

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ა. გობოლაძე, ა. ახვლედიანი

დაბალ და საშუალოდაწევრიან წყალმომღებ ნაგებობებში სათბავი კვანძის ჰიდრაულიკური ბაზანბარიშება

(მეთოდური მითითებები საკურსო სამუშაოს
შესასრულებლად ჰიდროტექნიკური სპეციალობის
სტუდენტებისათვის)

თბილისი 2009 წელი

წინამდებარე მეთოდური მითითებები წარმოადგენს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრაულიკისა და ჰიდროელექტროსადგურების კათედრის მიერ 1980 წელს გამოცემული მეთოდური სახელმძღვანელოს "დაბალ და საშუალოდაწნევიან წყალმიმღებ ნაგებობათა სათავე კვანძის ჰიდრაულიკური გაანგარიშება" (შემდგენელი ნ. ქუთათელაძე) გადამუშავებულ და შევსებულ ვარიანტს.

ნაშრომში განხილულია კერძო კონკრეტული ამოცანა დაბალდაწნევიან წყალმიმღებ ნაგებობათა სათავე კვანძის დასაგეგმარებლად და მისი ამოხსნის მეთოდი.

მეთოდური მითითების მიზანია ჰიდროტექნიკური სპეციალობის სტუდენტებისათვის ჰიდრონაგებობათა კომპლექსის ჰიდრაულიკური გაანგარიშების ჩვევების გამომუშავება, აგრეთვე, იმ ხერხების გაცნობა, რომელთა საშუალებითაც შესაძლებელი გახდება სათავე ნაგებობათა კვანძის უხელსაყრელესი ვარიანტის შერჩევა და მის შემადგენლობაში შემავალი ელემენტების რაციონალური დაგეგმარება.

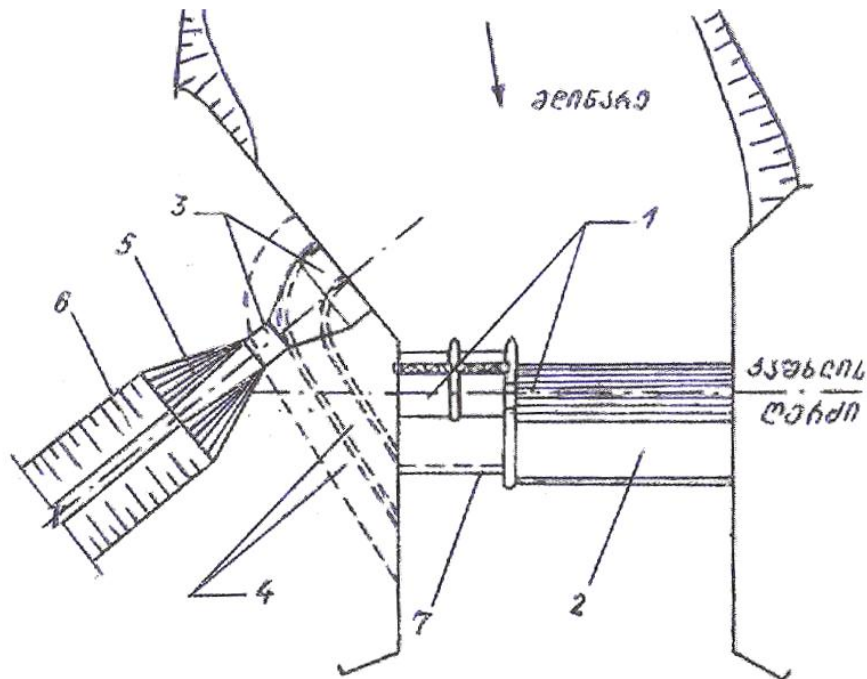
რეცენზენტი: ტ.მ.დ. სრული პროფესორი ზ. გედენიძე

საკურსო სამუშაოს მიზანი

მთისა და მთისპირა ტიპის მდინარეზე საჭიროა დაგეგმარდეს დაბალი ან საშუალო დაწნევიანი წყალმიმღებ ნაგებობათა სათავე კვანძი, რომელიც უდაწნეო დერივაციის ან მაგისტრალური არსსადენის საშუალებით წყალს მიაწვდის მომხმარებელს (ჰიდროელექტროსადგურს, საირიგაციო ან წყალმომარაგების ობიექტებს).

საკურსო სამუშაოს მიზანია გამოუმუშაოს ჰიდროსაინჟინრო დეპარტამენტის სტუდენტებს ჰიდრონაგებობათა კომპლექსის ჰიდრაულიკური გაანგარიშების ჩვენები, აგრეთვე სათავე ნაგებობათა კვანძის უხელსაყრელესი ვარიანტის შერჩევა და მის შემადგენლობაში შემავალი ელემენტების რაციონალური დაგეგმარება.

კაშხალიან წყალმიმღებ ნაგებობათა სათავე კვანძის პრაქტიკაში გავრცელებული ვარიანტი შედგება №1 ნახაზზე ნაჩვენები ძირითადი ელემენტებისაგან.

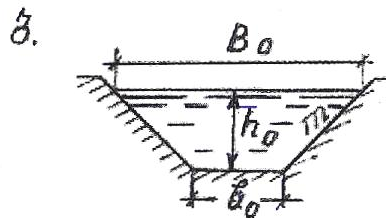
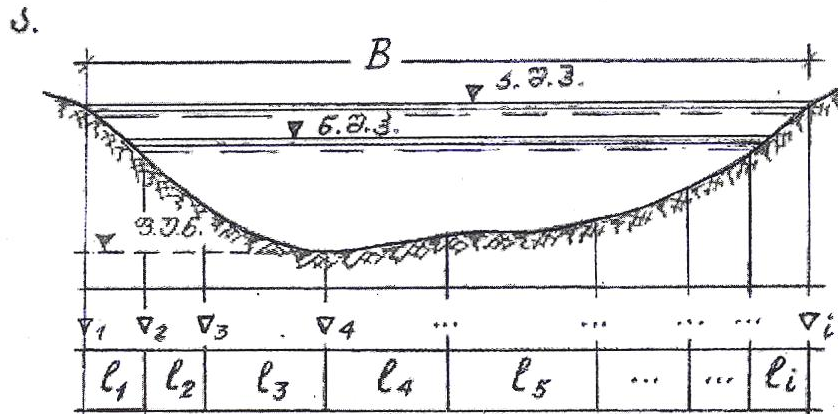


ნახ. №1

წყალმიმღებ ნაგებობათა სათავე კვანძის ჰიდრავლიკური გაანგარიშება მოიცავს შემდეგ ძირითად საკითხებს:

1. ხარჯის მრუდის აგებასა და დონეთა (ჰორიზონტების) დადგენას დამახასიათებელი ხარჯებისათვის მდინარის კვეთში, დასაგეგმარებელი კაშხალის ღერძის გასწვრივ ბუნებრივ პირობებში.
2. კაშხალის მიღებული ვარიანტის შესაბამისად წყალსაგდებ ნაგებობათა ტიპისა და კონსტრუქციული ზომების დადგენას.
3. ბიეფების შეუღლების ხასიათის გამორკვევას და მძაფრი ნაკადის ენერგიის ჩამქრობ მოწყობილობათა ჰიდრავლიკურ გაანგარიშებას.
4. ქვედა ბიეფში ჰიდრავლიკური ნახტომის განდევნის მაქსიმალური სიგრძის დადგენას.
5. სადერივაციო ან მაგისტრალურ არხსადენში ნორმალური სიღრმისა და საშუალო სიჩქარის დადგენას და სიჩქარის მიღებული მნიშვნელობის შემოწმებას არხსადენის კედლების გარეცხვისა და შეწონილი ნატანის დალექვის შესაძლებლობის გათვალისწინებით.
6. წყალმიმღების, არხსადენის რეგულატორისა და გადასასვლელი უბნის ანგარიშს.
7. მდინარის ფსკერული ნატანის დამჭერი (გამრეცხი) გალერეების ჰიდრავლიკურ ანგარიშს და ზოგიერთ სხვა საკითხებს, რომლებიც წამოიჭრებიან სამუშაოს შესრულების პროცესში.

მოცემულია:



ნახ. №2

1. მდინარის კალაპოტის განივი კვეთის პროფილი დასაგეგმარებელი კაშხლის ღერძის გასწორზე;
2. ტრაპეციული კვეთის მქონე არხის განივი კვეთის პროფილი
3. მდინარის კალაპოტის სიგანე $B = 70.0$ მ.
4. მდინარის კატასტროფული შეტბორილი პორიზონტის ნიშნული $\nabla_{კ.შ.ა.} = 307.0$
5. მდინარის ნორმალური შეტბორილი პორიზონტის ნიშნული $\nabla_{ნ.შ.ა.} = 305.7$
6. მდინარის კალაპოტის ფსკერის უმცირესი ნიშნული $\nabla_{ფ.შ.ა.} = 300.0$
7. მდინარის კატასტროფული ხარჯი $Q_{კ.ტ.} = 700$ მ³/წმ
8. მდინარის კალაპოტის საშუალო ქანობი $I = 0.002$
9. კალაპოტის ხორკლიანობის (სიმქისის) კოეფიციენტი $n = 0.03$

10. წყალმიმღების საანგარიშო ხარჯი $Q_{\text{წყალ}} = Q_{\text{არხ}} = 70 \text{ მ}^3/\text{წმ}$
11. ტრაპეციული კვეთის არხსადენის ფუძის სიგანე $b_0 = 3.0 \text{ მ}$.
12. არხსადენის ფერდოს დახრის კოეფიციენტი $m = \text{ctg } \alpha = 1.2$
13. არხის ფსკერის ქანობი $I = 0.0014$
14. არხის მოსახვის ხორკლიანობის (სიმქისის) კოეფიციენტი $\alpha_{\text{არხ}} = 0.011$

ანგარიში:

1. მდინარის ხარჯის მრუდის აგება დასაგეგმარებელი კაშხლის გასწორზე-კვეთში (ბუნებრივ პირობებში)

მდინარის ხარჯის $Q = f(h)$ მრუდის აგება საშუალებას გვაძლევს დავადგინოთ წყლის დონის ცვალებადობა მდინარის ხარჯის ცვლილების მიხედვით ნაგებობის მიერ მდინარის შეტბორვამდე.

გაანგარიშებისათვის ვსარგებლობთ შედეგი ცნობილი ფორმულებით:

$$Q = \omega v \quad (1)$$

$$v = c \sqrt{Ri} \quad (2)$$

სადაც, c შეზის კოეფიციენტია და მას ვანგარიშობთ პავლოვსკის ფორმულით:

$$c = \frac{1}{n} R^y \quad (3)$$

აქ R – ჰიდრაულიკური რადიუსია

n – კალაპოტის ხორკლიანობის კოეფიციენტი

ხარისხის მაჩვენებელი y შეიძლება ვიანგარიშოთ ფორმულებით:

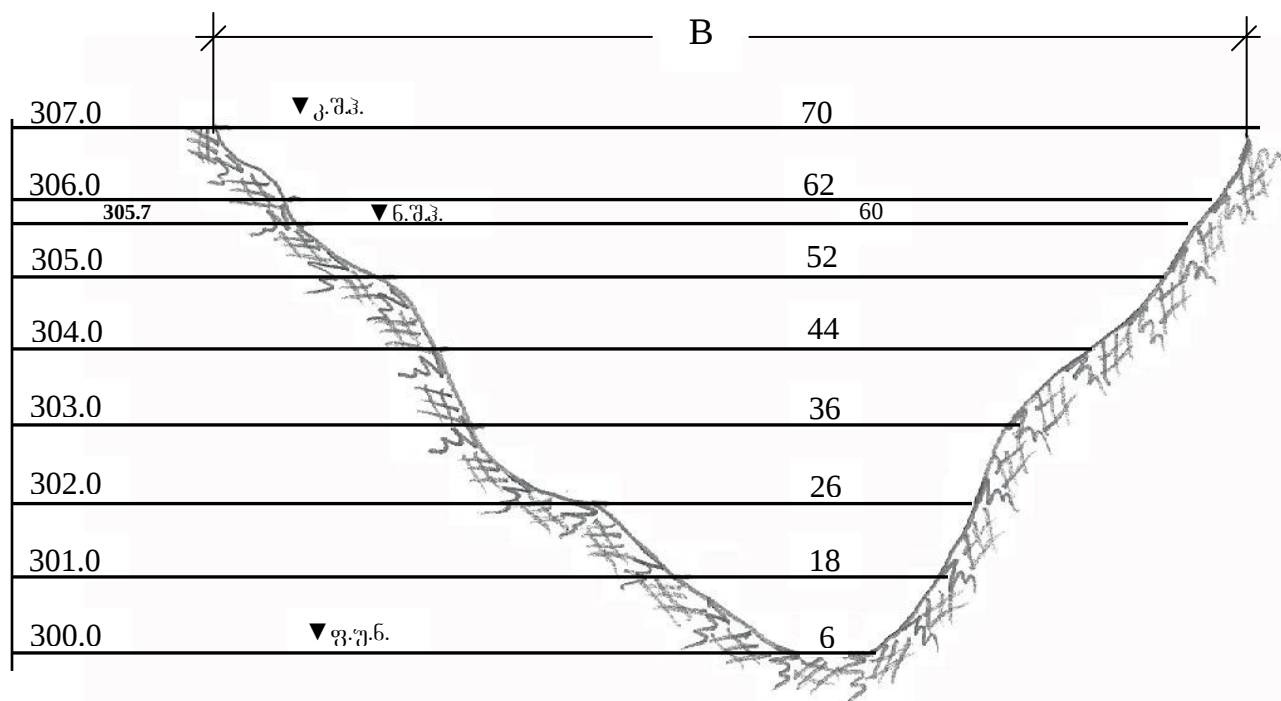
$$y = 1.5 \sqrt{n}, \quad \text{როცა} \quad R < 1.0 \text{ მ}$$

და (4)

$$y = 1.3 \sqrt{n}, \quad \text{როცა} \quad R > 1.0 \text{ მ}$$

ან უშუალოდ დავადგინოთ ცხრილიდან (2. Киселев П.Г.) დანართი №1.

ხარჯის მრუდის ასაგებად წინასწარ უნდა დავუშვათ მდინარეში h სიღრმის რიგი მნიშვნელობები და ზემოთმოყვანილი ფორმულების საშუალებით გამოვთვალოთ მდინარის სათანადო ჰიდრაულიკური ელემენტები და შესაბამისი ხარჯები (ნახ. №3).



ნახ. №3

ანგარიშის მსვლელობა მოყვანილია N1 ცხრილში:

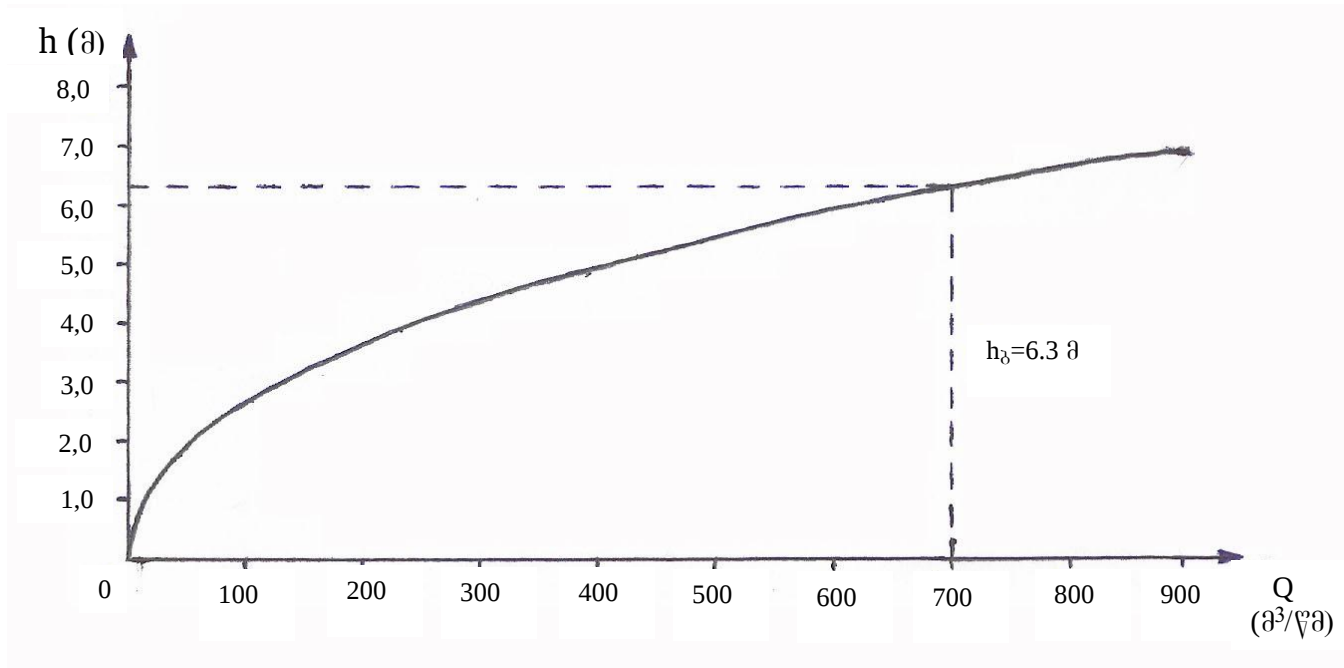
ცხრილი №1

h (მ)	B (მ)	ω (მ ²)	χ (მ)	$R = \frac{\omega}{\chi}$ (მ)	i	$\sqrt{Ri}$ (მ ^{0.5})	c (მ ^{0.5} /წმ)	$v = c\sqrt{Ri}$ (მ/წმ)	$Q = \omega v$ (მ ³ /წმ)
1	18	12.0	21	0.57	0.002	0.034	29.0	1.0	12.0
2	26	34.0	32	1.06	0.002	0.046	33.8	1.55	53.0
3	36	65.0	45	1.44	0.002	0.054	36.34	2.0	130.0
4	44	105.0	56	1.88	0.002	0.061	38.4	2.34	246.0
5	52	153.0	67	2.28	0.002	0.068	39.9	2.71	415.0
5.7	60	192.0	77	2.49	0.002	0.071	40.6	2.88	553.0

6	62	210.0	80	2.62	0.002	0.072	41.0	2.95	620.0
7	70	276.0	91	3.03	0.002	0.078	41.9	3.27	903.0

ცხრილში მდინარის კალაპოტის B სიგანეებს ნებისმიერ დაშვებულ h სიღრმეზე ვითვლით მილიმეტრულ ბადეზე დახაზული მდინარის კალაპოტის ნახაზიდან, ω ფართობებს – ტრაპეციის ფართობის ფორმულით. ხოლო χ სველ პერიმეტრს – მდინარის B სიგანეს სხვადასხვა h სიღრმეზე ვუმატებთ 1,5 მ.-ს მარცხნიდან და 1,5 მ.-ს მარჯვნიდან დაახლოებითი სიზუსტისათვის, რომელიც აკმაყოფილებს სტუდენტის საკურსოს ნაშრომის დონეს.

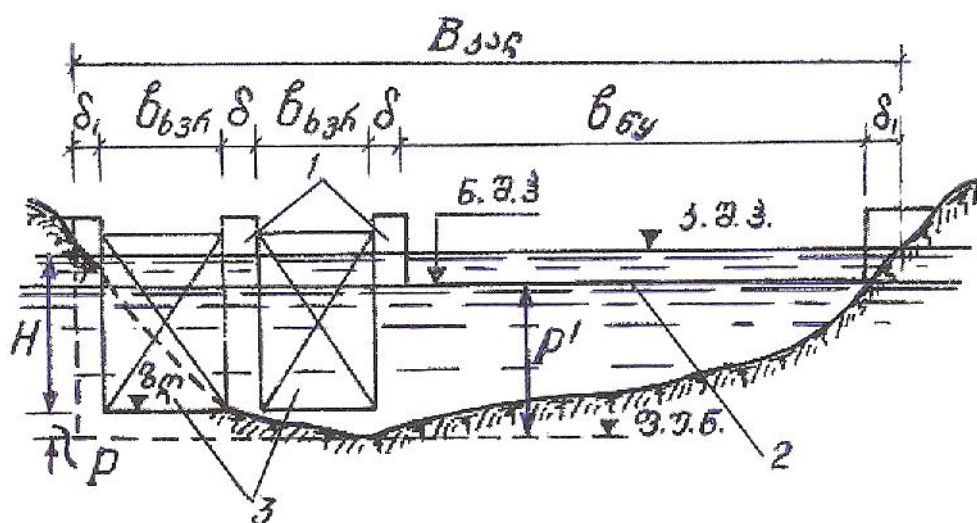
ცხრილის მონაცემების საფუძველზე აიგება ხარჯის მრუდი $Q = f(h)$, რომლითაც განისაზღვრება $Q_{\text{კატ}}$ ხარჯის შესაბამისი სიღრმე ქვედა ბიეფში h_b (ნახ. №4). ამავე მრუდის საშუალებით შეგვიძლია განვსაზღვროთ მდინარის ნებისმიერი ხარჯის შესაბამისი სიღრმე სათავე ნაგებობის ქვედა ბიეფში.



ნახ. №4

2. კაშხლის ფარებიანი ნაწილის წყალგამტარი ფრონტის სიგანის გაანგარიშება

კაშხლის წინ დაღეჭილი ნატანის პერიოდული გარეცხვის მიზნით, აგრეთვე წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯების დიდი ნაწილის გატარებისათვის მიზანშეწონილია კაშხალში მოეწყოს დაბალზღურბლიანი ფარებიანი ნაწილი (ნახ. №5).



ნახ. №5

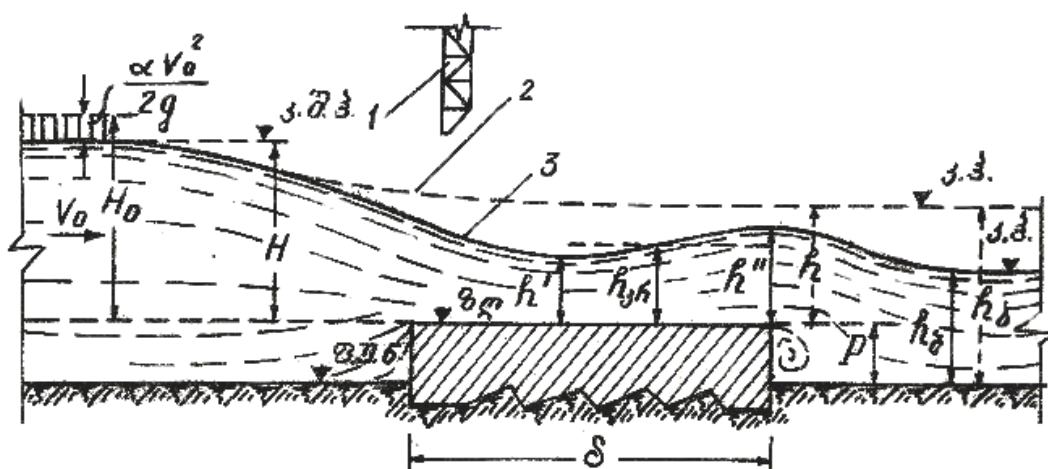
ჩვენს შემთხვევაში მიზანშეწონილად ჩავთვალეთ კომბინირებული ტიპის კაშხლის განხორციელება, დაბალზღურბლიანი ფარებიანი ნაწილითა და პრაქტიკული პროფილის თავისუფალი წყალსაშვებით საკეტების გარეშე. გრძელი სადაწნო ფრონტის შემთხვევაში უმჯობესია მინიმალური რაოდენობის ფარების დაყენება და კაშხლის ყრუ ნაწილის გათვალისწინება. უკანასკნელი მეტწილად წარმოადგენს ბეტონის კაშხალს. ასეთი გადაწყვეტის შემთხვევაში, ცხადია, თავისუფალი წყალსაშვების თხემის ნიშნული უნდა შეესაბამებოდეს ნორმალური შეტბორვის დონეს. ამის შედეგად ჭარბი წყლის გადაგდება ქვემო ბიეფში მოხდება ავტომატურად და

თავიდან იქნება აცილებული ძირითადი საფარე ხერეცების ხშირი ჩაკეტვა-გაღება და მასთან დაკავშირებული წყლის დანაკარგები. უსაკეტებო თავისუფალი წყალსაშვების გამოყენება ეკონომიურ გადაწყვეტად უნდა ჩაითვალოს.

გამრეცხი ფარები (რაბი) უნდა მოეწყოს მდინარის იმ ნაპირზე, სადაც განლაგებულია წყალმიმღები, რათა მისი ე.წ. „გეგმიური გარეცხვის“ დროს წყალმიმღების ზღურბლს ააცილოს ნაგებობის ზედა ბიეფში მოძრავი ფსკერული ნატანის გარკვეული ნაწილი.

ჰიდრავლიკური გაანგარიშების ძირითადი მიზანია გამრეცხი ხერეცების გამტარობის უნარის განსაზღვრა მდინარეში კატასტროფული ხარჯის გავლის დროს, როდესაც ეს ხერეცები მთლიანად არის გადაბული. გამრეცხი ხერეცების ჯამური საორიენტაციო (ხ_{გამრ.}) დადგენისათვის საჭიროა წინასწარი გაანგარიშების ჩატარება გამომდინარე იმ პირობიდან, რომ მან უზრუნველყოს კატასტროფული ხარჯის დაახლოებით 60-70%-ის გატარება.

ფარის მთლიანად აწევის შემთხვევაში, ანუ გამრეცხი ხერეცის მთლიანი გაღებისას კაშხლის ფლუტბეტის ის ნაწილი, რომელზეც უშუალოდ გადადინდება წყალი, ჰიდრავლიკური თვალსაზრისით განიხილება როგორც ფართოზღურბლიანი წყალსაშვი გვერდითი კუმშვით (ნახ. №6).



ნახ. №6

დაპროექტების დროს პირველ რიგში უნდა გამოვარკვეოთ წყალსაშვის დაძირულობის პირობა. წყალსაშვი შეიძლება ჩაითვალოს დაუძირავად, თუ დაკმაყოფილებულია შემდეგი პირობა:

$$h'' \geq h_k - P \quad (5)$$

სადაც „ h'' “, არის წყალსაშვის ზღურბლზე გადადინებული ნაკადის პიდრავლიკური ნახტომ-ტალღის მეორე შეუღლებული სიღრმე;

h_k არის კატასტროფული ხარჯის გავლის შემთხვევაში შესაბამისი სიღრმე ქვედა ბიეფში (ნახ. №4); $h_k = 6,3$ მ.

P არის ზღურბლის შემადგენლობა ქვედა ბიეფის ფსკერის ნიშნულიდან. $P \approx (0 \div 1,5 \text{ მ.})$, ავიღოთ $P = 1$ მ.

ნაკადის კაშხალთან მოდინების სიჩქარე

$$V_o = \frac{Q_{\text{კატ}}}{\omega_{\text{კატ}}} = \frac{700}{276} = 2.54 \text{ მ/წმ.}$$

სადაც $\omega_{\text{კატ}}$ არის ზედა ბიეფში კატასტროფული შეტბორილი ჰორიზონტის $\nabla_{\text{კ.შ.პ.}}$ შესაბამისი მდინარის ცოცხალი კვეთის ფართობი.

დაწნევა ზღურბლზე H_o მოდინების სიჩქარის გათვალისწინებით:

$$H_o = H + \frac{\alpha V_o^2}{2g} \quad (6)$$

$$H_o = 6 + \frac{1 \cdot 2.54^2}{2 \cdot 9.81} = 6.33 \text{ მ.}$$

აქ $H = (\nabla_{\text{კ.შ.პ.}}) - (\nabla_{\text{ზღ.}}) = 307,0 - [(300 + 1)] = 6,0$ მ. არის გეომეტრიული დაწნევა ზღურბლზე.

და $\alpha = 1,0 \div 1,1$

ავიღოთ $\alpha = 1,0$

იმ შემთხვევაში, როდესაც დაკმაყოფილებულია (5) პირობა ე.ი. გვაქვს

დაუძირავი გადადინების შემთხვევა, კაშხლის ფარებიანი ნაწილის წყალგამტარი ფრონტის ეფექტური (შეკუმშული) სიგანე b_c შეიძლება ვიანგარიშოთ ფართოზღურბლიანი დაუძირავი წყალსაშვების ხარჯის ფორმულიდან:

$$b_c = \frac{Q}{m\sqrt{2g} \cdot H_o^{\frac{3}{2}}} \quad (7)$$

ხოლო წყალგამტარი ფრონტის სრული გეომეტრიული სიგანე - შემდეგი გამოსახულებით:

$$b = b_c + 0.1 \cdot n \cdot \xi \cdot H_o \quad (8)$$

აქ $Q=Q_{\text{ფარ}}$ არის კაშხლის ფარებიანი ნაწილის შესაბამისი წყალდიდობის საანგარიშო ხარჯი. ჩვენ შემთხვევაში ავიღოთ 60%.

$$Q_{\text{ფარ}} = 0,6 \times Q_{\text{კატ}} = 0,6 \times 700 = 420 \text{ მ}^3/\text{წმ}$$

m - არის წყალსაშვების ხარჯის კოეფიციენტი, იგი დამოკიდებულია სიჩქარის კოეფიციენტის სიდიდეზე და განისაზღვრება ცხრილი №2-დან. ჩვენს შემთხვევაში ავიღოთ $m = 0,34$

ცხრილი №2

m	0,385	0,380	0,370	0,360	0,350	0,340	0,330	0,320	0,310	0,300
φ_c	1	0,987	0,968	0,951	0,936	0,923	0,912	0,900	0,891	0,881

ნაკადის გვერდითი კუმშვის პირობებში სიჩქარის კოეფიციენტი უნდა მივიღოთ

$$\varphi = \varphi_c - \text{ს ტოლი. (3. Агроскин И.И. გვ. 298, 304)}$$

n - გვერდით კუმშვათა რიცხვი (ხშირად იგი ეტოლება დაპროექტებული მაღების გაორკეცებულ რიცხვს). ჩვენს შემთხვევაში

ავიღოთ ორი ფარი ე.ი. გაორკეცვულ რიცხვი $n = 4$

ξ არის ბურჯის თავის ფორმის კოეფიციენტი. ავიღოთ $\xi=0,75$.
ყველაფერი ეს შევიტანოთ (7) და (8) ფორმულებში. მივიღებთ:

$$b_c = \frac{420}{0.34 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81} \cdot 6.33^{\frac{3}{2}}} = 17.5 \text{ მ.}$$

ხოლო $b = 17.5 + 0.1 \cdot 4 \cdot 0.75 \cdot 6.33 = 19.4 \text{ მ.}$

ავიღოთ 2 ფარი, თითოეული ფარის მაღის სიგრძე 10,0 მ.

$$b_1 = \frac{b}{n} = \frac{20}{2} = 10 \text{ მ.}$$

საქართველოს ჰოდროტექნიკური მშენებლობის პრაქტიკაში ხშირად
ვხვდებით $8 \div 14$ მ. სიგანის წყალსაშვებ ხვრეტებს.

კაშხლის ფარებიანი ნაწილის ფრიად საპასუხისმგებლო ელემენტს წარმოადგენს შუალედური ბურჯები, რომლებიც წყალსაშვებ ფრონტს ყოფენ ცალკეულ მაღებად. ბურჯების კონსტრუქცია და მთავარი ზომები დამოკიდებულია საკეტებისა და ამწე მექანიზმების ტიპზე, სამომსახურო და საგალი ხიდების ზომებზე, ფუძის ყამირების ხასიათზე და სხვა. როგორც წესი, ბურჯებზე მოდის მეტი დატვირთვა, ვიდრე კაშხლის ფლუტბეტზე, ამიტომ ბურჯები გამოიყოფა ფლუტბეტისაგან სპეციალურად დამუშავებული ნაკერების მეშვეობით. ბურჯების საძირკველში ეწყობა სპეციალური მომზადება.

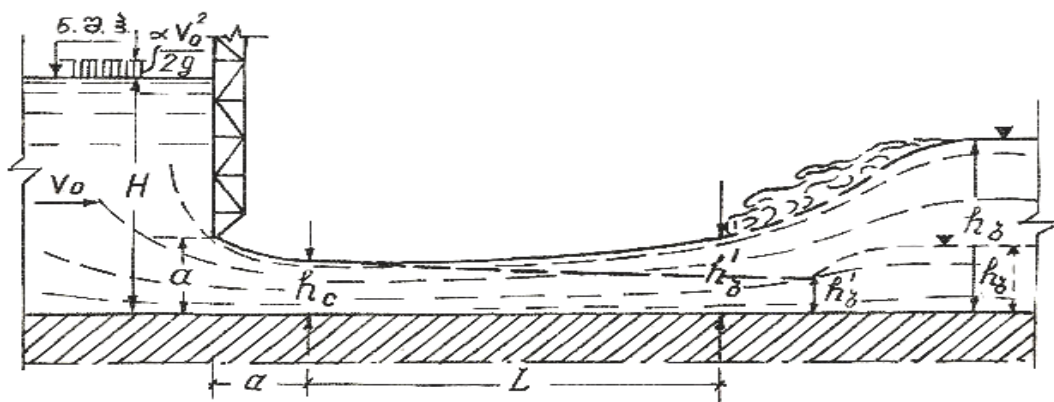
ბურჯების სისქე იმ კაშხლებში, რომელთა დაწნევაა 20 – 30 მ. აიღება 2 – 2,5 მეტრი, ხოლო ნაკლები დაწნევის შემთხვევაში 1 – 1,5 მეტრი. ჩვენს შემთხვევაში ავიღოთ $\delta = 1,5$ მ.

3. გამრეცხი რაბის ხერეცის ისეთი გაღების დადგენა, როდესაც ადგილი აქვს ქვედა ბიეფში ნაკადის ჰიდრაულიკური ნახტომის მაქსიმალურ განდევნას

ნაკადის ყველაზე არახელსაყრელ შეუღლებას ნაგებობის ქვედა ბიეფში ჰიდრაულიკური ნახტომის მაქსიმალური განდევნის თვალსაზრისით, უმეტეს შემთხვევაში ადგილი აქვს არა კატასტროფული ხარჯის გავლის დროს მდინარეში (როდესაც მთლიანად გაღებულია კაშხლის ყველა წყალგამტარი ხერეტი), არამედ კაშხლის ექსპლუატაციის რომელიმე შუალედური რეჟიმის დროს. მაგალითად, წყლის გატარებისას ქვედა ბიეფში მხოლოდ ერთი გამრეცხი ხერეცის საშუალებით.

იმისათვის, რომ სწორად შევარჩიოთ წყალსაცემი მოწყობილობის ზომები, საჭიროა მოიძებნოს საკეტის გაღების ის a^* სიმაღლე, რომლის დროსაც ადგილი ექნება ჰიდრაულიკური ნახტომის მაქსიმალურ განდევნას ქვედა ბიეფში.

ბიეფების შეუღლების ყველაზე არახელსაყრელი პირობების გამორკვევას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება, როგორც ტექნიკური (ნაკადის ენერგიის ჩაქრობა, წყალსაცემის მოპირკეთება და გამაგრება ჰიდრაულიკური ნახტომის განდევნის უბანზე და სხვ.), ასევე ეკონომიური თვალსაზრისითაც (ნახ. №7).



ნახ. №7

ნაგებობის ქვედა ბიეფში ჰიდრავლიკური ნახტომის მაქსიმალურ განდევნას ადგილი ექნება მაშინ, როდესაც $\Delta = h_c' - h_c$ სხვაობა ფარის სხვადასხვა სიმაღლეზე აწევისას მიაღწევს მაქსიმალურ მნიშვნელობას.

გამრეცხი ხვრეტის ფარის აწევის სიმაღლე აღვნიშნოთ a -თი, ხოლო ფარის აწევა, რომლის დროსაც ადგილი აქვს ჰიდრავლიკური ნახტომის მაქსიმალურ განდევნას a^* -ით და შესაბამისი ხარჯი Q^* -ით.

ფარიდან გამოდინებული ნაკადის შეკუმშულ კვეთში h_c სიღრმის შეუღლებული სიღრმე h_c' განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$h_c' = 0.5h_c \left[\sqrt{1 + \frac{8q^2}{gh_c^3}} - 1 \right] \quad (9)$$

სადაც,
$$h_c = \varepsilon \cdot a \quad (10)$$

აქ ε არის ნაკადის ვერტიკალური კუმშვის კოეფიციენტი. იგი შეგვიძლია დავადგინოთ ფარის ფარდობითი აწევის $\frac{a}{H}$ მიხედვით (2. Киселев П.Г.) დანართი №2.

q - ფარიდან გამოდინებული ნაკადის ხვედრითი ხარჯი. იგი იანგარიშება ფორმულით:

$$q = \frac{Q}{b_{\text{სერფ}}} = \varphi \cdot h_c \sqrt{2g(H_o - h_c)} \quad (12)$$

სადაც φ არის საკეტის ქვეშიდან გამოდინებული ნაკადის სიჩქარის კოეფიციენტი და ტოლია $\varphi = 0.90$ (2. Киселев П.Г.), H_o - ზღურბლზე მოსული დაწნევა $\nabla \text{ნ.შ.პ.}$ -ის დროს მდინარის მოსვლის სიჩქარის გათვალისწინებით.

$$H_o = H + \frac{\alpha v_o^2}{2g}$$

აქ $H = (\nabla \text{ნ.შ.პ.}) - [(\nabla \text{ფ.უ.ნ.}) + P] = 305,7 - 301 = 4,7 \text{ მ.}$

კაშხალთან ნაკადის მოდინების სიჩქარე $v_o = \frac{Q}{\omega_{\text{ნ.ბ.}}}$, სადაც $\omega_{\text{ნ.ბ.}}$ არის

ნაკადის ცოცხალი კვეთის ფართობი ზედა ბიეფში (Vნ.შ.პ.) –ის დროს.

$$\omega_{\text{ნ.ბ.}} = 192 \text{ მ}^2, \text{ ხოლო}$$

$$Q = \frac{Q_{\text{ფარ.}}}{2} = \frac{420}{2} = 210 \text{ მ}^3/\text{წმ}$$

$$q = \frac{Q_{\text{ფარ.}}}{2b_{\text{გამრ.}}} = \frac{420}{2 \cdot 10} = 21 \text{ მ}^2/\text{წმ}$$

$$v_o = \frac{Q}{\omega_{\text{ნ.ბ.}}} = \frac{210}{192} = 1.09 \text{ მ}/\text{წმ}$$

$$H_o = 4.7 + \frac{1 \cdot 1.09^2}{2 \cdot 9.81} = 4.7 + 0.06 = 4.76 \text{ მ.}$$

ჰიდრაულიკური ნახტომის მაქსიმალური განდევნის შესაბამისი ფარის აწევის სიმაღლისა (a^*) და ხარჯის (Q^*) გაანგარიშებისათვის საჭიროა ფარის აწევის რიგი მნიშვნელობების დაშვება ($a=10\%, 15\%, 20\%, 25\%$ და ა.შ.) და თითოეული მათგანის შესაბამისი ჰიდრაულიკური ელემენტების განსაზღვრა მე-3 ცხრილში მოყვანილი თანმიმდევრობით.

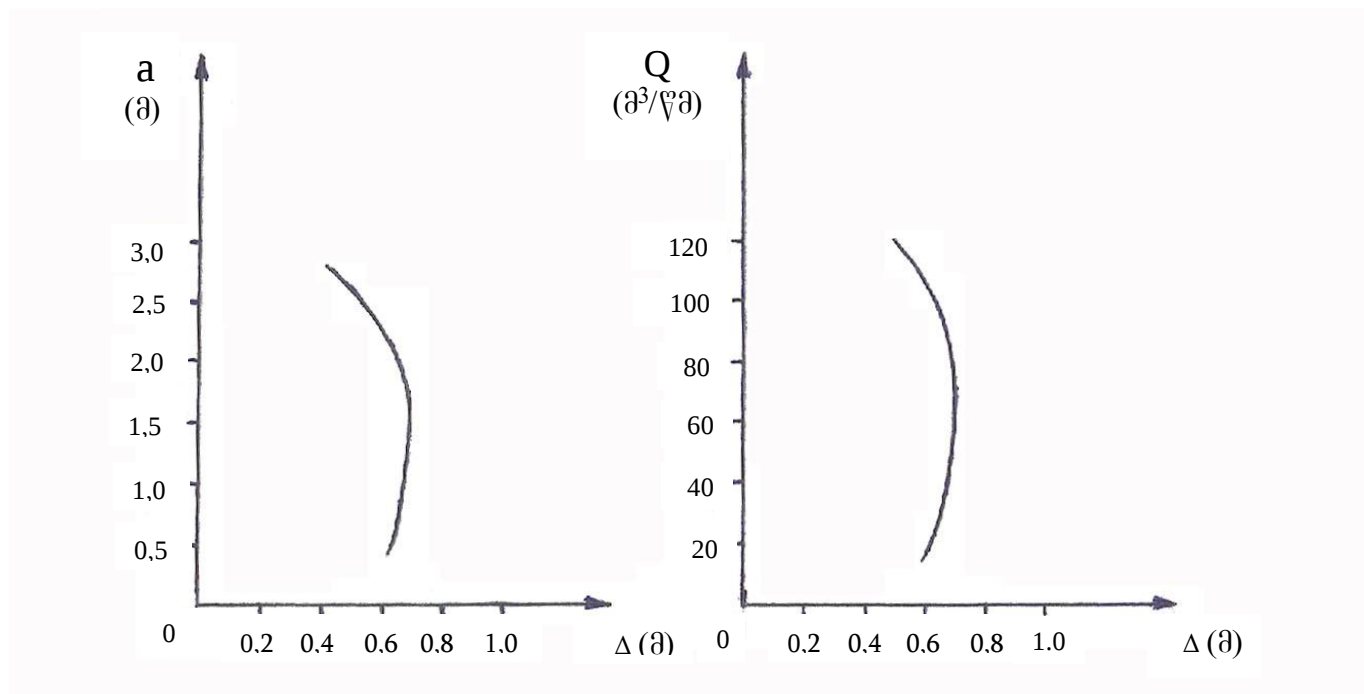
ცხრილი №3

N	a (მ)	$\frac{a}{H}$	ε	$h_c = \varepsilon \cdot a$ (მ)	q (მ ² /წმ)	Q (მ ³ /წმ)	h_c' (მ)	h_b (მ)	$\Delta = h_c' - h_b$ (მ)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.47	0.10	0.615	0.29	2.44	24.4	1.90	1.25	0.65
2	0.705	0.15	0.617	0.43	3.57	35.7	2.24	1.58	0.66
3	0.94	0.20	0.620	0.58	4.73	47.3	2.53	1.86	0.67

4	1.175	0.25	0.622	0.73	5.84	58.4	2.74	2.06	0.68
5	1.41	0.30	0.625	0.88	6.91	69.1	2.91	2.22	0.69
6	1.645*	0.35	0.628	1.03*	7.93*	79.3*	3.05*	2.35	0.70*
7	1.88	0.40	0.631	1.19	8.96	89.6	3.16	2.5	0.66
8	2.115	0.45	0.637	1.35	9.94	99.4	3.246	2.62	0.63
9	2.35	0.50	0.645	1.52	10.91	109.1	3.31	2.72	0.59
10	2.6	0.55	0.652	1.7	11.85	118.5	3.34	2.85	0.49

წელის სიღრმე ქვედა ბიეფში h_b ფარის ნებისმიერი გაღებისათვის (a) და ხარჯისათვის (Q) აითვლება ქვედა ბიეფის ხარჯის მრუდიდან (ნახ. №4).

მე-3 ცხრილის მონაცემების მიხედვით აიგება გრაფიკები $\Delta = f_1(a)$ და $\Delta = f_2(Q)$. აღნიშნული გრაფიკების საშუალებით განისაზღვრება (ნახ. №7) a^* და Q^* სიდიდეები.



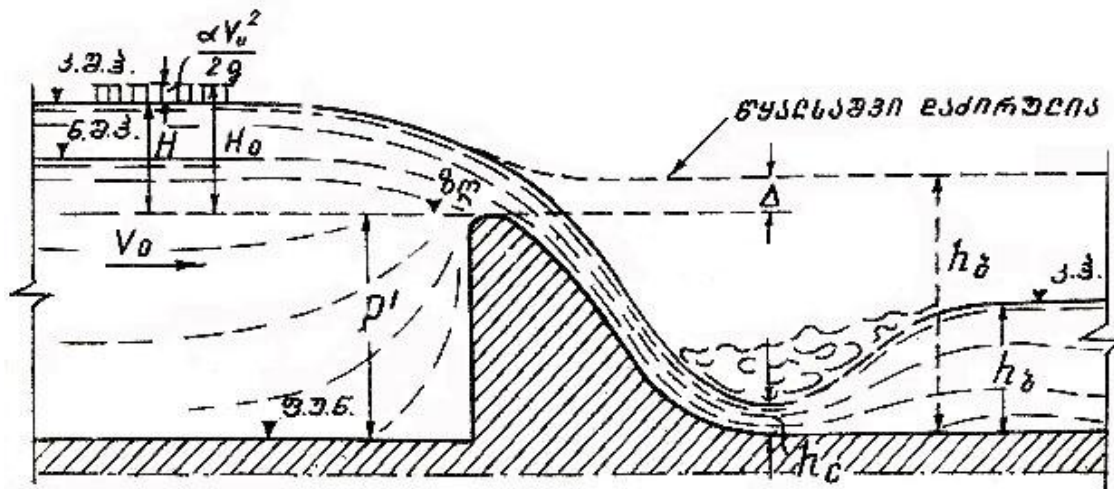
ნახ. №8

4. კაშხლის წყალსაშვიანი ნაწილის ჰიდრაულიკური გაანგარიშება

კაშხლის წყალსაშვიანმა ნაწილმა ქვედა ბიეფში უნდა გაატაროს კატასტროფული ხარჯის ნაწილი.

$$Q_{\text{წყალსაშ}} = Q_{\text{კატ}} - Q_{\text{ფარ}} - Q_{\text{წყალმოძღ}} = 700 - 420 - 70 = 210 \text{ მ}^3/\text{წმ}$$

ჩვენ ავირჩიეთ პრაქტიკული პროფილის წყალსაშეები, ნახ. №6 რომელზეც გადაღებული წყლის შემთხვევაში იგი განიხილება, როგორც პრაქტიკული პროფილის კაშხალი გვერდითი კუმშვით. ასეთი კაშხალი ხორციელდება ბეტონით და მისი პროფილის მოხაზულობა აიგება კრივეროფიცეროვის კოორდინატების მიხედვით (1. Чугаев Р.Р. გვ. 437).



ნახ. №9

პრაქტიკული პროფილის წყალსაშვიანი კაშხალი ორი გამრეცხი ხერგით სხვა ტიპის კაშხლებთან შედარებით ეკონომიურია და კარგად პასუხობს ზედა ბიეფის ფორმირებისა და ნატანის მოძრაობის ხელსაყრელ რეჟიმს, მაგრამ მისი გამოყენება შესაძლებელი ხდება მხოლოდ მაშინ, როდესაც კალაპოტის ფრონტის სიგანე კაშხლის გასწორზე (დერძზე) არის საკმარისი მდინარის კატასტროფული ხარჯის გადასაგდებად ნაგებობის ქვედა ბიეფში. ამრიგად, კაშხლის აღნიშნული ტიპი მიიღება იმ შემთხვევაში თუ კატასტროფული ხარჯის დროს კაშხლის ხერგების (გამრეცხი რაბისა და კაშხლის წყალსაშვიანი ნაწილის), ბურჯებისა და სანაპირო კედლების ჯამური სიგანე არ აღემატება კალაპოტის სიგანეს (ნახ. №5)

$$B_{\text{კალ}} \geq b_{\text{გამრ}} + b_{\text{წყალსაშვ}} + \sum \delta + \sum \delta_1 \quad (13)$$

სადაც $b_{\text{გამრ}} = 2b_{\text{სფრ}}$

კაშხლის აღნიშნული ტიპის პრაქტიკული პროფილის წყალსაშვიანი ნაწილის ქიმის ნიშნული უნდა შეუთავსდეს $\nabla \text{ნ.შ.პ.}$ -ს. აღნიშნულ შემთხვევაში, თუ მდინარის ხარჯი აღემატება წყალმიმღების საანგარიშო ხარჯს (Q_0), ჭარბი ხარჯი ავტომატურად გადაედინება კაშხლის წყალსაშვიანი ნაწილის ზღურბლზე.

მდინარეში კატასტროფული ხარჯის გავლის დროს პრაქტიკული პროფილის წყალსაშვზე გადადინებული ნაკადის ფენის მაქსიმალური სიმაღლე (დაწნევა) მოდინების სიჩქარის გათვალისწინებით ტოლია

$$H_o = \left[(\nabla \text{კ.შ.პ.} - \nabla \text{ნ.შ.პ.}) + \frac{\alpha v_o^2}{2g} \right] = (307.0 - 305.7) + \frac{1 \cdot 2.54^2}{2 \cdot 9.81} = 1.63 \text{ მ.}$$

აქ ნაკადთან მოდინების სიჩქარე იგივეა რაც მე-2 პუნქტში.

წყალსაშვების წყალგამტარი ფრონტის ეფექტური (შეკუმშული) სიგანე იანგარიშება (7) ფორმულით

$$b_c = \frac{Q_{\text{წყალსაშ}}}{m \sqrt{2g \cdot H_o^{\frac{3}{2}}}} = \frac{210}{0.48 \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 1.63^{\frac{3}{2}}}} = 47.46 \text{ მ.}$$

აქ m ხარჯის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია წყალსაშვების ფორმაზე, $m = (0.45 \div 0.48)$

წყალსაშვების წყალგამტარი ფრონტის საერთო სიგანე კი იანგარიშება (8) ფორმულით.

$$b = b_c + 0.1 \cdot n \cdot \xi \cdot H_o = 47.46 + 0.1 \cdot 2 \cdot 0.75 \cdot 1.63 = 47.7 \text{ მ.}$$

აქ $n=2$ (წყალსაშვების გაორკეცებული სიდიდე)

წყალსაშვზე გადადინებული ნაკადის ხვედრითი ხარჯი

$$q = \frac{Q_{\text{წყალსაშვ}}}{b_{\text{წყალსაშვ}}} = \frac{210}{47.7} = 4.4 \text{ მ}^3/\text{წმ}$$

5. ნაგებობის ქვედა ბიეფში მძაფრი ნაკადის წყნარ ნაკადად გარდაქმნა. წყალსაცემი ნაწილის ჰიდრაულიკური გაანგარიშება

კაშხლის ფარის ქვეშ გამოდინებული ნაკადის ქვედა ბიეფთან შეუღლების შესაძლო ფორმების განხილვისას, გარკვეულ პირობებში, ქვედა ბიეფში შეიძლება მივიღოთ ნაკადი განდევნილი ჰიდრაულიკური ნახტომით, რომელსაც აქვს დიდი დამანგრეველი ძალა და შეუძლია გამოიწვიოს კალაპოტის მნიშვნელოვანი წარეცხვა. ასეთ შემთხვევაში საჭიროა ისეთი სპეციალური ნაგებობების მოწყობა, რომლის საშუალებით შესაძლებელი გახდება ნაკადის ზედმეტი ენერგიის ჩაქრობა და, საბოლოო ჯამში, დატბორილი (დაძირული) ნახტომის მიღება.

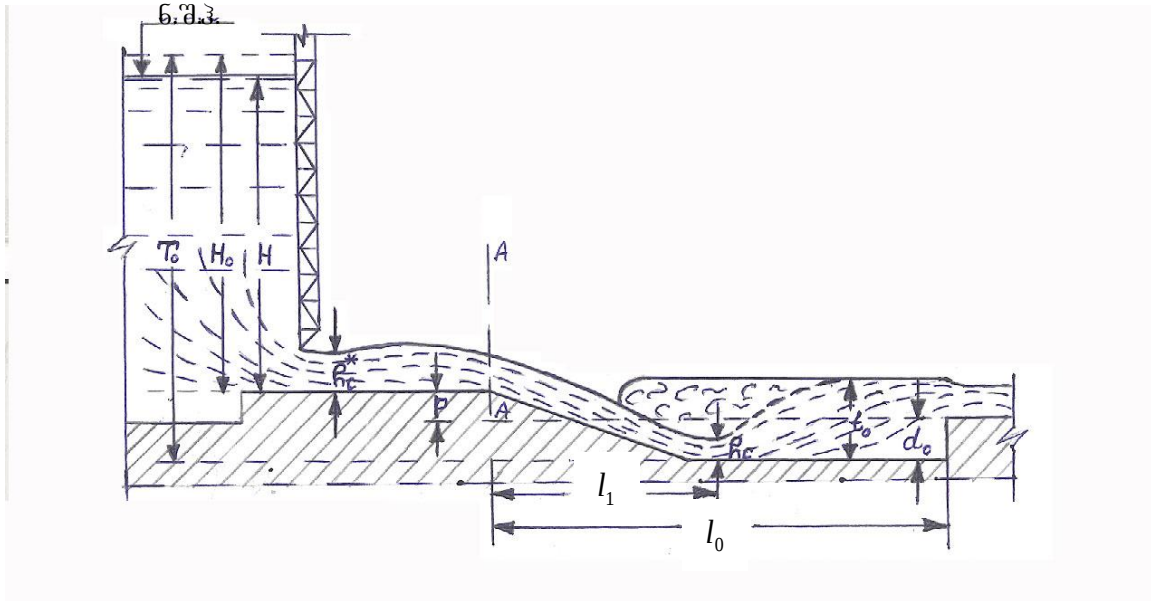
ჰიდრომშენებლობის პრაქტიკაში ცნობილია ნაგებობის ქვედა ბიეფში მძაფრი ნაკადის წყნარ ნაკადად გარდაქმნის ორი ძირითადი ხერხი:

ა) განდევნილი ჰიდრაულიკური ნახტომის უშუალოდ ნაგებობასთან მიახლოება (ხორციელდება ხელოვნურად, სხვადასხვა კონსტრუქციის ჭარბი ენერგიის ჩამქრობ მოწყობილობათა გამოყენებით-პირსები, რეზოკის კბილები, სენკოვის ძელები და სხვა).

ბ) გარკვეული სიღმის “წყლის ბალიშის” შექმნა ნაგებობის ქვედა ბიეფში (სადაც ხორციელდება მძაფრი ნაკადის შეუღლება წყნარ ნაკადთან სრულქმნილი შეტბორილი ჰიდრაულიკური ნახტომის საშუალებით). ამ ხერხის მიხედვით შეიძლება განხორციელდეს:

1. კაშხლის წყალსაცემ ნაწილში ჩაღრმავებული ე.წ. წყალსაცემი ჭა
2. წყალსაცემი კედელი
3. კომბინირებული წყალსაცემი ჭა

ჩვენს შემთხვევაში ავირჩიოთ წყალსაცემი ჭის ჰიდრაულიკური გაანგარიშების მეთოდით, როგორც ყველაზე უფრო აპრობირებული.



ნახ. №10

წყალსაცემი ჭის გაანგარიშება გულისხმობს მისი ისეთი სიღრმისა (d_0) და სიგრძის (l_0) დადგენას, რომლებიც უზრუნველყოფენ ჰიდრაულიკური ნახტომის დატბორვას. ამ პირობის დასაკმაყოფილებლად წყლის სიღრმე ჭაში უნდა შეადგენდეს:

$$t_0 = \sigma \cdot h_c' \quad (14)$$

სადაც σ არის ნახტომის დაძირულობის მახასიათებელი ($\sigma \approx 1.05$),

h_c' არის ჭის ფსკერზე დაცემული ნაკადის შეკუმშული სიღრმის შეუღლებული სიღრმე.

ნაკადის შეკუმშული სიღრმე ჭის ფსკერზე განისაზღვრება ფორმულით:

$$q = \varphi \cdot h_c \sqrt{2g(T_0 - h_c)} \quad (15)$$

სადაც $T_0 = d_0 + P + H_0$

უკანასკნელის გათვალისწინებით (15) შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგნაირად:

$$(d_0 + P + H_0) \cdot h_c^2 - h_c^3 = \frac{q^2}{\varphi^2 \cdot 2g} \quad (16)$$

აქ $q = q^*$ არის ფარის ქვემოდან გამოდინებული ნაკადის საანგარიშო ხვედრითი ხარჯი,

P - ზღურბლის შემადგენელი ქვედა ბიეფის ფსკერის დონიდან,

H_0 - დაწნევა ზღურბლზე მოსვლის სიჩქარის გათვალისწინებით.

სიღრმის მარაგის გაზრდის მიზნით ხშირად უგულებელყოფენ დონეთა სხვაობის (Δz) გავლენას; მაშინ, როგორც სქემიდან ჩანს, ჭის სიღრმე გამოითვლება ფორმულით:

$$d_0 = \sigma \cdot h_c' = \sigma \cdot \frac{h_c}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{8q^2}{g \cdot h_c^3}} - 1 \right) - h_0 \quad (17)$$

აქ h_0 სიღრმეა ქვედა ბიეფში $Q^* = b \cdot q^*$ ხარჯის დროს. $h_0 = 2.35$ მ.

როგორც (16) და (17) ფორმულებიდან ჩანს, d_0 და h_c ურთიერთდამოკიდებული სიდიდეებია, ამიტომ (17) გამოსახულებას პირდაპირი ამოხსნა არა აქვს და უნდა მივმართოთ თანდათანობითი მიახლოების ხერხს. ვუშვებთ, რა ჭის d_0 სიღრმეს, (16) ფორმულიდან განგარიშობთ შეკუმშულ h_c სიღრმეს, ხოლო უკანასკნელის მიხედვით (17) ფორმულიდან ვსაზღვრავთ ისევ d_0 -ს. გაანგარიშება გრძელდება მანამ, სანამ დაშვებული და მიღებული სიღრმეები პრაქტიკულად ერთი და იგივე არ იქნება.

1) როცა $d_0 = 1$ მ.

$$(1 + 1 + 6.33) \cdot h_c^2 - h_c^3 = \frac{7.93^2}{0.9^2 \cdot 2 \cdot 9.81} = 3.96$$

$$8.33h_c^2 - h_c^3 = 3.96$$

$$h_c = 0.72 \text{ მ}$$

$$d_0 = 1.05 \cdot \frac{0.72}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{8 \cdot 7.93^2}{9.81 \cdot 0.72^3}} - 1 \right) - 2.35 = 1.72 \text{ მ}$$

2) როცა $d_0 = 2$ მ.

$$(2 + 1 + 6.33) \cdot h_c^2 - h_c^3 = \frac{7.93^2}{0.9^2 \cdot 2 \cdot 9.81} = 3.96$$

$$9.33h_c^2 - h_c^3 = 3.96$$

$$h_c = 0.68 \text{ მ}$$

$$d_0 = 1.05 \cdot \frac{0.68}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{8 \cdot 7.93^2}{9.81 \cdot 0.68^3}} - 1 \right) - 2.35 = 1.86 \text{ მ}$$

3) როცა $d_0=1.8$ მ.

$$(1.8+1+6.33) \cdot h_c^2 - h_c^3 = \frac{7.93^2}{0.9^2 \cdot 2 \cdot 9.81} = 3.96$$

$$9.13h_c^2 - h_c^3 = 3.96$$

$$h_c = 0.68 \text{ მ}$$

$$d_0 = 1.05 \cdot \frac{0.68}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{8 \cdot 7.93^2}{9.81 \cdot 0.68^3}} - 1 \right) - 2.35 = 1.87 \text{ მ}$$

4) როცა $d_0=1.87$ მ.

$$(1.87+1+6.33) \cdot h_c^2 - h_c^3 = \frac{7.93^2}{0.9^2 \cdot 2 \cdot 9.81} = 3.96$$

$$9.2h_c^2 - h_c^3 = 3.96$$

$$h_c = 0.68 \text{ მ}$$

$$d_0 = 1.05 \cdot \frac{0.68}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{8 \cdot 7.93^2}{9.81 \cdot 0.68^3}} - 1 \right) - 2.35 = 1.87 \text{ მ}$$

ამრიგად, მივიღეთ ჭის სიღრმე $d_0 = 1.87$ მ.

კონსტრუქციული მოსაზრებიდან გამომდინარე ავიღოთ: $d_0 = 2$ მ.

ჭის სიგრძე:

$$l_0 = l_1 + \beta \cdot l_{\text{სბ}} \quad (18)$$

სადაც l_1 ზღურბლზე გადადინებული მძაფრი ნაკადის თავისუფალი ფრენის სიგრძეა:

$$l_1 = V \cdot \sqrt{\frac{2y}{g}} \quad (19)$$

აქ V არის ნაკადის სიჩქარე ზღურბლის ბოლოს.

y - ზღურბლის ბოლოში ნაკადის ცენტრის დაცილება ჭის ფსკერიდან:

$$y = d_0 + P + \frac{h}{2} \quad (20)$$

h - ნაკადის სიღრმე ზღურბლის ბოლოს,

$l_{\text{სბ}}$ - ჰიდრაულიკური ნახტომის სიგრძე :

$$l_{\text{სბ}} \cong 4.5h_c' \quad (21)$$

$\beta = 0.7 \div 0.8$ შესწორების კოეფიციენტი.

თუ მარაგით დავუშვებთ, რომ ზღურბლის ბოლო A-A კვეთში (ნახ. №10) საკეტიდან გამოდინებული ნაკადის h სიღრმე დაახლოებით ტოლია საკეტის საანგარიშო გაღების შესაბამისი შეკუმშული h_c^* სიღრმის $h = h_c = h_c^*$, მაშინ სიჩქარე ზღურბლის ბოლოს იქნება:

$$V = \frac{q^*}{h} \quad (22)$$

$$V = \frac{7.93}{1.03} = 7.7 \text{ მ/წმ}$$

$$\text{აქ } h = h_c = h_c^* = 1.03 \text{ მ.}$$

$$l_{\text{ნაბ}} \cong 4.5h_c' = 4.5 \cdot 3.05 = 13.7 \text{ მ.}$$

$$y = 1.87 + 1 + \frac{1.03}{2} = 3.4 \text{ მ.}$$

$$l_1 = 7.7 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 3.4}{9.81}} = 6.4 \text{ მ.}$$

$$\text{და } l_0 = 6.4 + 0.75 \cdot 13.7 = 16.7 \text{ მ.}$$

აქაც, კონსტრუქციული მოსაზრებიდან გამომდინარე ჭის სიგრძე მივიღოთ

$$l_3 = 17 \text{ მ.}$$

ანალოგიური მეთოდით ხდება წყალსაშვებზე გადადინებული ნაკადის ქვედა ბიეფთან შეუღლების და წყალსაცემი ნაწილის გაანგარიშება. თუ h_c' არის წყალსაშვებზე გადადინებული საანგარიშო $Q_{\text{წყალსაშ}}$ ხარჯის შესაბამისი შეკუმშული h_c სიღრმის შეუღლებული სიღრმე, ხოლო h_b - წყლის სიღრმე მდინარის კალაპოტში ამავე ხარჯის დროს, მაშინ შეიძლება გამოვეყოთ შეუღლების სამი შემთხვევა:

ა) $h_c' < h_b$ წყალსაშვზე გადმოდინებული ნაკადის შეუღლება ქვემო ბიეფთან წარმოებს დაძირული ნახტომის მეშვეობით. ამ დროს საკმარისია ბეტონის ან ქვის წყობის წყალსაცემი იატაკის მოწყობა ქვედა ბიეფის ფსკერის ნიშნულზე;

ბ) $h_c' = h_0$ ამ დროს ადგილი აქვს შეუღლების კრიტიკულ ფორმას და ქვედა ბიეფი მაგრდება წინა შემთხვევის ანალოგიურად;

გ) $h_c' > h_0$ გადმოძინებული ნაკადის შეუღლება ქვემო ბიეფთან წარმოებს განდევნილი ნახტომის მეშვეობით და მის დასაძირად საჭირო ხდება წყალსაცემი ჭის ან კედლის მოწყობა.

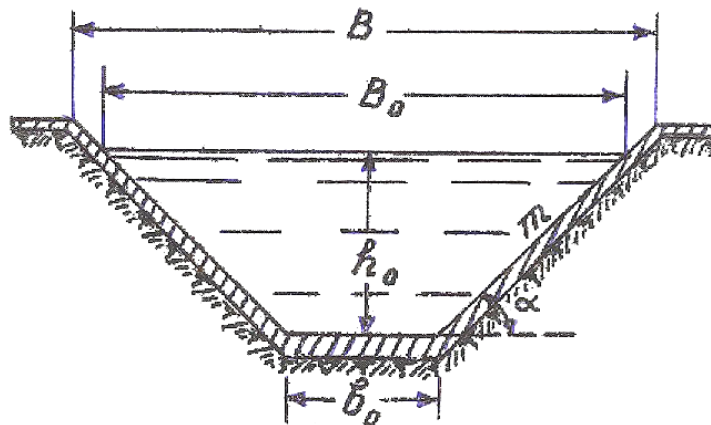
ამ შემთხვევაში, ე.ი. როცა $h_c' > h_0$ საჭიროა წყალსაცემი ჭის მოწყობა.

წყალსაცემი ჭის სიღრმე d_0 გაიანგარიშება ზემოთმოყვანილი ცნობილი მეთოდიკით (16) და (17) ფორმულებით, ხოლო ჭის სიგრძე (18) ფორმულით. თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ წყალსაშვების შემთხვევაში $l_1 = 0$, გვექნება:

$$l_0 = \beta \cdot l_{\text{ნახ}} \quad (23)$$

6. ტრაპეციული კვეთის დერივაციული არხსადენის ჰიდრაულიკური გაანგარიშება

დერივაციული არხსადენის ნორმალური ავსების h_0 სიღრმისა და B სიგანის საანგარიშოდ მოცემულია შემდეგი ჰიდრაულიკური ელემენტები (ნახ. №11):



ნახ. №11

$$Q_{\text{არხ}} = Q_{\text{წყალმ}} = 70 \text{ მ}^3/\text{წმ}$$

$$b_0 = 3.0 \text{ მ.}$$

$$m=1,2$$

$$i_{\text{არხ}}=0.0014$$

$$n_{\text{არხ}}=0.011$$

არხის ჰიდრაულიკური ელემენტები ნებისმიერი h სიღრმისათვის განისაზღვრება შემდეგი ფორმულებით:

$$B = b_0 + 2mh; \quad \omega = (b_0 + mh)h;$$

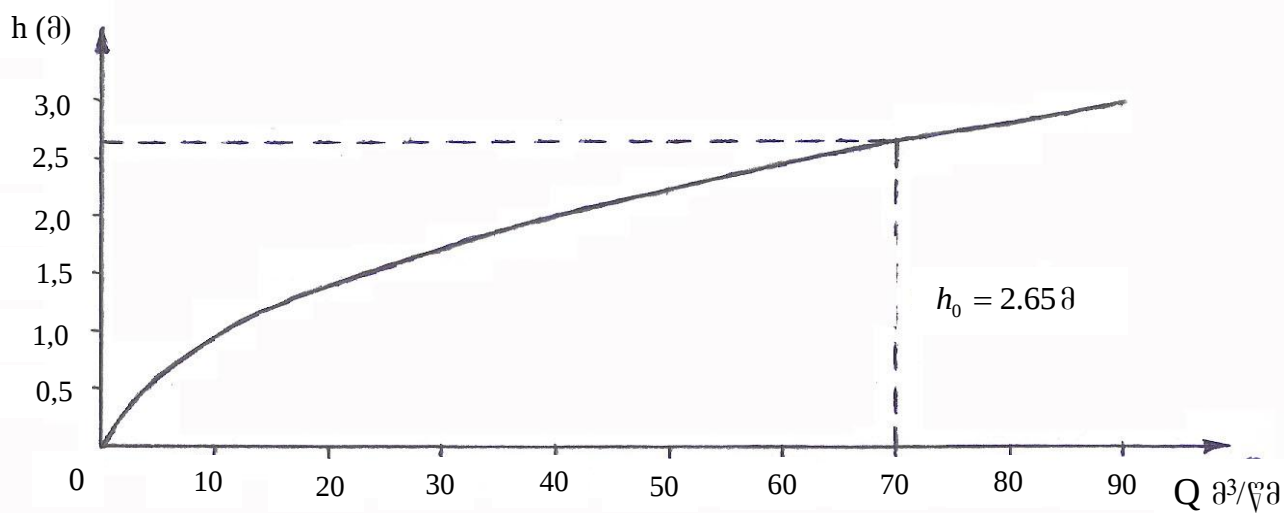
$$\chi = b_0 + 2h\sqrt{1+m^2}; \quad R = \frac{\omega}{\chi}; \quad c = \frac{1}{n}R^y;$$

$$v = c\sqrt{Ri}; \quad Q = \omega v$$

ცხრილი №4

N	h	B	ω	χ	R	i	c	v	Q
1	1	5.4	4.2	6.124	0.69	0.0014	86.6	2.69	11.30
2	1.5	6.6	7.2	7.686	0.94	0.0014	90.0	3.26	23.50
3	2.	7.8	10.8	9.248	1.17	0.0014	92.8	3.75	40.50
4	2.5	9.0	15.0	10.810	1.39	0.0014	94.7	4.18	62.70
5	3	10.2	19.8	12.372	1.60	0.0014	96.5	4.57	90.40

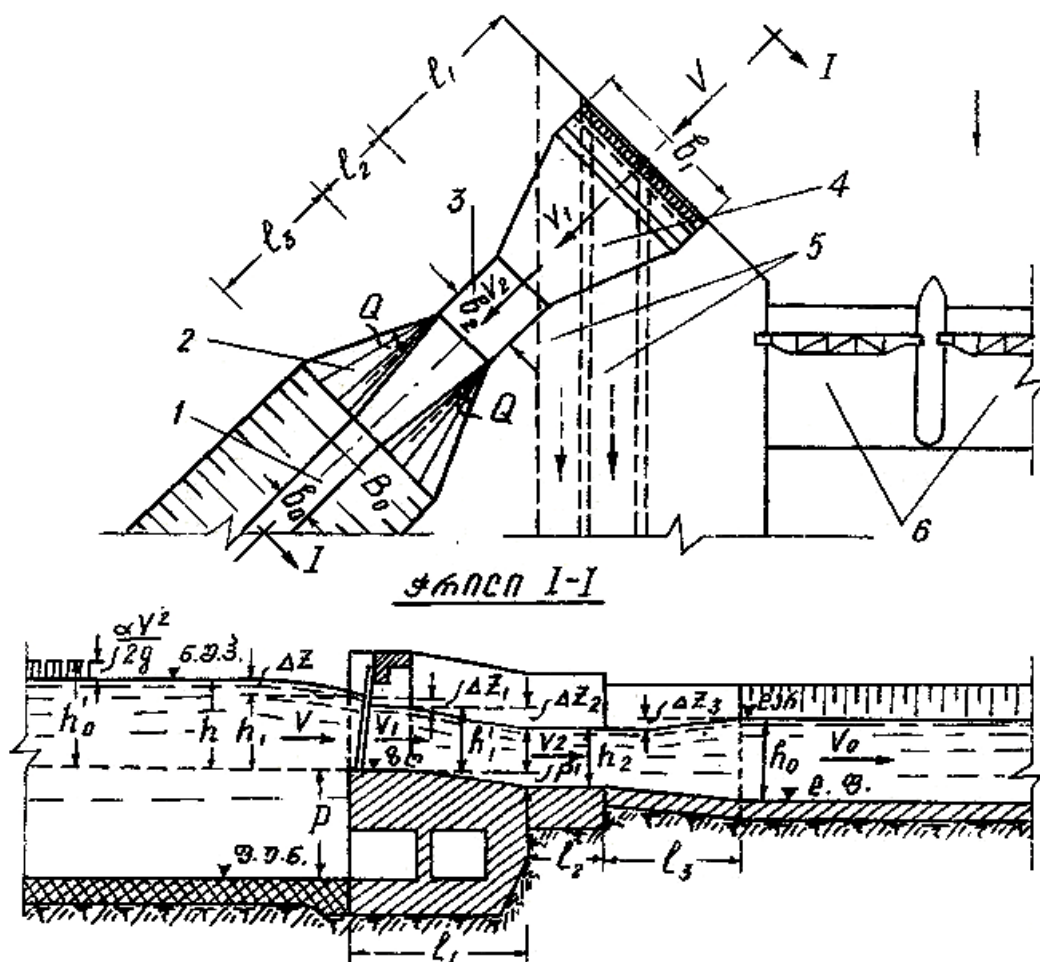
ცხრილის მონაცემების საფუძველზე აიგება არხსადენის ხარჯის მრუდი $Q = f(h)$, რომლითაც განისაზღვრება $Q_{\text{არხ}}$ ხარჯის შესაბამისი ნორმალური სიღრმე h_0 (ნახ. №12).



ნახ. №12

7. წყალმიმღების, რეგულატორისა და გადასასვლელი უბნის ჰიდრაულიკური გაანგარიშება

განვიხილოთ ღია ტიპის გვერდითი წყალმიმღები ნატანდამჭერი (გამრეცხი) გალერეებით, რეგულატორი და არსსადენში გადასასვლელი უბანი (ნახ. №13).



ნახ. №13

გვერდითი წყალმიმღების და რეგულატორის ჰიდრაულიკური გაანგარიშება ჩავატაროთ შემდეგი მონაცემების მიხედვით: წყალმიმღების საანგარიშო ხარჯი $Q_{\text{წყალმ}}$, ნაკადის წყალმიმღებთან მოდინების სიჩქარე V (ზედა ბიეფში ნორმალური შეტბორილი პორიზონტის დროს), პორიზონტის ნიშნული ზედა ბიეფში ($\nabla \text{ნ.შ.პ.}$), წყალმიმღების ზღურბლის საორიენტაციო

სიმაღლე P (კალაპოტის ფსკერის უმცირესი ნიშნულის, ∇ ფ.უ.ნ.-ის მიმართ), მეჩხერი (უხეში) გისოს ზომები და დახრის კუთხე ჰორიზონტისადმი.

წყალმიმღების განლაგება ჰიდროკვანძში ხორციელდება არსებული რეკომენდაციებისა და ანალოგების საფუძველზე [1,2,3,7]. წყალმიმღებისა და მდინარის ნაკადის ღერძებს შორის კუთხე შეიძლება მიახლოებით დაინიშნოს ფორმულით:

$$S = \arccos \frac{V_o}{V_1}$$

სადაც V_o სიჩქარეა მდინარეში 75-85%-იანი უზრუნველყოფის წყალდიდობისას,

V_1 - წყალმიმღებში შესვლის სიჩქარე, აიღება 1-1.5 მ/წმ ფარგლებში.

როგორც პრაქტიკამ გვიჩვენა, კარგ შემთხვევაში წყალმიმღებისა და კაშხლის ღერძებს შორის კუთხე $\approx 120^\circ$ -ის ტოლია. ამიტომ, ჩვენც პირობითად ავიღოთ 120° -იანი კუთხე (ნახ. №15).

ნორმალური შეტბორილი ჰორიზონტისა და ფსკერის უმცირესი ნიშნულების სხვაობისა და Q-ხარჯის მხედველობაში მიღებით წინასწარ დაენიშნოთ დაწნევა (წყლის ფენის სიღრმე) წყალმიმღების ზღურბლის წინ h, რომელიც კონკრეტული პირობების მიხედვით შეიძლება იცვლებოდეს $h=(1.5 \div 3.0)$ მ. ფარგლებში, ჩვენ შემთხვევაში ავირჩიოთ $h=2$ მ. მაშინ წყალმიმღების შესასვლელი ზღურბლის ნიშნული ∇ ზღ $=(\nabla$ ნ.შ.პ.)- $h = 305.7 - 2 = 303.7$ და

$P=\nabla$ ზღ - ∇ ფ.უ.ნ. $=303.7-300.0=3.7$ მ.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ P არ იყოს 1.5 მ.-ზე უფრო ნაკლები, რადგან ასეთ შემთხვევაში გართულებდა წყალმიმღების ზღურბლში ნატანდამჭერი (გამრეცხი) გაღერების მოწყობა.

წყალმიმღების მართკუთხა შესასვლელი კვეთის სიგანე იანგარიშება ფორმულით

$$b_1 = \frac{Q_{\text{წყალმ}}}{h \cdot v} \quad (24)$$

სადაც v არის ნაკადის წყალმიმღებთან მოდინების სიჩქარე და იგი დადგენილია წინასწარ $v=(1.0 \div 1.5)$ მ/წმ. ჩვენ შემთხვევაში მივიღოთ $v=1.2$ მ/წმ

თუ შევიტანოთ h -ისა და v -ს მნიშვნელობებს 20-ე ფორმულაში მივიღებთ:

$$b_1 = \frac{50}{2 \cdot 1.2} = 20.83 \text{ მ.}$$

კონსტრუქციულ მოსაზრებათა საფუძველზე უნდა დავადგინოთ წყალმიმღების სიგრძე l_1 , რეგულატორის სიგანე b_2 და სიგრძე l_2 . ეს ზომები შეიძლება იცვლებოდეს ფარგლებში: $l_1=(1.0 \div 1.4) b_1$; $b_2=(0.5 \div 0.8) b_1$; $l_2=(1.0 \div 1.2) b_2$

ჩვენ შემთხვევაში ავირჩიოთ:

$$l_1 = 1.2 \cdot 20.83 = 25 \text{ მ.}$$

$$b_2 = 0.6 \cdot 20.83 = 12.5 \text{ მ.}$$

$$l_2 = 1.1 \cdot 12.5 = 13.75 \text{ მ.}$$

წყალმიმღების შესასვლელი უბანი ჰიდრაულიკური თვალსაზრისით განიხილება, როგორც დაძირული ფართოზღურბლიანი წყალსაშვი გვერდითი კუმშვით. წყალმიმღების საანგარიშო ხარჯი

$$Q_0 = \varphi_c \cdot b_1 \cdot h_1 \sqrt{2g(h_0' - h_1)} \quad (25)$$

სადაც
$$\varphi_c = \frac{\varphi \cdot \varepsilon}{\sqrt{1 - \varphi^2(1 - \varepsilon^2)}} \quad (26)$$

და
$$h_0' = h + \frac{\alpha v^2}{2g} \quad (27)$$

აქ φ და ε კოეფიციენტების მნიშვნელობები შეიძლება განისაზღვროს შესაბამისად 24-1 და 24-3 ცხრილებიდან (3. Агроскин И.И. გვ. 298, 304)

ჩვენს შემთხვევაში $\varphi=0.85$, $\varepsilon=0.9$

№22-ე ფორმულაში ჩასმით მივიღებთ $\varphi_c=0.824$

Q_0 ხარჯის საანგარიშო ფორმულიდან შერჩევის გზით შეიძლება განისაზღვროს წყლის სიღრმე წყალმიმღების ზღურბლის შესასვლელ ნაწილში h_1 (ნახ. №11).

საანგარიშო განტოლება გადაიწერება შემდეგი სახით:

$$\frac{Q_0}{\varphi_c b_1 \sqrt{2g}} = h_1 \sqrt{h_0' - h_1} \quad (28)$$

$$\frac{Q_0}{\varphi_c b_1 \sqrt{2g}} = \frac{50}{0.824 \cdot 20.83 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81}} = 0.657$$

$$h_0' = h + \frac{\alpha v^2}{2g} = 2 + \frac{1.1 \cdot 1.2^2}{19.62} = 2.08 \text{ მ}$$

$$\text{ე.ი. } 0.657 = h_1 \sqrt{2.08 - h_1}$$

თუ დავუშვებთ წყალმიმღების ზღურბლზე $h_1 = h$ წყლის სიღრმის რიგ მნიშვნელობებს, შეიძლება გამოვთვალოთ სათანადო ფუნქციის მნიშვნელობები

$$f(h) = h(\sqrt{h_0' - h}) \quad (29)$$

როცა $h_1 = 1$ მ

$$0.657 = 1\sqrt{2.08 - 1} = 1.04$$

როცა $h_1 = 2$ მ

$$0.657 = 2\sqrt{2.08 - 2} = 0.57$$

როცა $h_1 = 1.8$ მ

$$0.657 = 1.8\sqrt{2.08 - 1.8} = 0.95$$

როცა $h_1 = 1.9$ მ

$$0.657 = 1.9\sqrt{2.08 - 1.9} = 0.80$$

როცა $h_1 = 1.95$ მ

$$0.657 = 1.95\sqrt{2.08 - 1.95} = 0.70$$

როცა $h_1 = 1.97$ მ

$$0.657 = 1.97\sqrt{2.08 - 1.97} = 0.655$$

ე.ი. შევარჩიეთ წყლის სიღრმე წყალმიმღების ზღურბლის შესასვლელ ნაწილში $h_1 = 1.97$ მ.

ამის შემდეგ განისაზღვრება წყლის ვარდნილი (დაწნევის დანაკარგი) წყალმიმღების ზღურბლის წინ.

$$\Delta z = h - h_1 \quad (30)$$

$$\Delta z = 2 - 1.97 = 0.03 \text{ მ.}$$

წყალმიმღების მეხსერ გისოში ნაკადის გავლით გამოწვეული დაწნევის ადგილობრივი დანაკარგის კოეფიციენტი შეიძლება განისაზღვროს კირშმერის ფორმულით (2. Киселев П.Г.):

$$\xi_{\text{გის}} = \beta \left(\frac{S}{b} \right)^3 \cdot \sin \alpha \quad (31)$$

სადაც S - არის გისოს ღეროების სიგანე, მმ;

b - არის გისოს ღეროებს შორის ღრეხოს სიგანე;

α - გისოს ღეროების დახრის კუთხე ჰორიზონტისადმი, $\alpha = (75^\circ \div 80^\circ)$;

β - გისოს ღეროების ფორმის კოეფიციენტი, იგი განისაზღვრება 3-40 ცხრილიდან.

ავირჩიოთ $S=110$ მმ; $b=100$ მმ; $\alpha=80^\circ$; $\beta=1.67$

ყველაფერი შევიტანოთ (27) ფორმულაში, მივიღებთ

$$\xi_{\text{გის}} = 1.87$$

დაწნევის დანაკარგი კი ტოლი იქნება

$$\Delta z_1 = \xi_{\text{გის}} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (32)$$

სადაც v - არის ნაკადის მოდინების წინასწარ შერჩეული სიჩქარე (გისოს წინ).

$$\Delta z_1 = 1.87 \cdot \frac{1.2^2}{2 \cdot 9.81} = 0.14 \text{ მ.}$$

ამრიგად, ნაკადის სიღრმე გისოს გავლის შემდეგ, წყალმიმღების შესასვლელ ნაწილში იქნება: $h_1' = h_1 - \Delta z_1 = 1.97 - 0.14 = 1.83 \text{ მ.}$

წყალმიმღების შესასვლელ უბანსა და რეგულატორს შორის ნაკადის შევიწროვებით გამოწვეული დონის ვარდნილი შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით:

$$\Delta z_2 = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g \cdot \varphi^2} \quad (33)$$

სადაც

$$v_1 = \frac{Q_0}{b_1 \cdot h_1'} \quad (34)$$

$$v_1 = \frac{50}{20.83 \cdot 1.83} = 1.31 \text{ მ/წმ}$$

ხოლო v_2 სიჩქარე რეგულატორში უცნობი სიდიდეა და ამიტომ Δz_2 ვარდნილის განსაზღვრისათვის უნდა მივმართოთ თანდათანობითი მიახლოების ხერხს. პირველ მიახლოებაში მივიღოთ $h_2^{(1)} = h_1'$, მაშინ

$$v_2 = \frac{Q_0}{b_2 \cdot h^{(1)}} = \frac{50}{12.5 \cdot 1.83} = 2.186 \text{ მ/წმ}$$

და ვარდნილი $\Delta z_2^{(1)}$ (პირველ მიახლოებაში) იანგარიშება (29) ფორმულით

$$\Delta z_2^{(1)} = \frac{2.186^2 - 1.31^2}{14.175} = 0.216 \text{ მ}$$

ამის შემდეგ უნდა განვსაზღვროთ სიღრმე h_2 მეორე მიახლოებაში

$$h_2^{(11)} = (h_1' + P') - \Delta z_2^{(1)} \quad \text{და სიჩქარე } v_2^{(11)} = \frac{Q_0}{b_2 \cdot h_2^{(11)}}$$

აქ P' წყალმიმღების შესასვლელი ზღურბლისა და რეგულატორის ფსკერის ნიშნულების სხვაობაა, აიღება $(0.6 \div 1.0\text{მ})$ ფარგლებში. შემდეგ კვლავ განისაზღვრება $\Delta z_2^{(11)}$ ვარდნილი (მეორე მიახლოებაში) და სიღრმე h_2 (მესამე მიახლოებაში): $h_2^{(111)} = (h_1' + P') - \Delta z_2^{(11)}$

ავირჩიოთ $P' = 0.8\text{მ}$.

მიახლოების აღნიშნული პროცესი უნდა გაგრძელდეს მანამდე სანამ არ მივიღებთ ტოლობას:

$$\Delta z_2^{(i)} = \Delta z_2^{(i+1)} = \text{const}$$

ანგარიში წარმოებს შემდეგნაირად:

$$h_2^{(11)} = (h_1' + P') - \Delta z_2^{(1)} = (1.83 + 0.8) - 0.216 = 2.41 \text{ მ.}$$

$$v_2^{(11)} = \frac{Q_0}{b_2 \cdot h_2^{(11)}} = \frac{50}{12.5 \cdot 2.41} = 1.66 \text{ მ/წმ.}$$

$$\Delta z_2^{(11)} = \frac{1.66^2 - 1.31^2}{14.175} = 0.073 \text{ მ.}$$

$$h_2^{(111)} = (h_1' + P') - \Delta z_2^{(11)} = (1.83 + 0.8) - 0.073 = 2.56 \text{ მ.}$$

$$v_2^{(111)} = \frac{50}{12.5 \cdot 2.56} = 1.56 \text{ მ/წმ.}$$

$$\Delta z_2^{(111)} = \frac{1.56^2 - 1.31^2}{14.175} = 0.05 \text{ მ.}$$

$$h_2^{(IV)} = 2.63 - 0.05 = 2.58 \text{ მ.}$$

$$v_2^{(IV)} = \frac{50}{12.5 \cdot 2.58} = 1.55 \text{ მ/წმ.}$$

$$\Delta z_2^{(IV)} = \frac{1.55^2 - 1.31^2}{14.175} = 0.048 \text{ მ.}$$

$$h_2^{(V)} = 2.63 - 0.048 = 2.58 \text{ მ.}$$

$$v_2^{(V)} = \frac{50}{12.5 \cdot 2.58} = 1.55 \text{ მ/წმ.}$$

$$\Delta z_2^{(V)} = \frac{1.55^2 - 1.31^2}{14.175} = 0.048 \text{ მ.}$$

მივიღეთ ვარდნილი $\Delta z_2 = 0.048$ მ. და სიღრმე $h_2 = 2.58$ მ.

დონეთა სხვაობა რეგულატორსა და არხსადენის (დერივაციის) დასაწყისის შორის (Δz_3) შეიძლება მივიღოთ დადებითი და უარყოფითი (რაც გამოიხატება დონის აწევით). ორივე შემთხვევაში Δz_3 შეიძლება განისაზღვროს ხინდის ფორმულით:

$$\Delta z_3 = (1 - \xi) \frac{v_0^2 - v_2^2}{2g} \quad (35)$$

სადაც ξ კოეფიციენტი იცვლება $0.2 \div 0.5$ -ის საზღვრებში (ავირჩიოთ 0.3) და დამოკიდებულია გადასასვლელი უბნის კონსტრუქციასა და ფორმაზე.

v_0 არის საშუალო სიჩქარე არხსადენში, იგი ტოლია:

$$v_0 = \frac{Q_0}{\omega_0} = \frac{Q_0}{(b_0 + mh_0)h_0} \quad (36)$$

$$v_0 = \frac{50}{(3 + 1.2 \cdot 2.25) \cdot 2.25} = 3.9 \text{ მ/წმ.}$$

აქ h_0 აიღება არხსადენის ხარჯის მრუდიდან $h_0=2.25$ მ.

მიღებულ სიდიდეებს თუ შევიტანთ (31) ფორმულაში, მივიღებთ:

$$\Delta z_3 = (1 - 0.3) \frac{3.9^2 - 1.55^2}{2 \cdot 9.81} = 0.457 \text{ მ}$$

ამრიგად, წყლის ჰორიზონტის ნიშნული დერივაციის დასაწყისში იქნება:

$$\begin{aligned} \nabla_{\text{დერ}} &= (\nabla_{\text{ნ.შ.პ.}}) - \sum \Delta z = (\nabla_{\text{ნ.შ.პ.}}) - (\Delta z + \Delta z_1 + \Delta z_2 \pm \Delta z_3) = \\ &= 305.7 - (0.03 + 0.14 + 0.048 + 0.457) = 305.0 \end{aligned}$$

დერივაციის დასაწყისში კი ფსკერის ნიშნული

$$\nabla_{\text{დ.ფ.}} = \nabla_{\text{დერ}} - h_0 = 305.0 - 2.25 = 302.8$$

სადაც h_0 არხსადენის ნორმალური აგსების სიღრმე.

გადასასვლელი უბნის საორიენტაციო სიგრძე შეიძლება მივიღოთ

$$l_3 = \left| \frac{B_0 - b_2}{2 \operatorname{tg} \theta} \right| \quad (37)$$

$$l_3 = \left| \frac{8.4 - 12.5}{0.5} \right| = 8.2 \text{ მ.}$$

აქ $\theta = 14^\circ$ (ნახ. №13)

8. ნატანდამჭერი (გამრეცხი) გაღერების ჰიდრაულიკური გაანგარიშება

წყალმიმღების წინ მოსული ფსკერული ნატანის ქვემო ბიეფში ჰიდრაულიკური ტრანსპორტირების მიზნით წყალმიმღების ზღურბლის ქვეშ გათვალისწინებულია გამრეცხი გაღერების მოწყობა. უმეტესად, გაღერების განივკვეთი სწორკუთხოვანი ფორმისაა. გაღერების რაოდენობა და გეგმაში მათი განლაგების საკითხი მოფიქრებული და გადაწყვეტილი უნდა იქნეს არსებული ანალოგებისა და რეკომენდაციების საფუძველზე, იმის გათვალისწინებით, რომ ეფექტურად მოემსახუროს მთელ წყალმიმღებ

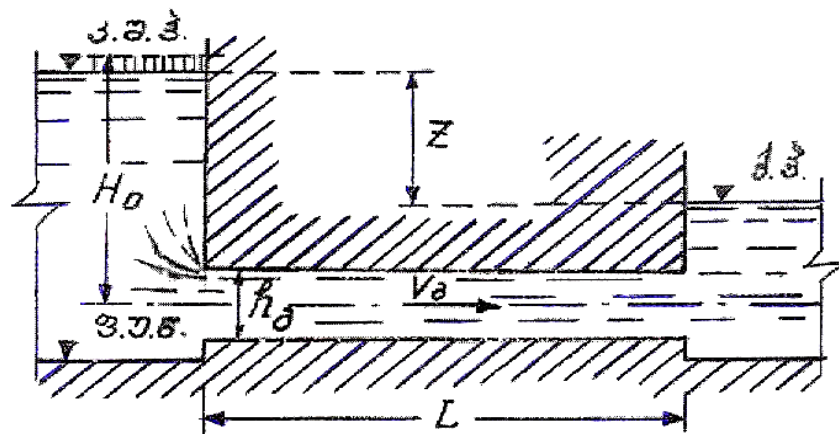
ფრონტს. გაღერების ფსკერსა და გვერდებს აპირკეთებენ ძნელადცვეთადი მასალით (გრანიტის ფილებით).

გაღერების ჩამკეტი ფარები უნდა მოეწყოს შესასვლელთან რაც შეიძლება ახლოს, რათა არ მოხდეს მისი ჩასიღვა, გამაგრება.

წინასწარ უნდა შეირჩეს ნატანდამჭერი გაღერების ზომები (h_g, b_g და L) უნდა მოეწყოს ორი გაღერვა ისე, როგორც ნაჩვენებია 1-ლ ნახაზზე. პიდრავლიკური გაანგარიშების მიზანია განისაზღვროს გამრეცხი გაღერების მიერ გატარებული ხარჯი $\sum Q$ და ნაკადის საშუალო სიჩქარე გაღერებაში v_g (რომელიც არ უნდა იყოს 4,0 მ/წმ-ზე ნაკლები).

მდინარის წყალდიდობის ხარჯის მიხედვით დავადგინოთ წყლის ჰორიზონტის ნიშნული ქვედა ბიეფში (Vქ.ბ.).

დონის ქვეშ გამოდინების შემთხვევაში (ნახ. №14)



ნახ. №14

ხარჯი იანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

$$Q = \mu \cdot \omega_g \sqrt{2gz} \quad (38)$$

სადაც $\omega_g = h_g \cdot b_g$ არის გაღერის კვეთის ზომები. წინასწარ შევარჩიოთ გაღერის ზომები: $b_g = 3$ მ.; $h_g = 2$ მ.; $L_g = 50$ მ.

z- ზედა და ქვედა ბიევის პორიზონტების ნიშნულთა სხვაობა (ე.ი. გალერეის მოქმედი დაწნევა), მისი სიდიდე შეიძლება დავადგინოთ მდინარის წყალდიდობის ხარჯის $Q_{\text{წყალდ}} = 0.5 \cdot Q_{\text{კატ}}$ მიხედვით ;

μ - გალერეის ხარჯის კოეფიციენტი;

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\sum \xi}} \quad (39)$$

აქ $\sum \xi$ არის ნაკადის დაწნევის დანაკარგების კოეფიციენტების ჯამი.

ამ კოეფიციენტის მნიშვნელობები უნდა დავადგინოთ ჰიდრავლიკური ცნობარების საშუალებით.

ე.ი. $\omega_g = h_g \cdot b_g = 2 \cdot 3 = 6 \text{ მ}^2$.

$$Q_{\text{წყალდ}} = 0.5 \cdot Q_{\text{კატ}} = 0.5 \cdot 500 = 250 \text{ მ}^3/\text{წმ}$$

ამ ხარჯის დროს (ხარჯის მრუდიდან) ქვედა ბიეფში დონე არის:

$$\nabla_{\text{ქ.ბ.}} = 300 + 3.0 = 303.0 \text{ მ.}$$

$$z = \nabla_{\text{კ.შპ.}} - \nabla_{\text{ქ.ბ.}} = 307.0 - 303.0 = 4 \text{ მ.}$$

რაც შეეხება გალერეაში დაწნევის დანაკარგებს:

გალერეაში ნადაკის შესვლაზე მივიღოთ: $\xi = 0.5$

მოხვეული უბნისათვის $\xi_{\text{მოხ}}$ შეიძლება განისაზღვროს პროფ. ა. მილოვიჩის ფორმულით (2. Киселев П.Г.):

$$\xi_{\text{მოხ}} = 2.23 \frac{b}{R} (n + \sin \alpha_1) \quad (40)$$

სადაც R – არის მოხვეულობის რადიუსი,

$\alpha_1 = \alpha - 90 \cdot n$ (α - მოხვეულობის ცენტრალური კუთხე, n - სწორ კუთხეთა

რიცხვი მოხვეულობის სრულ ცენტრალურ კუთხეში).

დანაკარგის კოეფიციენტი გალერეის სიგრძეზე:

$$\xi_{\text{სიგრძ}} = \frac{2gL}{c^2 R} \quad (41)$$

სადაც c – არის შეზის კოეფიციენტი;

R – ჰიდრავლიკური რადიუსი

დაწნევის დანაკარგის კოეფიციენტი ნაკადის გამოსვლაზე ქვედა ბიეფში შეიძლება მივიღოთ $\xi_{გაჰ} = 1.0$.

$$\text{ე.ი. } R_{გაჰ} = \frac{\omega_{გაჰ}}{\chi} = \frac{3 \cdot 2}{2 \cdot 2 + 2 \cdot 3} = 0.6$$

$$c = \frac{1}{0.017} \cdot 0.6^{\frac{1}{6}} = 54.02$$

$$\xi_{სიგნ} = \frac{2 \cdot 9.81 \cdot 50}{54.02^2 \cdot 0.6} = 0.56$$

$$\xi_{მოხ} = 0.32$$

$$\sum \xi = 0.5 + 0.56 + 0.32 + 1.0 = 2.38$$

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\sum \xi}} = \frac{1}{\sqrt{2.38}} = 0.65$$

$$\text{ამრიგად ხარჯი } Q_{გაჰ} = \mu \cdot \omega_{გაჰ} \sqrt{2gz} = 0.65 \cdot 6 \cdot \sqrt{19.62 \cdot 4} = 34.55 \text{ მ}^3/\text{წმ},$$

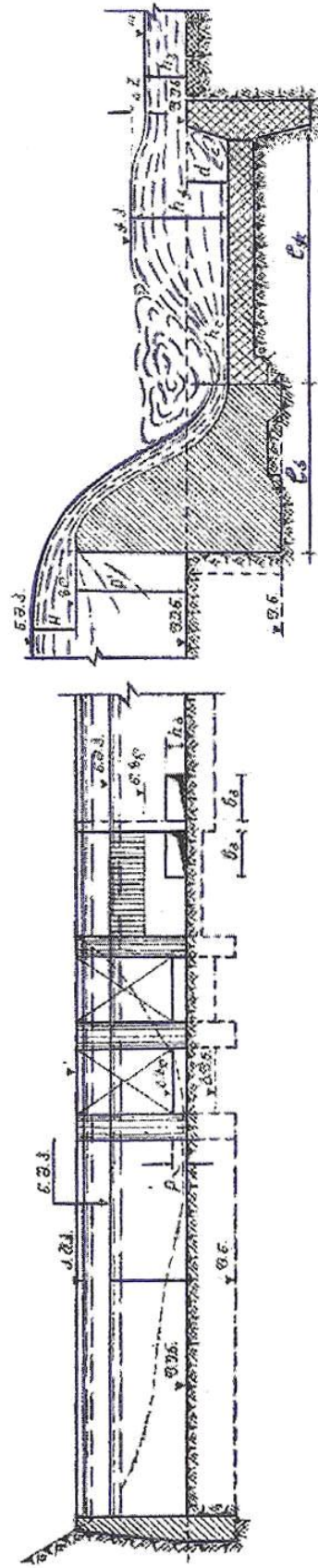
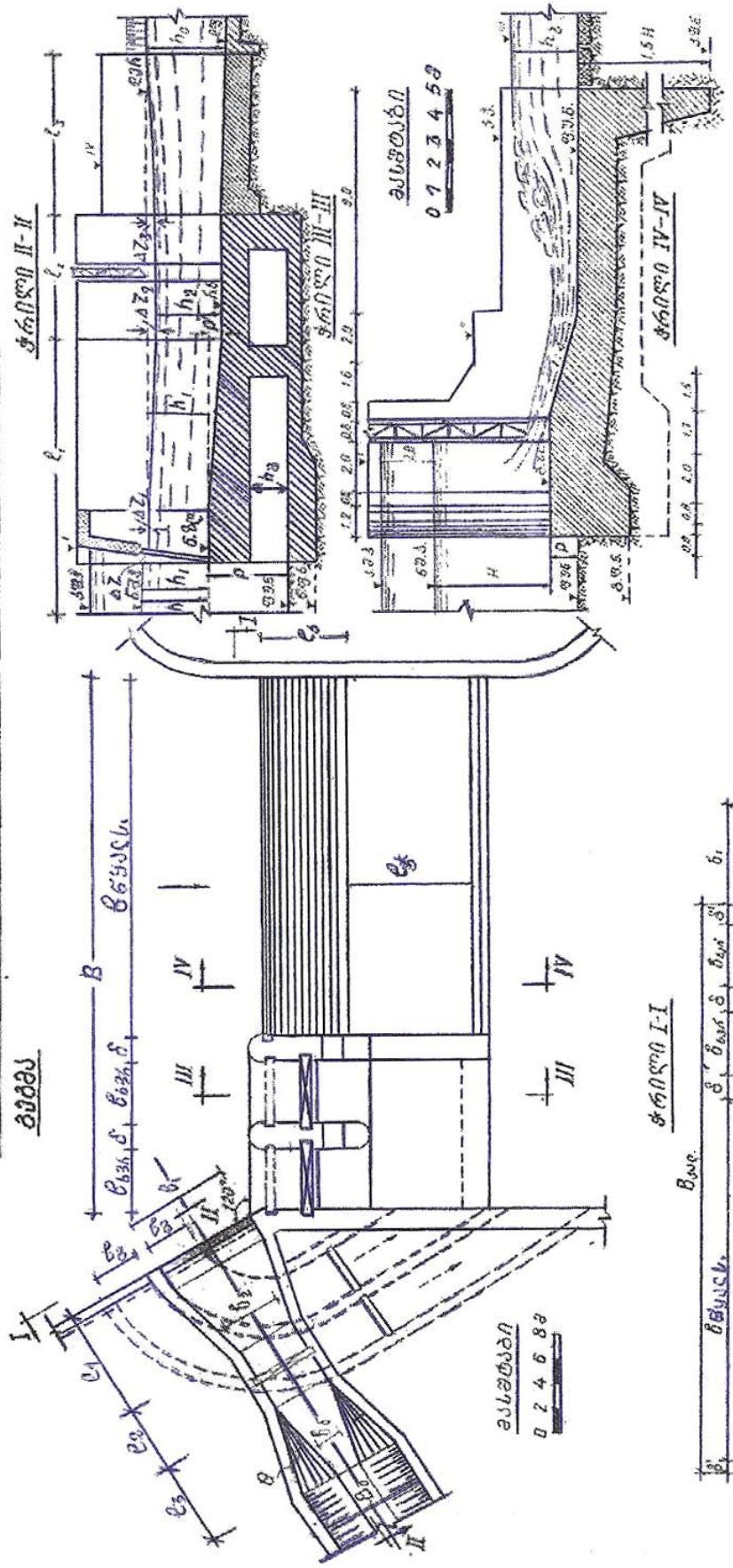
$$\text{ხოლო სიჩქარე } v_{გაჰ} = \frac{Q_{გაჰ}}{\omega_{გაჰ}} = \frac{34.55}{6} = 5.76 \text{ მ/წმ},$$

ვინაიდან მიღებული სიჩქარე $v_{გაჰ} = 5.76 \text{ მ/წმ} > 4.0 \text{ მ/წმ-ზე}$, ამიტომ ნატანდამჭერ (გამრეცხ) გაღერებებში, ნატანის გარეცხვისათვის საკმარისი სიჩქარე გვაქვს და დამატებითი კონსტრუქციული ღონისძიებების ჩატარება არ არის საჭირო.

ჩატარებული ჰიდრაულიკური გაანგარიშების საფუძველზე საჭიროა სქემატურად ერთ მთლიან ნახაზზე გამოიხაზოს წყალმიმღებ ნაგებობათა სათავე კვანძი სათანადო ჭრილებით (ნახ. №15).

სათავე კვანძი ნახევარდ დესაშელში დიხის კახელში

ਦਿਲੀਦਰੀ



6. პავლოვსკის ფორმულით გამოთვლილი შეზის C კოეფიციენტის
მნიშვნელობები

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^y$$

$\begin{matrix} \text{R, მ} \\ \text{n} \end{matrix}$	0,011	0,013	0,017	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040
0,01	50	38	24	19	12	8	6	5
0,02	54,4	42,4	26,8	21,2	14,14	10,6	7,78	6,36
0,03	57,1	45,0	30,0	23,1	16,16	12,12	9,24	6,93
0,04	59,5	47,0	32,0	25,0	17,5	13,0	10,0	8,0
0,05	61,3	48,7	33,2	26,1	18,6	13,9	10,9	8,7
0,06	62,8	50,1	34,4	27,2	19,5	14,7	11,5	9,3
0,07	64,1	51,3	35,5	28,2	20,4	15,5	12,2	9,9
0,08	65,2	52,4	36,4	29,0	21,1	16,1	12,8	10,3
0,10	67,2	54,3	38,1	30,6	22,4	17,3	13,8	11,2
0,12	68,8	55,8	39,5	32,6	23,5	18,3	14,7	12,1
0,14	70,3	57,2	40,7	33,0	24,5	19,1	15,4	12,8
0,16	71,5	58,4	41,8	34,0	25,4	19,9	16,1	13,4
0,18	72,6	59,5	42,7	34,8	26,2	20,6	16,8	14,0
0,20	73,7	60,4	43,6	35,7	26,9	21,3	17,4	14,5
0,22	74,6	61,3	44,4	36,4	27,6	21,9	17,9	15,0
0,24	75,5	62,1	45,2	37,1	28,3	22,5	18,5	15,5
0,26	76,3	62,9	45,9	37,8	28,8	23,0	18,9	16,0
0,28	77,0	63,6	46,5	38,4	29,4	23,5	19,4	16,4
0,30	77,7	64,3	47,2	39,0	29,9	24,0	19,9	16,8
0,35	79,3	65,8	48,6	40,3	31,1	25,1	20,9	17,8
0,40	80,7	67,1	49,8	41,5	32,2	26,0	21,8	18,6
0,45	82,0	68,4	50,9	42,5	33,1	26,9	22,6	19,4
0,50	83,1	69,5	51,9	43,5	34,0	27,8	23,4	20,1
0,55	84,1	70,4	52,8	44,4	34,8	28,5	24,0	20,7

0,60	85,3	71,4	53,7	45,2	35,5	29,2	24,7	21,3
0,65	86,0	72,2	54,5	45,9	36,2	29,8	25,3	21,9
0,70	86,8	73,0	55,2	46,6	36,9	30,4	25,8	22,4
0,75	87,6	73,7	55,9	47,3	37,5	30,9	26,35	22,9
0,80	88,3	74,5	56,5	47,9	38,0	31,5	26,8	23,4
0,85	89,1	74,7	56,8	48,2	38,4	31,8	27,15	23,8
0,90	89,4	75,5	57,5	48,8	38,9	32,3	27,6	24,1
0,95	90,1	76,3	58,2	49,4	39,5	32,75	28,10	24,6
1,00	90,9	76,9	58,8	50,0	40,0	33,3	28,6	25,0
1,10	92,0	78,0	59,8	50,9	40,9	34,1	29,3	25,7
1,20	93,1	79,0	60,7	51,8	41,6	34,8	30,0	26,3
1,30	94,0	79,9	61,5	52,5	42,3	35,5	30,6	26,9
1,40	94,6	80,7	62,2	53,2	42,9	36,1	31,2	27,4
1,50	95,7	81,5	62,9	53,9	43,6	36,7	31,7	28,0
1,60	96,4	82,2	63,5	54,4	44,1	37,2	32,2	28,4
1,70	97,3	82,9	64,3	55,1	44,7	37,7	32,7	28,9
1,80	97,8	83,3	64,4	55,4	45,1	38,0	33,0	29,2
1,90	98,5	86,3	65,3	56,0	45,6	38,45	33,4	29,7
2,00	99,3	84,8	65,9	56,6	46,0	38,9	33,8	30,0
2,50	102,1	87,3	68,1	58,7	47,9	40,6	35,4	31,5
3,00	104,4	89,4	69,8	60,3	49,3	41,9	36,1	32,5
3,50	106,4	91,1	71,3	61,5	50,3	42,8	37,4	33,3
4,00	108,1	92,6	72,5	62,5	51,2	43,6	38,1	33,9
5,00	111,0	95,1	74,2	64,1	52,4	44,6	38,9	34,6

ნაკადის ვერტიკალური კუმშვის ε კოეფიციენტის მნიშვნელობები ფარის

ფარდობითი აწევის $\frac{a}{H}$ მიხედვით

დანართი №2

$\frac{a}{H}$	ε	$\frac{a}{H}$	ε
0,00	0,611	0,55	0,650
0,10	0,615	0,60	0,660
0,15	0,618	0,65	0,675
0,20	0,620	0,70	0,690
0,25	0,622	0,75	0,705
0,30	0,625	0,80	0,720
0,35	0,628	0,85	0,745
0,40	0,630	0,90	0,780
0,45	0,638	0,95	0,835
0,50	0,645	1,00	1,000

ძირითადი ლიტერატურა

1. Чугаев Р.Р. *Гидравлика* 1982 გ.
2. Киселев П.Г. *Справочник по гидравлическим расчетам* 1961 გ.
3. Агроскин И.И. *Гидравлика* 1964 გ.
4. ნ. ქუთათელაძე დაბალ და საშუალოდაწნევიან წყალმიმღებ ნაგებობათა სათავე კვანძის ჰიდრავლიკური გაანგარიშება (მეთოდური სახელმძღვანელო) 1980წ.
5. ნ. მოწონელიძე, ვ. მაღლაკელიძე, ა. მოწონელიძე დაბალდაწნევიანი ჰიდროკვანძი წყალსაშვებიანი კაშხლით არაკლდოვან ფუძეზე (მეთოდური მითითება) 1988 წ.
6. ა. პაპაშვილი ჰიდრავლიკა 1985წ.
7. ნ. მოწონელიძე ჰიდროტექნიკური ნაგებობები (ნაწ. I), 1977წ.

შინაარსი

საკურსო სამუშაოს მიზანი	3
მოცემულობა წყალმიმღებ ნაგებობათა სათავე კვანძის გაანგარიშებისათვის	5
1. მდინარის ხარჯის მრუდის აგება დასაგეგმარებელი კაშხლის გასწორზე – კვეთში (ბუნებრივ პირობებში)	6
2. კაშხლის ფარებიანი ნაწილის წყალგამტარი ფრონტის სიგანის გაანგარიშება	9
3. გამრეცხი რაბის (ხვრეტის) ისეთი გაღების დადგენა, როდესაც ადგილი აქვს ქვედა ბიეფში ნაკადის ჰიდრავლიკური ნახტომის მაქსიმალურ განდევნას	14
4. კაშხლის წყალსაშვიანი ნაწილის ჰიდრავლიკური გაანგარიშება	18
5. ნაგებობის ქვედა ბიეფში მძაფრი ნაკადის წყნარ ნაკადად გარდაქმნა. წყალსაცემი ნაწილის ჰიდრავლიკური გაანგარიშება	20
6. ტრაპეციული კვეთის დერივაციული არხსადენის ჰიდრავლიკური გაანგარიშება	25
7. წყალმიმღების, რეგულატორისა და გადასასვლელი უბნის ჰიდრავლიკური გაანგარიშება	27
8. ნატანდამჭერი (გამრეცხი) გაღერების ჰიდრავლიკური გაანგარიშება	34
დანართი	39
ძირითადი ლიტერატურა	42