

ენერჯის კარგვის შესახებ სადაწინო წყალსატარებში

გ.გივიბერია

მიღებულია 07.12.2015

საერთაშორისო საინჟინრო პრაქტიკაში მიღებული საანგარიშო მეთოდის თანახმად, წყალსატარებში განვითარებული ტურბულენტური დინების პირობებში ჰიდრაულიკური ენერჯია მცირდება დიამეტრის გაზრდისას.

აღნიშნული დებულების საწინააღმდეგოდ ენერჯის სადერივაციო გვირაბში 2010...2013 წწ. შესრულებული გამოკვლევის შედეგად, ირკვევა, რომ ენერჯის (დაწნევის) დაკარგვის რეალური მნიშვნელობები დიამეტრის გაზრდისას არსებითად აღემატება ოფიციალური მეთოდიკით განსაზღვრულს.

დადგენილი შეუსაბამობა უნდა აიხსნას როგორც თეორიაში მიღებულ დაშვებათა არაადეკვატურობით, ასევე ანგარიშში შემავალი ექსპერიმენტული კოეფიციენტის მნიშვნელობათა დადგენისას შეზღუდული ლაბორატორიული საშუალებებით მიღებული მონაცემების გამოყენების შედეგად.

აღნიშნულთან დაკავშირებით, რეალური კანონზომიერების დასადგენად აუცილებელ საჭიროებად მოიაზრება განსახილველი საკითხის სიღრმისეული გამოკვლევა, რაც ნათელს მოფენდა დინების ფიზიკურ ბუნებას და მოგვცემდა საკითხის რეალისტური საფუძვლით გადაწყვეტის საშუალებას.

მიზნის მისაღწევად მიზანშეწონილად გვესახება მასშტაბური გამოკვლევის ჩატარება წყალსატარების დიამეტრების ფართო სპექტრისათვის, ნატურული ექსპერიმენტების გამოყენებით, თანამედროვე, მაღალი სიზუსტის გამზომი აპარატურის მეშვეობით.

ამგვარად, რეალისტური ბაზის საფუძველზე მიღებული შედეგები საშუალებას მოგვცემს ჰიდროენერგეტიკული მიმართულების არაერთი პრობლემური საკითხის ოპტიმალური ასპექტით გასადაწვევად.

საკვანძო სიტყვები: ჰესის სადერივაციო გვირაბი, წყალსატარი, ტურბულენტური რეჟიმი, ფილტრაცია, ენერჯის კარგვა

ჰიდროელექტროსადგურების გეგმარებისა და მათი ექსპლუატაციის რაციონალურად მართვის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს საკითხად გვევლინება ენერგეტიკულ წყალსატარებში ენერჯის კარგვის მართებული განსაზღვრა. ამ პარამეტრის საანგარიშოდ მიღებული მნიშვნელობა განსაკუთრებული ინტერესის შემცველია ჰესების გვირაბებისა და მილსადენების გეგმარებისათვის და ემსახურება ობიექტის ოპტიმალური მუშა რეჟიმის შერჩევას.

სითხის ნაკადის განვითარებული ტურბულენტური დინების პირობებში საყოველთაოდ აღიარებული საანგარიშო მეთოდიკა განიხილავს ნაკადის დინამიკას, როდესაც ელემენტარული ნაწილაკები პულსაციური სინქარეებით იჭრებიან მომიჯნავე მასებში, რითაც იწვევენ ენერჯის კარგვას მათი მოძრაობის რადიუსობის (იმპულსი) ურთიერთგაცვლის შედეგად. ბრტყელი მოძრაობის ფარგლებში დინების მიმართულებაზე x მხები ძაბვები წარმოდგენილია პულსაციურ სინქარეთა ნამრავლით.

$$\tau_{x,y} = -\rho v'_x v'_y \quad (1)$$

ლ.პრანდტლის ვარაუდით, სიჩქარეების ამ მდგენელთა კორელაციური კავშირი ახლოსაა 1-თან, ანუ დასაშვებია ტოლობის $v'_x \approx v'_y$ ადეკვატურობა. ავტორმა ჰიდრომექანიკის ერთერთი ფუნდამენტური დამოკიდებულების საფუძველზე ნაწილაკთა პულსაციური სიჩქარე დაუკავშირა სიჩქარეთა ნაკადის გრადიენტს ნორმალზე

$$|v_x| \sim l \frac{\partial v_x}{\partial y}. \tag{2}$$

პროპორციულობის კოეფიციენტს l მიენიჭა ტერმინი "შერევის გზის სიგრძე", რომლის ჰიდრაულიკური შინაარსი მოიაზრება როგორც სიგრძის მონაკვეთი, მანძილი, რომელზეც ელემენტარული მასა მთლიანად გასცემს თავის მოძრაობის რაოდენობას ρv_x .

საბოლოოდ, მხები ძაბვებისათვის მიღებულია გამოსახულება - პრანდტლის განტოლება

$$\tau = \rho l^2 \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} \right)^2. \tag{3}$$

განტოლებაში შემავალ ემპირიულ კოეფიციენტს პრანდტლმა მისცა სახე:

$$l = \alpha y, \tag{4}$$

სადაც y ნაკადის კედლიდან დაშორებაა, ხოლო α - კარმანის მუდმივა, რომლისთვისაც (ინიკურადის ექსპერიმენტების საფუძველზე) დადგენილ იქნა $\alpha=0,38...0,40$ სადაწნეო, ხოლო $\alpha=0,306$ ღია ნაკადებისათვის. ამ დამოკიდებულების დაფუძნებით ავტორმა ჩათვალა, რომ სითხის მასების ურთიერთშერევით გამოწვეული იმპულსი გადაადგილების სიგრძეზეა დამოკიდებული, რაც წრფივი კავშირით (4) იქნა გამოხატული.

ჰიდრაულიკურ ამოცანათა გადასაწყვეტად პრანდტლის განტოლების ინტეგრებასთან ერთად, საჭირო გახდა ზოგიერთი თეორიული მოსაზრების გამოყენება, რომლებიც ექსპერიმენტული მონაცემებით იქნა განმტკიცებული.

ზემომოყვანილ დებულებებზე დაფუძნებული, საერთაშორისო სპეციალური ლიტერატურით აღიარებული, მაღალპროფესიულ დონეზე შესრულებული ექსპერიმენტებით დადასტურებული საანგარიშო ფორმულა თავდაპირველად ინიკურადის მიერ იყო შემოთავაზებული:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,74 + 2,01g \frac{r_0}{\Delta}, \tag{5}$$

სადაც λ ჰიდრაულიკური წინაღობის კოეფიციენტია დარსი-ვაისბახის მიხედვით; Δ - წყალსატარის აბსოლუტური ხორკლიანობა, ხოლო $r_0=d:2$ წყალსატარის რადიუსია.

შემდეგში, ამ მიმართებით შესრულდა ექსპერიმენტულ გამოკვლევათა დიდი რაოდენობა, რომელთა შედეგების მიხედვით შემოთავაზებულია სათანადო საანგარიშო გამოსახულებანი. ამგვარად, საერთაშორისო პრაქტიკაში წრიული კვეთისა და ცილინდ-

რული ფორმის მიღებისათვის. ამასთანავე, სამშენებლო მასალით ნაგებ წყალ-სატარებისთვისაც გაანგარიშებისათვის რეკომენდებულია კოლბრუკ-უაიტის ფორმულა, მისი უნივერსალობის პრეტენზიით:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -21g \left[\frac{\Delta}{3,7d} + \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} \right]. \quad (6)$$

ამ ფორმულაში ფიგურირებს რეინოლდსის რიცხვი $\text{Re} = v \cdot d : \nu$, სადაც ν ნაკადის საშუალო სიჩქარეა, ხოლო ν - სითხის კინემატიკური სიბლანტის კოეფიციენტი.

გარდა აღნიშნულისა, სამეცნიერო და ტექნიკურ ლიტერატურაში გავრცელებულია რიგი ფორმულებისა და საანგარიშო მეთოდებისა, რომელთა რიცხვს მიეკუთვნება ფრენკელის (7), ალტშულის (8), შეველიოვის (9) ფორმულები:

$$\lambda = \frac{1}{\left\{ 21g \left[\frac{\Delta}{3,7d} + \left(\frac{6,81}{\text{Re}} \right)^{0,9} \right] \right\}^2}; \quad (7)$$

$$\lambda = 0,1 \left(\frac{\Delta}{d} + \frac{100}{\text{Re}} \right)^{0,25}; \quad (8)$$

$$\lambda = \frac{0,021}{d^{0,3}} \quad (9)$$

და დარგის აღიარებული ცნობარებით მოწოდებული გაანგარიშებები. აღნიშნული საანგარიშო მეთოდოლოგია უდევს საფუძვლად დღემდე მოქმედ ნორმატიულ დოკუმენტებს: სსრკ-ს პერიოდის ტექნიკურ პირობებს TY, სათანადო მითითებებს, რეკომენდებულ ცნობარებს.

შესაბამისად, მოქმედ თუ გეგმარებაში მყოფ ჰიდროენერგეტიკული წყალსატარების ჰიდრაულიკურ გაანგარიშებებში გამოყენებულია ზემომოყვანილი მიდგომები.

ამგვარ, დაწესებულ გაანგარიშებათა შედეგები ლითონის მიღებისა და ჰიდროტექნიკური გვირაბებისათვის მათი დიამეტრების მიხედვით ილუსტრირებულია ცხრილში.

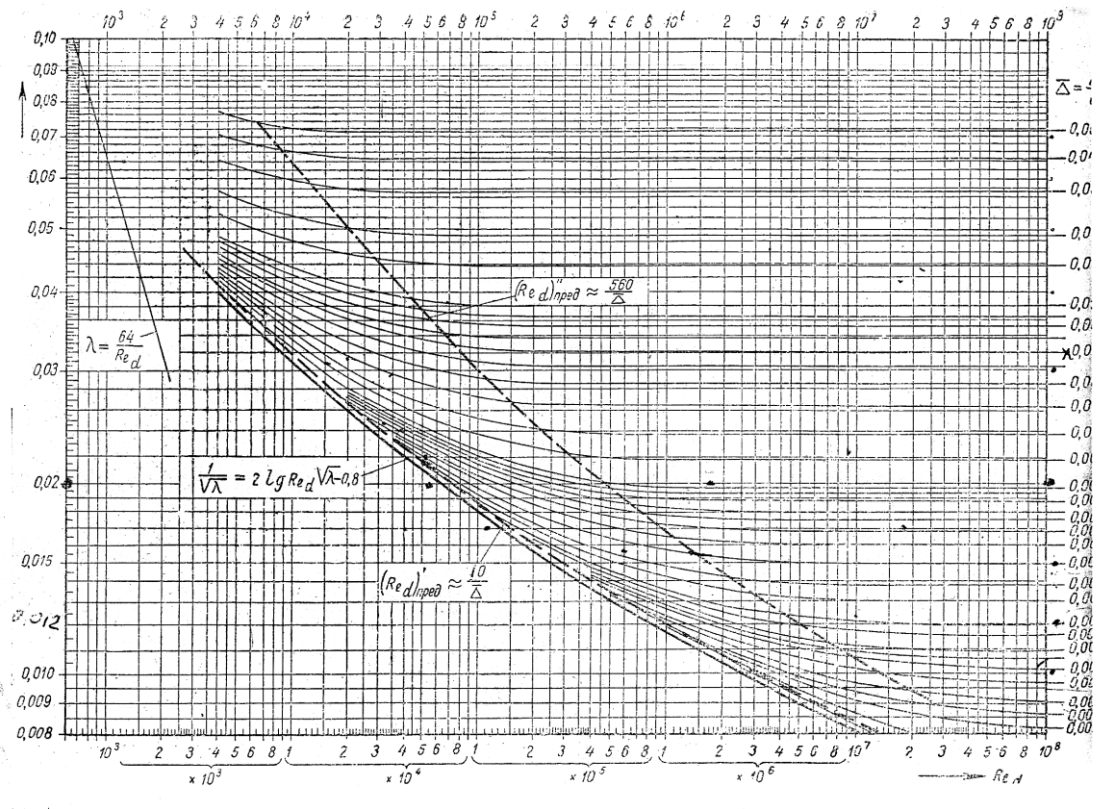
ცხრილის მე-2, მე-3 და მე-4 სვეტებში მონაცემები წარმოდგენილია ხორკლიანობის ორი აბსოლუტური მნიშვნელობისათვის $\Delta=0,2$ და $\Delta=1,0$ მმ. მათგან პირველი შეესაბამება მცირე ხორკლიანობის მიღებს, ხოლო მეორე ($\Delta=1,0$ მმ) კი - გვირაბების უხარისხოდ შესრულებულ მოკეთებებს ან ლითონის მიღებს მათი ხანგრძლივი ექსპლუატაციის შედეგად. რამდენადაც λ დამოკიდებულია რეინოლდსის რიცხვზე Re , გაანგარიშებები შესრულებულია წყლის ფიქსირებული სიჩქარისათვის (2,00 მ/წმ) და კინეტიკური სიბლანტის კოეფიციენტისათვის $\nu=0,0131$ მ²/წმ, რომელიც შეესაბამება წყლის ტემპერატურას $t=10^{\circ}\text{C}$.

ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, რომ ჰიდრაულიკური წინაღობა მცირდება წყალსატარის განივი ზომების მატებასთან დაკავშირებით. ამავდროულად, ხორკლია-

ნობის აბსოლუტური სიდიდის Δ მაღალი მნიშვნელობისათვის წინააღმდეგობის მარცხენა მხარე იზრდება 50%-ზე მეტად.

ცხრილი

წყალსატარის შიგა დიამეტრი, მმ	კოლბრუკ- უაიტის ფორმულით	ფრენკელის ფორმულით	ალტსულის ფორმულით	შეგვლიოვის ფორმულით	მოსტკოვის ცნობარის მიხედვით	
					ლითონის მილები	გვირაბები ტორკრეტირებული მოკეთებით
50	0,0280 0,0490	- -	0,0270 0,0380	0,051	0,0368	-
100	0,0250 0,0300	0,0234 0,0379	0,0227 0,0359	0,042	0,0305	-
300	0,0180 0,0260	0,0178 0,0270	0,0173 0,0244	0,030	0,0210	-
1000	0,0140 0,0200	0,0120 0,0196	0,0127 0,0202	0,017	0,0166	-
3000	0,0105 0,0155	0,0111 0,0153	0,0097 0,0137	-	0,0128	0,0149
5000	0,0102 0,0133	0,0101 0,0137	0,0085 0,0112	-	0,0119	0,0133
9500	0,0085 0,0120	0,0096 0,0109	0,0073 0,0108	-	-	-



ნახაზი. კოლბრუკ-უაიტის ფორმულის გრაფიკული გამოსახულება

აღნიშნულ გარემოებათა ანალიზის შედეგად ცხადად იკვეთება დასკვნა, რომ წყალსატარის განივი ზომების გაზრდით განპირობებული ფარდობითი ხორკლიანობის შემცირება (წყალსატარის შიგა ზედაპირის ხორკლიანობის პრაქტიკულად უცვლელობასთან ერთად) ასუსტებს მხები ძალების შემაკავშირებელ გავლენას დონებაზე - მცირდება ჰიდრაულიკური წინაღობის გამომწვევი ძალების მოქმედება.

განვითარებული ტურბულენტურობის პირობებისათვის გამოყენებული ზემოაღწერილი აღიარებული თეორიის მიერ ზოგიერთი დაშვების კორექტულობასა და ლოგიკური მიდგომის (თუნდაც მექანიკის ზოგად კანონზომიერებათა საფუძველზე) საწინააღმდეგოდ წარმოიშვა ალტერნატიული შეხედულება გამოწვეული იმ გარემოებით, რომ წყალსატარის განივი ზომების მატებასთან ერთად, უცილობლად მატულობს სითხის მასების მოძრაობის თავისუფლების ხარისხი, იზრდება შერევის ინტენსიურობის პროცესი, ძლიერდება სითხის მასებს (ნაწილაკებს) შორის მოძრაობის რაოდენობის გაცვლით განპირობებული ენერჯის ხარჯვა, რაც უნდა აისახოს წინაღობის მაჩვენებელთა გაზრდაში. ზოგადი თვალსაზრისით პროცესში მატულობს გრავიტაციული ძალების მოქმედება.

საკითხში გარკვეული სიცხადე შეიტანა 2010-2014 წწ. ენგურჰესზე ობიექტის ენერგეტიკული რეჟიმების დასადგენად შესრულებულმა გამოკვლევებმა [3,4,6]. ბუნებრივია, საჭირო გახდა სადერივაციო გვირაბში ჰიდრაულიკური წინაღობის განსაზღვრა, რაც მოითხოვს გვირაბის სიგრძეზე დაწნევის ვარდნისა და წყლის ხარჯის სათანადო სიზუსტით გაზომვას.

დაწნევის ვარდნა იზომებოდა გვირაბის საწყის (წყალმიმღების კიდეში) და ბოლო (გამათანაბრებელ რეზერვუარში) კვეთებში განთავსებული მაღალი სიზუსტის თვითჩამწერი წნევის მზომების Level Troll-500 მეშვეობით. წყლის ხარჯის გაზომვის მიზნით გამოყენებული ერთსხივიანი ულტრაბგერითი ხარჯმზომით PT-878 (ხელსაწყობი დამზადებულია აშშ-ის ცნობილი ფირმის General Eleectric-ის მიერ) საჭირო სიზუსტის მიღწევა აღმოჩნდა შეუძლებელი ჰქნის სადაწნეო სისტემის ნაგებობათა კონსტრუქციული თავისებურებებიდან გამომდინარე.

აღნიშნულთან დაკავშირებით წყლის მუშა ხარჯების განსაზღვრისათვის გამოყენებულ იქნა გაანგარიშებები ჰქნის ჰიდროაგრეგატების მიერ განვითარებული სიმძლავრეების მიხედვით, რომლის ანალიტიკური გამოსახულებიდან

$$N=9,81 \cdot Q_{\text{გ}} \cdot H_{\text{გ}} \cdot \gamma_{\text{გ}} \cdot \gamma_{\text{გ}} \cdot \quad (10)$$

ხარჯი გამოითვლება ფორმულით

$$Q_{\text{გ}} = N : 9,81 \cdot H_{\text{გ}} \cdot \gamma_{\text{გ}} \cdot \gamma_{\text{გ}} \quad (11)$$

სადაც $Q_{\text{გ}}$ ტურბინის მუშა ხარჯია; $H_{\text{გ}}$ - დაწნევა ტურბინაზე, $\gamma_{\text{გ}}$ და $\gamma_{\text{გ}}$ ტურბინისა და ჰიდროგენერატორის მარგი ქმედების კოეფიციენტებია (მქკ).

ფორმულაში (11) შემავალ წევრთა გაზომვის სიზუსტე არაერთგვაროვანია.

ჰიდროაგრეგატის მიერ განვითარებული სიმძლავრე მიიღება მანქანის ელექტრული პარამეტრებიდან, რაც მაღალი სიზუსტის თანამედროვე ხელსაწყოებით იზომება. საკმარისი სიზუსტით დგინდება დაწნევის H_6 სიდიდე - იგი გამოითვლება გამთანაბრებელ რეზერვუარისა და ჰესის ქვედა ბიეფის დონეთა სხვაობით, რომელსაც აკლდება დაწნევის დაკარგვა სატურბინო მილსადენში ჰესის ძალოვანი კვანძის ფარგლებში. ეს სიდიდე გაანგარიშებით მიიღება, იგი დამოკიდებულია ტურბინების მუშა ხარჯზე და აბსოლუტური მისი მნიშვნელობის სიმცირის გამო H_6 -ს განსაზღვრის სიზუსტეზე არ აისახება. ჰიდროგენერატორების მქკ γ_6 მნიშვნელობა საქარხნო გარანტიითაა უზრუნველყოფილი. რაც შეეხება ტურბინის მქკ-ს γ_6 ანგარიშებში ვისარგებლეთ დამამზადებელი ქარხნის მოწოდებული მონაცემებით, რომელიც, როგორც ცნობილია, რეალური ტესტირებით არ დგინდება.

გვირაბში დაწნევის დაკარგვის დადგენის საკითხში გარდა აღნიშნული უზუსტობებისა, საჭირო ხდება გაანგარიშებისათვის ზოგიერთი ნეგატიური გარემოებით გამოწვეული ფაქტორის გათვალისწინება, გაანგარიშებების მონაწილე კომპონენტების ცდომილებათა შეფასება. აღნიშნულთან დაკავშირებით მიზანშეწონილია ენერჯის კარგვა გვირაბში ჰესის ტურბინების მიერ მოხმარებული წყლის ხარჯს დაეუკავშიროთ და გვირაბიდან ფილტრაციის გავლენა გამოვიცხოთ. ტურბინებზე სტაციონარული რეჟიმით მიწოდებული წყლის ხარჯი გვირაბის სიგრძეზე კლებითი რეჟიმით მიმდინარეობს ფილტრაციის ინტენსივობის ცვალებადობის შედეგად, დაწნევის ვარდნაც სიგრძეზე არათანაბარია - მცირდება დინების გზაზე. შესაბამისად, ჰიდრაულიკური წინააღობის კოეფიციენტის მნიშვნელობაც მცირდება (ინფილტრაციის შემთხვევები აქ არ განიხილება). ფილტრაციის ხარჯის ცვლილება გვირაბის სიგრძეზე გათვალისწინებულია წრფივი დამოკიდებულებით, რომლის მართლზომიერება შეფასებულია ობიექტის ძალებით შესრულებულ რეჟიმულ დაკვირვებათა მონაცემების ანალიზის საფუძველზე.

გაანგარიშებებში აღნიშნულზე არანაკლებ წონადი გადახრა რეალური მდგომარეობიდან განპირობებულია ტურბინების მქკ-ის საქარხნო მონაცემების გამოყენების შედეგად. ეს გადახრა მატულობს აგრეგატის დაბალი სიმძლავრეებით მუშაობისას.

საჭირო გახდა, აგრეთვე, გაანგარიშებებში კორექტივის შეტანა გამოწვეული გვირაბის ტრასაზე ორი (ოლორისა და ერის წყლის) გადასასვლელის კონსტრუქციებთან დაკავშირებით. მათში ენერჯის კარგვა გათვალისწინებულ იქნა გვირაბის სათანადო ჰიდრაულიკურ პარამეტრებში.

აღნიშნული საკითხები დეტალურადაა განხილული პუბლიკაციებში [4,5] და შეფასებულია შესაძლო ცდომილებანი გაანგარიშების თითოეული კომპონენტისათვის. ცდომილებათა ჯამის საშუალო სიდიდედ მიღებულია 6%.

ზემოაღნიშნულ გარემოებათა ფონზე ჰიდრაგლიკური წინაღობის კოეფიციენტის მნიშვნელობა, ცხადია, მუშა რეჟიმის მიხედვით იცვლება. შედეგად მიზანშეწონილად მოიაზრება საანგარიშო პარამეტრები დადგინდეს ჰესის საშუალო რეჟიმთან მიახლოებული პირობებისათვის. ასეთად მიღებულია ჰესის სიმძლავრე 600-700 მგვტ ფარგლებში, წყლის ხარჯი 200-250 მ³/წმ დიაპაზონში, წყალსაცავში წყლის დონეზე 490±5 მ.

დადგენილი პარამეტრების მიხედვით, შესრულებული გაანგარიშებებით [4,5] დაწინების ვარდნის გამოსახულებისათვის გვაქვს:

$$L_w = 0,261 \cdot 10^{-3} \cdot Q_g^2. \quad (12)$$

შესაძლო ცდომილებათა და კორექტირებული ჰიდრაგლიკური პარამეტრების გათვალისწინებით კოეფიციენტის სიდიდე (12)-ში შეადგენს 0,245-ს, ხოლო შესაბამისი ჰიდრაგლიკური წინაღობის კოეფიციენტი $\lambda_0=0,0152$.

ამ კოეფიციენტის λ_0 შედარება ცხრილში მოყვანილ საყოველთაოდ აღიარებული მიდგომით მიღებულ მონაცემებთან λ ენგურჰესის სადერივაციო გვირაბისათვის გვაძლევს:

- კოლბრუკ-უაიტის ფორმულასთან $\lambda_0: \lambda_1=0,0152:(0,0085...0,0120)=1,77...1,41$;
- ალტშულის ფორმულასთან $0,0152:(0,0073...0,0108)=2,06...1,39$;
- ფრენკელის ფორმულასთან $0,0152:(0,0096...0,0123)=1,57...1,22$.

როგორც ვხედავთ, ნატურული ექსპერიმენტებისა და შემუშავებული გაანგარიშების საფუძველზე მიღებული λ -ს მნიშვნელობები საგრძნობლად განსხვავდება ამ კოეფიციენტების ნორმატიული სიდიდეებისაგან. ჰიდრაგლიკაში გაბატონებული წარმოდგენის საპირისპიროდ, დიდი დიამეტრის გვირაბში ჰიდრაგლიკური წინაღობა ნორმალურს ბევრად აღემატება.

ამგვარად, დადასტურებულად უნდა ჩაითვალოს, რომ ჰიდრაგლიკური წინაღობა წყალსატარებში მატულობს დიამეტრის (ზოგადად, განიკვეთის ფართის) ზრდასთან ერთად.

დაწყებულ ნორმატიულ მაჩვენებელთან წარმოშობილი ეს შეუსაბამობა უნდა აიხსნას მოვლენის თეორიულ საფუძველებში გამოყენებულ დაშვებათა მართებულობის განხილვით. ამ მიმართებით არადამაჯერებლად მოიაზრება ვარაუდი ნაკადში წყლის პულსაციურ მდგენელთა ურთიერთგატოლებისა (v'_x და v'_y) და ტურბულენტური შერევის სიგრძის l დაკავშირებისა სითხის ნაწილაკების კედლიდან დაშორებისაგან y წრფივი კანონით ($l=\alpha y$), რომელშიც კარმანის მუდმივა α ითავსებს რა ავტომატურად ორივე დაშვების შედეგებს, ექსპერიმენტების საფუძველზე წარმოდგენილია მუდმივ

სიდიდედ ($\alpha=0,38...0,40$) ყველა ნებისმიერი შემთხვევისათვის სადაწნეო მოძრაობის პირობებში.

ამასთანავე, სარწმუნოდ ვერ ჩაითვლება ის გარემოება, რომ პროცესის თეორიული გამოკვლევის მიერ მოთხოვნილი ექსპერიმენტული სიდიდეები ინიკუარაძის მიერ განსაზღვრულია ლაბორატორიულ პირობებში შესრულებულ ექსპერიმენტული გამოკვლევებით, მცირე დიამეტრის მილებზე, როდესაც ცდების დიაპაზონი იმდენად ვიწროა, რომ შედეგი თავსდება ექსპერიმენტის სიზუსტის განზომილებაში და ვერ ამყარებს მოვლენის კავშირს დინების გეომეტრიულ ფაქტორთან.

წამოჭრილი საკითხების სიღრმისეული გამოკვლევა ნათელს მოფენდა ჰიდრაულიკური წინაღობის ფიზიკურ ბუნებას, საშუალებას მოგვცემდა ჩამოყალიბებულიყო სათანადო რეალისტური მეთოდოლოგია ყველა თანმხლები პოზიტივით ჰესების გეგმარებისა და ოპტიმალური ექსპლუატაციის მიმართებით. ამ მიზნის მისაღწევად წარმატებულ ღონისძიებად წარმოგვიდგება ნატურული ექსპერიმენტების ფართო გამოყენება თანამედროვე ხელსაწყოთმშენებლობის მიერ უახლოესი ნოვაციების ბაზაზე შექმნილი მაღალი სიზუსტის გამზომი აპარატურის მეშვეობით. მათ შორის, ქვეყნის ენერგეტიკული ობიექტებისათვის, პირველ რიგში, განსაკუთრებულად მაღალმოთხოვნად ხელსაწყოდ მაღალი სიზუსტის ხარჯმზომები მოიაზრება. აღნიშნული ღონისძიების რეალიზება წარმოშობს ჰიდროენერგეტიკული ხასიათის მრავალმხრივ პოზიტივს.

ლიტერატურა

1. Мостков М.А. Прикладная гидромеханика. М.-Л.: Госэнергоиздат. 1963.
2. Чугаев Р.Р. Гидравлика. М.-Л.: Госэнергоиздат. 1984.
3. მაღალკაშხლიანი ჰესების უსაფრთხო და ეფექტური ექსპლუატაციის საკითხების გამოკვლევა და მონიტორინგის სისტემის შემუშავება. ა/ო "კოეფოლუციური გადაწყვეტები ენერგეტიკაში" ფონდები. თბილისი. 2011.
4. მებონია ლ., მორგოშია დ., გერგელავა მ., საბულუა ლ., გიგობერია გ. ჰიდრაულიკური კარგების განსაზღვრა ენგურჰესის სადაწნეო სისტემაში ნატურული ექსპერიმენტის გამოყენებით // ენერჯია. 2012. №4(64). თბილისი.
5. გიგობერია გ. ჰიდრაულიკური წინაღობის შესახებ ჰიდროტექნიკურ წყალსატარებში ენგურჰესის სადერივაციო გვირაბში ჩატარებულ კვლევათა შექსე//ენერჯია. 2015. №3(75). თბილისი.