩეული 0-0 და 1-1 კვეთებისათვის, როცა ადგილი აქვს ღვარცოფული მასის h_1 დან h ცვლილებას, საკონტროლო კვეთებში ხარჯი q და სიმკვრივე ρ -ს ტოლია. სიჩქარის განაწილების α კოეფიციენტი და B სიგანის ნაკადისათვის ΔP ძალის იმპულსის ცვლილების ე.ი. გრძივი ტალღის ფორმით დინების მოდელი ანგარიშდება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$\frac{\alpha \gamma Q}{q B \Delta P} = \frac{h_1 h}{h_1 - h} \quad (2)$$

დარიყულ უბანზე ღვარცოფის ნახტომისებური ტალღის v_0 სიჩქარით გადაადგილების შემთხვევისათვის გამოყენებულია კლასიკური მიდგომები ლაგრანჟის დამოკიდებულებების სახით. მოძრაობის დიფერენციალური განტოლების ანალიზიდან გამომდინარე, შეფასებულია კვეთის ენერჯის მინიმალურობის და ტალღის გავრცელების სიჩქარის საშუალო სიჩქარესთან ტოლობის შესაძლებლობა. განხილულია შემხვედრი წინააღმდეგობების ზემოქმედების ისეთი შემთხვევა, რომელიც იწვევს ნაკადის ტანში სტრუქტურის ცვლილებას და შეშფოთებას, ღვარცოფის ტანის გეომეტრიის შეცვლასა და გაჩერებას. ღვარცოფის ფორმის ცვალებადობით - შევიწროება ან გაფართოება - ადგილი აქვს მათი ტანის ელექტრომაგნიტური და სითბური მდგომარეობის შეცვლას. ღვარცოფული მასისათვის გაფართოება კუმშვის შესაძლებლობის შედარებისთვის გამოყენებულია მთავარი ძაბვების ურთიერთთანაფარდობის

დამოკიდებულება, ღვარცოფის ბმულობის ექვივალენტური h_0 სიღრმის ψ შინაგანი ხახუნის კოეფიციენტის γ მოცულობითი წონის, h სიღრმისა და μ გვერდითი კოეფიციენტის გათვალისწინებით

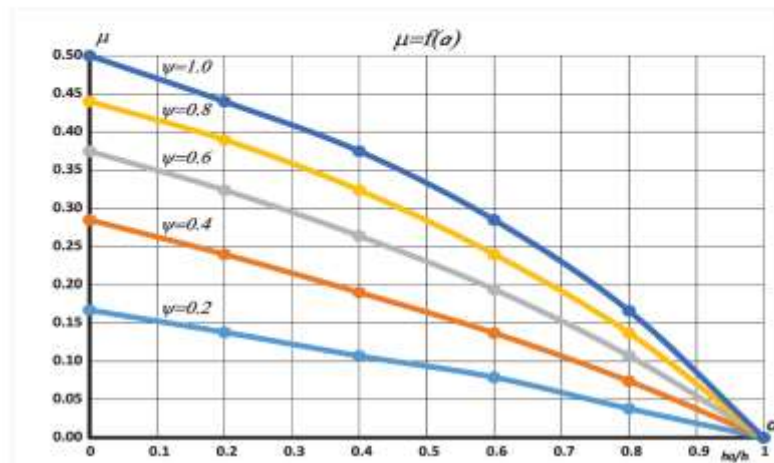
$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \left(1 - \frac{h_0}{h}\right) \psi = \frac{\mu}{1 - \mu} \quad (3)$$

მიღებულია გვერდითი გაფართოების კოეფიციენტის საანგარიშო დამოკიდებულება ღვარცოფის რეოლოგიურ მახასიათებელთან კავშირში

$$\mu = \frac{\left(1 - \frac{h_0}{h}\right) \psi}{1 + \left(1 - \frac{h_0}{h}\right) \psi} = \frac{\alpha}{1 + \alpha} \quad (4)$$

დეფორმაციულობიდან გამომდინარე სხვადასხვა სახის ღვარცოფებისათვის რეოლოგიასთან კავშირში მოყვანილია გრაფიკული დამოკიდებულება ψ კოეფიციენტის სხვადასხვა შემთხვევებისათვის

ψ	0.2	0.4	0.6	0.8	1
μ					
0	0.167	0.285	0.375	0.440	0.500
0.2	0.138	0.240	0.324	0.390	0.440
0.4	0.107	0.190	0.264	0.324	0.375
0.6	0.079	0.137	0.194	0.240	0.285
0.8	0.038	0.074	0.107	0.137	0.166
1	0	0	0	0	0



გრაფიკი 1. გრაფიკული დამოკიდებულება ფარდობითი დეფორმაციის კოეფიციენტის ბმულობასთან კავშირში, შინაგანი ხახუნის კოეფიციენტის სხვადასხვა მნიშვნელობის დროს

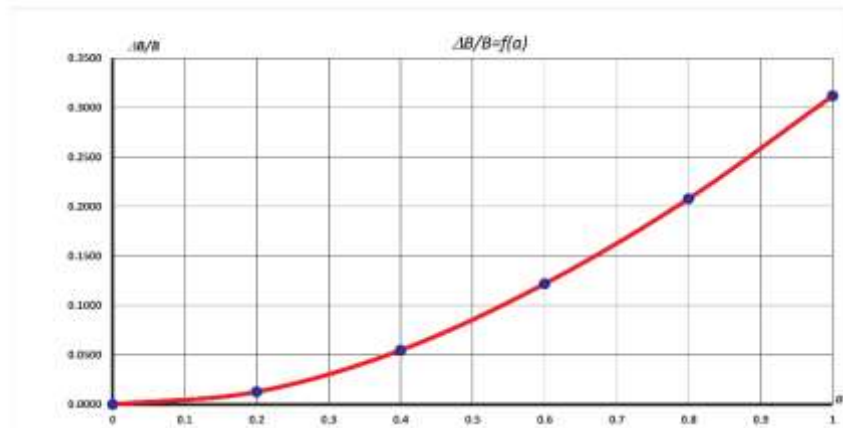
ღვარცოფთა გვერდითი დეფორმაცია ჩამოყალიბებული ნაკადის სტრუქტურის ცვლილების განმსაზღვრელი ფაქტორია, იგი განივი ნაგებობებით რეგულირების ერთ-ერთ ძირითად კრიტერიუმს წარმოადგენს. ბმული ღვარცოფისათვის კუმშვის ზღვრულ თეორიაზე

დაყრდნობით გამოყვანილია გვერდითი შევიწროების საანგარიშო დამოკიდებულებები

$$\frac{\Delta B}{B} = \frac{\alpha}{1 + \alpha} \cdot \frac{\alpha^3 + 4\alpha\sqrt{\alpha}}{4(1 + \alpha)} \quad (5)$$

ნაჩვენებია (5) -ის გრაფიკული ილუსტრაცია რეოლოგიასთან კავშირში

$a=(1-h_0/h) \gamma$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
$\Delta B/B$	0.0000	0.0127	0.0548	0.1220	0.2080	0.3120



გრაფიკი 2. $\Delta B/B=f(a)$ დამოკიდებულების გრაფიკი

(5) დამოკიდებულებით გაანგარიშებული გვერდითი კუმშვის შესაძლებლობები დასტურდება წყლისათვის ჩატარებული ექსპერიმენტებით მიღებული შედეგებით, როცა δ_2/δ_1 ფარდობის სიდიდის მნიშვნელობა 1.0-ის ტოლია $\Delta B/B=0,35$, ხოლო ღვარცოფული მასის შემთხვევაში U მაჩვენებელი რეოლოგიასთან არის დაკავშირებული. ფარდობის ცვლილება ასეთ შემთხვევაში ნაკლებია 0,35-ზე. ფორმულით გაანგარიშებული სიდიდეები კარგად ემთხვევა ექსპერიმენტებით მიღებულ შედეგებს და მათ შორის საშუალო კვადრატული გადახრა არ აღემატება 10%-ს. ღვარცოფრეგულირების პრაქტიკაში ხშირია ტალღის ფორმით მოძრავი ღვარცოფის დინების შემთხვევები და მასთან დაკავშირებული საინჟინრო ამოცანების გადაწყვეტის აუცილებლობები. ნაშრომში H სიღრმიდან h -მდე ღვარცოფის ხარჯისა და ტალღის გავრცელების სიჩქარის საანგარიშოდ, ვარდნის სიჩქარის გათვალისწინებით მიღებულია საანგარიშო დამოკიდებულებები.

ტალღის სიჩქარე

$$C = \sqrt{gh \left(1 - \frac{h_0}{h}\right) \varphi \cos \alpha} \quad (6)$$

ტალლის ხარჯი

$$q = h \sqrt{gh \left(1 - \frac{h_0}{h}\right) \varphi \cos \alpha} \quad (7)$$

ტალლის სიმაღლის საწყის სიღრმესთან ფარდობა

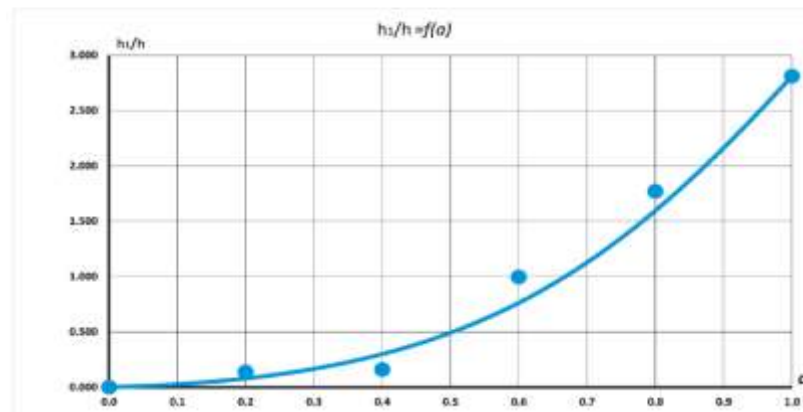
$$\frac{h}{H} = \frac{4}{\left(2 + \sqrt{\left(1 - \frac{h_0}{h}\right) \varphi \cos \alpha}\right)^2} \quad (8)$$

შემხვედრი წინააღმდეგობებით ღვარცოფთა ტანის h სიღრმიდან კუმშვით გამოწვეული h_1 -მდე

$$\frac{h_1}{h} = \frac{4\alpha + \alpha^3 + 4\alpha\sqrt{\alpha}}{4} \quad (9)$$

მიღებული (9) დამოკიდებულების გრაფიკული ილუსტრაცია რეოლოგიურ მახასიათებლებთან კავშირში ნახ. 4-ზეა მოცემული

$\alpha = (1 - h_0/h) \varphi$	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
h_1/h	0.000	0.137	0.160	0.995	1.770	2.810



გრაფიკი 3. დამოკიდებულების გრაფიკული ილუსტრაცია რეოლოგიურ მახასიათებლებთან კავშირში

მეოთხე თავი - ღვარცოფსადინარებში კალაპოტური პროცესები და ნაკადის მდგრადობა - საანგარიშო მოდელების შერჩევისა და ღვარცოფთა რეგულირების საკითხების სრულად გადაწყვეტის მიზნით, სხვადასხვა მაჩვენებლებზე დაყრდნობით, მოყვანილია ღვარცოფსადინართა კლასიფიკაცია და ტალლის ფორმით ჩამოყალიბების შესაძლებლობები,

როდესაც ადგილი აქვს: ღვარცოფთა მოძრაობის რეჟიმის ცვლილებას და სხვადასხვა ფორმით შემხვედრი წინააღმდეგობების ზემოქმედებას. ასევე, მოყვანილია ტალღის სიღრმის, ნაკადის სიღრმესთან ფარდობის საანგარიშო დამოკიდებულება. მოცემულია ზღვრული სიჩქარის განსაზღვრის მეთოდიკა და ტრანსპორტუნარიანობის შესაძლებლობები. რადგან ტალღის ფორმის დროს ღვარცოფის სიმაღლე h_1 შეიძლება წარმოდგენილი იქნას ნაკადის სიღრმისა და ტალღის სიმაღლის ჯამური სიდიდით, ფარდობა ტალღის სიმაღლისა ნაკადის სიღრმესთან წარმოდგენილია ფორმულით:

$$\frac{\Delta h}{h} = \frac{\alpha^3 + 4\alpha\sqrt{\alpha}}{4} \quad (10)$$

შემხვედრი წინააღმდეგობისა და ძალის იმპულსის ცვლილების მოდელზე დაყრდნობით ტალღის სიჩქარის საშუალოსთან დამოკიდებულება სიჩქარის α კოეფიციენტის შემთხვევაში ტოლია

$$C = \alpha'V \frac{\alpha^3 + 4\alpha\sqrt{\alpha}}{\alpha^3 + 4\sqrt{\alpha} + 4} \quad (11)$$

როცა უწყვეტი ტალღა უსწრებს დინამიკურს ხდება პირველსაწყისი მოძრაობის არათანაბარში გადასვლა, ნაკადი არამდგრადი ხდება. რეჟიმის შეცვლა ხშირად არის განმსაზღვრელი ფაქტორი ხარჯის, სიღრმის, სიჩქარის უწყვეტად ან საფეხურისებრად ცვლილების. უწყვეტი ტალღის საკონტროლო კვებებში ხარჯის ცვლილების შეფასების მიზნით მოყვანილია ცვლადი მასის მოძრაობის განტოლება:

$$Q - \omega V_{\phi} = Q + \delta Q - V_{\phi}(\omega + \delta\omega) \quad (12)$$

სადაც: ω - ღვარცოფის საანგარიშო ცოცხალი კვეთის ფართობი (m^2)

Q - ღვარცოფის ხარჯი ($m^3/წმ$)

V_{ϕ} - ტალღის ფორმით მოძრავი ღვარცოფის სიჩქარე ($m/წმ$)

$\delta\omega$ და δQ - ღვარცოფის ხარჯისა და ცოცხალი კვეთის ფართობების ნაზრდი (12) განტოლების გამარტივებისა და გარდაქმნის საფუძველზე მიღებულია, რომ

$$V_{\phi} = V + \omega \frac{\delta V}{\delta\omega} \quad (13)$$

ბმული ღვარცოფის ხარჯი

$$Q = \frac{Bgh^3}{\alpha} f(\beta) \quad (14)$$

საშუალო სიჩქარე

$$v = \frac{\delta Q}{\omega} = \frac{gh^2\psi^2}{\alpha} f(\beta) \quad (15)$$

ტალღის გავრცელების სიჩქარე

$$V_{\phi} = \frac{3qih^2\psi^2}{\alpha} f(\beta) \quad (16)$$

ღვარცოფსადინარებში ნაკადის სიგანის მდგრადობის ზღვრული სიდიდის შეფასების მიზნით გამოიყენება ხარჯის, ქანობის და ზღვრული სიჩქარის ერთმანეთთან კავშირის კომბინაცია

$$B_{\text{ზღ}} = \frac{Q^{0.5}K}{I^{0.2}\sqrt{V_{\text{ზღ}}}} \quad (17)$$

სადაც: $B_{\text{ზღ}}$ - ღვარცოფის ზღვრული სიგანე (მ)

Q - სადინარის განივი კვეთის მაფორმირებელი ხარჯი ($\text{მ}^3/\text{წმ}$)

I - სადინარის ქანობი

K - კოეფიციენტი და მისი მნიშვნელობა დაახლოებით 1-ის ტოლია.

მდგრადობის ზღვრული მნიშვნელობიდან გამომდინარე ნაკადის სიგანე B , როცა გვერდითი კუმშვის კოეფიციენტი n ის ტოლია

$$B = \frac{B_{\text{ზღ}}}{1 - n} \quad (18)$$

ღვარცოფის ზღვრული სიჩქარე

$$B_{\text{ზღ}} = 1 - \frac{\alpha}{1 + \alpha} \cdot \frac{\alpha^3 + 4\alpha\sqrt{\alpha}}{4(1 + \alpha)} \cdot \frac{QL}{gh^3f(\beta)} \quad (19)$$

შესაბამისად, ზღვრული სიჩქარე

$$V_{\text{ზღ}} = \frac{[gh^3f(\beta)(1 - n)]^2}{I^{0.4}QL^2} \quad (20)$$

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ღვარცოფსადინარებში ღვარცოფის მოძრაობის დროს ნაკადის ტრანსპორტუნარიანობა და ძალური ზემოქმედება შემხვედრ წინააღმდეგობაზე. სადისერტაციო ნაშრომში ამ მიმართულებით შეირჩა ღვარცოფსადინარი „ნაღვარევის ხევი“.

ღვარცოფსადინარში ნაკადით ქვების ტრანსპორტირების შეფასების მიზნით გამოყენებული იქნა ნაკადის მამოძრავებელი ძალის საანგარიშო დამოკიდებულება

$$F_x = \frac{\pi d^2}{8} [K_c - f(1 + K)] \rho_{\text{წყ}} V^2 + \frac{\pi d^3}{6} (\rho_{\text{კვ}} - \rho_{\text{წყ}}) g i \quad (21)$$

სადაც: K_c - არის ნაკადის ჰიდროდინამიკური წინააღმდეგობის კოეფიციენტი ($K_c = 0,5$)

f - კალაპოტში მოძრაობისას ქვის ხახუნის კოეფიციენტი $K = \frac{G_y}{N}$,

(G_y არის სიმძიმის ძალის პროექცია y ღერძზე)

N - მასში ქვის წონა (კგ)

V - წყლის ნაკადის სიჩქარე

$\rho_{\text{წყ}}$ - წყლის სიმკვრივე (კგ/მ³)

$\pi = 3,14$; ნეპერის რიცხვია

$\rho_{\text{კვ}}$ - ქვის სიმკვრივე (კგ/მ³)

g - სიმძიმის ძალის აჩქარება ($g = 9,81$ მ/წმ²)

$i = \sin \varphi$ - მდინარის კალაპოტის ქანობი

წყლის ფარდობითი სიდიდით წარმოდგენის შემთხვევაში ე.ი. როცა

$V = V_{\text{წყ}} - V_{\text{კვ}}$ -ს ტოლია გარდაქმნების საფუძველზე გვექნება:

$$\frac{dV_{\text{კვ}}}{V_{\text{წყ}} - V_{\text{კვ}}} = E dt \quad (22)$$

საანგარიშო მოდელში ქვის ფორმის მახასიათებელია E , სიდიდის მუდმივობის შემთხვევაში t დროში ქვის გადაადგილების x -ს მანძილის სიდიდე

$$x = V_{\text{წყ}} t - \frac{\ln(EV_{\text{წყ}}t + 1)}{E} \quad (23)$$

ნაკადის მიერ სფერული ფორმის ქვის ტრანსპორტირებაზე დახარჯული მუშაობა

$$A = \frac{\pi d^3 V_{\text{წყ}}^2}{12} \left(\frac{EV_{\text{წყ}}t}{EV_{\text{წყ}}t + 1} \right)^2 (\rho_{\text{კვ}} - \rho_{\text{წყ}}) \left(\frac{\text{კგ}\text{მ}^2}{\text{წმ}^2} \right) \quad (24)$$

როცა ქვის ფორმა პარალელეპიპედის სახისაა

$$A = \frac{mV_{\beta y}^2}{2} \left(\frac{EV_{\beta y}t}{EV_{\beta y}t + 1} \right)^2 \quad \left(\frac{\beta \beta \sigma^2}{\beta \sigma^2} \right) \quad (25)$$

ნაკადის სიმძლავრე ქვის ტრანსპორტირებისას ტოლია

$$N = \gamma_{\beta y} QH \quad \left(\frac{\beta \beta \sigma^2}{\beta \sigma^2} \right) \quad (26)$$

ქვის წრიული ფორმის შემთხვევაში ღვარცოფის შესრულებული მუშაობა

$$N_t = \frac{A}{t} \quad \left(\frac{\beta \beta \sigma^2}{\beta \sigma^2} \right) \quad (27)$$

პარალელეპიპედის ფორმის ქვის შემთხვევაში ღვარცოფის შესრულებული მუშაობა

$$N_t^1 = Nt \quad (\beta \beta \sigma^2 \beta \sigma^2) \quad (28)$$

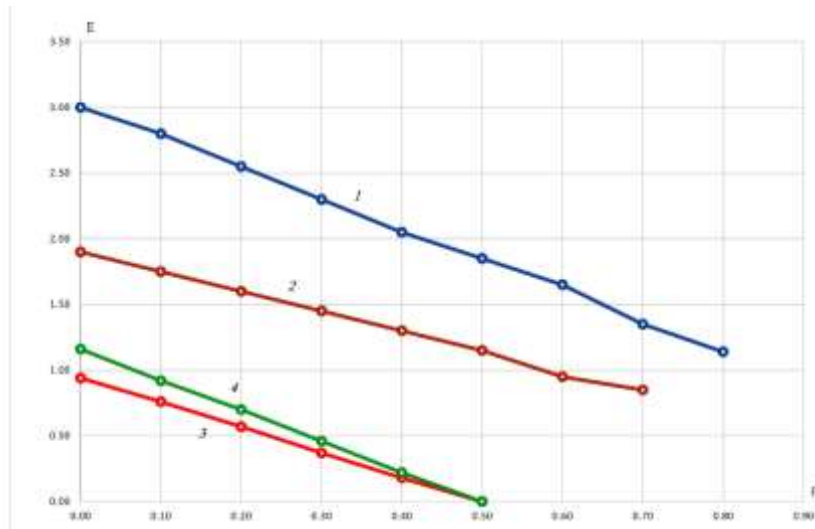
ღვარცოფსადინარში ტრანსპორტირებული ქვების რაოდენობა

$$n = \frac{N}{N_t} \quad (\text{ცალი}) \quad (29)$$

საველე კვლევებით დადასტურდა ხევში ტრანსპორტირებული ქვების ფორმის სახე და იგი უპირატესად პარალელეპიპედის ფორმისაა. შესაბამისად, კალაპოტის ხახუნის კოეფიციენტსა და პარალელეპიპედის ფორმის ქვის ტრანსპორტირების შემთხვევაში, შემოთავაზებულია საანგარიშო ფორმულა, რომელიც ამყარებს კავშირს ქვის ფორმის მახასიათებელსა (E) და კალაპოტის ხახუნის კოეფიციენტს შორის:

$$E = 3.01 - 2.38f \quad (30)$$

ღვარცოფსადინარის კალაპოტში შემხვედრ წინააღმდეგობებზე ნაკადის ზემოქმედების შესაძლებლობების და ტრანსპორტუნარიანობის პროგნოზირების მიზნით გამოყვანილია საანგარიშო დამოკიდებულებები, მოყვანილია ქვის ფორმის მახასიათებლებისა და კალაპოტის ხახუნის კოეფიციენტებს შორის დამოკიდებულების გრაფიკული ილუსტრაციები ქვის ფორმის გათვალისწინებით.



გრაფიკი 4. გრაფიკული დამიკიდებულება $E = f(f_{bas})$

1. პარალელეპიპედის ფორმა; 2. ელიფსური ფორმა; 3. კუბის ფორმა; 4.

სფერული ფორმა

ეკოლოგიური უსაფრთხოებისა და ღვარცოფსარეაბილიტაციო უსაფრთხოების საჭირო სამუშაოების მოცულობების გათვალისწინებით დადგენილია ღვარცოფთა ზემოქმედებით მიყენებული ზარალის ეფექტურობის შემცირების საანგარიშო მოდელები, რომლის საფუძველზეც შესაძლებელი გახდება ღვარცოფული რისკების უსაფრთხოების შენარჩუნების სამუშაოების ჩატარების ოპტიმალური სტრატეგია.

ძირითადი დასკვნები და რეკომენდაციები

1. მეცნიერული კვლევებით დაზუსტებულია ღვარცოფის უწყვეტი ტანის განმსაზღვრელი მაჩვენებლები: - თიხოვან კოლოიდური ნაწილის მასაში ცვლილების შესაძლებლობა $10 < M_1 < 49$, კოლოიდური ნაწილის მყარ მასასთან ფარდობის ცვლილების ზღვრები $0,228 < M_2 < 0,45$ და წყლის წილის მთლიან მასასთან ფარდობის სიდიდე $0,12 < M_3 < 0,20$.
2. ღვარცოფთა სადინარებში ნაკადის ძრობისა და კალაპოტურ პროცესებში მონაწილეობის შეფასების მიზნით, დაზუსტებულ იქნა საკვლევი სადინრის მორფომეტრიისა და ნაკადის მახასიათებელი პარამეტრების ცვლილების დიაპაზონები;

3. ეროზიული კერებიდან ღვარცოფთა დაძვრის შესაძლებლობების შემცირების და ფორმირებული მასის მდგრადობის გაზრდის მიზნით გამოყენებულია ეკოლოგიურად მარტივი და სუფთა პოლიმერული სტაბილიზატორი და შესწავლილია კერების ზედაპირზე მცენარის აღმოცენების შესაძლებლობები, შეფასებულია პოლიმერული სტაბილიზატორების ნარევით შექმნილი ქერქის ექვივალენტური შეჭიდულობა;
4. ღვარცოფული მასის ქვიშის, ქვიშნარის, თიხის ნიმუშებზე ჩატარებული ცდებით დადგენილ იქნა გრუნტპოლიმერული მახასიათებლები, კერძოდ ქერქის წყალმდეგობა, გრუნტიპოლიმერული ქერქის მდგრადობა, ტენიანობის ცვლილება გრუნტპოლიმერული ქერქის ქვეშ და ქარის მიმართ ეროზიული მდგრადობა;
5. ღვარცოფების რეგულირებების ამოცანების გადაწყვეტის მიზნით შეფასებულია ნაგებობებზე ძალური ზემოქმედების შესაძლებლობები და გამოყვანილია მისი შეფასების საანგარიშო დამოკიდებულებები;
6. ბმული ღვარცოფებისათვის დადგენილია გვერდითი გაფართოების კოეფიციენტის ცვლილების ხასიათი და სტაციონალურობის დაურღვევლობის შენარჩუნებით დაზუსტებულია ღვარცოფთა რეჟიმების ცვლილების და სადინარში მოძრაობის შესაძლებლობები. რეგულირების პროცესი შეფასებულია ნაკადის გვერდითი კუმშვისა და სიღრმის ცვალებადობით, მოყვანილია ზღვრული სიგანისა და სიღრმის საწყის სიდიდეებთან ფარდობის ცვლილებების პროცესი რეოლოგიურ მახასიათებლებთან კავშირში;
7. სადინარში ღვარცოფის ჰიდრაულიკურ პარამეტრებსა და მორფომეტრიას შორის კავშირის შესაძლებლობა დადგენილია მათემატიკური მოდელებით და ნაკადის რეჟიმის ცვლილების კრიტერიუმებზე დაყრდნობით გამოყვანილია ტალღის სიჩქარის, ხარჯის, სიღრმის ფარდობითი ნაზრდის და გვერდითი კუმშვის საანგარიშო დამოკიდებულებები რეოლოგიასთან კავშირში;

8. გრძივი ტალღის ფორმით მოძრავი ღვარცოფისათვის შეფასებულია მდგრადობის შემხვედრი წინააღმდეგობებით რღვევის შესაძლებლობა და ტალღის გავრცელების სიჩქარე, მოყვანილია მდგრადობის განმსაზღვრელი პარამეტრი - ქანობის ცვლილების საანგარიშო დამოკიდებულება;
9. ღვარცოფსადინარში ნაგებობაზე ნაკადის ზემოქმედების შესაძლებლობებისა და მისი ტრანსპორტუნარიანობის პროგნოზირების მიზნით დანუშავებულია მეთოდოლოგია, რომელიც კავშირს ამყარებს ნაკადის დახარჯულ მუშაობასა და ტრანსპორტირებული ქვის ფორმის კონფიგურაციას შორის, ხოლო ქვის ფორმის მახასიათებლებსა და კალაპოტის ხახუნის კოეფიციენტს შორის კავშირის შესაფასებლად მოყვანილია შესაბანისი გრაფიკული ილუსტრაციები;

ხათუნა კიკნაძის მიერ გამოქვეყნებული შრომათა სია

1. Kh. Kiknadze "The Use of Polymer Stabilizers on Debris flow Hotspot", "Znanstvena misel" journal № 61 2021. Pp.21-23 <http://www.znanstvena-journal.com/>
2. E. Kukhalashvili, G. Gavardashvili, I. Iremashvili, N. Beraia, Kh. Kiknadze "Debris flow density and their effect on debris flow regulation buildings". Annals of Agrarian Science Journal homepage: <http://journals.org.ge/index.php> ISSN 1512-1887 Volume 19, Number 1, March, 2021 pp. 13-22 E. <https://journals.org.ge/index.php/aans/index>
3. ე. კუხალაშვილი, გ. გავარდაშვილი, ი. ირემაშვილი, ნ. ბერაია, ხ. კიკნაძე ლ. მაისაია, ქ. დადიანი „ღვარცოფსადინართა რისკების რეგულირება და ინოვაციური ნაგებობების გაანაგრიშების მეთოდოლოგია“. შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდი ფინანსური მხარდაჭერით, თბილისი, 2021, 51 გვ. უაკ (UDC) უაკ (UDC)551.578.59+578.437 ISBN 978-9941-9677-01 კ-25

4. E. Kukhalashvili, G. Gavardashvili, I. Iremashvili, N. Beraia, K. Dadiani, Kh. Kiknadze, L. Maisaia "Hydrological properties of the feeding sources of water reservoirs and their role in integrated water management". C. Mirtskhulava Water Management Institute of Georgian Technical University. Tbilisi, 2020.
5. ე. კუხალაშვილი, გ. გავარდაშვილი, ი. ირემაშვილი, ლ. მასაია, ნ. ბერაია, ხ. კიკნაძე ქ. დადიანი "მათემატიკური მოდელი ღვარცოფის ენერგეტიკული მახასიათებლების შეფასებისათვის". წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის სამეცნიერო შრომათა კრებული. თბილისი, 2019 წ. გვ.100.
6. Л. Итриашвили, Е. Хосрошвили, М. Шавлакадзе, Л. Маисая, Х. Кикнадзе „Максимальная молекулярная влагоемкость как важнейшая физическая константа почвогрунтов.“ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი სამეცნიერო შრომათა კრებული # 68. თბილისი, 2013 წ. გვ. 114-118.
7. ლ. იტრიაშვილი, ხ. კიკნაძე, ე. ხოსროშვილი, მ. შავლაყაძე, ქ. დადიანი "ნიადაგ-გრუნტების თვისებების მართვა პოლიკომპლექსის გამოყენებით". საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის სამეცნიერო შრომათა კრებული # 67. თბილისი 2012 წ. გვ. 121-127.
8. Х. Кикнадзе, Л. Маисая. "Сель и ее природа в Западной Грузии". აგრარულ-ეკონომიკური მეცნიერება და ტექნოლოგიები #3. თბილისი, 2012 წ. გვ. 74-79
9. ლ. იტრიაშვილი, ხ. კიკნაძე, ე. ხოსროშვილი "გრუნტებში წყლის შებმულობის ენერგეტიკა კატეგორიები და კლასიფიკაცია". წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის სამეცნიერო შრომათა კრებული. თბილისი, 2007 წ. გვ. 127-135.

Resume

Difficulty in the task is describing current processes in self-forming ducts with mathematical models, selection of the perfect methodology for calculating the event, establishing a connection between flow hydraulics and duct bed morphometry, specifying the existing dependencies, analyzing the flow behavior in the pipeline. Similar problems are encountered when the flow is adjusted artificially and there is a change in the stationariness of the moving flow and the geometry of the body, the possibility of changing the hydraulic parameters by stretching and compression. In such a case, deformations are accepted as categories for change of hydraulic parameters, and relative deformations can be used as an operative means of change of structural stability. Consequently, the level of environmental protection is low, with complete disregard for natural disasters and their variables/anomalies, a description of the processes is carried out in the pipeline and the selection of regulatory measures are done. Due to the low level of sophistication of the methods for assessing the impact on objects with distinct frequency and duct capacity; The impact of obstacles and their energy signature on the infrastructure is increased, possibilities of forming a free surface in various forms, easy conversion of movement modes, disruption of flow stationarity and deformation of the duct bed and flow.

Therefore, the movement in the duct beds is accompanied by a process of intensive change in the hydraulics, structure, energy characteristics and shape of the duct beds.

Based on the above, the purpose of the work is to determine the factors that determine; The formation of mud flows and their durability; Changes in energy characteristics in the formed flow bed processes; Impact on oncoming obstacles, picture of conduit behavior, regime change, waveform formation, flow transportability; Improving existing methods for estimating ongoing processes in the bed; Clarifying Computational Characteristics is the creation of innovative reporting models.