

**ჰიდროკვანძის ქვედა ბიეფში ნახტომსუმედები ნაკადით
კალაპოტის ფსკერის ლოკალური ბარეცხვის ორმოს
უდიდესი სიღრმეებისა და კალაპოტის ფერდოს
ჩამორეცხვის უდიდესი სიბანეების ჰიდრაგლიკური
გაანგარიშების მეთოდика**

ა.გიოშვილი

მეთოდика გამოიყენება ქვედა ბიეფში წყალსაცემის საზღვრებში სრულად მოთავსებული ჰიდრაგლიკური ნახტომის საშუალებით ბიეფების ფსკერული რეჟიმით შეუღლების პირობებში, ჰორიზონტალური წყალსაცემის ან რისბერმის შემდეგ კალაპოტის ფსკერის ლოკალური გარეცხვის ორმოს დროზე დამოკიდებული უდიდესი Y_r სიღრმეების, მათი ზღვრული Y_{rm} მნიშვნელობის, ფსკერის ლოკალური გარეცხვის ორმოს შუალედური და სტაბილიზებული ფორმის შესაბამისი სიღრმეების მიღწევისათვის საჭირო t_1^ და t_1 დროის პერიოდების, ასევე გარეცხვის ორმოს და მის ქვემოთაც დინების მიმართულებით, სადაც ჯერ კიდევ შესამჩნევია ნახტომით გენერირებული ტალღების ტრანსფორმაციით გამოწვეული წყლის ზედაპირის ტალღური რხევა კალაპოტის ფერდოს ჩამორეცხვის უდიდეს l სიგანეთა მნიშვნელობების, ნაპირგასწვრივი ტალღური დინებით ფერდოდან ჩამორეცხილი გრუნტის საშუალო Q_{SL} ხარჯის, t დროის განმავლობაში ფერდოდან ჩამორეცხილი გრუნტის W_S მოცულობის, მისი მაქსიმალური W_{Sm} მნიშვნელობის და ფერდოს გარეცხვის სტაბილიზაციის t_2 დროის პერიოდის დასადგენად.*

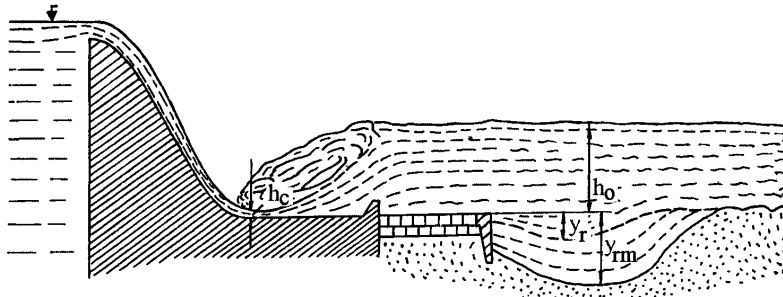
ჰიდროკვანძების ქვედა ბიეფებში ლოკალური გარეცხვების ამოცანა, მიუხედავად მისი საინჟინრო გათვლებისთვის არსებითი პრაქტიკული მნიშვნელობისა, ჯერ კიდევ არ შეიძლება ჩაითვალოს ბოლომდე და მთლიანად გადაწყვეტილად. ეს განსაკუთრებით შეეხება გამაგრების შემდეგ ფსკერის ლოკალური გარეცხვის ორმოს სიღრმეების დროში ცვალებადობისა და ნაპირების (კალაპოტისა და არხების ფერდოების) ჩამორეცხვის ამოცანებს. აღნიშნული გარემოებები ჰორიზონტალური რისბერმიდან ჩამომავალი ნაკადით ლოკალური გარეცხვის პარამეტრების პროგნოზირების არსებულ მეთოდებში ჩადებულ არასაკმარისად ცხად ფიზიკურ და ჰიდრაგლიკურ წინაპირობებთან ერთად, ლოკალური გარეცხვების ჰიდრაგლიკის ძირითადი მდგომარეობის და გარეცხვების პარამეტრების პროგნოზირების მეთოდის სრულყოფის აუცილებლობას განაპირობებს, რითაც ასევე აიხსნება [1] ნაშრომში დასმული საკითხების გადაწყვეტის აქტუალობა. მასში, თეორიული ჰიდრაგლიკის ბაზის ფენომენოლოგიურ მეთოდზე დაყვანის საშუალებით და ცდებიდან მაკორექტირებელი კოეფიციენტების განსაზღვრის გზით, რისბერმიდან ჩამოსული ნახტომსშემდეგი ნაკადით კალაპოტის არაშეკავშირებულ გრუნტებში ლოკალური გარეცხვის ორმოს დროზე დამოკიდებული უდიდესი სიღრმეების ზრდისა და ჰორიზონტალური გამაგრების მომდევნო არეში ფერდოების ჩამორეცხვის პარამეტრების პროგნოზირების მეთოდिका აგებული.

მეთოდикаში ასახული შემაჯამებელი საანგარიშო დამოკიდებულებების საშუალებით განსაზღვრული ლოკალური გარეცხვის ორმოს პარამეტრების სიდიდეების სხვა ავტორების მიერ დამოუკიდებლად ჩატარებული ცდებისა და ნატურული მონაცემების ასეთსავე სიდიდეებთან შეპირისპირება საკმარისად კარგ ურთიერთშესაბამისობებს იძლევა. კერძოდ, შედარებული იყო 78 ცდისა და ნატურული მონაცემების შედეგები. ანალიზმა ცხადყო, რომ მიღებული საანგარიშო ფორმულა სავსებით მისაღებია რეალური ობიექტების ლოკალური გარეცხვის ორმოების მაქსიმალური სიღრმეების პროგნოზირებისათვის, ვინაიდან საანგარიშო და ცდების შედეგების საშუალო კვადრატული გადახრა 18%-ს არ აღემატება.

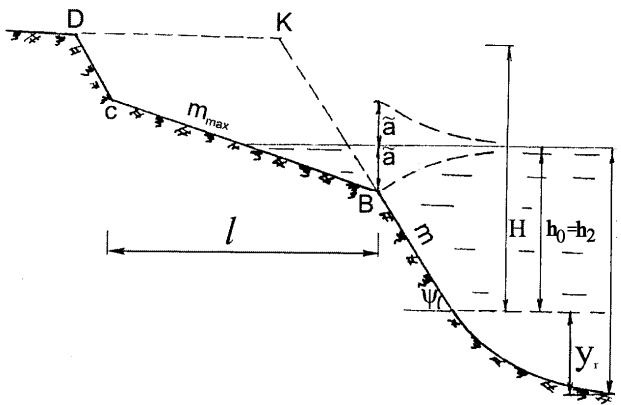
მეთოდის კიდროტექნიკური ნაგებობების დაპროექტების სფეროში მომუშავე მეცნიერ-მკვლევარებისა და დამპროექტებლებისთვისაა განკუთვნილი.

1. მეთოდის გამოყენების სფერო, ძირითადი შეზღუდვები და მიღებული აღნიშვნები

მოცემული მეთოდი გამოიყენება ქვედა ბიეფში წყალსაცემის საზღვრებში სრულად მოთავსებული ჰიდრაულიკური ნახტომის საშუალებით ბიეფების ფსკერული რეჟიმით შეუღლების პირობებში ჰორიზონტალური წყალსაცემის ან რისბერმის შემდეგ კალაპოტის ფსკერის ლოკალური გარეცხვის დროზე დამოკიდებული უდიდესი y_r სიღრმეების, მათი ზღვრული y_{rm} მნიშვნელობის, ფსკერის ლოკალური გარეცხვის ორმოს შუალედური და სტაბილიზებული ფორმის შესაბამისი სიღრმეების მიღწევისათვის საჭირო t_1^* და t_1 დროის პერიოდების, ასევე გარეცხვის ორმოს და მის ქვემოთაც დინების მიმართულებით, სადაც ჯერ კიდევ შესამჩნევია ნახტომით გენერირებული ტალღების ტრანსფორმაციით გამოწვეული წყლის ზედაპირის ტალღური რხევა კალაპოტის ფერდოს ჩამორეცხვის უდიდეს l სიგანეთა მნიშვნელობების, ნაპირგასწორივი ტალღური დინებით ფერდოდან ჩამორეცხილი გრუნტის საშუალო Q_{SL} ხარჯის, t დროის განმავლობაში ფერდოდან ჩამორეცხილი ნატანის W_S მოცულობის, მისი მაქსიმალური W_{Sm} მნიშვნელობის და ფერდოს გარეცხვის სტაბილიზაციის t_2 დროის პერიოდის დასადგენად [1] (ნახ. 1, 2).



ნახ. 1. ლოკალური გარეცხვის ორმოს უდიდესი სიღრმეებისა და მათი ზღვრული (მაქსიმალური) მნიშვნელობის გრაფიკული გამოსახულება



ნახ. 2. ჩამორეცხილი ფერდოს სტაბილიზებული კონფიგურაციის სქემა

მეთოდის მისაღებად მხოლოდ მაშინ, როდესაც ქვედა ბიეფში გამაგრების შემდეგ გამაგრებიდან ჩამომავალი ნაკადისათვის ფრუდის რიცხვი 1-ზე ნაკლებია. მისი მიღების სხვა შეზღუდვად გვევლინება ქვედა ბიეფში კალაპოტის შემადგენელი გრუნტის სახეობა. კერძოდ, იგი განკუთვნილია ლოკალური გარეცხვის სიღრმეების, კალაპოტის ფერდოს ჩამორეცხვის უდიდესი სიგანეების, ფერდოდან ჩამორეცხილი გრუნტის ხარჯის, ჩამორეცხილი ნატანის მოცულობების პროგნოზირებისათვის კალაპოტის ფსკერის და ფერდოს შემადგენელი შეჭვიდულობის დაბალი კოეფიციენტების მქონე შეუკავშირებელ ფხვიერ გრუნტებზე. თიხოვანი ნაწილაკების დიდი პროცენტით შემცველობის და ამის გამო შეჭვიდულობის მოდულის დიდი მნიშვნელობის მქონე გრუნტების შემთხვევაში მოცემული მეთოდის მისაღებად დაპროექტების საწყის სტადიაზე ზემოთ ნახსენები პარამეტრების უხეში მიახლოებითი შეფასებისათვის. ამასთანავე, გარეცხვის სიდიდეები გვექნება მარაგით, ანუ ანგარიშით მიღებული პარამეტრები ნამდვილზე მეტი იქნება. მეთოდის მისაღებად აერირებულ ნაკადიან ფსკერული ნახტომით შეუღლების დროსაც.

ძირითად საპროგნოზო გამოსახულებებში მიღებულია შემდეგი აღნიშვნები:

y_{rm} - ლოკალური გარეცხვის ორმოს უდიდესი ზღვრული (მაქსიმალური) სიღრმე;

h_0 - ქვედა ბიეფში რისბერმის შემდეგ კალაპოტის ფსკერის გარეცხვის დაწყებამდე ნაკადის სიღრმე;

v_0 - ქვედა ბიეფში ნაკადის საშუალო სიჩქარე;

v_1^0 - არადამპერული (არაგამრეცხი) სიჩქარე;

$\bar{\alpha}_{ol}$ - რისბერმის ბოლოს ჩამომავალი ნაკადის მოძრაობის რაოდენობის კორექტივი მაკროპულსაციის გათვალისწინებით;

y_r - წყალსაშვის მუშაობის დაწყებიდან t დროის გასვლის მომენტის შესაბამისი ლოკალური გარეცხვის ორმოს უდიდესი სიღრმე;

W - ქვედა ბიეფში კალაპოტის შემადგენელი გრუნტის ნატან-გრანულების საშუალო (მედიანური) ზომის რიცხვითი მნიშვნელობის შესაბამისი ჰიდრაულიკური სიმსხო;

t_1^* - ფსკერის ლოკალური გარეცხვის ორმოს შუალედური y_r^* სიღრმის მიღწევისათვის საჭირო დროის პერიოდის რიცხვითი მნიშვნელობა;

t_1 - ფსკერის ლოკალური გარეცხვის ორმოს სტაბილიზაციის შესაბამისი დროის მნიშვნელობა;

l - ქვედა ბიეფში გამაგრების ბოლოზე გატარებულ განივკვეთში კალაპოტის ფერდოს ჩამორეცხვის უდიდესი სიგანე;

l_x - გამაგრების ბოლოდან x მანძილით დაშორებულ განივკვეთში კალაპოტის ფერდოს ჩამორეცხვის უდიდესი სიგანე;

Q_{SL} - გამაგრების ბოლოდან ქვემოთ დინების მიმართულებით L მანძილით დაშორებულ განივკვეთამდე, სადაც ტალღების ამპლიტუდა ორი რიგით მცირე ზდება საწყის \bar{a}_0 ამპლიტუდასთან შედარებით, ნაპირგასწვრივი ტალღური დინებით კალაპოტის ფერდოდან ჩამორეცხილი გრუნტის (ნატანის) საშუალო ხარჯის მნიშვნელობა;

W_S - გამაგრების ბოლოდან L მანძილზე პროცესის დაწყებიდან t დროის განმავლობაში ტალღების მიერ კალაპოტის ფერდოდან ჩამორეცხილი გრუნტის მოცულობა;

W_{sm} - გამაგრების ბოლოდან L მანძილზე ფერდოს პრაქტიკულად სტაბილიზებული ფორმის დროს, კალაპოტის ფერდოდან ჩამორეცხილი გრუნტის მაქსიმალური მოცულობა;

t_2 - გვერდითი გარეცხვისას კალაპოტის ფერდოს კონფიგურაციის პრაქტიკულად სტაბილიზებული ფორმის შესაბამისი დროის მნიშვნელობა.

2. საპროგნოზო გაანგარიშებებისათვის აუცილებელი საწყისი მონაცემების ჩამონათვალი

ბიეფების ფსკერული რეჟიმით შეუღლებისას ქვედა ბიეფში წყალსაცემის ან რისბერმის შემდეგ ლოკალური გარეცხვის ორმოს უდიდესი სიღრმეების დროის მიხედვით ცვლილების და მისი შესაძლო ზღვრული მნიშვნელობის, ასევე გარეცხვის ორმოსა და ქვემოთ დინების მიმართულებით კალაპოტის ჩამორეცხვის პარამეტრების სიდიდეთა დადგენის საპროგნოზო ანგარიშების შესასრულებლად აუცილებელია გვერდის შემდეგი ძირითადი და საწყისი მონაცემები:

ა) წყალსაცემისა და რისბერმის კონსტრუქციული გაფორმების სქემა; ენერგოჩამქრობი ნაგებობების ამ ელემენტების ძირითადი ზომები (გრძივი და ვერტიკალური), ასევე ნაკადის საანგარიშო გადმოსაგდები ხარჯების შესაბამისი შემდეგი ჰიდრაულიკური პარამეტრები: კუთრი ხარჯი, მეორე შეუღლებული სიღრმის, ქვედა ბიეფის სიღრმის და ნახტომის ბოლო კვეთში (ან რისბერმიდან ნაკადის ჩამოსვლის ადგილას) კინეტიკური ენერგიის კორექტივის (ან მოძრაობის რაოდენობის კორექტივის) მნიშვნელობანი;

ბ) ქვედა ბიეფში კალაპოტის ფსკერისა და ფერდოს გრუნტის (ნატანის) გრანულომეტრიული შემადგენლობა და შეძლებისამებრ რისბერმის შემდეგ გეგმაში წვრილფრაქციული ნატანის ლოკალური ლინზების ზომები და მათი შესაბამისი ჰიდრაულიკურ სიმსხოთა მნიშვნელობანი;

გ) წყალსაცემისა და რისბერმის საზღვრებში ქვედა ბიეფის გეგმა და სხვა მომიჯნავე ელემენტებთან (მაგალითად, წყალსაგდებ და წყალსაცემ ნაგებობებსა და კაშხლის ყრუ ნაწილებს შორის გამყოფი კედლების არსებობის ან უქონლობის შემთხვევა და ა.შ.) წყალსაცემისა და რისბერმის მიბმის კონსტრუქციული გადაწყვეტა.

შენიშვნა: საერთოდ წყალსაგდები და წყალსაცემი ნაგებობების დაპროექტებისას ჩვეულებრივი ჰიდრაულიკური ანგარიშების შედეგად, ასევე ჰიდროლოგიური და გეოტექნიკური ანგარიშებითა და ძიებით ზემოთ ჩამოთვლილი საწყისი მონაცემების უმეტესობა ყოველთვის მოგვეპოვება და, მაშასადამე, დამუშავებული მეთოდიკით ქვედა ბიეფში ლოკალური გარეცხვების სიღრმეების განსაზღვრის საპროგნოზო ანგარიშების შესრულება არ საჭიროებს იმაზე მეტ რაიმე დამატებით ინფორმაციას, რაც საერთოდ დაპროექტებისას გამოიყენება.

3. ქვედა ბიეფში წყალსაცემისა და რისბერმის შემდეგ ლოკალური გარეცხვის ორმოს უდიდესი სიღრმეების და მათი ზღვრული მნიშვნელობის განსაზღვრის მეთოდიკა

3.1. ჰიდრაულიკური ნახტომით ფსკერული რეჟიმით შეუღლებისას, წყალსაცემის ან რისბერმის შემდეგ უბანზე ლოკალური გარეცხვის ორმოს უდიდესი ზღვრული (მაქსიმალური) სიღრმის განსაზღვრა ხდება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$y_{rm} = 6h_0 \frac{\frac{v_0}{v_1} (\sqrt{\bar{\alpha}_{0,l}} - 0,548) - 0,271}{\frac{v_0}{v_1} (\sqrt{\bar{\alpha}_{0,l}} + 3,288) + 1,626} \quad (1)$$

წყალსაცემზე რისხერმის გარეშე ($I_0=0$) ჩამომავალი ნაკადით გარეცხვის შემთხვევაში ამ გამოსახულებაში შემავალი h_0 და v_0 (წყალსაცემის ბოლოს ნაკადის სიღრმე და სიჩქარე) სიდიდეები დგინდება ჩვეულებრივი ჰიდრავლიკური ანგარიშით. ამასთანავე,

$$h_0=h_2-D. \quad (2)$$

აქ h_2 ნახტომის მეორე შეუღლებული სიღრმეა; D - წყალსაცემი ჭის სიღრმე (ქვედა ბიეფიდან შეტბორილი წყალსაცემი კედლის შემთხვევაში $h_0=h_2$); $v_0 = \frac{q_0^*}{h_0}$, სადაც q_0^* ბიეფების შეუღლების ყველაზე არახელსაყრელი პირობის დროს გადმოვადებული კუთრი ხარჯია განსაზღვრული მ.დ. ჩერტოუსოვის ან ი.ი. აგროსკინის [2,3] მეთოდიკებიდან.

შენიშვნა: წყალსაცემები ხვრელების ნაწილის მუშაობისას q_0^* კუთრი ხარჯი უნდა განისაზღვროს მისი რაოდენობრივი ზრდის გათვალისწინებით გადმოვადებული ხარჯის გვერდებიდან გარემომცველი წყლის მასის შერევის გამო. ამასთანავე, Δq_0^* კუთრი ხარჯის ნაზრდის გამოთვლა შეიძლება ა.ს. ობრაზოვსკისა და კ.ი. როსინსკის [4,5] მიერ რეკომენდებული დამოკიდებულებით.

(1) დამოკიდებულებაში შემავალი v_1^0 სიდიდე უნდა განისაზღვროს

$$v_1^0 = 1,2\sqrt{gd} \left(\frac{h_0}{d} \right)^{1/6} \quad (3)$$

გამოსახულებით, სადაც d ქვედა ბიეფის შემადგენელი გრუნტის ნაწილაკების საშუალო დიამეტრია.

რეკომენდებულია, რომ ჰიდრავლიკური ნახტომის შემდეგ α_0 მოძრაობის რაოდენობის კორექტივის სიდიდე დადგინდეს ფორმულით

$$\bar{\alpha}_0 = \frac{\bar{\alpha} + 2}{3}, \quad (4)$$

სადაც ნახტომის შემდეგ $\bar{\alpha}$ კინეტიკური ენერჯიის კორექტივი იანგარიშება ფორმულით [6]

$$\bar{\alpha} = (1,7\sigma - 0,7) \left(0,85 \frac{h_3}{h_1} + 0,25 \right), \quad (5)$$

რომელშიც σ ნახტომის დაძირვის ხარისხია $\left(\sigma = \frac{h_4}{h_0} \right)$; $h_3 = \sqrt[3]{\frac{q_0^{*2}}{g}}$ კი - კრიტიკული სიღრმე;

h_4 და h_1 კი - შესაბამისად q_0^* ხარჯის დროს ქვედა ბიეფში და შეკუმშულ კვეთში ნაკადის სიღრმეებია.

იმ შემთხვევაში, როდესაც წყალსაცემის შემდეგ გვაქვს I_0 სივრდის ჰორიზონტალური რისხერმა, ანგარიში მიმდინარეობს ასევე (1) ფორმულით, რომელშიც ყველა სიდიდეები,

$\bar{\alpha}_{0,l}$ -ის გარდა, განისაზღვრება ისე, როგორც ეს ზემოთაა მითითებული, $\bar{\alpha}_{0,l}$ კი $\bar{\alpha}_{0,l} = \frac{\bar{\alpha}_l + 2}{3}$ დამოკიდებულებით, სადაც

$$\bar{\alpha}_l = \bar{\alpha} - (\bar{\alpha} - 1) \sqrt[3]{\frac{l_0}{2l_1}}. \quad (6)$$

აქ l_1 - ჰიდრაულიკური ნახტომის სიგრძის ტოლი - წყალსაცემის სიგრძეა, რომელიც შეგვიძლია განვსაზღვროთ ნებისმიერი ცნობილი საანგარიშო დამოკიდებულებიდან [2,3,6].

3.2. ქველა ბიეფში აერირებული ნაკადის მოდინებისას (მაგალითად, სწრაფდენის შემდეგ წყალსაცემის არსებობისას, რომელზეც აერაციის ცნობილი კრიტერიუმებით [2,6,7] ნაკადი აერირდება და წყალსაცემზე დაცემის ადგილზე ჰაერის კონცენტრაცია მიაღწევს S_α სიდიდეს) ანგარიში ხდება იმავე მიმდევრობითა და იმავე ფორმულებით, როგორც ეს ზემოთაა მოყვანილი, მხოლოდ h_0 და v_0 , ასევე ნახტომის სიგრძე l_1 იანგარიშება [2,6] მეთოდით, რომელიც განკუთვნილია ბიეფების შეუღლების წინასწარი ანგარიშისათვის ქველა ბიეფში აერირებული ნაკადის მოდინების შემთხვევაში.

3.3. ლოკალური გარეცხვის ორმოს უდიდესი სიღრმეების ზრდის დროზე დამოკიდებულების განსაზღვრა უნდა შესრულდეს შემდეგი ფორმულებით:

ა) გამაგრების შემდეგ გაზრდილი ტურბულენტობის მქონე ($\bar{\alpha}_0 > 1$) ნაკადით ფსკერის გარეცხვის დროს:

$$y_r = y_{rm} \frac{1 - \exp\left[-0,018 \frac{Wt}{h_0 + y_{rm}} \left(\frac{y_{rm}}{h_0}\right)^{2,5}\right]}{1 - \frac{y_{rm}}{h_0 + y_{rm}} \exp\left[-0,018 \frac{Wt}{h_0 + y_{rm}} \left(\frac{y_{rm}}{h_0}\right)^{2,5}\right]}; \quad (7)$$

ბ) რისბერმიდან ჩამომავალი მდოვრადცვლადი ნაკადით ($\bar{\alpha}_0 = 1$) ფსკერის გარეცხვის დროს:

$$y_r = y_{rm} \frac{1 - \exp\left[-3,63 \cdot 10^{-3} \frac{Wt}{h_0} \left(\frac{y_{rm}}{h_0}\right)^{1,5} \left(1,67 - \frac{v_1^0}{v_0}\right)\right]}{1 - \frac{y_{rm}}{h_0 + y_{rm}} \exp\left[-3,63 \cdot 10^{-3} \frac{Wt}{h_0} \left(\frac{y_{rm}}{h_0}\right)^{1,5} \left(1,67 - \frac{v_1^0}{v_0}\right)\right]}. \quad (8)$$

3.4. ლოკალური გარეცხვის ორმოს შუალედური და სტაბილიზებული ფორმის შესაბამისი სიღრმეების მიღწევისათვის საჭირო დროის პერიოდების t_1^* და t_1 რიცხვითი მნიშვნელობები განისაზღვრება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$t_1^* = \frac{h_0 + y_{rm}}{0,018W} \left(\frac{h_0}{y_{rm}}\right)^{2,5} \ln \frac{y_{rm} \left(1 - \frac{y_r^*}{h_0 + y_{rm}}\right)}{y_{rm} - y_r^*}; \quad (9)$$

$$t_1 = \frac{h_0 + y_{rm}}{0,018W} \left(\frac{h_0}{y_{rm}}\right)^{2,5} \ln \left[100 \left(1 - \frac{y_{rm}}{h_0 + y_{rm}}\right)\right]. \quad (10)$$

(7)-(10) დამოკიდებულებებში y_{rm} განისაზღვრება (1) ფორმულით; h_0, v_0 და v_1^0 - წინა პუნქტებში მოყვანილი შესაბამისი დამოკიდებულებებით; W ქვედა ბიეფში გრუნტის გრანულების საშუალო დიამეტრის შესაბამისი ჰიდრაულიკური სიმსხოა, მ/წმ, ხოლო t - დრო, წმ, ათვლება საანგარიშო q_0^* ხარჯის წყალსაშვზე გადმოგების მომენტიდან.

შენიშვნა: კბილის ჩაღრმავების სიმაღლე, რომელიც გამაგრების ბოლოს გამორეცხვისაგან იცავს, ყოველთვის უნდა დადგინდეს ლოკალური გარეცხვის ორმოს ზღვრული (მაქსიმალური) სიდიდის მიღწევის ვარაუდიდან გამომდინარე, ამიტომ პრაქტიკული თვალსაზრისით, (1) და (10) დამოკიდებულებები უფრო მნიშვნელოვანია, ვიდრე (7)-(10), თუმცა დაუმთავრებელ ნაგებობებზე წყალდიდობის ხარჯების იძულებითი გაშვებისას, (7) და (9) გამოსახულებები გამაგრებისათვის წყალდიდობის ხარჯების გატარების უხიფათო ხანგრძლივობის პროგნოზირების საშუალებას გვაძლევს, რასაც რიგ შემთხვევებში არსებითი მნიშვნელობა შეიძლება ჰქონდეს.

4. ქვედა ბიეფში წყალსაცემისა და რისხერმის შემდეგ კალაპოტის ფერდოს ჩამორეცხვის უდიდესი სიგანეების განსაზღვრის მეთოდიკა

4.1. ქვედა ბიეფში გამაგრების ბოლოზე გატარებულ განივკვეთში, ანუ ლოკალური გარეცხვის ორმოს ფარგლებში, კალაპოტის ფერდოს ჩამორეცხვის უდიდესი სიგანე იანგარიშება შემდეგი გამოსახულებით:

$$l = 2,77 \cdot 10^{-3} \frac{(h_2 - h_1)^2}{d} \tag{11}$$

4.2. დიდი წყალსატევების (ზღვების, ტბების, წყალსაცავების) და დიდი არხების პლაჟების მდგრადობის დასადგენად გამოიყენება დამოკიდებულება

$$l = 0,325 \frac{\tilde{a}^2}{d} \tag{12}$$

4.3. გამაგრების ბოლოდან x მანძილით დაშორებულ განივკვეთში კალაპოტის ფერდოს ჩამორეცხვის უდიდესი სიგანე იანგარიშება დამოკიდებულებით:

$$l_x = 2,77 \cdot 10^{-3} \frac{(h_2 - h_1)^2}{d} \exp\left(-\frac{4\pi D x}{h_2 - h_1}\right) \tag{13}$$

(11)-(13)-ში h_1 და h_2 , შესაბამისად, ჰიდრაულიკური ნახტომის პირველი და მეორე შეუღლებული სიღრმეებია; d - პლაჟმაფორმირებელი გრუნტის გრანულების საშუალო დიამეტრი ($d=d_{95\%}$); l - პლაჟის გარეცხვის სიგანე; \tilde{a} - ქარისმიერი ტალღის ამპლიტუდა განისაზღვრება [8]-ში მოცემული სპეციალური მეთოდიკით; $D=13,5 \cdot 10^{-5}$ - ენერგიის დისიპაციის ინტენსიობის მუდმივა.

4.4. ნაპირგასწვრივი ტალღური დინებით კალაპოტის ფერდოდან ჩამორეცხილი გრუნტის (ნატანის) საშუალო ხარჯის მნიშვნელობა გამაგრების ბოლოდან ქვემოთ დინების მიმართულებით L მანძილით დაშორებულ განივკვეთამდე, სადაც ტალღების ამპლიტუდა ორი რიგით მცირე ხდება საწყის \tilde{a}_0 ამპლიტუდასთან შედარებით, განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით:

$$Q_{SL} = 4,3 \cdot 10^{-5} \frac{\lambda \tilde{a}_0^2}{m^{0,75}} \sqrt{\frac{g}{d}} \tag{14}$$

4.5. პროცესის დაწყებიდან t დროის განმავლობაში ტალღების მიერ არხის ერთი ფერდოდან ჩამორეცხილი გრუნტის მოცულობა გამაგრების ბოლოდან L მანძილზე იანგარიშება დამოკიდებულებით:

$$W_s = 4,3 \cdot 10^{-5} \frac{\lambda \tilde{a}_0^2 t}{m^{0,75}} \sqrt{\frac{g}{d}} \quad (15)$$

4.6. ფერდოს ჩამორეცხვისას, დროის ის მნიშვნელობა, როდესაც არხის ფერდოს კონფიგურაცია მიიღებს პრაქტიკულად სტაბილიზებულ ფორმას, განისაზღვრება დამოკიდებულებით:

$$t_2 = \frac{N \cdot m_{\max}^{0,75}}{\sqrt{gd}} \cdot 10^7 \text{ წმ.} \quad (16)$$

4.7. არხის ერთი ფერდოდან ჩამორეცხილი ნატანის მაქსიმალური მოცულობა გამაგრების ბოლოდან L მანძილზე ფერდოს პრაქტიკულად სტაბილიზებული ფორმის დროს (როდესაც $t=t_2$), განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$W_{sm} = 15 \frac{N}{d} (h_2 - h_1)^3 \quad (17)$$

(15) და (16) გამოსახულებებში

$$N = 0,28(h_2 - h_1) - 58md + \left(1 - 202 \frac{d}{h_2 - h_1}\right) (H - 1,28h_2 + 0,28h_1) \quad (18)$$

(14)-(18)-ში λ ტალღის სიგრძეა; m და m_{\max} - გარეცხვის დაწყებამდე და დამთავრების შემდეგ ფერდოს შესაბამისი კოეფიციენტები; d - ფერდოს შემადგენელი გრუნტის გრანულების საშუალო დიამეტრი; H - ტრაპეციული არხის სიმაღლე; g - სიმძიმის ძალის აჩქარება; h_1 და h_2 აღნიშვნების განსაზღვრებები კი ზემოთ იყო მოყვანილი.

შენიშვნა: ა) რადგან ქვედა ბიეფში წყალსაცემისა და რისბერმის შემდეგ ლოკალური გარეცხვის ორმოს ფარგლებში და ქვემოთ დინების მიმართულებით, სადაც ჯერ კიდევ შესაძრწევია ჰიდრაული ნახტომით გენერირებული ტალღების ტრანსფორმაციით გამოწვეული წყლის ზედაპირის ტალღური რხევა, კალაპოტის ფერდოს ჩამორეცხვის უდიდესი სიგანეების პროგნოზირება აუცილებელია კალაპოტის შესაძლო გამაგრების შეფასების, ხილური (სხვა) გადასასვლელების და კალაპოტის გასწვრივ გზების სწორი შერჩევით. ამიტომ პრაქტიკული თვალსაზრისით, (11) და (13) დამოკიდებულებები უფრო მნიშვნელოვანია (14)-(17) დამოკიდებულებებთან შედარებით. თუმცა კალაპოტის ფერდოდან ჩამორეცხილი გრუნტის საშუალო ხარჯის, პროცესის დაწყებიდან t დროის განმავლობაში ტალღების მიერ არხის ერთი ფერდოდან ჩამორეცხილი გრუნტის მოცულობის და მისი მაქსიმალური მნიშვნელობის (ფერდოს პრაქტიკულად სტაბილიზებული ფორმის დროს, როდესაც $t=t_2$), ასევე სტაბილიზაციის დროის სიდიდეების განსაზღვრას რიგ შემთხვევებში გარკვეული პრაქტიკული მნიშვნელობა შეიძლება ჰქონდეს.

ბ) კალაპოტის (არხის) ფერდოს ჩამორეცხვის ანგარიშთან ერთად, უნდა შესრულდეს კალაპოტის განიკვეთის ქვედა სიღრმითი ნაწილის კონფიგურაციის ცვლილების ანგარიშიც, რომელიც გამოწვეულია ფერდოს ჩამორეცხვის შედეგად ჩამოტანილი გრუნტის ნაწილაკების ნაწილობრივი დალექვით ფსკერზე, სადაც დინების გრძივი სიჩქარეები მინიმალურია და რის გამოც არსებობს წყალქვეშა აკუმულირებული სხეულების გაჩენის პირობები.

ლიტერატურა

1. გიოშვილი ა. ჰიდროკანძების ქვედა ბიეფებში ფსკერული რეჟიმით შეუღლებისას ნახტომსშემდეგი ნაკადით ლოკალური (ადგილობრივი) გარეცხვების ჰიდრაულიკა. თბილისი:მერიდიანი. 2007.
2. Чертоусов М.Д. Гидравлика. М.-Л.:Госэнергиздат. 1959.
3. Агроскин И.И., Дмитриев Г.Т., Пикалов Ф.И. Гидравлика. М.-Л.:Госэнергиздат. 1954.
4. Вошинин А.П., Гришин М.М., Лихачев В.П. и др. Проектирование речных гидроузлов на нескальных основаниях. М.:Энергия. 1967.

5. Россинский К.И., Дебольский В.К. Речные наносы. М.:Наука. 1980.
6. Богомоллов А.И., Михайлов К.А. Гидравлика. М.:Стройиздат. 1972.
7. Розанов Н.П. Гидротехнические сооружения. М.:Стройиздат. 1978.
8. СНиП 2-57-75. Ч.2. Гл.57. Нагрузка и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые, от судов). М.:Стройиздат. 1976.

ალვანი გიოშვილი ტექნ. მეცნ. აკადემიური დოქტორი
E-mail: alvani.gioshvili@gmail.com