

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

გიორგი ნოსელიძე

ფართობურბლიანი წყალსაშვის წყალსაგდებ ნაგებობასთან

შეუღლების ჰიდრაულიკური გაანგარიშება

სადოქტორო პროგრამა მშენებლობა

შიფრი 0732

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი

დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2022 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტში

სამშენებლო ფაკულტეტი

ჰიდროინჟინერიის დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: ტექნიკურ მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი
იური ქადარია

რეცენზენტები: ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, აკადემიკოსი
გივი გავარდაშვილი

ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორ-ემერიტუსი
შალვა გაგოშიძე

დაცვა შედგება-----წლის ”-----”-----,-----საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის -----

-----ფაკულტეტის სადისერტაციო ნაშრომის

დაცვის კოლეგიის სხდომაზე,

კორპუსი -----, აუდიტორია -----

მისამართი: 0160, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში, ხოლო

ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

ფაკულტეტის სწავლული მდივანი: დემური ტაბატაძე

შესავალი

ჰიდროტექნიკური ნაგებობების პროექტირება და მშენებლობა კორექტირებულ მიდგომას მოითხოვს გლობალური დათბობის პირობებში. გადახედვას საჭიროებს დღემდე არსებული კატასტროფული ხარჯების გაანგარიშების მეთოდოლოგია. იზრდება მოთხოვნები მაღალი კლასის ნაგებობების დასაფინანსებლად. შესაბამისი საფინანსო ორგანიზაციები მოითხოვენ წყალსაგდები და წყალსაშვები ნაგებობების წყლის გამტარუნარიობის გაზრდას, რომელიც შესაბამისად აყენებს საკითხს ნაგებობის ახლებურად კონსტრუირებისა და გაანგარიშების შესახებ, ხოლო საბაზრო ეკონომიკის პირობებში დიდი ყურადღება ექცევა ნაგებობის ხანმდეგობისა და ექსპლუატაციის გაზრდის პირობებს. ზემოთ მოყვანილი პირობების გათვალისწინებით განხილულია საინვესტიციო პროექტით წარმოდგენილ კაშხალზე წყალსაშვები და წყალსაგდები ნაგებობები მდინარე არხაშენი-ხევის მონაცემებით.

კატასტროფული ხარჯის ქვემო ბიეფში გასატარებლად კაშხლის უკიდურეს მარცხენა ნაწილში თვით კაშხალზე დაპროექტებულია ნორმალური შეტბორილი ჰორიზონტთან შეთავსებული 3 მეტრი სიმაღლის პრაქტიკული პროფილის ბეტონის წყალსაშვიანი კაშხალი სიგრძით 40 მეტრი. შესასვლელი უბანი ჰიდრავლიკური გაანგარიშებით შეუღლებულია 8.5 მ სიგანის სწრაფდენთან, რომლის საერთო სიგრძეა 463.5 მ.

პროექტის აქტუალობა. საკითხის კვლევისათვის საჭიროა შესწავლილ და გაანგარიშებულ იქნეს ფართოზღურბლიანი წყალსაშვის წყალსაგდებ ნაგებობასთან, სწრაფდენთან შეუღლების ჰიდრავლიკური პროცესი, მისი ოპტიმალური შეერთების კონსტრუირება და ჰიდრავლიკური გაანგარიშება, რომელიც გაზრდის მთლიანობაში ნაგებობის საიმედოებასა და ეკონომიურობას. განხილული საპროექტო თუ საექსპლუატაციო ობიექტების მიხედვით შეიძლება დავასკვნათ, რომ წარმოდგენილი თემა აქტუალურია, როგორც მიმდინარე გლობალური

დათბობის პირობებში, ასევე ეკონომიკური და მდგრადობის თვალსაზრისით.

გადახედვას მოითხოვს დღეს არსებული წყლის კატასტროფული ხარჯების გაანგარიშების მიდგომები, რომელიც გამოწვეულია როგორც გლობალური დათბობით, ასევე საფინანსო ორგანიზაციების მოთხოვნებით. ეს უკანასკნელი გულისხმობს კატასტროფული ხარჯების გაზრდას მაღალი კლასის ობიექტების გაანგარიშებისას.

შემოთავაზებული ფართოზღვრულიანი წყალსაშვების ნაგებობის სწრაფდენთან შეუღლების ჰიდრავლიკური გაანგარიშება წარმოადგენს დასმული საკითხის ერთ-ერთ გადაწყვეტას, რომელიც გააუმჯობესებს ნაგებობის მდგრადობას და საიმედოობას.

კვლევის მიზანი. სადისერტაციო ნაშრომის კვლევის მიზანს წარმოადგენს განისაზღვროს ფართოზღვრულიანი წყალსაშვის წყალსაგდებ ნაგებობასთან შეუღლების ჰიდრავლიკური კვლევა თეორიულ გაანგარიშებასა და ლაბორატორიულ კვლევებზე დაყრდნობით, არხაშენი-ხევის პროექტით არსებული წყალსაცავის კატასტროფული ხარჯის მონაცემით. დადგინდეს წყალსაგდები ნაგებობის კომპლექსში პრაქტიკული პროფილის (3მ სიმაღლის) კაშხლის ჩანაცვლების უპირატესობა ფართოზღვრულიანი წყალსაშვით, მისი ეკონომიკურობისა და მდგრადობის გათვალისწინებით.

კვლევის ობიექტი და მეთოდები. კვლევის ობიექტს წარმოადგენს ფართოზღვრულიანი წყალსაშვის წყალსაგდებ ნაგებობასთან შეუღლების ჰიდრავლიკური პროცესები, კერძოდ ფართოზღვრულიანი წყალსაშვზე გადადინებული ნაკადის სიღრმის განსაზღვრა, არაპრიზმული არაცილინდრული ფორმის სწრაფდენთან შემაუღლებელ ნაგებობაში ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის წირის აგება, სწრაფდენში ნაკადის სიღრმის განსაზღვრა და სწრაფდენის ბოლო კვეთში ენერჯის ჩამქრობი ნაგებობის გაანგარიშება. კვლევის მეთოდს წარმოადგენს წყალსაგდები ნაგებობის თითოეული შემადგენელი კვანძის თეორიული და

ექსპერიმენტული გაანგარიშება. მიღებული შედეგების შედარება პრაქტიკული პროფილის წყალსაშვიდან გადადინებული წყლის ნაკადის ჰიდრავლიკურ მახასიათებლებთან არაპრიზმული, არაცილინდრული ფორმის სწრაფდენთან შემაუღლებელ ნაგებობაში.

ნაშრომის ძირითადი შედეგები და მეცნიერული სიახლე. ნაშრომის ძირითად შედეგს წარმოადგენს წყალსაგდები ნაგებობის ჰიდრავლიკური გაანგარიშებით მიღებული ჰიდრავლიკური მახასიათებლები. ფართოზღურბლიანი წყალსაშვიდან გადადინებული ნაკადის ჰიდრავლიკური გაანგარიშებით მიღებული მახასიათებლების შედარება პრაქტიკული პროფილის წყალსაშვიდან გადადინებული წყლის ნაკადის ჰიდრავლიკური მახასიათებლებთან. მიღებული შედეგები ცხადყოფს ფართოზღურბლიან წყალსაშვიზე გადადინებული წყლის ნაკადის არაპრიზმულ, არაცილინდრულ სწრაფდენთან შემაუღლებელ ნაგებობაში ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის სიღრმე ნაკლებია პრაქტიკული პროფილის წყალსაშვიდან გადადინებული ნაკადის სიღრმეზე არაპრიზმულ, არაცილინდრული ფორმის სწრაფდენთან შემაუღლებელ ნაგებობაში.

შემუშავებულია არაპრიზმულ, არაცილინდრულ ნაგებობაში ნაკადის რადიალური მოძრაობის ჩამხშობი ახალი ტიპის არაპრიზმული ფორმის სწორკუთხა სწრაფდენთან შემაუღლებელი ნაგებობა, რომელის გამოყენებით ჩატარებულია კვლევა წყალთამყურნეობის ისნტიტუტის ბაზაზე არსებულ ჰიდრავლიკის ლაბორატორიაში.

პრაქტიკული მნიშვნელობა და შედეგების გამოყენების სფერო. წყალსაგდები ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი და საპასუხისმგებლო ნაგებობაა ჰიდროკვანძის შემადგენლობაში. მის გამართული ფუნქციონირება განაპირობებს კატასტროფული ხარჯის უსაფრთხო გატარებას ზემო ბიეფიდან ქვემო ბიეფში, ხოლო ეკონომიკური და მდგრადობის მაჩვენებლების ხარისხობრივი გაუმჯობესება უნდა გახდეს დანერგვის წინაპირობა.

არხაშენის წყალსაცავის პროექტით არსებული წყალსაგდები ნაგებობის მონაცემების კვლევა და ახალი ტიპის წყალსაგდები ნაგებობების სწრაფდენთან შეუღლების მეთოდის დამუშავება, თეორიული გაანგარიშება, წყალსაგდები ნაგებობის სხვადასხვა კონსტრუქციული ზომების მოდელის კვლევა ლაბორატორიულ პირობებში საშუალებას გვაძლევს დავადგინოთ წყალსაგდები ნაგებობის ოპტიმალური ზომები. არსებულ საინვესტიციო პროექტში მიღებული შედეგების დანერგვა მოგვცემს მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ეფექტს.

დისერტაციის თემის მიხედვით გამოქვეყნებულია 5 ნაბეჭდი სტატია.

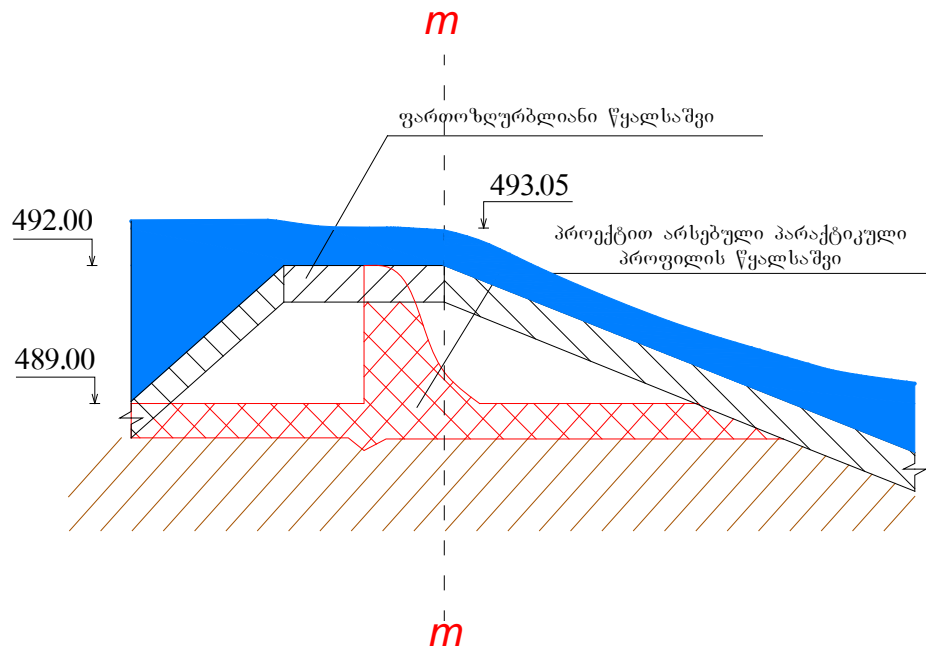
ნაშრომის ძირითადი დებულებები აპრობირებულია: მე-4 საერთაშორისო ევროპული კონფერენცია, ვარშავა. და მე-4 საერთაშორისო კონფერენცია თანამედროვე მეცნიერებათა ინოვაციური კვლევების შესახებ, ტოკიო.

დისერტაცია შედგება შესავლისაგან, 4 თავისაგან და დასკვნებისაგან. მუშაობის ძირითადი ნაწილი მოიცავს A4 ფორმატის ერთ გვერდზე 121 ნაბეჭდ გვერდს, რომელშიდაც შედის 46 ნახაზის და 19 ცხრილისგან, ლიტერატურის სია მოიცავს 115 სამამულო და უცხოელი ავტორების ნაშრომებს.

დისერტაციის პირველ თავში გადმოცემულია მდინარეების ჰიდროლოგიური პროცესები, წყალსაგდები ნაგებობების კონსტრუქციული სახეები და მათი მუშაობის პირობები, ჰიდრაულიკური თვალსაზრისით.

გლობალური დათბობის პირობებში და თანამედროვე სამყაროს განვითარების ტემპის გათვალისწინებით დღითი-დღე მატულობს მოთხოვნა ელექტრო ენერგიაზე, რაც წარმოადგენს სამყაროსა და კაცობრიობის განვითარების ერთ-ერთ შეუცვლელ კომპონენტს. თუ გადავხედავთ მსოფლიოს უახლეს წარსულს და სხვადასხვა მეცნიერების მოსაზრებებს ცხადია ელექტრო ენერგიის წარმოებაში მთავარი და წამყვანი როლი უჭირავს ჰიდროელექტროსადგურებს.

საკვლევი თემატიკის გაანგარიშების მიზნით გამოყენებულია მდინარე არხაშენი-ხევზე პროექტით არსებული წყალსაგდები ნაგებობა. ნაშრომში საკვლევი თემატიკის შესწავლის მიზნით განვიხლოთ არხაშენის წყალსაცავის მახასიათებლები. მთლიანი მოცულობა წყალსაცავის ნიშნულზე ნ.შ.კ. 492.00 მ შეადგენს 7.97 მლნ. მ³, მკვდარი მოცულობა 2.05 მლნ. მ³, სასარგებლო მოცულობა 5.92 მლნ. მ³. მდინარე არხაშენი-ხევზე უნდა აშენდეს ადგილობრივი მასალის გამოყენებით გრუნტის კაშხალი, სადაც პროექტის მიხედვით მარცხენა სანაპირო ზოლთან ზღვის დონიდან 489.00 მ ნიშნულზე განთავსებულია პრაქტიკული პროფილის წყალსაგდები ნაგებობა.



ნახ. 1 პრაქტიკული და ფართოზღურბლიანი წყალსაშვიები
ნაგებობების სქემა

დისერტაციის მეორე თავში განხილულია ფართოზღურბლიანი წყალსაშვიდან გადადინებული წყლის ნაკადის $Q = 135$ მ³/წმ წყლის ხარჯის არაპრიზმულ, არაცილინდრული ფორმის სწრაფდენთან შემაუღლებელ ნაგებობაში გატარების ჰიდრავლიკური პროცესები. კერძოდ, წარმოდგენილია სხვადასხვა მეცნიერის მიერ შემოთავაზებული თეორიები და ფორმულები, რომელთა მეშვეობით შესაძლებელია გაანგარიშდეს და

მიღებული შედეგების საფუძველზე აიგოს ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის წირი და განისაზღვროს არაპრიზმულ არაცილინდრული ფორმის სწრაფდენთან შემაუღლებელ ნაგებობაში კატასტროფული ხარჯის დროს წყლის ნაკადის სიღრმე. ანგარიშისთვის განხილულია ჩარნომსკი-ხესტედეს მეთოდი, რომელიც ეფუძნება ბერნულის განტოლებას.

საანგარიშო მაქსიმალური წყლის ხარჯი, რომელიც უნდა გაატაროს წყალსაგდებმა ნაგებობამ გაანგარიშებულია გ. დ. როსტომოვის მეთოდით, რომელიც ითვალისწინებს მდინარე არხაშენი-ხევის აუზის კოკისპირული წვიმებსა და გეო-მორფოლოგიურ მახასიათებლებს. მაქსიმალური წყლის ნაკადი მდინარე არხაშენი-ხევის კაშხლის განთავსების კვეთში გაანგარიშებულია ფორმულით.

$$Q = 16.67 \cdot a \cdot \beta \cdot \sigma \cdot \Omega \cdot \frac{H}{T} \text{ მ}^3/\text{წმ} \quad (1)$$

შესაბამისად მაქსიმალური კატასტროფული წყლის ხარჯი არხაშენის წყალსაცავისთვის შეადგენს 135 მ³/წმ.

კვლევის წარმართვისათვის ჩატარებულია ფართოზღურბლიან წყალსაშვზე ნაკადის გადადინების ანგარიში. გაანგარიშებით განსაზღვრულია ფართოზღურბლიან წყალსაშვზე ნაკადის სიღრმე.

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q}{\partial h} &= \frac{d}{dh} (\varphi b h \sqrt{2g(H_0 - h)}) = \varphi b \sqrt{2g} \frac{d}{dh} (h \sqrt{H_0 - h}) = \\ &= \varphi b \sqrt{2g} \left(\sqrt{H_0 - h} - \frac{h}{2\sqrt{H_0 - h}} \right) = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

საიდანაც

$$\sqrt{H_0 - h} = \frac{h}{2\sqrt{H_0 - h}} \quad (3)$$

და

$$h = \frac{2}{3} H_0 \quad (4)$$

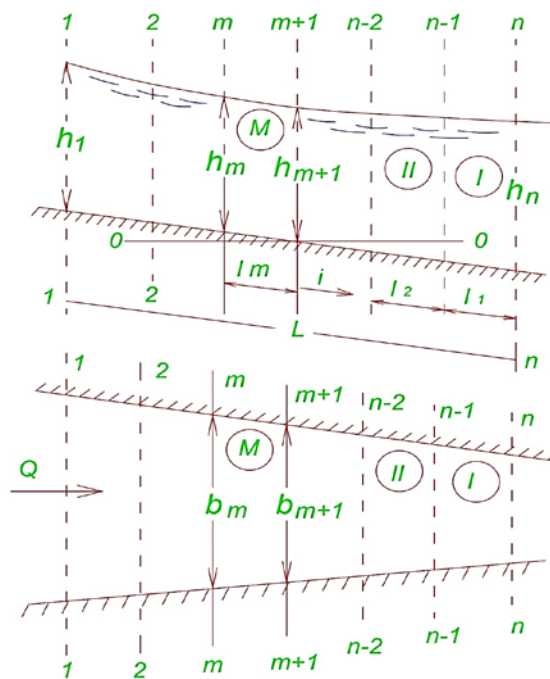
$$Q = mb \sqrt{2g} H_0^{3/2}$$

$$135 = 0.385 \cdot 40 \sqrt{2 \cdot 9.81} \cdot H_0^{3/2}$$

$$h = \frac{2}{3} \cdot 1.57 = 1.05 \text{ მ}$$

ფართოზღურბლიანი წყალსაშვის წყალსაგდებ ნაგებობასთან შეუღლების ჰიდრავლიკურ კვლევაში საჭიროა განვიხილოთ არაპრიზმული, არაცილინდრული ფორმის ღია კალაპოტში ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის მრუდის აგების თეორია, რომელიც ეფუძნება **ჩარნომსკი-ხესტედეს** მეთოდს. ამ სიტუაციის გათვალისწინებით, ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის წირის ასაგებად არაპრიზმული კალაპოტის შემთხვევაში გამოვიყენოთ ბერნულის განტოლება, დავყოთ მოცემული არაპრიზმული არხი მონაკვეთებად. გვექნება არხის კალაპოტი, წყლის ხარჯი Q და წყლის სიღრმე h_n , არხის ბოლო $n - n$ კვეთში.

არაპრიზმულ არხში ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის AB მრუდის ასაგებად არაცილინდრული არხის მთელიან სიგრძე იყოფა ინდივიდუალურ ნაწილებად, შედარებით მოკლე l სიგრძის მონაკვეთებად. მოცემული l სიგრძის მოკლე მონაკვეთები განვიხილოთ ცალ-ცალკე ყველა კვეთისათვის. პირველად ვანგარიშობთ არაპრიზმული არხის I უბანს, შემდგომ II და ასე შემდეგ საწყის კვეთამდე.



ნახ. 2 არაპრიზმული, არაცილინდრული კალაპოტი

ანგარიში ყველა გამოყოფილ არაპრიამული კალაპოტის უბანზე მაგალოთად M უბანზე მოიცავს სიღრმის განსაზღვრას ნაკადის h_m უბნის დასაწყისში (ცნობილი სიდიდეების l_m და h_{m+1}). გაანგარიშების ასეთი მსვლელობით, შეიძლება შემდეგი მიმდევრობით განისაზღვროს სიღრმე მოსაზღვრე კვეთებს შორის $(n-1), (n-2), \dots, \dots, (2), (1)$, და შემდეგ ამ სიღრმეების განივ კვეთში განვსაზღვროთ, და აიგოს არაპრიამული, არაცილინდრული ფორმის არხში AB ნაკადის თავისუფალის ზედაპირის მრუდი.

$$h_m + il_m + \frac{av_m^2}{2g} = h_{m+1} + \frac{av_{m+1}^2}{2g} + h_{დაბ} \quad (5)$$

(6) დამოკიდებულების გამოყენებით ბერნულის განტოლება (5) მიიღებს ასეთ სახეს

$$i_f = \frac{v^2}{C^2 R} \quad (6)$$

$$l_m = \frac{\exists_{m+1} - \exists_m}{i - i_{ბაბ.საშ.}} \quad (7)$$

გამოსახულება არის ძირითადი საანგარიშო განტოლება სადაც \exists_m და \exists_{m+1} არის კვეთის კუთრი ენერჯიის მნიშვნელობები, შესაბამისად m და $m+1$ კვეთებისათვის

$$\exists_m = h_m + \frac{a_m^2}{2g} \quad (8)$$

$$\exists_{m+1} = h_{m+1} + \frac{av_{m+1}^2}{2g} \quad (9)$$

ანგარიში ვაწარმოთ ჩარნომსკი-ხესტედეს მეთოდის გამოყენებით. განვსაზღვროთ 40 მეტრის სიგრძის არპრიამული, სწორკუთხა არხის ყოველი $l_1 = l_2 = l_3 = l_4 = 10$ მ სიგრძით დაშორებულ კვეთებში 135 მ³/წმ წყლის ხარჯის შესაბამისი სიღრმეები და ავაგოთ ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის წირი. მიღებული შედეგები წამოდგენილია ცხრილი 1-ში.

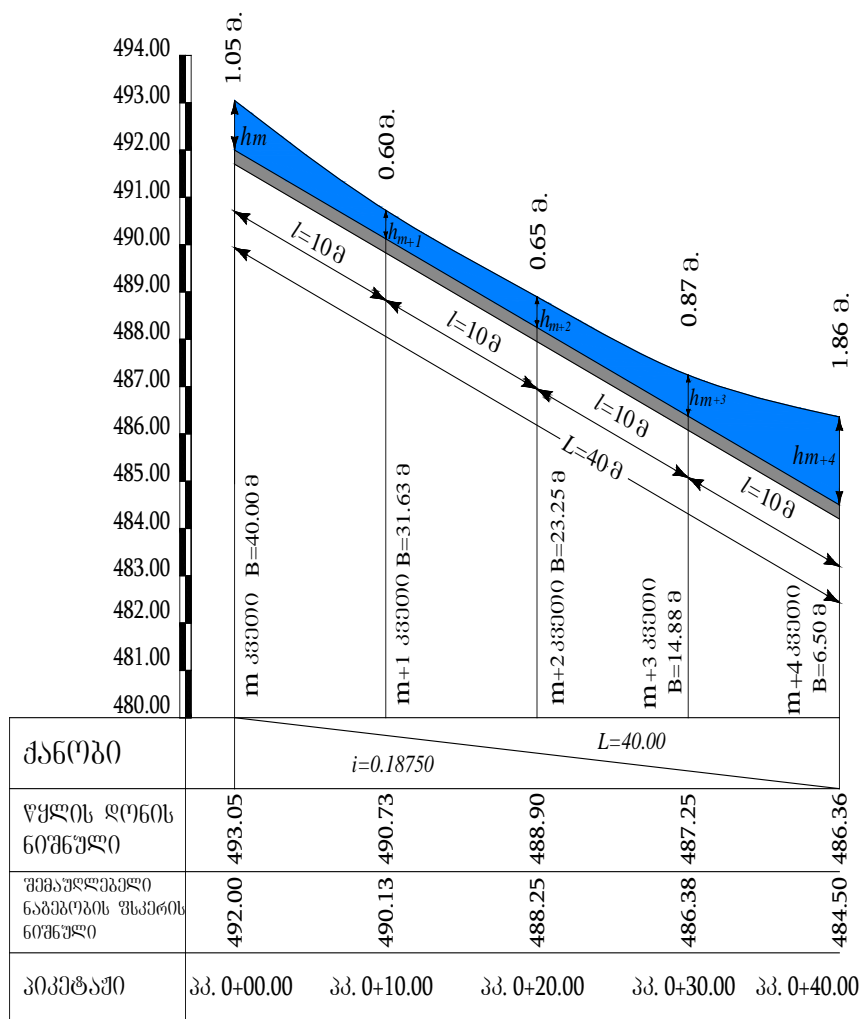
მიღებულ ანგარიშზე დაყრდნობით მიღებულ იქნა არაპრიამული, არაცილინდრული სწრაფდენთან შემაუღლებელი არხის თითოეულ კვეთში,

ყოველ $l = 10$ მეტრში ყოველ წინასწარ განსაზღვრულ $m+1, m + 2, m + 3$ და $m + 4$ კვეთებისთვის არხაშენის პროექტით არსებულ წყალსაცავის, წყალსაგდები ნაგებობის მაქსიმალური წყალდიდობის, წყალმოვარდნის პერიოდში ზემო ბიევიდან ქვემო ბიევში გასატარებელი $135 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ -ში კატასტროფული წყლის ხარჯის h სიღრმე, წყალსაგდები ნაგებობის სხვადასხვა ქანობის შემთხვევაში და აიგო წყლის ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის წირები.

ცხრილი 1.

ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის ნიშნულები

ნაკადის სიმაღლე კვეთში მ.	არაპრიზმული, არაცილინდრული არხის კვეთი				
	m	$m+1$	$m + 2$	$m + 3$	$m + 4$
ქანობი	$i = 0.1625$				
$h_{\text{ნატურა}} \text{ მ.}$	1.05	0.63	0.685	0.930	2.027
ქანობი	$i = 0.1688$				
$h_{\text{ნატურა}} \text{ მ.}$	1.05	0.623	0.675	0.914	1.979
ქანობი	$i = 0.1750$				
$h_{\text{ნატურა}} \text{ მ.}$	1.05	0.615	0.664	0.898	1.94
ქანობი	$i = 0.18125$				
$h_{\text{ნატურა}} \text{ მ.}$	1.05	0.607	0.559	0.884	1.896
ქანობი	$i = 0.1875$				
$h_{\text{ნატურა}} \text{ მ.}$	1.05	0.6	0.646	0.87	1.86



ნახ. 3 თავისუფალი ზედაპირის წირი, არაპრიზმული არხი $i = 0.18750$

კვლევის სიღრმისეული ანალიზისათვის დამატებით გაანგარიშება მოცემული $i = 0.1875$ ქანობისათვის ვაწარმოე ჩერტოუსოვის მეთოდით.

$$Q = K' \sqrt{i} \quad (10)$$

სადაც Q – არის ნაკადის ხარჯი.

i – არაპრიზმული არხის ქანობი.

$$i_f = i \frac{K'^2}{K^2} \quad (11)$$

სადაც K – არის ხარჯის მოდული მოცემულ კვეთში

გავითვალისწინოთ ნაკადის ფარდობითი სიჩქარის მოდული u , განისაზღვრება დამოკიდებულებით:

$$\kappa = \frac{K}{K'} \quad (12)$$

მაშინ (11) გამოსახულებას მივიღებთ შემდეგი სახით

$$i_f = \frac{i}{\kappa^2} \quad (13)$$

ამ დამოკიდებულების მხედველობაში მიღებით, ჩავწერთ განტოლება $d\vartheta/ds = i - i_f$ შემდეგი სახით

$$\frac{d\vartheta}{ds} = i \frac{\kappa^2 - 1}{\kappa^2} \quad (14)$$

როგორც ვხედავთ არაპრიზმული არხის შემთხვევაში მივიღებთ ასეთ განტოლებას, κ სიდიდე (14) განტოლებაში მიიღებს განსხვავებულ მნიშვნელობას.

მივიღოთ κ სიდიდე დამოუკიდებელი ცვლადისთვის და დავუშვათ, რომ წარმოებულის მნიშვნელობა $d\kappa/d\vartheta$ მუდმივია ნაკადის განსახილველ კვეთში და უდრის მის საშუალო მნიშვნელობას

$$\frac{d\kappa}{d\vartheta} = \frac{\kappa_2 - \kappa_1}{\vartheta_2 - \vartheta_1} = \bar{a} = const, \quad (15)$$

სადაც ინდექსები "1" და "2" აღნიშნული სიდიდეები აღნიშნავს სასაზღვრო კვეთებს.

მაშინ განტოლება (14) შეიძლება წარმოდგინდეს შემდეგი სახით:

$$\bar{a}ids = d\kappa + \frac{d\kappa}{\kappa^2 - 1} \quad (16)$$

ინტეგრირებით ეს განტოლება კვეთი 1 – 1-დან კვეთი 2 – 2-მდე, მათ შორის მანძილი ტოლია l სიდიდის, მივიღებთ:

$$\bar{a}il = \varphi(\kappa_2) - \varphi(\kappa_1) \quad (17)$$

$$\varphi(\kappa) = \kappa + \int \frac{d\kappa}{\kappa^2 - 1} \quad (18)$$

ინტეგრირებისას ათობით ლოგარითმზე გადასვლისას მივიღებთ:

$$\varphi(\kappa) = \kappa - 1.151lg \left| \frac{\kappa + 1}{\kappa - 1} \right| \quad (19)$$

მოცემული ფორმულების გამოყენებით ვაწარმოთ ანგარიში, განვსაზღვროთ არაპრიზმული არხის სწრაფდენთან შეუღლების კვეთში ნაკადის სიღრმე.

$$K' = \frac{135}{\sqrt{0,1875}} = 311.77$$

$$\kappa_1 = \frac{\omega_1 \cdot C_1 \cdot \sqrt{R_1}}{K'} = \frac{42 \cdot 90.87 \cdot \sqrt{0.998}}{311.77} = 12.23$$

$$\kappa_2 = \frac{\omega_2 \cdot C_2 \cdot \sqrt{R_2}}{K'} = \frac{12.09 \cdot 93.49 \cdot \sqrt{1.183}}{311.77} = 3.94$$

$$\bar{a} = \frac{3.94 - 12.23}{8.85 - 1.63} = -1.147$$

$$\varphi(\kappa_1) = 12.23 - 1.151lg \left| \frac{12.23 + 1}{12.23 - 1} \right| = 12.15$$

$$\varphi(\kappa_2) = 3.94 - 1.151lg \left| \frac{3.94 + 1}{3.94 - 1} \right| = 3.60$$

$$l = \frac{3.60 - 12.15}{0.1875 \cdot 1.147} = |39.76| \text{ მ}$$

მოცემული ანგარიში გვიჩვენებს, რომ ზემოთ მოყვანილი თეორიების საფუძველზე ჩატარებული ანგარიშები თანხვედრაშია ერთმანეთთან, რაც გვაძლევს იმის საშუალებას, რომ არაპრიზმული, არაცილინდრული ფორმის არხში წყლის ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის წირის ნიშნულები სწორად არის განსაზღვრული.

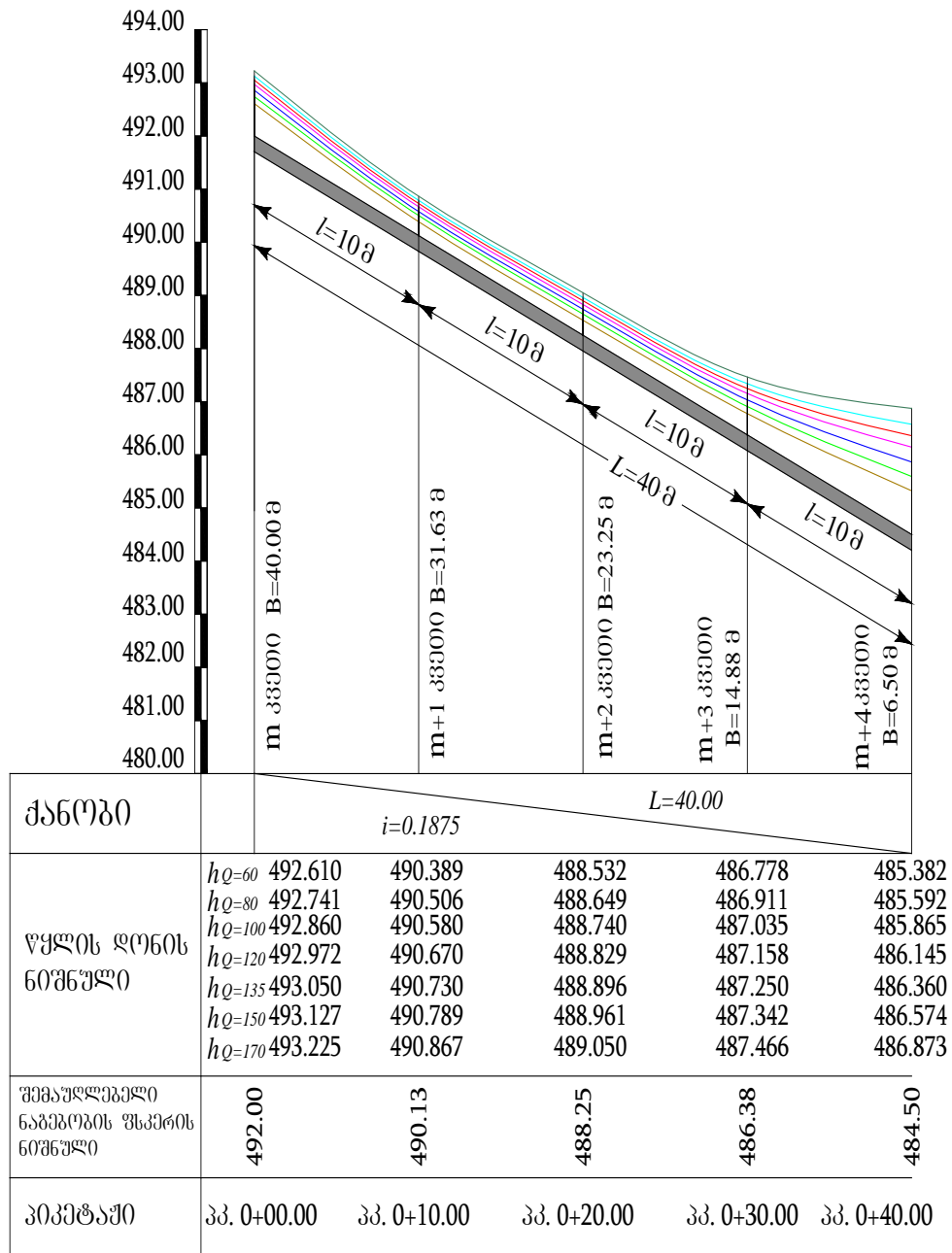
კვლევის მსვლელობისას გაანგარიშება ჩავატარე არაპრიზმულ, არაცილინდრულ ($i = 0.1875$ ქანობის, $B = 40$ მ და $b = 6.5$ მ.) სწრაფდენთან შემაუღლებელ ნაგებობაში სხვადასხვა წყლის ხარჯისათვის და ავაგე ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის მრუდები. ანგარიში წამოდგენილია ცხრილი 2-ის სახით.

ცხრილი 2.

არაპრიზმულ, არაცილინდრულ სწრაფდენთან შემაუღლებელ ნაგებობაში სხვადასხვა კვეთში ნაკადის თავისუფალი ზედაპრის სიღრმეები

ნაკადის სიმაღლე კვეთში მ.	არაპრიზმული, არაცილინდრული არხის კვეთი					ქანობი
	m	$m+1$	$m+2$	$m+3$	$m+4$	
წყლის ხარჯი მ ³ /წმ	$Q = 60$ მ ³ /წმ					$i = 0.1875$
$h_{ნატურა}$ მ.	0.61	0.259	0.282	0.398	0.822	
წყლის ხარჯი მ ³ /წმ	$Q = 80$ მ ³ /წმ					
$h_{ნატურა}$ მ.	0.741	0.376	0.399	0.531	1.092	
წყლის ხარჯი მ ³ /წმ	$Q = 100$ მ ³ /წმ					
$h_{ნატურა}$ მ.	0.860	0.590	0.490	0.656	1.365	
წყლის ხარჯი მ ³ /წმ	$Q = 120$ მ ³ /წმ					
$h_{ნატურა}$ მ.	0.972	0.540	0.579	0.778	1.645	
წყლის ხარჯი მ ³ /წმ	$Q = 135$ მ ³ /წმ					
$h_{ნატურა}$ მ.	1.05	0.60	0.646	0.87	1.86	
წყლის ხარჯი მ ³ /წმ	$Q = 150$ მ ³ /წმ					
$h_{ნატურა}$ მ.	1.127	0.659	0.711	0.962	2.074	
წყლის ხარჯი მ ³ /წმ	$Q = 170$ მ ³ /წმ					
$h_{ნატურა}$ მ.	1.225	0.737	0.80	1.086	2.373	

ასევე მნიშვნელოვანია განვსაზღვროთ არაპრიზმული არხის სიგრძისა და ქანობის გავლენა წყლის ნაკადის შრის სიღრმეზე ამისათვის $i = 0.1875$ ქანობის მქონე არაპრიზმული არხის სიგრძე გავზარდოთ პირველ შემთხვევაში 10 მ, ანუ არაპრიზმული შემაუღლებელი ნაგებობის სიგრძე გაუტოლდება 50 მეტრს, ხოლო მეორე შემთხვევაში არაცილინდრული შემაუღლებელი ნაგებობის გრძივი ზომა იქნება 60 მეტრი.



ნახ. 4 წყლის სხვადასხვა ხარჯის დროს ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის წირების აგება

სხვა გეომეტრიული მახასიათებლები დარჩა უცვლელი. ჩარნომსკი-ხესტედეს მეთოდის გამოყენებით გავიანგარიშე ნაკადის სიმაღლე არხის ყოველ $m + 1, m + 2, m + 3, m + 4, m + 5, m + 6$ კვეთებში. მიღებული ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის წირის სიღრმეები მოცემულია ცხრილი 3-ში

$L = 50$ მეტრისათვის და ცხრილი 4-ში $L = 60$ მეტრისათვის.

ცხრილი 3.

ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის წირის სიღრმეები

შემაურლებელი ნაგებობის კვეთები	m	$m + 1$	$m + 2$	$m + 3$	$m + 4$	$m + 5$
ნაკადის სიღრმე	1.05	0.567	0.562	0.645	0.869	1.649

ცხრილი 4.

არაპრიზმული, არაცილინდრული ფორმის შემაურლებელი ნაგებობის ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის წირი

შემაურლებელი ნაგებობის კვეთები	m	$m + 1$	$m + 2$	$m + 3$	$m + 4$	$m + 5$	$m + 6$
ნაკადის სიღრმე	1.05	0.54	0.52	0.56	0.65	0.88	1.51

წყალსაგდები ნაგებობის ერთ-ერთი უბანი - სწრაფდენის სიგანე საპროექტო მონაცემთან შედარებით შემცირებულია 2 მეტრით, მის მთლიან სიგრძეზე. სწრაფდენის ზომების დასადგენად საჭიროა მოხდეს გადაანგარიშება ახალი მონაცემებით ბ. ა. ბახმეტევის ცნობილი მეთოდით პროექტში არსებული მონაცემებით ($Q = 135 \text{ მ}^3/\text{წმ}$; $i = 0,1875$)

$$\frac{i}{h_0} ds = \frac{\eta^x - j}{\eta^x - 1} d\eta = \left(1 - 1 + \frac{\eta^x - j}{\eta^x - 1}\right) d\eta \quad (20)$$

$$\frac{il}{h_0} = \eta_2 - \eta_1 - (1 - j)[\varphi(\eta_2) - \varphi(\eta_1)] \quad (21)$$

ცხრილი 5.

სწრაფდენი არხის თავისუფალი ზედაპირის გაანგარიშება ბ. ა. ბახმეტევის მეთოდის გამოყენებით

h_1	h_2	$h_{საშ}$	$\omega_{საშ}$	$\chi_{საშ}$	$R_{საშ}$	$C_{საშ}$	J	η_1	η_2	$\varphi(\eta_1)$	$\varphi(\eta_2)$	L
$n = 0.013$		$h_0 = 0.82$		$i_0 = 0.1899$		$b = 6.5$		$x = 3.5$		$l_1 = 7.07$		
1.86	1.6	1.7	11,3	9,9	1,13	78,5	85,5	2,2	1,9	0,05	0,07	7,1
	2	4	1	8	2	2	0	7	7	3	6	4
$n = 0.013$		$h_0 = 1.40$		$i_0 = 0.0380$		$b = 6.5$		$x = 3.5$		$l_1 = 61.35$		
h_2	h_3											
1,62	1,5	1,6	10,4	9,7	1,07	77,8	17,2	1,1	1,1	0,40	0,44	20,
	8		0		2	2	9	5	3	7	2	01
h_3	h_4											
1.58	1.5	1,5	10,1	9,6	1,05	77,6	17,3	1,1	1,1	0,44	0,50	37,
	5	65	7	3	6	3	3	3	0	2	6	82
$n = 0.013$		$h_0 = 1.40$		$i_0 = 0.1149$		$b = 6.5$		$x = 3.5$		$l_1 = 125.88$		
h_4	h_5											
1.55	1.3	1,4	9,26	9,3	0,98	76,7	52,7	1,6	1,3	0,13	0,22	39,
		25		5	9	6	8	0	4	4	9	28
h_5	h_6											
1.3	1.1	1.2	7,80	8,9	0,87	75,2	53,2	1,3	1,1	0,22	0,42	84,
					5	1	3	4	4	9	4	09

წყალსაგდები ნაგებობის ბოლოში ენერჯის ჩამქრობი ნაგებობის გაანგარიშება უნდა მოხდეს ახალი პარამეტრების მიხედვით. საპროექტო მონაცემებში ცვლილებას განიცდის მხოლოდ სწრაფდენიდან გამოსასვლელი სიგანე, რომელიც 8,5 მ-ის ნაცვლად გახდა 6,5 მ. ენერჯის ჩამქრობი ნაგებობის ჰიდრავლიკური გაანგარიშებისათვის ვსარგებლობთ ო. ფ. ვასილევის მეთოდით $Q = 135 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ პარამეტრით.

ნაკადის ნახტომი იანგარიშება ფორმულით:

$$l_{II} = \frac{10.3h_1(\sqrt{Fr_1}-1)^{0,81}}{1 + 0.54 \frac{h_1}{r_1}(\sqrt{Fr_1}-1)^{0,81}} \quad (22)$$

სადაც r_1 – არის რადიუსი, რომელიც შეესაბამება პირველ შეუღლებს სიღრმეს.

Fr_1 – ფრუდის რიცხვი ნახტომის დასაწყის კვეთში:

$$Fr_1 = \left(\frac{h_{3r_1}}{h_1} \right)^2 = \frac{a}{g} \left(\frac{Q}{\theta} \right)^2 \frac{1}{r_1^2 h_1^3} \quad (23)$$

გამოვთვალოთ წყლის ნაკადის კრიტიკული სიღრმე ჰიდრავლიკური ნახტომის წინ.

$$h_{3r_1} = \sqrt[3]{\frac{a}{g} \left(\frac{Q}{\theta r_1} \right)^2} \quad (24)$$

$$\theta = \frac{\pi}{180} \theta^\circ = \frac{\theta^\circ}{57.3} \quad (25)$$

(22) ფორმულა შესაძლებელია ჩაიწეროს ასეთი სახით:

$$l_{II} = \frac{f}{1 + 0,052f \frac{h_1}{r_1}} h_1 \quad (26)$$

სადაც $f = 10,3(Fr_1-1)^{0,81}$

ჰიდრავლიკური ნახტომის სიღრმე გაფართოებულ კვეთში განისაზღვრება (27) განტოლებით

$$\begin{aligned} & \frac{2a'}{g} \left(\frac{Q}{b} \right)^2 \frac{1}{r_1 h_1^c} + r_1 (h_1^c)^2 \\ & = \frac{2a'}{g} \left(\frac{Q}{b} \right)^2 \frac{1}{r_1 h_1^c} + r_2 (h_c^c)^2 - \beta \frac{(h_1^c)^2 h_1^c h_2^c + (h_2^c)^2}{3} l_n \end{aligned} \quad (27)$$

სადაც a' – კორიოლისის კოეფიციენტი ($a' \approx 1$)

r_2 – რადიუსი, რომელიც შეესაბამება მეორე შეუღლებს სიღრმეს. $h_2^c = h$

$$r_2 = r_1 + l_u \quad (28)$$

$$r_1 = \frac{b}{2 \sin \frac{\theta}{2}} = \frac{6.5}{2 \cdot 0.447} = 7.271$$

$$h_{3r_1} = \sqrt[3]{\frac{1}{9.81} \cdot \left(\frac{135}{0.804 \cdot 7.271}\right)^2} = 3.78 \text{ მ}$$

$$\theta = \frac{53^\circ}{57.3} = 0.925 \text{ რად.}$$

$$Fr_1 = \left(\frac{3.78}{1.10}\right)^3 = 40.58$$

$$l_{II} = \frac{40.19}{1 + 0.052 \cdot 40.19 \frac{1.10}{7.271}} = 30.53$$

$$r_2 = 7.271 + 30.53 = 37.801$$

$$\begin{aligned} \frac{2a'}{g} \left(\frac{Q}{\theta}\right)^2 \frac{1}{r_1 h_1^c} + r_1 (h_1^c)^2 \\ = \frac{2 \cdot 1.0}{9.81} \cdot \left(\frac{135}{0.925}\right)^2 \frac{1}{7.271 \cdot 0.75} + 7.271 \cdot (1.10)^2 \\ = 561.87 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{2a'}{g} \left(\frac{Q}{\theta}\right)^2 \frac{1}{r_2 h_2^c} + r_2 (h_2^c)^2 - \beta \frac{(h_1^c)^2 h_1^c h_2^c + (h_2^c)^2}{3} l_{II} \\ = \frac{2 \cdot 1.0}{9.81} \left(\frac{135}{0.925}\right)^2 \cdot \frac{1}{37.81 \cdot h_2^c} + 37.81 (h_2^c)^2 \\ - 0.9 \frac{(1.10)^2 + 1.10 \cdot h_2^c + (h_2^c)^2}{3} \cdot 30.53 \end{aligned}$$

(27) განტოლების გათვალისწინებით რადგან ვიცით განტოლების მარჯვენა ნაწილი შეგვიძლია გამოთვალოთ მარცხენა ნაწილი და გავიგოთ h_2^c მნიშვნელობა, რომელიც ტოლია 3.00 მეტრის.

დისერტაციის მესამე თავში განხილულია მოდელირების თეორია, აღწერილია კვლევითი ლაბორატორია, საკვლევო თემის ჰიდრავლიკური მოდელები და ცდების მიმდინარეობის პროცესები,

$$m_e = \frac{l_\delta}{l_\theta} \quad (29)$$

სადაც, l_δ და l_θ - სიგრძეა შესაბამისად ნატურაში და მოდელზე.

სიდიდე m_e არის ნატურული ობიექტის შემცირების ხარისხი. სიდიდე $1/m_e$ – მოდელირების ხაზოვანი მასშტაბი.

საკვლევო თემის „ფართოზღურბლიანი წყალსაშვის წყალსაგდებ ნაგებობასთან შეუღლების გაანგარიშება“ ლაბორატორიული კვლევა ჩატარდა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის, აკადემიკოს ცოტნე მირცხულავას სახელობის წყალთამყურნეობის ინსტიტუტში, სადაც ფუნქციონირებს ჰიდრავლიკისა და ჰიდროტექნიკური ნაგებობების ლაბორატორია. წყალთამყურნეობის უნივერსიტეტის ბაზაზე არსებულ ლაბორატორიაში განთავსებულია აგრეთვე ჰიდრავლიკური ღარი.

ჩვენთვის წინასწარ ცნობილია ნატურაში არხაშენის წყალსაცავისათვის კატასტროფული წყლის ხარჯის რაოდენობა, გაანგარიშებით შესაბამისი წყლის ხარჯის რაოდენობის მნიშვნელობა, რომლითაც უნდა შევამოწმოთ მოდელი.

$$\frac{Q_\delta \text{ მ}^3/\text{წმ}}{Q_\theta \text{ მ}^3/\text{წმ}} = \frac{V_\delta \omega_\delta}{V_\theta \omega_\theta} = m_e^{0.5} m_e^2 = m_e^{2.5} \quad (30)$$

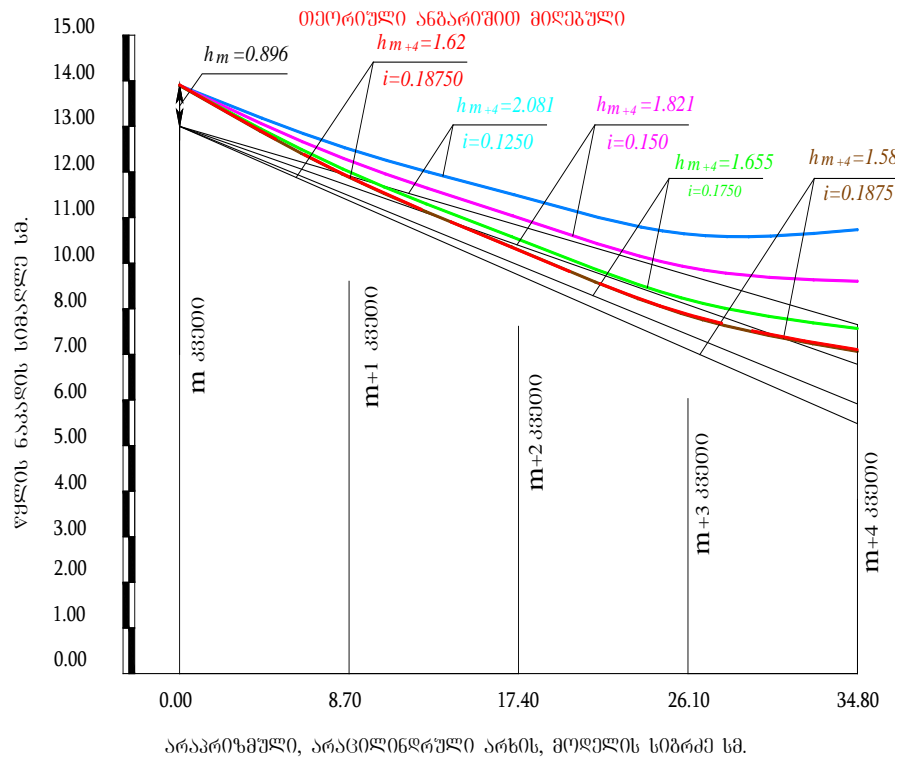
$$\frac{135}{Q_\theta} = 115^{2.5} \quad (31)$$

$$\frac{135 \text{ მ}^3/\text{წმ}}{Q_\theta \text{ მ}^3/\text{წმ}} = 141822.33 \quad (32)$$

$$Q_\theta = 0,00095 \text{ მ}^3/\text{წმ} \quad (33)$$

კვლევის შედეგები (თეორიული და ექსპერიმენტალური) ფიქსირებულია გრაფიკის სახით №5 გრაფიკზე. გრაფიკები წარმოადგენს ოპტიმალური ქანობის მქონე შემაუღლებელ ნაგებობას. წარმოქმნილი

პრობლემის, რადიალური მოძრაობის გადაკვეთის წერტილთან მძაფრი ნაკადის აზვირთების საკითხის გამოსაკვლევად ჩატარებულ იქნა ახალი მოდელის სერიების ექსპერიმენტალური კვლევა, რომლის მიხედვითაც დადგინდა ოპტიმალური მოდელის ფორმა და ზომები. მისი ზომები მოცემულია ნახ. 6-ზე და სურ.3-ზე.



ნახ. 5 არაპრიზმული, არაცილინდრული შემაუღლებელი

ნაგებობის მოდელზე მიღებული ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის წირები სხვადასხვა ქანობის დროს არაცილინდრული ფორმის შემაუღლებელი არხის პროექტით გათვალისწინებული სწრაფდენთან შეუღლების კვეთში 8.5 მეტრის ნაცვლად 6.5 მეტრის შესაბამისი მოდელი.

მოდელირებისათვის მნიშვნელოვანია მოდელის მასშტაბის შერჩევა, ხოლო მასშტაბის სიმსხო აღწერს ნატურასთან დაახლოებულ პროცესებს. მიუხედავად ზემოთ ნათქვამისა, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აკადემიკოს ცოტნე მირცხულავას სახელობის წყალთამყურნეობის ინსტიტუტში ლაბორატორიის გაბარიტებმა მოგვცა საშუალება მიგველო მოდელირების მასშტაბი.

$$m_e = \frac{l_{\theta}}{l_{\theta}} = \frac{40 \text{ მ}}{0.35 \text{ მ}} = 115 \quad (34)$$



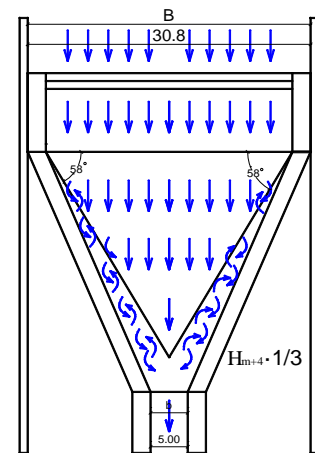
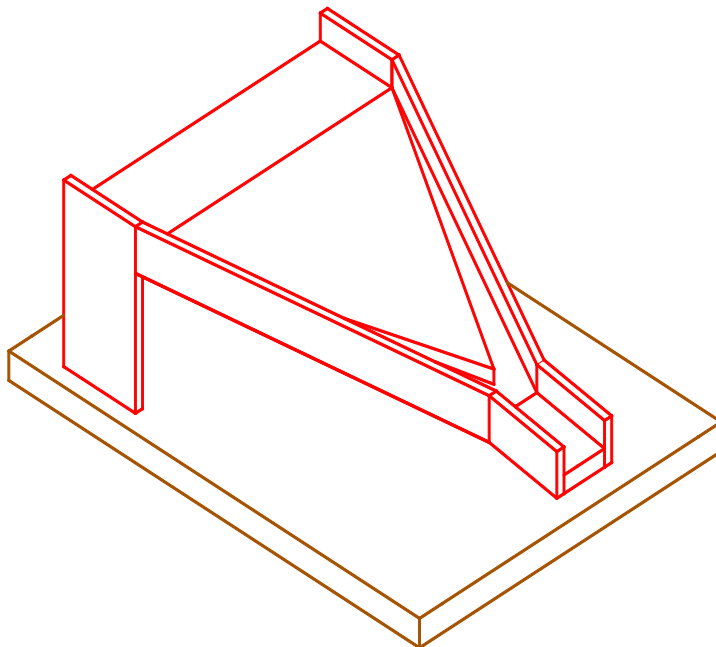
სურ. 1 ფართოზღურბლიანი წყალსაშვის წყალსაგდებ ნაგებობასთან შეუღლების ჰიდრაულიკური მოდელი

მასშტაბის გათვალისწინებით ფართოზღურბლიანი წყალსაშვის სიგანედ და შემაუღლებელი ნაგებობის სიგრძედ განისაზღვრა 0.348 მ. შესაბამისად სწრაფდენთან შეუღლებისას სწორკუთხა არაპრიზმული არხის ფუძის სიგანემ შეადგინა 0.057 მ. მოდელის დასამზადებლად შერჩეულ იქნა კომპოზიტური მასალა ორგმინა, რომლის გამოყენებითაც დამზადდა ფართოზღურბლიანი წყალსაშვის წყალსაგდებ ნაგებობასთან შეერთების მოდელი კვლევისათვის.

წარმოდგენილი მოდელით ექსპერიმენტალურმა კვლევამ გამოავლინა ქანობის ოპტიმალური ვარიანტი, რომელიც თანხვედრაშია თეორიული კვლევით მიღებულ შედეგებთან, ხოლო შემაუღლებელ ნაგებობაში სადინარის კედლებთან ნაკადი იწყებს რადიალურ მოძრაობას მზარდი პოტენციური ენერგიით. მათი გადაკვეთის წერტილიდან იწყება მძაფრი ნაკადის აზვირთება და დიდი სიღრმეებით გადასვლა სწრაფდენის კალაპოტში (სურ.1.2).



სურ. 2 არაპრიზმულ შემაუღლებელ ნაგებობაში ნაკადის აზვირთების პროცესზე დაკვირვება პროფესორ ი. ქადარიას მიერ ექსპერიმენტული ცდის მსვლელობის პროცესში.



ნახ. 6 არაპრიზმული მოდელის ბოლო ვარიანტი სწრაფდენთან შემაუღლებელი ღარქიმიანი ნაგებობის მოდელის აქსონომეტრული ნახაზი



სურ. 3 არაპრიზმული მოდელის ბოლო ვარიანტი სწრაფდენთან
შემაუღლებელი ღარქიმიანი ნაგებობის მოდელი

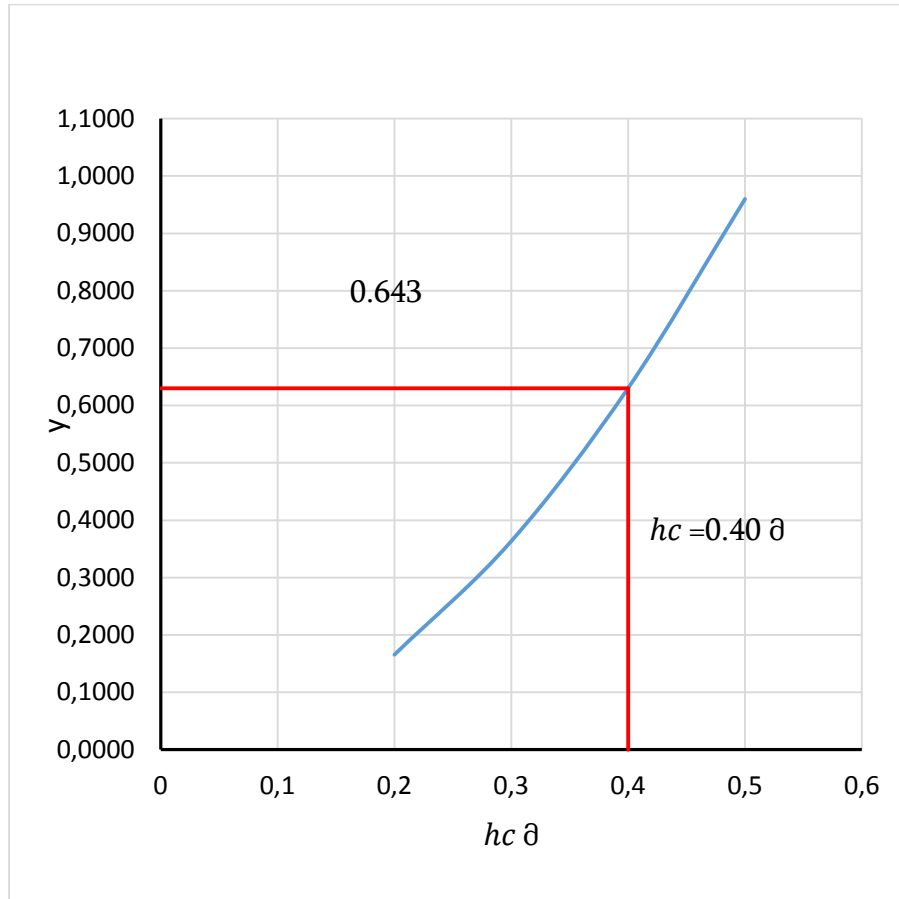
რომელთა გადაკვეთის წერტილი მდებარეობს ანგარიშით მიღებული მარჯვენა და მარცხენა ნაკადთა გადაკვეთის წერტილში. ცდების მონაცემებზე დაყრდნობით, ამოზნექილობის სიმაღლე ტოლია $H_{m+4} \cdot 1/3$. ანუ მოდელზე ამოზნექილობის სიმაღლე ტოლია 0.45 სმ. არაპრიზმულ კვეთში შემაუღლებელ ნაგებობაზე გადადინებული ნაკადის სიმაღლე სწრაფდენთან შეუღლების კვეთში მოდელზე ტოლია 0.0117 მეტრის, რაც ნატურაში ტოლია 1.64 მეტრი წყლის ნაკადის სიღრმის შევიწროებულ კვეთში.

მეოთხე თავში განხილულია არაპრიზმული, სწორკუთხა კვეთის სწრაფდენთან შემაუღლებელი ნაგებობა, რომლის სწრაფდენთან შეუღლების კვეთში ფუძის სიგანე უდრის 6.5 მეტრს. საჭიროა შემდგომში მოვახდინოთ სრულფასოვანი შედარება და მივიღოთ სრული სურათი ორი განსხვავებული მოხაზულობის მქონე, ნაგებობის ჰიდრავლიკური მახასიათებლების. ჩვენი მიზანია განვსაზღვროთ 135 მ³/წმ წყლის ხარჯის დროს პრაქტიკული პროფილის წყალსაშვიდან გადმოდინებული ნაკადის სიღრმე h_c , h_2 და h_3 კვეთებში.

საჭიროა განვსაზღვროთ გრაფიანალიტიკური მეთოდის გამოყენებით შეკუმშული ნაკადის სიღრმე.

გამოვთვალოთ y მნიშვნელობები განტოლებით:

$$y = (P + H_0)h_c^2 - h_c^3 \quad (35)$$



ნახ. 7 ნაკადის სიღრმე h_c კვეთში

განგარიშებას ვახდენთ ფორმულებით, კვეთში სადაც ხდება შევიწროება, წარმოიქმნება მძაფრი ან წყნარი ნაკადი. როდესაც ნაკადი გადადის მძაფრი მდგომარეობიდან წყნარ მდგომარეობაში გამოითვლება ფორმულით:

$$Q_{კრ} = \mu_{კრ} b \sqrt{2g} z^{\frac{3}{2}} \quad (36)$$

$\mu_{კრ}$ – ხარჯის კოეფიციენტი ნაკადის კრიტიკული მდგომარეობისათვის;

$$\mu_{კრ} = 0.366 - 0.016 \left(0.2 \cdot F_r + \frac{\psi - 1}{2 \cdot \tan \frac{\theta}{2}} \right) \quad (37)$$

გამოვთვალოთ წყლის ნაკადის ნახტომი, რომლის დროსაც წყლის ნაკადი გადადის წყნარი მდგომარეობიდან მძაფრ მდგომარეობაში. $Q'_{კრ}$ განისაზღვრება ფორმულით:

$$Q'_{კრ} = \mu'_{კრ} b \sqrt{2g} \varpi_2^{\frac{3}{2}} \quad (38)$$

დავწეროთ ჰიდრავლიკური ნახტომის ძირითადი განტოლება შევიწროებულ კალაპოტში უგანზომილებო სახით.

$$(1 + 2\psi_2)\eta^2 - (2 + \psi_2 + 6Fr)\eta + \frac{6Fr}{\psi_2} = 0 \quad (39)$$

ln – შევიწროებულ კვეთში წყლის ნაკადის ჰიდრავლიკური ნახტომის სიგრძე.

$$ln = \left(1 + 0.145 \sqrt{Fr \tan \frac{\theta}{2}} \right) f h_1 \quad (40)$$

ψ_2 და Fr , რიცხვების მიღებული მნიშვნელობების ჩასმით ჰიდრავლიკური ნახტომის ძირითად განტოლებაში, მივიღებთ განტოლებას შემდეგი სახით.

$$2.8\eta^3 + 0.11\eta^2 - 24.38\eta + 23.87 = 0 \quad \eta = 2.164$$

$$2.68\eta^3 + 0.16\eta^2 - 41.06\eta + 45.5 = 0 \quad \eta = 3.11$$

$$2.56\eta^3 + 0.22\eta^2 - 62.48\eta + 76.53 = 0 \quad \eta = 4.093$$

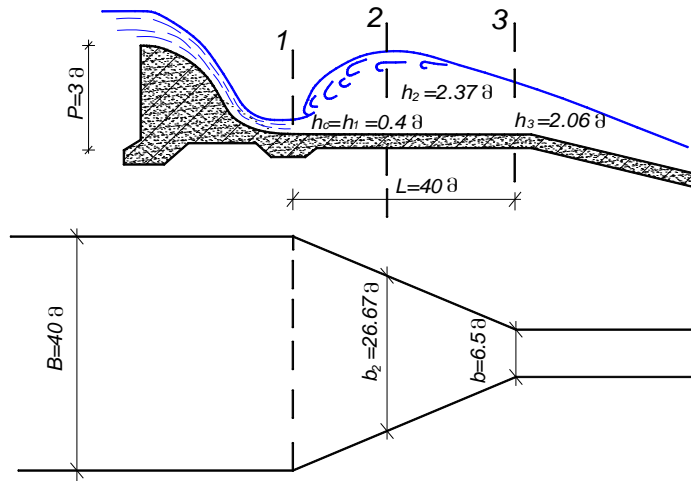
$$2.44\eta^3 + 0.28\eta^2 - 88.7\eta + 119.42 = 0 \quad \eta = 5.119$$

$$2.34\eta^3 + 0.33\eta^2 - 111.51\eta + 162.45 = 0 \quad \eta = 5.925$$

$$2.24\eta^3 + 0.38\eta^2 - 137.02\eta + 216.77 = 0 \quad \eta = 6.761$$

$$2.1\eta^3 + 0.45\eta^2 - 175.17\eta + 313.85 = 0 \quad \eta = 13.6$$

განისაზღვროს წყლის ნაკადის ჰიდრავლიკური ნახტომის შეუღლების სიღრმე, რომელიც შეესაბამება სხვადასხვა ხარჯის მნიშვნელობას $\eta = \frac{h_2}{h_1}$ და $h_2 = \eta h_1$



ნახ.8 პრაქტიკული პროფილის წყალსაშვიდან გადადინებული კატასტროფული წყლის ნაკადის სიღრმე შემაუღლებელ ნაგებობაში, როცა სწრაფდენთან შეუღლების კვეთში არაპრიზმული სწორკუთხა შემაუღლებელი ნაგებობის ფუძის სიგანე უდრის 6.5 მეტრს

წყლის დონე შევიწროებულ ნაწილში და სწრაფდენის შესასვლელში როდესაც გაივლის წყალდიდობის ხარჯი 0.5% უზრუნველყოფა $Q = 135 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ ზემოთ მოყვანილი გათვლების მიხედვით უდრის: შეკუმშულ კვეთში $h_1 = 0.40 \text{ მ}$, ნახტომის ბოლოში $h_2 = 2.37 \text{ მ}$, სწრაფდენის შესასვლელში $h_3 = K' \cdot \vartheta_2 = 2.06 \text{ მ}$

კვლევაში შემოთავაზებული მოსაზრების საფუძველზე, პრაქტიკული პროფილის წყალსაშვის ჩანაცვლება ფართოზღურბლიანი წყალსაშვითა და არაპრიზმული, არაცილინდრული არხის სწრაფდენთან შეერთების კვეთში სწორკუთხა არხის ფსკერის სიგანის შემცირება 8.5 მეტრიდან 6.5 მეტრამდე საჭიროებდა ხელახალ გაანგარიშებას, თეორიულმა გაანგარიშებამ გვიჩვენა, რომ ფართოზღურბლიანი წყალსაშვის არაპრიზმული, არაცილინდრული ფორმის არხთან შეერთების $m - m$ კვეთში ნაკადის სიმაღლე $h = 1.05 \text{ მ}$. ხოლო სწრაფდენთან შეუღლების $m + 4$ კვეთში სადაც სწორკუთხა არხის ფუძის სიგანე პროექტით გათვალისწინებულთან შედარებით შემცირებულია 2 მეტრით, ნაკადის სიღრმე ტოლია 1.86 მეტრის. ეს მონაცემები ცხადყოფენ რომ ჰიდრავლიკური თვალსაზრისით სრულიად

გამართლებულია ახარშენის კაშხლის კვეთში პროექტით გათვალისწინებული პრაქტიკული პროფილის წყალსაშვი ჩანაცვლდეს ფართოზღურბლიანი წყალსაშვით და არაპრიზმული არხი სწრაფდენთან შეერთების კვეთში გახდეს 6.5 მეტრი.

დასკვნები

- გლობალური დათბობის პირობებში აქტუალური გახდა ჰიდროენერგეტიკის განვითარება მისი შესაძლებლობების მაქსიმალურად ათვისების თვალსაზრისით. ასეთი ელექტროსადგურების მშენებლობა XIX საუკუნეში დაიწყო და სხვა ნედლეულზე მომუშავე ელექტროსადგურებს მნიშვნელოვან კონკურენციას უწევს ეკოლოგიურ-ეკონომიკური მაჩვენებლებით. აღნიშნულიდან გამომდინარე ჰიდროენერგეტიკული მშენებლობის განვითარება თანხვედრილია სხვადასხვა ტიპის კაშხლების უსაფრთხო და მდგრად მშენებლობასთან. ამ უკანასკნელის ერთ-ერთი მთავარი შემადგენელი ნაწილია წყალსაგდებ ნაგებობათა კომპლექსის მშენებლობა თვით კაშხლის შემადგენლობაში.
- წინამდებარე ნაშრომში შემოთავაზებულია ახალი ტიპის წყალსაგდების კონსტრუირება და ჰიდრაულიკური გაანგარიშება წყალსაცავიდან კატასტროფული ხარჯის ქვემო ბიეფში გასატარებლად.
- განხილულია რეალური პროექტით გათვალისწინებული მონაცემების საფუძველზე კაშხლის ტანში (უკიდურეს მარცხენა ნაწილში) დაპროექტებული 3 მეტრის სიმაღლის პრაქტიკული პროფილის კაშხლის ჩანაცვლება ფართოზღურბლიანი წყალსაშვით.
- შესრულებულია ფართოზღურბლიანი წყალსაშვის სწრაფდენთან შემაუღლებელი არაცილინდრული, არაპრიზმული არხის ჰიდრაულიკური გაანგარიშება და დადგენილია მისი ზომები $-b/B = 16\%$
- აგებულია თავისუფალი ზედაპირის წირები არაცილინდრული, არაპრიზმული შემაუღლებელი კალაპოტის ზედაპირისთვის $Q = 135$

მ³/წმ ხარჯზე ბერნულის განტოლების გამოყენებით (ჩარნომსკი-ხესტედეს მეთოდით).

- მიღებული თეორიული კვლევის შედეგები შემოწმებულია ლაბორატორიულ-ექსპერიმენტული კვლევებით, რომელიც მასშტაბის მიხედვით ადასტურებს მის სისწორეს.
- ლაბორატორიულმა კვლევამ გამოავლინა, რომ შემაუღლებელი კალაპოტისა და სწრაფდენთან შემაერთებელ უბანზე ხდება მძაფრი ნაკადის აზვირთება. აღნიშნული მოვლენის გასანეიტრალეზად შემოთავაზებულია ახალი ტიპის იმავე გეომეტრიული ზომის შემაუღლებელი ნაგებობა (იხ. ნახ.6)
- მიღებული შედეგების გათვალისწინებით სწრაფდენის ბოლოში გაანგარიშებულია ენერჯის ჩამქრობი ნაგებობის გეომეტრიული ზომები.
- შემოთავაზებული ახალი ტიპის წყალსაგდები ნაგებობის დანერგვა დასაგეგმარებელ პროექტებში გაზრდის მთლიანად ნაგებობის მდგრადობის და ეკონომიურობის მაჩვენებელს.

დისერტაციის ძირითადი შინაარსი გამოქვეყნებულია შემდეგ ნაშრომებში:

1. ქადარია ი, ნოსელიძე გ, მასპინძელაშვილი ბ, საანგარიშო წყალდიდობის ხარჯის პრაქტიკული პროფილის და ფართოზღურბლიანი წყალსაშვით გატარების ანალიზი. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ჰიდროინჟინერია“, № 1-2(29-30), თბილისი 2021 წ, გვ. 22-27
2. ნოსელიძე გ, ფართოზღურბლიანი წყალსაშვის წყალსაგდებ ნაგებობასთან შეუღლების ექსპერიმენტალური კვლევის პირველადი შედეგები. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „შრომები“ № 1(524), თბილისი 2022 წ, გვ. 119-126;
3. ნოსელიძე გ, ფართოზღურბლიანი წყალსაშვის წყალსაგდებ ნაგებობასთან შეუღლების თეორიული კვლევის შედეგები სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ № 1(524), თბილისი 2022 წ, გვ.123-126;

4. Noselidze G. Hydraulically calculation of practical profile spillway and hydraulically jump for the Akhasheni dam. 4th International European conference on interdisciplinary scientific research Warsaw, Poland. Full text book volume II, ISBN: 978-625-7720-53-3 2021, 418-424 p.
5. Noselidze G. The Hydraulical comparison and economical effectiveness of practical profile spillway and broad threshold still way buildings. Tokyo summit-IV 4th International conference on innovative studies of contemporary sciences. , ISBN: 978-625-7720-53-3 Tokyo, Japan 2021 445-449 p.

Summary

Hydraulic calculation of connection of broad crested spillway with floodgate

The design and construction of hydraulic structures require an equalized approach in the face of global warming. The current methodology of calculation of catastrophic spending needs to be revised.

The relevance of the project. In order to investigate the issue, it is necessary to study and calculate the hydraulic process of connection of a broad crested spillway with a floodgate, with the flume, construing its optimal connection and hydraulic calculation, which will increase the reliability and efficiency of the structure as a whole.

The objective of the research. The objective of the dissertation research is to determine the hydraulic investigation of the connection of broad crested spillway with floodgate on the grounds of theoretical calculations and laboratory studies.

Object and methods of research. The object of the research is the hydraulic processes of connection of a broad crested spillway with a floodgate, namely, the determination of the flow depth flown on a broad crested spillway, construction of the curve of free surface flow in the structure of connection with the flume in non-prismatic non-cylindrical form, determination of the depth of the flow in the flume and calculation of energy extinguisher structure in the last intersection of the flume.

Main results of the article and scientific novelty. Comparison of the characteristics obtained from the hydraulic calculation of the flow flown from a broad

crested spillway with the hydraulic characteristics of the flow from the spillway of practical profile represents to be the main result of the research.

The first chapter of the dissertation presents the hydrological processes of the rivers, the constructional types of spillway structures and the conditions for their operation from a hydraulic point of view.

The hydraulic processes of passing of the water flow from a broad crested spillway in the building of connection with a non-prismatic, non-cylindrical flume of the water consumption of $Q = 135 \text{ m}^3/\text{s}$ are considered **in the second chapter of the dissertation.**

The third chapter of the dissertation discusses the theory of modeling, describes the research laboratory, hydraulic models of the subject of research and experimental processes.

The fourth chapter deals with the structure of connection of a non-prismatic right-angled intersection with the flume. We need to make a full comparison and obtain a complete picture of the hydraulic characteristics of the structure with two different shapes. The aim of the study is to determine the depth of the flow from the spillway of practical profile at the width of the bottom of 6.5 m at the intersection of connection of the flume of non-prismatic towpath and the water discharge of $135 \text{ m}^3/\text{s}$ at h_c , h_2 and h_3 intersections.

Incorporating the proposed new type of spillway structure into planned projects will increase the overall sustainability and cost effectiveness of the building.