

ნ. მორღველიძე

ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი

ჰიდროტექნიკური ნაგებობები

ნაწილი II

საქართველოს სსრ უმაღლესი და საშუალო სპეციალური
განათლების სამინისტროს მიერ დამტკიცებულია
სახელმწიფოებრივად უმაღლესი ტექნიკური სისწავლებლების
ხტდენტიებისათვის

ბაზოგვერდობა „ბანათლება“

თბილისი—1982

წინამდებარე სიხელმძღვანელო „ქილოტექნიკური ნაგებობების“ კურსის მეორე ნაწილია, რომელშიც თანამედროვე მოთხოვნათა დონეზეა განხილული სამლინარო ქილოტექნიკური კვანძების წყალსაგდებები, საკიტები, სპეციალური ნაგებობანი (თევზგამტარი, თევზდამცივი, თევზმიმართელი; წყალმიმღები), მშენებლობის დროს მლინარის წულის გიტარებისა და დროებით ნაგებობათა მოწყობის, აგრეთვე ქილოტექნიკების შეთანწყოებისა და დამროექტების საკითხები; არხების, არხებზე შოთაესებული ნაგებობების, ქილოტექნიკური გვირაბების გაანგარიშების, დამროექტებისა და ექსპლუატაციის პრინციპები, კალაპოტის პროექტები და სარეგულაციო (გამასწორებელი) ნაგებობანი, ქილოტექნიკურ ნაგებობათა თერმული რეჟიმი, ტექნიკური ექსპლუატაცია და გამოკვლევები.

წიგნი განკუთვნილია სამლინარო ნაგებობებისა და ქილოტექნიკოს-სადგურების ქილოტექნიკური მშენებლობის სპეციალისტის სტუდენტებისათვის; იგი დახმარებას გაუწევს მონათესავე სპეციალისტათა (ქილოტექნიკოს-რაიონული მშენებლობის, ქალაქებისა და ს-მრეწველო საწარმოთა წყალმომარაგება და სხვ.) სტუდენტებს, აგრეთვე დამროექტებელ და მშენებელ ინჟინერ-ქილოტექნიკოსებს.

ბ ე ც ე ნ ზ ნ ტ ე ბ ი : სსრ კავშირის სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ე. შირა-ცხულავა
ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი, პროფესორი ნ. ქუთათელიძე

აპრორისაგან

საბჭოთა კავშირის კომუნისტური პარტიის ყრილობათა გადაწყვეტილებების შესაბამისად ჩვენს ქვეყანაში ხორციელდება სახალხო მეურნეობის განვითარების სახელმწიფო გეგმები, რომლებშიც ერთ-ერთი უმაღლესი პრიორიტეტი ადგილი უკრავს მშენებლობას, მათ შორის ჰიდროტექნიკურსა და წყალსამეურნეო მშენებლობას. უახლოეს ხუთწლეულებში გათვალისწინებულია გაგრძელდეს მსხვილი ჰიდროტექნიკური კვანძების (ჰიდროკვანძების) მშენებლობა ენერგეტიკის, მორწყვის, წყალმობარაგების, ნაოსნობის, მეთევზეობისა და სხვა მიზნებისათვის. დასახული გეგმების განსახორციელებლად უნდა დაპროექტდეს და აშენდეს დიდი რაოდენობის სხვადასხვაგვარი საიმედო და ეკონომიური ჰიდროტექნიკური ნაგებობანი.

ყოველივე ზემოაღნიშნულის გამო დიდი მოთხოვნები წაყენება შესაბამის უმაღლეს ტექნიკურ სასწავლებლებს ინჟინერ-ჰიდროტექნიკოსთა კადრების მომზადების დონის შემდგომი ამაღლებისათვის. სწორედ აღნიშნულ მიზანს ემსახურება წინამდებარე სახელმძღვანელო, რომელიც დაწერილია სამდინარო ნაგებობებისა და ჰიდროელექტროსადგურების ჰიდროტექნიკური მშენებლობის (1203) სპეციალობის სტუდენტებისათვის. იგი „ჰიდროტექნიკური ნაგებობების“ კურსის მეორე ნაწილია, ე. ი. ჩვენივე ავტორობით 1977 წელს გამოცემული ამავე კურსის სახელმძღვანელოს პირველი ნაწილის გაგრძელებაა.

სახელმძღვანელო შედგება ექვსი განყოფილებისა და 13 თავისაგან. რომლებშიც განხილულია სხვადასხვა დანიშნულების ჰიდროტექნიკური ნაგებობათა დაპროექტების, მშენებლობისა და ექსპლუატაციის საკითხები. საკმაო ყურადღება აქვს დათმობილი სამდინარო ჰიდროტექნიკური კვანძების წყალსაგდებ ნაგებობებს, ჰიდროტექნიკური ნაგებობათა საკეტების გაანგარიშებებს და კონსტრუირებას. სათანადოდაა გაშუქებული ჰიდროკვანძების სპეციალური ნაგებობები: თევზგამტარი, თევზდამცავი, თევზმიმმართველი და წყალმიმღები. გარკვეული მოცულობით არის გადმოცემული მდინარის წყლის ხარჯების ვატარების, ჰიდროკვანძების მშენებლობისას დროებით ნაგებობათა მოწყობის, გასწორის არჩევის, ჰიდროკვანძების შეთანწყობის, არხებისა და შათხე მოთავსებული ნაგებობების მოწყობის, ჰიდროტექნიკური გვი-

რახების დაპროექტებისა და მშენებლობის საკითხები. განხილულია კალაპოტის პროცესები და რეგულირების პრინციპები, სარეგულაციო ნაგებობათა სახეობანი, მათი სამშენებლო მასალები და კონსტრუქციული ელემენტები. მნიშვნელოვანი ყურადღება ეთმობა ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა თერმული რეჟიმისა და ტემპერატურული ძაბვების შესწავლას, აღნიშნულ ნაგებობათა ტექნიკური ექსპლუატაციის, რეკონსტრუქციის და რემონტის საკითხებს, აგრეთვე ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ლაბორატორიულ და ნატურულ გამოკვლევებს.

სახელმძღვანელოს საფუძვლად უდევს ავტორის მიერ ვ. ი. ლენინის სახელობის საქართველოს პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში წლების მანძილზე წაკითხული ლექციების კურსი, რომელიც განიცდიდა განუწყვეტელ განახლებასა და სრულყოფას ჩვენი ქვეყნის ჰიდროტექნიკური დაპროექტებისა და მშენებლობის განვითარების შესაბამისად.

სახელმძღვანელოს მიმართ გამოთქმულ შენიშვნებსა და სურვილებს ავტორი კმაყოფილებით მიიღებს.

სამდინარო ჰიდროკვანძების წყალსაგდებები,
ჰიდროტექნიკური საკმებები და მათი მუშაონიშები

თაბი XIII

სამდინარო ჰიდროკვანძების წყალსაგდებები

§ 13-1. წყალსაგდებ ნაგებობათა დანიშნულება და კლასიფიკაცია

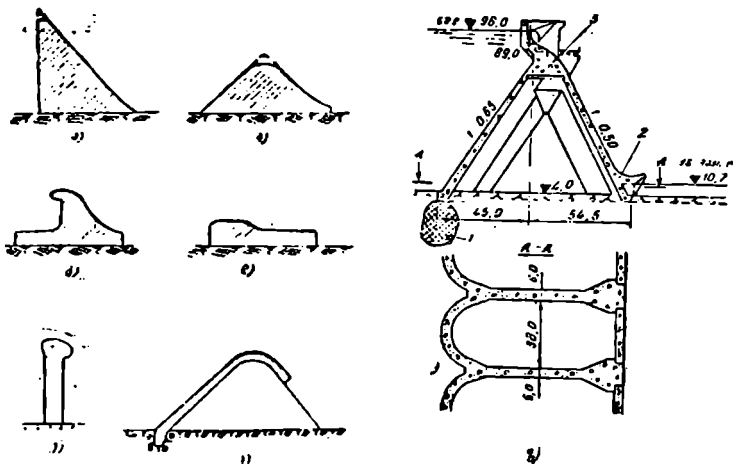
წყალსაგდებ ნაგებობათა დანიშნულებაა წყალდიდობის კარბი წყლის გატარების, წყალსაცავის მთლიანი ან ნაწილობრივი დაკლის და მისგან წყლის სასარგებლო გაშვების უზრუნველყოფა. ამ ნაგებობებს აშენებენ კაშხლის აგებამდე, ანდა მასთან ერთად.

ზოგადად წყალსაგდები ნაგებობები შეიძლება დავყოთ ორ დიდ ჯგუფად: 1. წყალსაგდებები, რომელთაც აწყობენ უშუალოდ კაშხლის ტანში და 2. წყალსაგდებები კაშხლის ტანის გარეთ (ნაპირებში).

ჰიდრაულიკური მუშაობის თვალსაზრისით ერთმანეთისაგან განასხვავებენ ზედაპირულ წყალსაგდებებს, რომლებიც წყალს ატარებენ თავისუფალი ზედაპირით, ე. ი. კაშხლის თხემზე ან ღია სანაპირო წყალსაგდების ზღურბლზე მოწყობილი ხერტების მეშვეობით, და წყალჩასაშვებებს,—სადაწნეო მილის პრინციპით მომუშავე სიღრმულ ხერტებს, რომელთაც აწყობენ უშუალოდ კაშხლის ტანში (მართკუთხა ან წრიული კვეთის მილების სახით) ანდა ნაპირებში. პირველი სახეობის წყალსაგდებები ატარებენ მხოლოდ კარბ წყალს, მეორე სახეობისა (წყალჩასაშვებები) კი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ოთქქმის ყოველგვარი მიზნისათვის.

კაშხლის ტანში მოწყობილ ზედაპირულ წყალსაგდებებს შეიძლება ჰქონდეს სხვადასხვა ფორმის განიკვეთი: ერთსაფეხურიანი, მრავალსაფეხურიანი, მდოვრე მრულწირული ან ტრაპეციისებრი მოხაზულობის კედლის სახის, ხოლო დაბალზღურბლიან წყალსაგდებებში—ერთსაფეხურიანი ფილის სახისა. აღნიშნული ფორმებიდან ყველაზე უფრო გავრცელებულია მრულწირული ანუ პრაქტიკული მოხაზულობის პროფილები (ნახ. 13-1), რომელთა სათაეისის მოხაზულობა შეიძლება იყოს უვაკუუმო (კრივერისა და ოფიკეროვის პროფილები) და ვაკუუმიანი (გადადინებული ჰაევის ქვეშ ატმოსფერულზე ნაკლები წნევით). უვაკუუმო წყალსაშვებზე გადადინება ხდება მშვიდად, დარტყმების გარეშე, ხოლო ვაკუუმიანი წყალსაგდებები გადადინებისას განიცდიან ბიძგებს, დარტყმებსა და ვიბრაციებს, რაც ჰაევის ქვეშ ჰაერის შეკრით ან სათაეისის არასწორი მოხაზულობით შეიძლება იქნეს გამოწვეული. მიუხედავად ამისა, ვაკუუმიანმა პროფილებმაც პოვა პრაქტიკული გამოყენება, რადგან მათი გამტარუნარიანობა (ხარჯის კოეფიციენტი) ოთქქმის

10—15%-ით უფრო მეტია, ვიდრე უწყვეტო პრაფილებსა. ამასთანავე უნდა აღინიშნოს, რომ ზოგჯერ ვაკუუმში შეიძლება გადააქარბოს კავიზაციის ზღვარს და ამის შედეგად მოხდეს წყალსაფეხის წყობისა და საკეტების ჩა-



ნახ. 13-1. წყალსაფეხები კაშხალების ტიპები:

ბ—პრაქტიკული პროფილით კლდოვან ფუძეზე; ბ და გ—პრაქტიკული პროფილით არაკლდოვან ფუძეზე; ფართობურბლიანი (ერთსაფეხურიანი ფრის სახით); ე—თავისუფლად ვარდნილი ქაელის პრინციპით მომუშავე (თალოვანი); ე—იგივე, კონტრფორსული; ზ—იგივე პრაქტიკული.

სიტანებელი ნაწილების დაშლა. ამ მოვლენის თავიდან აცილების მიზნით ვაკუუმის სიღრმე უნდა შეიზღუდოს 6—6,5 მ-მდე წყლის სვეტით.

ნახ. 13-2. წყალსაფეხები კაშხალის ტანში

ა) ზედაპირული წყალსაფეხები ხვრეტებში

კლდოვან და არაკლდოვან ფუძეებზე აგებული ბეტონის წყალსაფეხები კაშხალების დაგეგმარების საკითხები და კონსტრუქციების აღწერა მოცემულია სახელმძღვანელოს პირველ ნაწილში [32] (იხ. VI და VII თავები). ხოლო მათი დაწვრილებითი ჰიდრაულიკური გაანგარიშებანი, ბიფეხის შეუღლების გაანგარიშებათა ჩათვლით, —ჰიდრაულიკის სპეციალური კურსის სახელმძღვანელოებში.

ამ მოკლედ მოგვყავს მხოლოდ კაშხალის წყალსაფეხები ნაწილის გამტარუნარიანობის გაანგარიშება, რომელსაც ახდენენ შემდეგი ფორმულით

$$q = m \sigma \sqrt{2} \sqrt{g H_0}^{3/2} \quad (13-1)$$

სადაც q — არის წყლის კუთრი ხარჯი (წყალსაფეხების 1 გრძ. მზე);
 $m = k \cdot m_0$ — ხარჯის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია წყალსაფეხების მოხაზულობაზე და ხვრეტთან ნაკადის მისვლის პირობებზე;

$m_{კა}$ — წყალსაშვების ხარჯის კოეფიციენტი, როდესაც გადაღინებულ ნაკადი გვერდით კუმშვას არ განიცდის;

k — კოეფიციენტი, რომელიც ითვისისწინებს გვერდით კუმშვას და ბერეტთან ნაკადის მისვლის პირობებს;

σ — წყალსაშვების ჩაძირულობის კოეფიციენტი;

$H_0 = H + \frac{v_0^2}{2g}$ — დაწინევა წყალსაშვების თხემთან ნაკადის მოხვლის v_0 , სი.

ჩქარის გათვალისწინებით (საანგარიშო დაწინევის გაზრდა საჭიროა გათვალისწინებულ იქნეს აგრეთვე ზედა ბიეფში ტალღური რეჟიმის არსებობის დროსაც).

თხემის სიმაღლისა და მოხაზულობის შესაბამისად პრაქტიკულპროფილიანი უვაკუუმო წყალსაშვების (ნახ. 13-1 ა, ბ) ხარჯის კოეფიციენტი იცვლება $m = 0,42 \div 0,49$, ხოლო ფართობლურიანი წყალსაშვებისა (ნახ. 13-1. დ) $m = 0,32 \div 0,38$ ფარგლებში.

პრაქტიკულპროფილიანი წყალსაშვების სათავისის ტიპს ირჩევენ ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების საფუძველზე, ამასთან ვაკუუმიანი სათავისის ვარიანტის შემთხვევაში გათვალისწინებული უნდა იქნეს კონსტრუქციული ღონისძიებანი კავიტაციის პირობებში ვაკუუმის სიღრმის შესაზღუდავად, აგრეთვე ვაკუუმის გაწყვეტის აღსაკვეთად (საკეტების კილოები არ უნდა მოეწყოს ვაკუუმის ზონაში, სანაპირო კედლები და ბურჯები უნდა გაგრძელდეს ზემო ბიეფში და ამასთანავე მიეკეს მდოვრე გარსდენის ფორმა).

ისეთი საკეტების გამოყენების დროს, რომელთა ქიშხე შესაძლებელია წყლის გადაღინება, ვაკუუმის წარმოშობის თავიდან აცილების მიზნით გადაღინებული ქველი ქვეშ მიიყავთ ჭაერი. უვაკუუმო პროფილის შემთხვევაში წყალსაშვების სათავისის დასაწყისი ზოგჯერ გადაწეულია ზემო ბიეფისკენ კონსოლის სახით (ნახ. 13-1, გ), რაც შეიძლება ნაკარნახევი იყოს წყალსაშვების ქიშხე საკეტის მოთავსების პირობით.

პრაქტიკულპროფილიანი კაშხლის წყალსაშვები წახნაგი წარმოადგენს წყალსაშვები სათავისის გაგრძელებას, აქვს სწორხაზობრივი ფორმა და სათავისთან მხებით ულღება. ქვედა ნაწილში წყალსაშვებ წახნაგს აუღლებენ წყალსაცემთან წრიული ზედაპირით.

წყალსაშვები ფრონტის სიგრძეს განსაზღვრავენ რისბერმაზე გადაღინებული წყლის ხვედრითი ხარჯის სიღრმის მიხედვით, რომელიც, თავის მხრივ, დამოკიდებულია რისბერმაზე (მის ჩამოსასვლელში) დასაშვებ v_0 სიჩქარეზე, ე. ი. არსებითად მდინარის კალაპოტის გრუნტების სახეობაზე.

კაშხალების ექსპლუატაციის მონაცემების შესაბამისად v_0 დასაშვებები სიჩქარისათვის აიღება შემდეგი მნიშვნელობანი: ქვიშოვან გრუნტებში— $2,5 \div 3$, თიხოვანში— $3 \div 3,5$, ნახევრად კლდოვანში— $3,5 \div 4,5$, კლდოვანში— 5 მ/წმ და უფრო მეტი. თუ რისბერმაზე გვეცოდინება v_0 სიჩქარისა და k სიღრმის მნიშვნელობანი, მაშინ ადვილად განესაზღვრავთ ხვედრით ხარჯს q მასზე, $q = v_0 k$. ბურჯების სისქეთა გავლენის გამო ხვედრითი ხარჯი q წყალსაშვებზე $15 \div 20\%$ -ით უფრო მეტია, ვიდრე რისბერმაზე. საშუალო დაწინევის კაშხალებში q -ს მნიშვნელობანი აიღება შემდეგ საზღვრებში: ქვიშოვანი ფუძეებისათვის 25-დან 45-მდე, თიხოვანის—50-დან 60-მდე, კლდოვანისა—100-დან 120 მ³/წმ-მდე.

თუ გვეცოდინება წყლის q ხვედრითი ხარჯი, წყალსაშვების სათავისის ტიპი და მისი შესაბამისი m ხარჯის კოეფიციენტი, მაშინ (13-1) ფორმული-

დან შეიძლება განისაზღვროს დაწნევის სიდიდე ჩაუძირავი წყალსაშვების თხემზე

$$H_0 = \sqrt[3]{\frac{q^2}{m^2 g}} \quad (13-2)$$

წყალსაშვების თხემზე დაწნევის სიდიდის დადგენისას ითვალისწინებენ აგრეთვე ძირითადი და სარემონტო საკეტების არჩეულ ტიპებს და ყინულის დაუბრკოლებლად გატარების პირობებს. უკანასკნელის დასაკმაყოფილებლად საჭიროა, რომ $H \geq 1,5 - 2,0$ მ.

ჩვეულებრივ, H_0 სიდიდე არ აღემატება 8—10 მ-ს, ცალკეულ შემთხვევებში კი შეიძლება მიაღწიოს 12—14 მ-საც.

თუ წყალსაშვების თხემზე ერთნაირი H_0 დაწნევაა, მაშინ წყალსაშვები ფრონტის საჭირო სიგრძით სიგრძე $L = Q/q$, სადა Q — კაშხალის წყალსაშვები ფრონტის შავსიმაღური საანგარიშო ხარჯია.

წყალსაშვები ფრონტის სიგრძით L სიგრძეს ყოფენ l სიგანის n ხერცხვად ყინულის. ხე-ტყის, გემებისა და მშენებლობის პერიოდის წყლის ხარჯების გატარების პირობების მიხედვით: ამასთანავე ცხედველობაში მდებარეობს ძირითადი და სარემონტო საკეტების ტიპები, აგრეთვე ეკონომიური მოსაზრებანი.

კაშხალებში ხერცხვის l სიგანე ჩვეულებრივ 5-დან 20 მ-მდე აიღება, ცალკეულ შემთხვევაში აღნიშნული სიგანე 50 მ-მდე აღწევს, ხოლო კაშხალების გეგმავალ ხერცხვებში—100-დან 200 მ-მდე. საქართველოს სსრ პილდროშენებლობის პრაქტიკის მონაცემების თანახმად, დაბალზღობიანი და საშუალო დაწნევის ბეტონის წყალსაშვებ კაშხალებში ხერცხვების სიგანე აიღება 8-დან 16-მდე. უფრო ხშირად კი 12-დან 14-მდე.

ბეტონის გრავიტაციული კაშხალებისგან განსხვავებით თაღოვან კაშხალებში, მათი პროფილების თავისებურებათა გამო, წყალსაგდები, როგორც წესი, ეწყობა თავისუფლად ვარდნილი ქაელის პრინციპზე (ნახ. 13-1, ე). ასეთ წყალსაგდებზე გადაღინების ფენის სისქეს 2-დან 4 მ-მდე იღებენ. გამოთვლის შემთხვევებში, როდესაც გადაღინების ფენის სისქე მცირეა (1—1,5 მ), წყალსაგდები შეიძლება დაგეგმარდეს ჩვეულებრივი ბრუნვითი თაღოვანობის პროფილით, რისთვისაც საჭიროა თაღოვანი კაშხალის პროფილი რამდენიმე გასკეპლდეს მის წყალსაგდებ ნაწილში.

კონტრფორსული კაშხალებიდან [32] წყალსაგდების განსახორციელებლად ყველაზე უფრო მოხერხებულია კაშხალები ბრტყელი გადახურვით, მაგრამ ისინი შეიძლება მოეწყოს შრავალთაღოვან (თაღოვან-კონტრფორსულ) და მასიურ კონტრფორსულ კაშხალებშიც.

ბრტყელი სადაწნეო გადახურვის შქონე კონტრფორსული კაშხალის წყალსაშვებ ნაწილში კონტრფორსების ქვედა წახნაგის მხარე იხურება სპეციალური წყალსაშვები ფილით, რომელსაც კოროში აქვს წესიერი უეკუთუმი ფორმა. წყალსაშვები ფილა მონოლითურადაა დაკავშირებული სადაწნეო ფილასთან და თავისუფლად დევს კონტრფორსებზე. ფილა შავრდება კლდოვან ფუძეში ან, არაკლდოვანი ფუძის ჰეფთხევაში, საძირკვლის ფილაში.

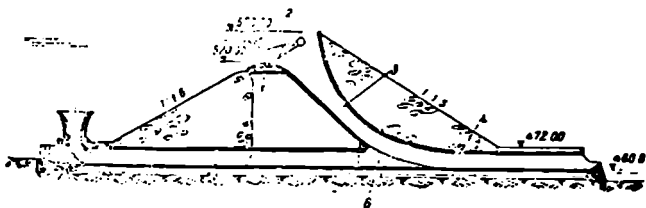
ასეთ კაშხალებში წყალსაგდები მაშინ ეწყობა თავისუფლად ვარდნილი ქაელის პრინციპზე, როდესაც კაშხალი იგება საიმედო კლდოვან ფუძეზე (ნახ. 13-1, ე).

შრავალთაღოვან კაშხალებში წყალსაგდების მოწყობა უფრო რთულია, რადგან მნიშვნელოვან თაღებთან წყალსაშვები ფილის პილრაკელიკურად ხელსაყ-

რელი შეუღლება უფრო მიზანშეწონილია მოეწოს თავისუფლად ვარდნილი ქველის პრინციპით მომუშავე წყალსაგდები, რისთვისაც თაღების ზედა რგოლს აძლევენ მომრგვალებულ ფორმას. მრავალთალოვან კაშხალებში უურაოდლებას იმსახურებს წყალსაგდების მოწყობის ის წინადადება, რომელიც დაუშავედა უსტ-ილიმსკის ჰიდროტექნიკური ინსტიტუტის მიერ 100 მ სიმაღლის კანხალის საპროექტო ვარიანტში. ამ მოაველთალოვანი კაშხალის წყალსაგდებ ნაწილში თაღები დაშვებულია მასიური თხემი, ხოლო კონტრფორსებს შორის მალეები ქვედა ბიუფში გადახურულია რკინაბეტონის ბრტყელი წყალსაგდები ფილებით (ნახ. 13-1, ბ).

პრაქტიკული პროფილის მქონე უეკუუმო წყალსაგდებებს აწყობენ აგრეთვე მასიურ-კონტრფორსულ კაშხალებში, მაგრამ მათი კონტრფორსის თავის ჰიდრაულიკა რამდენადმე არახელსაყრელია. ასეთ წყალსაგდებებში კონტრფორსების ქვედა წახნაგი გადახურულია წყალსაგდები ფილით. ცალკეულ შემთხვევებში შეიძლება გამართლებულ იქნეს თავისუფლად ვარდნილი ქველის პრინციპით მომუშავე წყალსაგდების მოწყობა.

პრაქტიკული პროფილის მქონე წყალსაგდებების მოწყობა შესაძლებელია მიწისა და საერთოდ, ადგილობრივი მასალის კაშხალების ტანკიც. ცხადია ასეთი წყალსაგდები, რომელიც მთელ სიმაღლეზე კრის ადგილობრივი მასა



ნახ. 13-2. წყალსაგდები ქვაყრილი კაშხალის ტანში:

- 1—წყალსაგდები ზღურბლი; 2—საყტი; 3—დახრილი მილი; 4—ფსკერული მილსადენი; 5—სამშენებლო წყალსაგდები; 6—სამშენებლო წყალსაგდების გადაშენი ბეტონის საცობი.

ლის კაშხალის ტანს და უშუალოდ მტკიცე ფუძეზე მოთავსებული, მკიდრად უნდა დაუკავშირდეს კაშხალის ტანს, რათა თავიდან იქნეს აცილებული კონტრაქტური ფილტრაციის წარმოშობა გრუნტში წყალსაგდების გასწვრივ. ჰიდრაულიკური თვალსაზრისით ეს უკანასკნელი არაფრით არ განსხვავდება ბეტონის წყალსაგდები კაშხალებისაგან, ამიტომ ერთად მათი კონსტრუქცია ერთმანეთის მსგავსია.

რამდენადმე სპეციფიკურია ქვაყრილი კაშხალის ტანში მოწყობილი წყალსაგდები, რომელიც ნაჩვენებია 13-2 ნახაზზე. იგი შედგება შემდეგი ნაწილებისაგან: შესავალი ნაწილი ძალაუ საყრდენებზე მოწყობილი წყალსაგდები ზღურბლის სახით, საყტი, დახრილი მილი, ფსკერული მილსადენი და წყლის ეიერგის ჩამქრობი მოწყობილობანი. ფსკერული მილსადენი შედის დროებითი სამშენებლო წყალსაგდების შედგენილობაში, რომელსაც შემდგომ მშენებ (აუქმებენ) ბეტონის საცობით.

ბ) სიფონური წყალსაგდებები

ზედაპირული წყალსაგდებების თავისებური სხეობაა სიფონური წყალსაგდები, რომელსაც აწყობენ უშუალოდ კაშხალის ტანში ან მის ზემოთ წრიული ან მართკუთხა კვეთის რკინაბეტონის (ან ლითონის) მილების სახით

(ნახ. 13-3). ეს წყალსაგდებები მუშაობენ ვაკუუმის პრინციპით და ხასიათდებიან დიდი გამტარუნარიანობით. სიფონის თავს, რომელიც ზედა ბიეფიდან დაახლოებით 0,7—1,0 მ სიმაღლეზეა ჩაშვებული, აქვს გაფართოებული შესავალი კვეთი, რათა თავიდან იქნეს აცილებული ჰაერის სწრაფი შექრისა და ამის შედეგად ჰაელის გაწყვეტისა და წყალსაგდების მუშაობიდან გამორთვის შესაძლებლობა. თუ წყალსაგდების მუშაობისას მოსალოდნელია ყინულის შეტაცება, მაშინ სიფონის კვეთი უნდა მოთავსდეს უფრო ღრმად, ხშირადან არანაკლებ 2—3 მ სიღრმეზე.

წყლის ხარჯი სიფონური წყალსაგდების გამოსავალ კვეთში განისაზღვრება ფორმულით

$$Q = \mu \alpha \sqrt{2g H_0} \quad (13-3)$$

სადაც μ არის ხარჯის კოეფიციენტი, რომელიც განისაზღვრება სადაწნეო მილების ანალოგიურად ($\mu = 0,60 \div 0,85$);

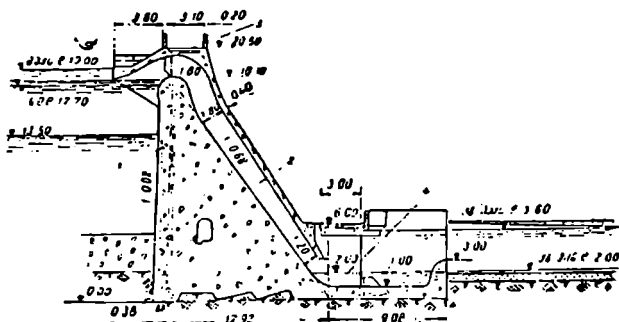
• — ქვედა ბიეფში გამოსასვლელი კვეთის ფართობი;

$$H_0 = H + \frac{\alpha v_0^2}{2g}$$

აქ H — ზედა და ქვედა ბიეფების დონეთა სხვაობაა დონის ქვეშ გამოდინების შემთხვევაში, ხოლო თუ გამოსავალი კვეთი დაუძირავია — სიმაღლე ზედა ბიეფის დონიდან სიფონის გამოსავალი კვეთის ცენტრამდე;

α — სიფონთან ნაკადის მოსვლის სიჩქარე.

ჩვეულებრივ სიფონის ხედრითი ხარჯი აღწევს 20—25 მ³/წმ, რაც ღია წყალსაგდებზე შეესაბამება 4,5—5 მ დაწინევას. მისი ჩართვა მუშაობაში ავ-



ნახ. 13-3. კაშხალი სიფონური წყალსაგდებით:

- 1—ბეტონის კაშხალის ტანი; 2—სიფონური წყალსაგდების მილი; 3—სავალი ნაწილი;
4—დაბეჭდვარები; 5—სასამსახურო ბიდი.

ტრამატურად ხდება მას შემდეგ, როდესაც სიფონის თხემზე წყლის შედარებით თხელი ფენის გადაღინებით მისგან გამოიდევნება ჰაერი. ამ პროცესის დასაჩქარებლად აუკილებელია, რომ სიფონის მუშაობის დასაწყისში წყალსაგდებზე გადაღინებული აქველი ეცემოდეს სიფონის სახურავზე და ავსებდეს მთელ სიცარიელეს. სიფონიდან ჰაერის გამოდევნის დასაჩქარებლად ზოგჯერ მის თხემზე აწყობენ ჰაელის გამფანტავ კბილებს.

სიფონის ყველა მილის ერთდროულ ჩართვას ან გამორთვის შეიძლება მოჰყვეს ნაგებობისათვის არასასურველი ბიძგები; ბიძგების თავიდან ასაცი-

ლებლად მათ აერთიანებენ ცალკეულ ჯგუფებად (მატარებლად), რომელთა თხემი მოთავსებულია სხედასხვა ნიშნულზე; მუშაობაში მათი ჩართვა და გამოართვა ხდება შიშველობით. სიფონის ტუჩ.მდე ზედა ბიფის დონის დაწევის თავიდან აცილების მიზნით წყალსაშვების თხემის ნიშნულის დონეზე სიფონის სახურაუშა (კედელში) აწყობენ საპირო ხერცებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ სიფონში ქაელის გაწვევტას და მუშაობიდან მის გამოართვას, როდესაც წყლის დონე ზედა ბიფეში დაიწვეს ხვდ-ზე დაბლა.

სიფონურ წყალსაგდებთა ნაკლოვან მხარეებლად უნდა ივიჩინოთ: ყინულისთ, თიშით და სხეა ჩაძირული სხეულებით გაკედვის საშიშროება, ხაგებობის დიბრაციისა და სიფონის მილების ივიგა ზედაპირის დაზიანების შესაძლებლობა ინიშვნელოვანი ვაკუუმების დროს, აგრეთვე ისიც, რომ მოუხერხებელია პერიოდული დათვალეირება ვაკუუმის სიდიდე სიფონის წვეროში (თხემზე) ჩვეულებრივ არ აღემატება წყ. სეცტის 8 მ სინალეს. ასეთ წყალსაგდებებს იყენებენ ზომიერ კლიმატურ პირობებში და ზაშინაც, როდესაც ზედა ბიფის დონის მნიშვნელოვანი აწვეის გამო საკიროა წყალსაგდების ატრომატური მოქმედება.

გ) სიღრმული წყალსაგდები (წყალჩასაშვები) ხერცებზე

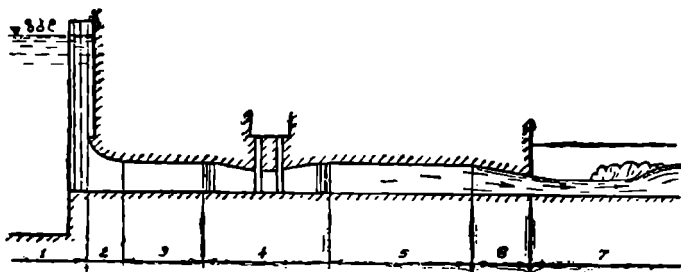
სიღრმულ წყალსაგდებებს და წყალჩასაშვებებს უწოდებენ ჩაკეტილი განივეკეთის მქონე წყალსატარ ნაგებობებს, რომელთა შესავალი ხერცტის ზედა ნაწიბური მოთავსებულია წყლის დონის ქვეშ. მათ აწყობენ კახალის ტანში ან ნაპირში ზემო ბიფის დალაციის დონეზე შალა და მისი ამოქმედების დონეზე დაბლა. როდესაც დინარეს არ შოაქეს მყარი ნატანი და, შაშასაღამე, კახალის წინ არ იქინება მყარი ნატანის ნალექი, მაშინ წყალსაცავის დაციის უზრუნველსაყოფად და მშენებლობის დროს წყლის ხარჯების გასატარებლად სიღრმულ წყალსატარებს (ხერცტებს) აწყობენ კახალის ფუძეში. წყალჩასაშვებთა ასეთი მოთავსება მიზანშეწონილია აგრეთვე თხელკედლიან თალოვან და კონტაფორსკლ კახალებში, რადგან წყალჩასაშვების მუშაობის დროს დინამიკურ დატვირთვას ლებულობს ფუძის დიდი მასა. ფსფრული წყალსაგდები (წყალჩასაშვები), ცხადია, სიღრმული წყალსაგდების კერძო შემთხვევის წარმოდგენს. ცალკეულ შემთხვევაში კახალის სიძალდეზე შეიძლება მოეწყოს სიღრმულ წყალსაგდებთა 2—3 იარუსი, როგორც ეს, მაგალითად, განხორციელებულია 180 მ სიძალდის ბეტონის შასტას წყალსაგდებ კახალზე აშშ-ში. ასეთხაირ გადაწყვეტას (რამდენიშვიარუსიანს) შეიძლება მიმართონ სანაპირო წყალსაგდების გამოყენების შემთხვევაშიც. ზოგჯერ კახალში შეიძლება მოეწყოს მხოლოდ სიღრმული წყალსაგდებები, როგორც ეს განხორციელებულია, მაგალითად, რიბინსკის ჰიდროკვანძში მდ. ვოლგაზე და სხე.

წყალჩამოსაშვებები მართკუთხა ან წრიულკვეთიანი მილებია, რომელთა ზომები ჩვეულებრივ არ აღემატება 10—12 მ-ს. განსაკუთრებულ ყურადღებას აქცევენ წყალჩასაშვების შესავალი ნაწილის მდოერე მახაზულობის უზრუნველყოფას. ამასთანავე ცდილობენ თავიდან აიცილონ მკვეთრი გადასასვლელები მის სიგარძეზე და საკეტების განლაგების ზონაში. ეს აუცილებელია, რადგან წყალჩასაშვებში წყლის სიჩქარე მნიშვნელოვნად იზრდება და ასეთ პირობებში მოსალოდნელია ვაკუუმისა და კავიტაციის წარმოშობა, ხოლო

ამის შედეგად—მასალის შექმა. ასეთი მოვლენების თავიდან აცილების მიზნით წყალჩასასაშვებში საკეტების უკან ითვალისწინებენ საპაერო ხერცებს ან საკეტებს აწყობენ წყალჩასასაშვებთა ბოლოში. როდესაც სიჩქარე აღემატება 20 მ/წმ, ბეტონში ატანენ ლითონის მილებს.

ჩაძირული სხეულების მოხედრის თავიდან ასაცილებლად სიღრმული წყალსაგდების შესავალი ხერცი გადალობილია გისოსით. მის გასაწმენდად ითვალისწინებენ ნავეის საწმენდ მოწყობილობას.

როგორც წესი, სანაპირო სიღრმულ წყალსაგდებებს აწყობენ გვირაბების სახით, ხოლო კალაპოტის ფარგლებში—ბეტონის კაშხალების ტანში შე-



ნახ. 13-4. სიღრმული წყალსაგდების უბნები:

- 1—მისასვლელი უბანი; 2—შესავალი სათაფისი; 3—მიმყვანი უბანი; 4—საკეტების კამერა; 5—გამყვანი უბანი; 6—გამოსასვლელი უბანი; 7—შეუღლები უბანი.

თავსებული ჰიდროელექტროსადგურების შენობებში ან ადგილობრივი მასალის კაშხალების ფუძეებში მოთავსებული მილების სახით.

სიღრმულ წყალსაგდებებს ყოფენ უბნებად (ნახ. 13-4):

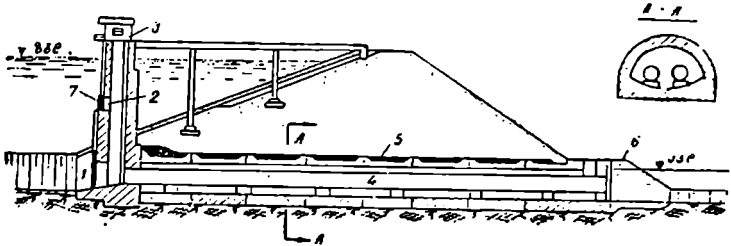
1. მისასვლელი უბანი, რომელშიც შედის ყველა ის კონსტრუქცია, რომელიც განლაგებულია შესასვლელი ხერცის წინ (მიმპართეული და შემომზღუდავი კედლები და სხვ.);
2. შესავალი სათაფისი—შესავლიდან ნორმალურ კვეთამდე, რომელიც ჩვეულებრივ მილძაბრას სახით კეთდება;
3. მიმყვანი უბანი—შესავალი სათაფისიდან საკეტების კამერამდე;
4. საკეტების კამერა, რომელშიც შედის საკეტების განლაგების უბანი, გამყოფი ბურჯები და გარდამავალი უბნები;
5. გამყვანი უბანი—საკეტების კამერიდან გამოსავალ უბნამდე;
6. გამოსავალი უბანი, რომლის ფარგლებშიც იცვლება წყალსაგდების განივევითი ნორმალურიდან გამოსავალ კვეთამდე;
7. ქვემო ბიფთან შეუღლების უბანი, რომელშიც ცალკეულ შემთხვევებში შეიძლება შედიოდეს გარდაპვეალი არხი, ქაელის გადაშდები ტრამპლინები ან ენერჯის ჩამქრობები, გამყვანი არხი წყალსაცემ მოწყობილობათა უკან და სხვა.

კონკრეტულ ნაგებობებში სიღრმულ წყალსაგდებებს შეიძლება არ ჰქონდეს ან ერთმანეთს შეუთავსდეს ზოგიერთი უბანი.

მიწისა და ქვეყრილი კაშხალის მილისებრი სიღრმული წყალსაგდების

კონსტრუქცია ნაჩენებია 13-5 ნახაზზე. მის შესავალ ნაწილს აკეთებენ ზედა ფერდოს გარეთ ან შეკრიან. მასში იგი წარმოადგენს ბეტონის ორ კედელს, რომლებიც შემოზღუდავენ კაშხალის ფერდოს და იცავენ მას გარეცხვისაგან, ამასთანავე უზრუნველყოფენ მდოვრე მისასვლელს. აღნიშნულ კედლებს შორის, აგრეთვე ზემო ბიეფისაკენ გარკვეულ სიგრძეზე ფსკერს აშაგრებენ ბეტონის ფილებით.

განასხვავებენ საკეტების სამართავ მოწყობილობათა ორ ძირითად ტიპს: კოშკურსა და შახტურს, თუმცა არის უკოშკო სათავისის გამოყენების ცალკეული შემთხვევებიც. აქვს უფრო გავრცელებულია კოშკები, რომლებსაც



ნახ. 13-5. მილისებრი წყალხასაშები სამართავი კოშკით:

- 1—მისასვლელი ნაწილი; 2—წყალმიღები ხერტი; 3—საკეტის მექანიზმის სათავსი;
4—მილები; 5—თხი; 6—გამოსასვლელი ნაწილი; 7—საკეტი.

ბეტონისაგან ან რკინაბეტონისაგან აშენებენ. კოშკის ქვედა ნაწილში აწყობენ ნაგვის შემკაებელ გისოსებს, საავარიო-სარემონტო და ძირითად საკეტებს, ხოლო მათ სამართავ მექანიზმებს ათავსებენ კოშკის ზემოთ დახურულ სათავსში. წყალსაცავის ზედა ფენებიდან წყლის მისაღებად ხშირად კოშკის კედლებში აწყობენ სარკმელების ერთ ან რამდენიმე იარუსს. ეს საშუალებას იძლევა შედარებით იშვიათად იქნეს გამოყენებული მძიმე ფსკერული საკეტები და ამასთანავე ქვემო ბიეფს შიგაწილი დაწვენილი წყალი. ზოგჯერ სარკმლებს განალაგებენ კოშკის ზემოთ (თავზე) და ისინი მუშაობენ როგორც წყალსაშები ხერტები.

შახტური ტიპის კონსტრუქციები იმით განსხვავდება კოშკურისაგან, რომ სამართავი მექანიზმები მოთავსებულია არა ზემო ბიეფის მხარეზე, არამედ კაშხალის ტანში მოთავსებულ ვერტიკალურ შახტში.

როდესაც წყალხასაშების მილების დიამეტრი არ აღემატება 1 მ-ს, მათ თუჯისაგან ან რკინაბეტონისაგან ამზადებენ, ხოლო დიდი დიამეტრების შემთხვევებში—რკინაბეტონისაგან ან ფოლადისაგან. შედარებით უფრო იაფი ჯდება მილების მოთავსება უშუალოდ ფუძის გრუნტში, მაგრამ ასეთ შემთხვევებში ძალიან ძნელდება მილის ცალკეულ სექციათა შეკეთება ან შეცვლა. ამიტომ უფრო საიმედოა მილების მოთავსება რკინაბეტონის სპეციალური გალერის შიგნით. მშენებლობის დროს ეს გალერა მიზანპირობილია გამოყენებულ იქნეს სამშენებლო ხარჯების გასატარებლად, ხოლო შემდეგ, წყალსაცავის აესებამდე, მასში მოეწყოს წყალხასაშები მილები.

წყალხასაშები მილების გარე ზედაპირის კონტაქტში წარმოშობილი ფილტრაციული დეფორმაციების შედეგად სხვადასხვა ქვეყნებში მიწის კაშხალების მრავალი ავარია მოხდა, ამიტომ მილებს ირგვლივ უწყობენ სპეციალურ რებორდებს (ნაწიბურებს) და 20—60 სმ სისქის თიხის ფენას დააგებენ. იმისათვის, რომ მილის დეფორმაცია მოხდეს დაუზიანებლად, მისი სიგრძის

ყოველ 10—30 მ მანძილზე (ფუძის გრუნტის სახეობის შესაბამისად) ითვალისწინებენ ნაკერებს, რომელთაც აქვთ ბიტუმის პიდროსაიზოლაციო სოგმანები. წყალჩასაშვების გამოსავალში აწყობენ დამატებით საკეტს სარემონტო მიზნებისათვის ან ძირითად საკეტზე მოქმედი წნევის შესათანასწორებლად, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მაშინ, როდესაც კაშხალზე მოქმედებს დიდი წნევები და ამირომ გაძნელებულია ძირითადი საკეტების მანევრირება. წყალჩასაშვების გამოსავალ ნაწილში ითვალისწინებენ კედლებს კაშხალის შოსალოდნელი გარეცხვის თავიდან ასაცილებლად, აგრეთვე წყალსაცემ მოწყობილობებს ნაკადის ენერჯის ჩასაქრობად.

წყლის დინების ჰიდრაულიკური რეჟიმის მიხედვით სიღრმული წყალსაგდებები იყოფა: ა) სადაწნეო—ჩაძირული და ჩაუძირავი გამოსასვლელით, ბ) შერეულ და გ) უდაწნეო წყალსაგდებებად. მათი ჰიდრაულიკური გაანგარიშების ძირითადი მიზანია გამტარუნარიანობის (ხარჯის) განსაზღვრა, ნაკადის ჰიდრაულიკური რეჟიმის დადგენა წყალსაგდების ყველა უბანზე, ჰიდროდინამიკური წნევის განსაზღვრა მის ზედაპირზე და ქვემო ბიეფთან შეუღლების უბნების გაანგარიშება.

სიღრმული წყალსაგდების (წყალჩასაშვების) სიგრძისა და მუშაობის პირობების შესაბამისად მის გამტარუნარიანობას ანგარიშობენ ერთ-ერთი შემდეგი ჰიდრაულიკური სქემის მიხედვით: ა) მილიდან გამოდინება; ბ) ნაცშიდან გამოდინება; გ) ხვრეტიდან გამოდინება და დ) წყალსაშვეზე გადადინება.

გამტარუნარიანობა ისეთი სიღრმული წყალსაგდებისა, რომლებიც მუშაობენ ისე, როგორც დაწნეითი მილები, განისაზღვრება (13-3) ტიპის ფორმულით

$$Q = \mu a \sqrt{2gz}, \quad (13-4)$$

სადაც μ არის წყალსაგდების საანგარიშო განივკვეთის ფართობი;

μ — წყალსაგდების ხარჯის კოეფიციენტი;

g — თავისუფალი ვარდნის აჩქარება;

z — მოქმედი დაწნევა.

განსახილველ შემთხვევაში ხარჯის კოეფიციენტი განისაზღვრება ფორმულით

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\alpha_s \left(\frac{\omega}{\omega_s}\right)^2 + \zeta_s}}, \quad (13-5)$$

სადაც $\zeta_s = \sum \zeta_s \left(\frac{\omega}{\omega_s}\right)^2$ არის წყალსაგდების ჰიდრაულიკური დანაკარგების (წი-

ნალობის) კოეფიციენტი;

α_s — კინერტიკური ენერჯის მაცორექტირებელი სიდიდე გამოსავალ კვეთში, რომელიც ჩვეულებრივ ერთის ტოლი აიღება, თუ რაიზე განსაკუთრებული მითითება არ არის მის შესახებ;

ω_s — წყალსაგდების გამოსავალი კვეთის ფართობი;

ω_s — წყალსაგდების იმ (დამახასიათებელი) კვეთის ფართობი, რომელსაც მიეკუთვნება შესაბამისი ჰიდრაულიკური დანაკარგის კოეფიციენტი;

ζ_s — ჰიდრაულიკური დანაკარგის კოეფიციენტი

i -ურ უბანზე (იგულისხმება ადგილობრივი ან ხახუნზე დანაკარგი).

ჩვეულებრივ დამახასიათებელ კვეთებად შიიჩნევენ: შესავალი სათავისის ბოლო კვეთს, წყალსაგდების პრიზმატული უბნის ნორმალურ, არაპრიზმატული უბნის მინიმალურ — კლიტის და გამოსავალ კვეთებს.

საანგარიშო განიკვეთად შეიძლება აღებულ იქნეს წყალსაგდების ნებისმიერი დამახასიათებელი კვეთი. არსებული ტექნიკური პირობებით [42] ჩვეომენდებულია საანგარიშოდ აღებულ იქნეს გამოსავალი ან პრიზმატული უბნის ნორმალური კვეთი.

ჰიდრაულიკურ დანაკარგთა კოეფიციენტი განისაზღვრება ფორმულით

$$\zeta_{\Sigma} = \sum \zeta_i \left(\frac{w}{w_i} \right)^5 = \sum \zeta_{i, \Sigma} \left(\frac{w}{w_i} \right)^5 + \sum \zeta_{i, \Sigma} \left(\frac{w}{w_i} \right)^5, \quad (13-6)$$

სადაც $\zeta_{i, \Sigma}$ არის წყალსაგდების i -ური უბნის ხახუნზე დანაკარგის კოეფიციენტი;

$\zeta_{i, \Sigma}$ — ადგილობრივ ჰიდრაულიკურ დანაკარგთა კოეფიციენტი.

წყალსაგდების სიგრძეზე ჰიდრაულიკური დანაკარგები ხახუნზე გაიანგაზრდება ფორმულით

$$\zeta_{i, \Sigma} = \lambda_{R_i} \frac{L_i}{R_i} = \frac{2g L_i}{C_i^2 R_i}, \quad (13-7)$$

სადაც λ_{R_i} არის ჰიდრაულიკური რადიუსით განპირობებული წინაღობის კოეფიციენტი;

C_i — შეზის კოეფიციენტი;

L_i — წყალსაგდების i -ური უბნის სიგრძე;

$R_i = \frac{w_i}{x_i}$ — ჰიდრაულიკური რადიუსი;

x_i — სველი პერიმეტრი.

λ და C_i კოეფიციენტები, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია $C_i^5 = \frac{2g}{\lambda}$ დამოკიდებულებით, საჭიროა განისაზღვროს სათანადო ტექნიკური პირობების ან ჰიდრაულიკური ცნობარების მხედველით.

სიღრმულ წყალსაგდებებში, რომლებაც მუშაობენ როგორც დაწნევიით მიღები, გათვალისწინებულ უნდა იქნეს ადგილობრივი ჰიდრაულიკური დანაკარგების შემდეგი სახეობანი: შესვლაზე, საკეტების კილოებში შევიწროებულ (კონფუზორულ) უბნებზე, გაფართოებულ (დიფუზორულ) და მობეჭულ უბნებზე.

ადგილობრივი ჰიდრაულიკური დანაკარგების კოეფიციენტთა რიცხვითი მნიშვნელობანი რეკომენდებულია ზემოთ ხსენებული ტექნიკური პირობების მიხედვით.

ზოგად შემთხვევაში (13-4) ფორმულაში შემავალი დაწნევა განისაზღვრება შემდეგი დამოკიდებულებით

$$\zeta = T_0 - II, \quad (13-8)$$

სადაც $T_0 = T - \frac{v_0^2}{2g}$ არის ნაკადის კუთრი ენერგია ნაგებობის ზემო ბიფში

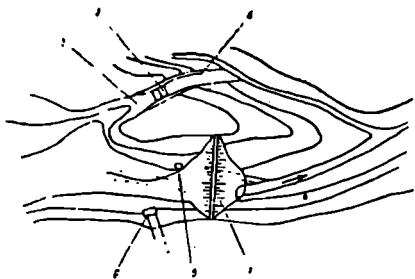
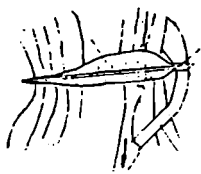
ნებისმიერი საფარდი სიბრტყის მიმართ; II — ნაკადის საშუალო კუთრი პოტენციური ენერგია გამოსავალი კვეთის გასწორში (იმავე საფარდი სიბრტყის მიმართ), რომელიც დამოკიდებულია კვეთის ჩაძირვის ხარისხზე და შემაუღლებელი უბნის კონსტრუქციაზე. ამის დასადგენად სათანადო მითითებანი მოცემულია იმავე ტექნიკურ პირობებში [42].

იმ შემთხვევაში, როდესაც სადაწნეო წყალსაგდების გაანგარიშება უნდა ჩატარდეს „ნაცმის“ ან „ხერტიდან გამოდინების“ სქემით, შეიძლება ვისარგებლოთ მოკმედი ტექნიკური პირობების მოთხოვნებით [42] ან ჰიდრაულიკური ცნობარებით. ამავე ტექნიკური პირობებით რეკომენდებული ფორმულების გამოყენებით უნდა განისაზღვროს ჰიდროდინამიკური ხვევები სიღრმული წყალსაგდების ელემენტებზე.

§ 13-ბ. წყალსაგდებიანი კაშხალის დაწის გარეთ

ა) ღია სანაპირო წყალსაგდები არხები

წყალსაგდები კაშხალის გარეთ, ანუ იგრეთ წოდებული სანაპირო წყალსაგდები, უმთავრესად ეწყობა ისეთ ჰიდროკვანძებში, რომლებშიც შემტობარავი ნაკებობა ამა თუ იმ ტიპის ადვილობრივი მასალით აშენებული კაშხალია. ღია წყალსაგდებებს აწყობენ კაშხალის უშუალო მახლობლობაში ან მისგან დაშორებით. პირველ შემთხვევაში წყალი ვარდება იმავე მდინარეში, ხოლო მეორე შემთხვევაში—მეზობელი წყალდენის კალაპოტში ან იმავე მდინარის ქვედა უბანში (ნახ. 13 გ). ასეთი წყალსაგდებები შედარებით იშვი-



ნახ. 13-ბ. სანაპირო ღია წყალსაგდებიანი ადგილობრივი მასალის კაშხალთან:
 ა—კაშხალთან; ბ—კაშხალიდან დაშორებით; 1—კაშხალი; 2—წყალსაგდები; 3—მიმოყვანი ნაწილი; 4—გამყვანი (საგდები) ნაწილი; 5—წყალჩასაშვები; 6—წყალმიღები.

ათად შეიძლება მოეწყოს ბეტონისა და რკინაბეტონის შემსუბუქებული ტიპის კაშხალთანაც.

სანაპირო წყალსაგდებები არსებითად განსხვავდებიან იმ წყალსაგდებებისაგან, რომელთაც აწყობენ კაშხალის ტანში, სახელობრ: მათი წყალსაშვები ფრონტი თავსდება ნაპირში საკმაოდ მაღალ ნიშნულზეზე, აქვთ მნიშვნელოვნად უფრო მარტივი შემაუღლებელი ნაგებობანი და ვაცილებით გრძელი წყალსაგდები ტრაქტი.

გეგმაში მოხაზულობის მიხედვით ღია წყალსაგდებები შეიძლება იყოს სწორხაზოვანი და შრულხაზოვანი და ჰქონდეს მუდმივი ან ცვალებადი სიგანე.

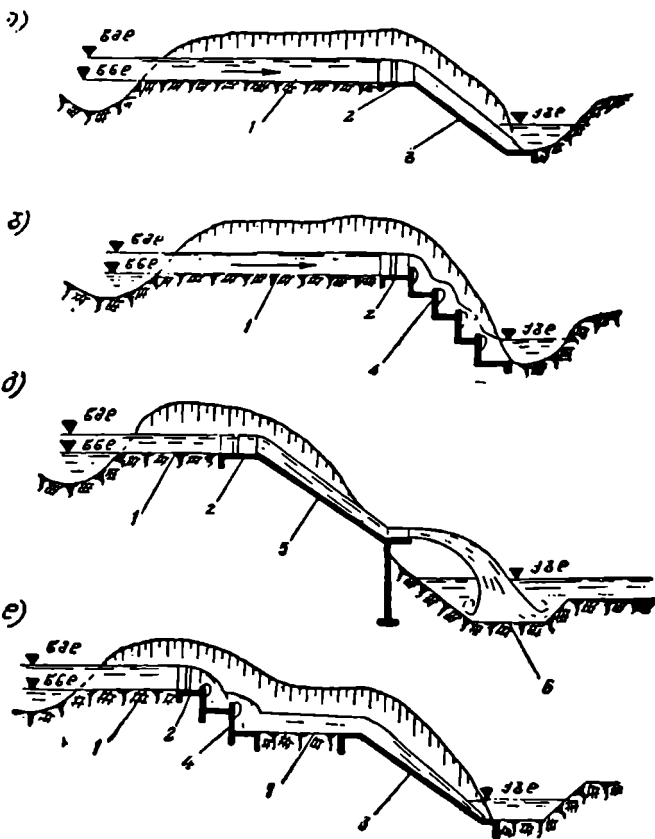
ერთმანეთისაგან განსხვავებენ ბეტონის, ყორებეტონის, რკინაბეტონის, ქვის და ხის წყალსაგდებებს.

წყალსაშვები ნაწილის მოწყობის მიხედვით მათ ყოფენ სამართავ და არასამართავ წყალსაგდებებად. პირველ შემთხვევაში წყალსაშვების ზღურბლზე დადგმულია საკეტები და მათი ამწე მექანიზმები, ხოლო მეორე შემთხვევაში მას ან საერთოდ არა აქვს საკეტები (ღია წყალსაშვები, სიფონი), ანდა

მოწყობილი აქვს წყლის დონის აწევებზე დარეგულირებული ავტომატური მოქმედების საკერები (წინაფრიანი, ტიეტრივიანი და სხვა).

ღია სანაპირო წყალსაგდებები იყოფა შემდეგ ნაწილებად:

- 1) გეგმაში სწორხაზოვანი ან მრულდხაზოვანი მიმყვანი არხი ჰორიზონტალური ან ოდნავ დაქანებული ფსკერით;
- 2) წყალსაძებები ნაწილი ფართოზღურბლიანი ან პრაქტიკული პროფილის მქონე წყალსაშვების სახით (ზოგჯერ სიფონით), რომელსაც ათავსებენ



ნახ. 13-7. სანაპირო ღია წყალსაგდებების სქემები: ა—არხი სწრაფდენით; ბ—არხი მრავალსაფეხურიანი ვარდნილით; გ—არხი კონსოლური ვარდნილით; დ—არხი ვარდნილითა და სწრაფდენით; 1—არხი; 2—წყალსაშვები-ზღურბლი (წყალსაშვები); 3—სწრაფდენი; 4—საფეხურებიანი ვარდნილი; 5—კონსოლური ვარდნილი; 6—გარეცხვის ძაბრი.

საგდები ნაწილის ღერძის მართობულად ან პარალელურად უკანასკნელ შემთხვევაში მას უწოდებენ ტრანშეის ტიპის წყალსაგდებს;

3) საგდები ნაწილი სწრაფდენის, მრავალსაფეხურიანი ვარდნილის, კონსოლის ან ორი შემაუღლებელი ნაგებობის (ვარდნილის, სწრაფდენის) სახით. ადგილმდებარეობის რელიეფის შესაბამისად (ნახ. 13-7); მის ბოლოში აწყობენ გამორეცხვის საწინააღმდეგო მოწყობილობებს: საფართოებელ უბნებს, ენერჯის ჩამქრობებს, წყალსაცემ კეპს, წყალდაზყოფებს, ტრამპლინებს და ა. შ.

ტრასის ტოპოგრაფიული და გეოლოგიური პირობების მიხედვით სანაპირო ღია წყალსაგდებები შეიძლება გაკეთდეს ერთ-ერთი შემდეგი ძირითადი სქემის მიხედვით (ნახ. 13-7):

ა) არხითა და მის ბოლო უბანში (ადგილმდებარეობის თავმოყრილ ვარდნის ადგილებში) მოთავსებული სწრაფდენით;

ბ) არხითა და მრავალსაფეხურიანი ვარდნილით;

გ) არხითა და კონსოლური საგდებით;

დ) არხითა და ორი შემაუღლებელი ნაგებობით—ვარდნილით და სწრაფდენით, რომელთა განლაგება უნდა მოხდეს ადგილმდებარეობის რელიეფის შესაბამისად;

სანაპირო ღია წყალსაგდებთა დაპროექტებისა და მშენებლობის დროს გათვალისწინებული უნდა იქნეს შემდეგი მოთხოვნები:

ა) მიწის სამუშაოთა მოცულობა იქნეს მინიმალური, ხოლო თუ არხის კრილის გრუნტი გამოსადეგია ყრილისათვის (მაგალითად, კაშხალის ტანისა ან სხვა ყრილისათვის), მაშინ კრილის მოცულობა ბევრად არ უნდა აღემატებოდეს ყრილის მოცულობას (საერთოდ, გრუნტის ასეთი გამოყენება მიზანშეწონილია, თუ ტრანსპორტირების მანძილი არ არის დიდი);

ბ) ქვედა ბიფეში გამოსავალი ნაწილი დაშორდეს კაშხალს იმდენად, რომ წყალილობის გატარებისას არ შეიქმნას კაშხალის ქვედა ფერდოს გამორეცხვის საშიშროება;

გ) წყლის სიჩქარე საგდებ არხში (გაუმავარებელია თუ გამავარებული მისი ფსკერი და ფერდობები) არ აღემატებოდეს არხის გრუნტის (ან გამავარების) გაურეცხაობის პირობიდან გამომდინარე დასაშვებ სიჩქარეებს;

დ) არხი მთლიანად მოეწყოს კრილში ან უკიდურეს შემთხვევაში ნახევრალკრილ—ნახევრალყრილში (ფსკერის მიყრა არ დაიშვება), მისი ფერდობები იყოს მდგრადი, რისთვისაც მათი ქანობის კოეფიციენტი ალებულ იქნეს არანაკლებ ერთნახევრისა; ღრმა კრილების შემთხვევაში არხის ფერდობების მდგრადობის გაზრდის მიზნით მოეწყოს ბერმები მასი სიმაღლის ყოველ 3—5 მეტრში; არხის საწყისი და ბოლო ნაწილები გაკეთდეს მილძაბრას სახით, ამასთან შესავალი მილძაბრას სივანე დასაწყისში დაინიშნოს ($2 \div 2,5$) ბარგლებში, ხოლო მისი სიგრძე ($2 \div 3$)-მდე (სადაც b არხის სივანეა);

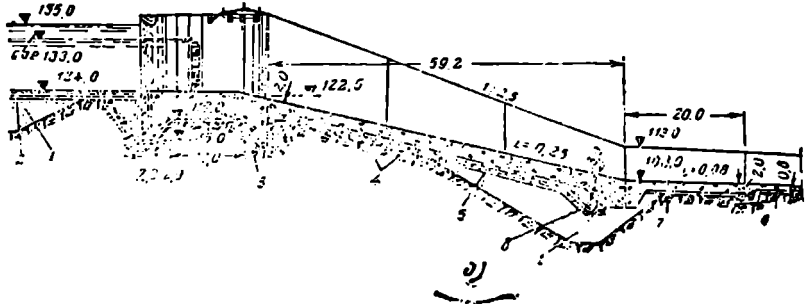
ე) წყალსაგდები მოეწყოს ყველაზე უფრო მდგრად და წაურეცხავ გრუნტებში.

წყალსაშვები ზღურბლი. წყალსაგდები არხის წყალსაშვები ზღურბლი წარმოადგენს საეკრებიან ან უსაეკრო დაბალ წყალსაშვებ კაშხალს (ნახ. 13-8). ზღურბლის სიგრძის გაზრდის მიზნით ზოგჯერ (ადგილობრივი პირობების გამო) მას ძღვევენ გეგმაში მრუდწირულ ან ზიგზაგისებურ მოხაზულობას.

სწრაფდენი. ასეთი წყალსაგდები (შემაუღლებელი ნაგებობა) წარმოადგენს ბეტონის, რკინაბეტონის ან შიკრი ზომის ნაგებობებში ხისაგან შესრულებულ ხელოვნურ არხებს 3—8 %-მდე ქანობით და ზოგჯერ უფრო მეტიმდე. წყლის მოძრაობის სიჩქარე სწრაფდენში კრიტიკულზე მეტია. სწრაფდენის კვეთის ფორმა ტრამპიული ან მართკუთხაა; ეს უკანასკნელი უმჯო-

ბესიკაა. იგი სიგრძეზე შეზღუდულია საყრდენი კედლებით (ნახ. 13-8, ბ). ბეტონის ღარის იატაკს აგებენ 0,3—0,8 მ სისქის ბეტონის ფილებით. მას სიგრძეზე ყოფენ განივი ნაკერებით, რომელთა შორის მანძილს 4—15 მ-მდე იღებენ მოპირკეთების სისქისა და კლიმატური პირობების შესაბამისად. სწრაფდენის ღარი შეიძლება გაკეთდეს ასაწყობი კონსტრუქციის ადგილზე დასამონოლითებელი მარტივი კვეთის სექციებიდან.

სწრაფდენის ცოცხალი კვეთის ფართობს განსაზღვრავენ წყლის ხარჯისა და მისი მასალისათვის დასაშვები ზღვრული სიჩქარის მიხედვით სათანადო ილრაელიკური გაანგარიშების საფუძველზე. ამასთანავე, სწრაფდენზე ნაქადის



ნახ. 13-9. სანაირი წყალსაყვება არხი სწრაფდენით (პროექტი):

ა—გრძივი კრილი (არაკლდოვან ქანებში); ბ—საყრდენ-დღვბრანი სწრაფდენის განივი კვეთი (ნახურადკლდოვანი ქანების პირობებში); 1—ქვიშოვანი გრუნტის ჩანაყარი; 2—ქვიშა-ბრუნის საგები; 3—ბეტონის საგები (0,2 მ სისქით); 4—ბეტონის ფილები 10X10 მ ზომის; 5—სამფენიანი უქუფოტარი; 6—ბეტონის ფილები 10X10X1,9 მ ზომის; 7—0,1 მ სისქის ბეტონის საგები „თიფის ფხისებრა“ განლაგებული მომცრო სდრენავო თხრილებით; 8—სადრენავო ფილა (d=0,3 მ); 9—გრძივი დრენები (d=0,15 მ); 10—ქვიშაქვები.

სიღრმის გაანგარიშების დროს გათვალისწინებული უნდა იქნეს წყლის აერაციის პროცესის წარმოშობა დიჩების ნიშნენლოვანი (3—4 მ/წმ და მეტი სიჩქარეების დროს, რასაც თან სდევს ნაქადის სიღრმეთა გაზრდა.

თუ სწრაფდენის რომელიმე კვეთში ნაქადის სიჩქარე ზღვრულს აღწევს მაშინ ამ ადგილზე უნდა მოეწყოს ნაქადის ენერგიის ჩამქრობი და სიჩქარეების შემამციკებელი მოწყობილობა, მაგალითად, წყალსაცემი ქვების ან ზოგჯერ სწრაფდენის ფსკერზე შექმნილი ხელოვნური ზორკლიანობის სახით. როდესაც წყალსაყვები თავსდება კლდეზე, მაშინ შეიძლება სწრაფდენი აპოკეთილი იქნეს კლდეზე გრუნტი და ასეთ შემთხვევაში გრუნტის სიმტკიცის შესაბამისად შეიქლება არც მოპირკეთება. მოპირკეთებას იგი უნდა ჩაანკერდეს კლდეში და ამასთანავე მის ქვეშ გაკეთდეს დრენაჟი.

სწრაფდენს გეგმაში აძლევენ სწორხაზოვან მობაზულობას, მაგრამ უკანასკნელ ხანებში იყენებენ შრულწირულ სწრაფდენებსაც. მათ აქვთ განსაკუთრებული — ე. წ. ვირაჟის სახის მობაზულობა როგორც გეგმაში, ისე სიმალღეზე. ვირაჟების გამოყენებით სწრაფდენი უკეთესად ინახება ადგილმდებარეობის რელიეფში და ამით მცირდება სამშენებლო სამუშაოთა მოცულობანი.

მრავალსაფეხურიანი ვარდნილი. ფერდობის მნიშვნელოვანი ქანობების დროს უფრო მიზანშეწონილია მოეწყოს მრავალსაფეხურიანი ვარდნილი (ნახ. 13-9). ვარდნილის საფეხურები უნდა იყოს ისეთი სიგრძის, რომ უზრუნველყოს ზედა საფეხურიდან ქვედა საფეხურზე ვარდნილი ნაკადის ენერჯის ნაწილობრივი ჩაქრობა. ასეთ პირობებში, სწრაფდენისაგან განსხვავებით, მრავალსაფეხურიან ვარდნილში სინქარეები თითქმის უცვლელია მთელ სიგრძეზე (2 ÷ 3 მ/წმ-ში). ენერჯის ჩაქრობის გასაძლიერებლად ზოგჯერ საფეხურებს აკეთებენ არა პორიზონტალურს, არამედ შებრუნებული ქანობით, ან მათ ბოლოში უწყობენ პატარა ზღურბლებს წყლის ბალიშის შესაქმნელად.

ვარდნილის საფეხურების სიგრძე იშვიათად თუ აღემატება 20 მ-ს, ამიტომ სამშენებლო და ტემპერატურულ ნაკერებს უთავისებენ ყოველი საფეხურის ზოლს. ასეთი ნაკერის აუცილებლობა გამოწვეულია არა მარტო ტემპერატურული პირობებით, არამედ მშენებლობის პროცესის მოხერხებულობითაც, ნაკერი საჭიროა აგრეთვე იმისათვის, რათა ზედა საფეხურის შედარებით მსუბუქი ნაწილი გამოვეთქვინოთ შემდგომი საფეხურის დასაწყისის შიშვე ნაწილისაგან, რადგან მათ აქვთ განსხვავებული დაჯდომა.

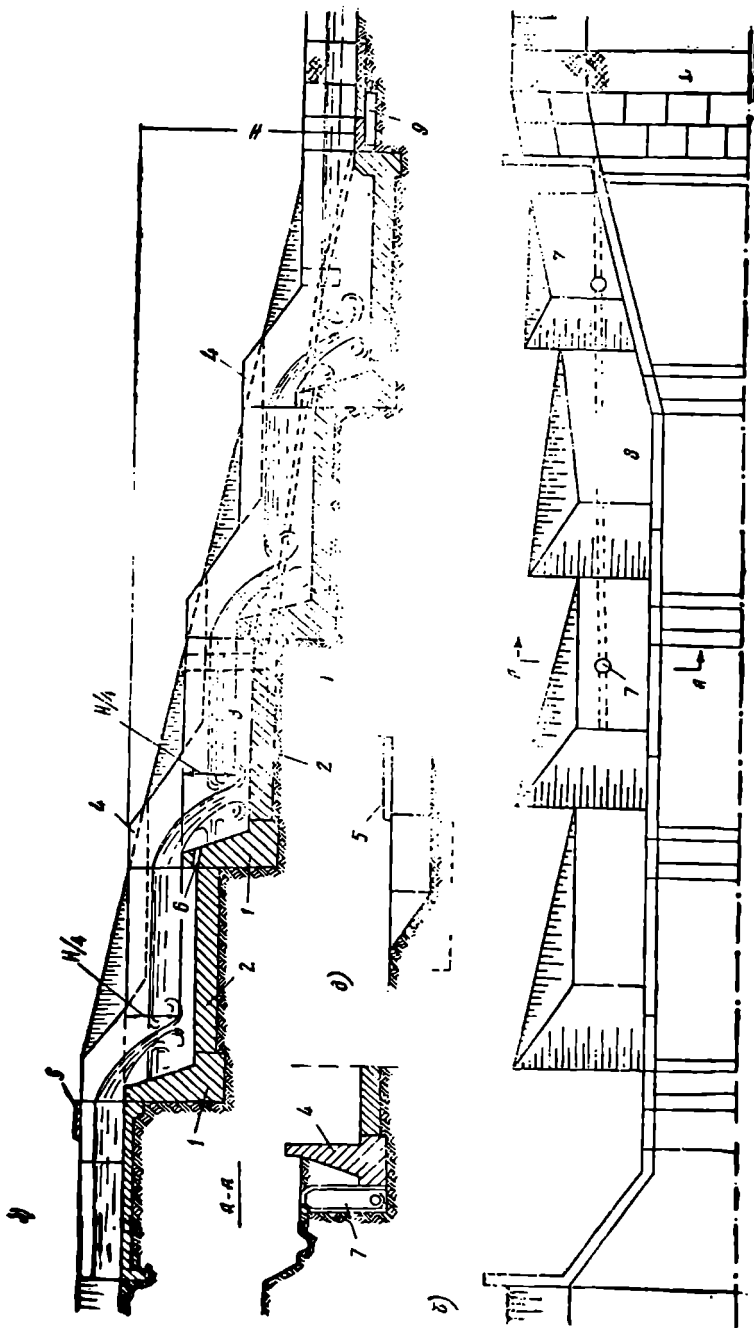
ვარდნილის საფეხურების სიმალღეებიცა და კათა სიგრძეებიც უმჯობესია თანატოლი იყოს, რადგან ასეთ შემთხვევაში ჰიდრაულიკური თვალსაზრისით თითოეული საფეხური იმუშავებს ერთნაირ პირობებში; გარდა ამისა, ასეთი ვადაწყვეტა აიადებს და აჩქარებს მშენებლობას (იოლდება ნაგებობის დაკვალვა, ტიპობრივია არმატურა და ყალიბები, მეორდება ერთნაირი სამშენებლო პროცესები და სხვ.).

საფეხურების სიმალღე და სიგრძე ისე უნდა შეირჩეს, რომ ვარდნილი რაც შეიძლება მარტივად, დიდი კრილების გარეშე ჩაიხაზოს მიწის ზედაპირის პროფილში. ყრილები შეიძლება ვაკეთდეს ვარდნილებთან, მაგრამ წყლის დონემ კუბში არ უნდა აიწიოს ბუნებრივ ზედაპირზე მაღლა; მაშინ ნაკერმა კიდევაც რომ გაუშვას წყალი, იგი ვერ მოახდენს არსებით გავლენას ყრილზე. ასეთ შემთხვევაში არ არის იმის აუცილებლობა, რომ ვარდნილის გრძივი კედლის უკან მოეწყოს ყრილები კედლის ზედამდე.

ისეთ მრავალსაფეხურიან ვარდნილებში, რომელთა წყალსაშვებ ზღურბლებზე წყლის დიდი სიღრმეა, რეკომენდებული არაა მცირე სიმალღის ვარდნის კედლების მოწყობა; მსგავს შემთხვევებში ზღურბლებიდან გამოდინება შეიძლება აღმოჩნდეს შეტბორილი ან ჩაძირული, რაც ჩატარებულ ჰიდრაულიკურ გაანგარიშებებს ნაკლებ საიმედოს ხდის. საყურადღებოა, რომ ზოგჯერ ვარდნილი შეიძლება აღმოჩნდეს სწრაფდენი გადიდებულ სიშქისით, რომლის სიდიდე უცნობია.

საფეხურების სიმალღისა და, მაშასადამე, მათი რაოდენობის არჩევა ნაგებობის უმცირესი ღირებულებისა და მისი ექსპლუატაციის უკეთესი პირობების მიხედვით ხდება. ჰიდრაულიკური თვალსაზრისით რეკომენდებული არაა საფეხურის ისეთი სიმალღე, რომლის დროს კაში წარმოქმნილი შეუღლებული სიღრმის ფარდობა კველის დაკეპის ადგილზე წარმოქმნილ სიღრმესთან ორზე ნაკლებია.

მრავალსაფეხურიანი ვარდნილის მოწყობის დროს ფილტრაციული წნე-



ნახ. 13-9. შიგთქვეყნიანი ვარდნის

ა-გრძობი კროლი; ბ-გვიგე; გ-შესივლო ნაწილის წიხტილი; დ-უარჯის კეღლი; ე-წყალსიკემა იტკი (ფლა); ვ-უკალაქემა ჰე; ლ-გრძობი კეღლი; მ-სისამაზური ხილი; ნ-წყალდასაკლელი ხეგებე; თ-საიფელაგებელი ჰე; ი-დინეცი; კ-უეფდლბრი.

ვა წინწინდლოვან გაცდენას ახდენს დღუტეტი, ანუ ვარდნილის საფეხურების სიხტე და აცინტებს მას. ასეთ ვარდნილში ყველაზე უფრო საპასუხისმგებლოა მათი ქეცდა სდვტუტისა და ჯანოსავალი უზნის მუშაობის ხასიათი. ამ ნაწილების ახადანაჰმაცოდენდელი რუშაობით გამოწვეულმა ვარეცხვამ ქვედა ბიფუნი შეიძლება წარმოცენას საწინი მდგომარეობა მთელი ნაგებობისათვის. ამიტომ უნდა ნივდწიოთ ქვედა საფეხურის ნახტომის საიბელო ჩაძირვას და ინსგან ნაკადის უშვიდ გაოსვლას. ამასთან ერთად, ვარდნილის განოსავალი უბანი სათანადოდ უნდა წოცყყოს და გამაგრდეს.

მრავალდენტურიან ვარდნილებს უპირატესად ბეტონისაგან აკეთებენ; ესინი წარადენენდზე უფრო ძვირი ჯდება.

კონსოლიური ვარდნილი. ეს ვარდნილები წარმოადგენს სწრაფდენებს, რომელთა ქვედა ნაწილი გრუნტში ღრმად ჩაშვებულ საყრდენებზე მოთავსებით ქმნის პორიონტალურ კონსოლს (ნახ. 13-10, ა). მუდმივი ან თითქმის მუდმივი წყლის ხარჯის დროს შეიძლება მოეწყოს უქუქანობიანი კონსოლი. უქუქანობი ანუ უარყოფითი ქანობი ქმნის საყრდენებიდან ჰავლის შორს გადაგდების ანუ ვარეცხვის ძაძრის დაწორების პირობებს. თუ კონსოლის ხარჯები ცნალებდა, მაწინ უკუქანობის წიწყობა არაა რეკომენდებული, რადგან მცირე ხარჯების დროს შეიძლება წიხდეს საყრდენების გამოარეცხვა.

კონსოლიდან ვარდნილი წყლის ქველი ეცემა უშუალოდ გრუნტს, რომლის წარეცხვის შედეგად წარმოცენის ძაძრს. წარეცხვის ძაძრს კონსოლის ქვეშ და გვერდებზე ამაგრებენ ფიჩხონებით ან გაბიონებით, ხოლო პატარა კონსოლების შემთხვევაში—ქუყურილით. წარეცხვის ძაძრის სიღრმისა და სიგანის, აგრეთვე წარეცხვის გაოსწვევი გვერდითი სორევის შესამცირებლად, კონსოლის ბოლონი აწყობენ კბილანა ტრამპლინებს (ნახ. 13-10, გ). მათი მუშეობით მთლიან ჰავლს უოდენ ზედა და ქვედა ქველებად, რითაც აღწევენ ზედა ჰავლის ჰაერით გაჯერებას და მანასადან, ისინი წამრეცხუნარიანობის შემცირებას. იმისათვის, რომ წყალი არ გაჰყეს კონსოლის ფსკერის ქვედაპირს, მის ბოლოში აწყობენ ჩამოსაშვებს. კონსოლიური ვარდნილის ღარის კონსოლურ ნაწილს აკეთებენ ხისაგან ან რკინაბეტონისაგან.

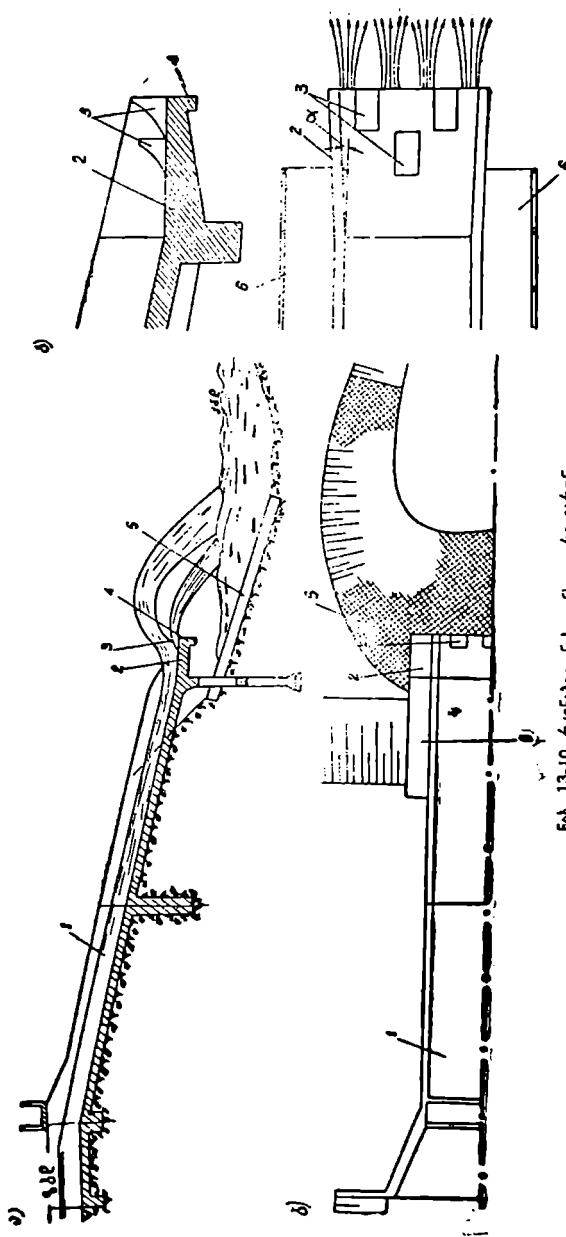
აღწინებული ტიპის ვარდნილში კონსოლის ღარის გვერდითი კედლები შხიდ ელემენტებს (კოქებს) წარმოადგენს. დიდ ღარებში, ვარდა ორი გვერდითი კედელი—კოქისა, ღარის ფსკერის ქვეშ აწყობენ დამატებით კოქებს, რომელთაც ერთმანეთთან აკავშირებენ განივი კოქებით. დამატებით კოქებს ზოგჯერ ათავსებენ კონსოლის ღარის ფსკერზე და ქინიან მრავალჰავლიან კონსოლს.

კონსოლიური ვარდნილების მოწყობა არ არის რეკომენდებული ადვილწარეცხვად (ლამოვან, წვრილქვიმოვან) გრუნტებზე, რადგან მსგავს შემთხვევებში წარმოიშობა დიდი სიღრჩისა და სიგანის წარეცხვის ძაძრი (ორმო).

კონსოლიური ვარდნილების პიღრავლიკური გაანგარიშება ჩვეულებრივი სწრაფდენის გაანგარიშების ანალოგიურია და შეიძლება ჩატარდეს პიღრავლიკის შესაბამის სპეციალურ კურსში მოცემული მეთოდებით.

ბ) ტრანშეიანი და ჩამჩიანი წყალსაგდებები

ტრანშეიანი წყალსაგდები სანაპირო ღია წყალსაგდები არხის სახესხვაობაა, რომელიც იცნება მდინარის სამშენებლო ხარჯების გასატარებლად მოწყობილი ტრანშეის (თხრილის) გამოყენებით (ნახ. 13-11).

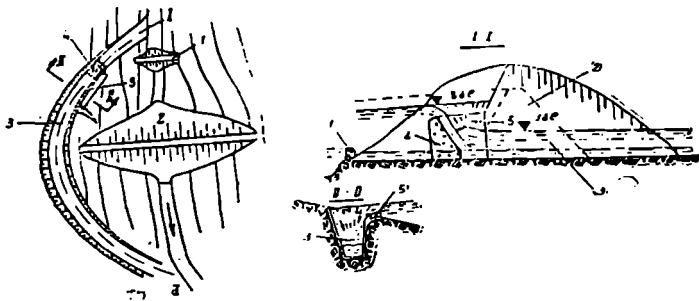


ნახ. 13-10. რკინაბეტონის კონსოლი ვარდნილი:

1—კონსოლი ვარდნილის ზედა ნაწილი; 2—ვარდნილის გეგმა; 3—კონსოლის ეტაკები (ტრეპი) კრილი და მცობი; 4—ტრეპის ნაწილები; 5—გამგებები; 6—სასაშხარო მილი.

ტრანშეის ფსკერს "ათავსებენ" ისეთ ნიშნულზე, რომ სამშენებლო ზღუდართ შექმნილი შეტბორვით უზრუნველყოს მდინარის წყლის გატარება ქვემო ბიეფში. ტრანშეის გაყვანა მიზანშეწონილია კლდოვან ქანებში, მაგრამ ამასთანავე დასაშვებია არაკლდოვან მკვრივ გრუნტებშიც. ასეთი მოთხოვნებიანია ნაკარნახევია ტრანშეის ციცაბო ფერდობების მდგრადობის პირობებითა და მასში შედარებით დიდი სიჩქარეების დიფფიზიის შესაძლებლობით. კაშხალის მშენებლობის დამთავრებისას ტრანშეის გადალობავენ წყალსაშვები კედლით (4), მაგრამ რადგან ექსპლუატაციის დროს ასეთი ზღურბლის გამტარუნარიანობა არასაკმარისია, წყალსაშვებ ფრონტს ზრდიან გვერდითი წყალსაშვები კედლის (5) დამატებით, რომელსაც ტრანშეის წარბას გასწვრივ ათავსებენ. ცხადია, ორივე ზღურბლზე გადადინებული ნაკალი ვარდება ტრანშეაში, რომლითაც იგი ქვემო ბიეფში ვადის.

ტრანშეის ტიპის წყალსაგდების გამოყენება რეკომენდებულია შედარებით მცირე სიმაღლის (10—15 მ-მდე) კაშხალების მშენებლობისას, მაგრამ მას იყენებენ საკმაოდ მაღალი კაშხალების მშენებლობის დროსაც. ასეთ შემთხ-



ნახ. 13-11. ტრანშეის ტიპის წყალსაგდები:

1—ზღუდარი; 2—მისას კაშხალი; 3—ტრანშეა (თხრილი) წყლის სამშენებლო ხარკების გასატარებლად; 4—შებლის წყალსაშვები; 5—გვერდითი წყალსაშვები.

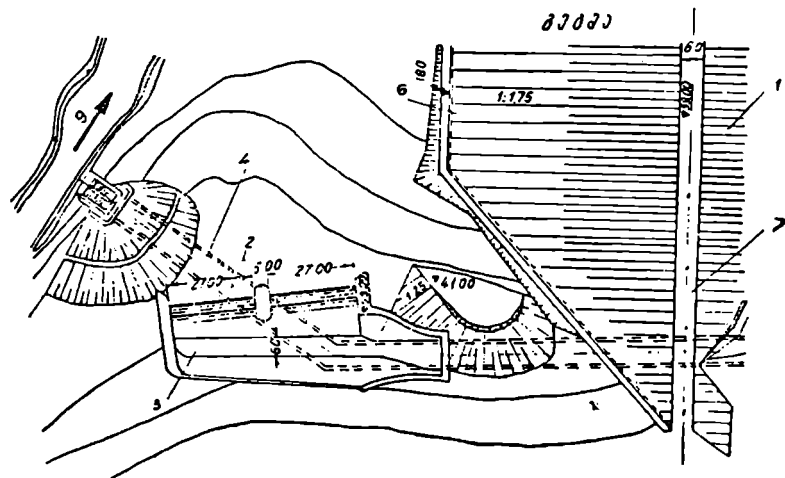
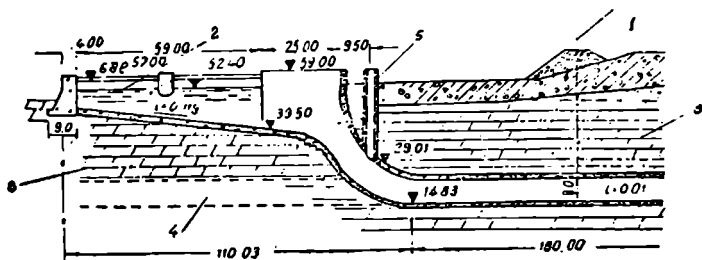
ვევებში წყალსაგდებ ტრაქტში შეიძლება შედიოდეს ამა თუ იმ ტიპის შემთხვეული ნაგებობა (სწრაფდენი, მრავალსაფეხურიანი ვარდნილი და სხვ.) და გამყვანი არხი.

ტრანშეის ტიპის წყალსაგდებიდან რამდენადმე განსხვავდება ე. წ ჩამჩინი ანუ გვერდით გადაშვები წყალსაგდები, რომელსაც აქვს მოკლე წყალსარიანი ტრანშეა (ნახ. 13-12). აქ წყალსაშვები ფრონტის გაზრდა შილდნულია ჩამჩის მოწყობით, რომელშიც წყალი ვარდება სამი მხრიდან. ცალკეულ შემთხვევებში, როდესაც გადასაგდები ხარჯი შედარებით მცირეა, შეიძლება ჩამჩაში წყალი გადაეშვათ ერთი მხრიდან (ნახ. 13-12).

ამ ნაგებობაში წყალსაშვები შეიძლება მოეწყოს თხელკედლიანი ან ფსკერული ზღურბლის სახით. პირველ შემთხვევაში უზრუნველყოფილი იქნება უფრო მეტი გამტარუნარიანობა, ვიდრე მეორე შემთხვევაში, ამასთანავე მეორე სქემის განხორციელების დროს საკირო ხდება ჩამჩის მნიშვნელოვანად ჩაღრმავება. ჩამჩიდან წყალი გაიყვანება სწრაფდენით, სადაწნეო მილით ან სადაწნეო გვირაბით. სადაწნეო მილის ან გვირაბის მშვიდი მუშაობის უზრუნველსაყოფად საკიროა მისი შესავალი მდოვრედ შევიწროებული (ან გა-

ფართობული) ხედაპირით გაკეთდეს, ხოლო წყლის ღონე ჩამჩაში (ტრანშეაში) აღემატებოდეს მილის (გვირაბის) შესავალი კვეთის ნაწიბურის ნიშნულს ორმაგი სიჩქარითი დაწნევით $-2 \frac{v^2}{2g}$, სადაც v მილში შესვლის სიჩქარეა.

ჩამჩის (მოკლე ტრანშეის) წყალსაშვების გამტარუნარიანობის გაანგარიშება უნდა ჩატარდეს ჩუქიძრავი ან ჩაძირული წყალსაშვების ხარჯის საანგარიშო ფორმულით, ხოლო მილისა (გვირაბის) — დაწნევითი მილიდან გამოდინების (13—4) ფორმულით. ამ ფორმულაში შემავალ სიდიდეებს აქვთ იგი-



ნახ. 13-12. გვერდითი გადაშვლები (ჩამჩიანი) წყალსაშვები:

- 1—კაშხალი; 2—წყალსაშვები კედელი (ზღურბლი); 3—წყალსარინი ტრანშე; 4—სამშენებლო გვირაბი; 5—პიერატარი შახტი, $d=2.25$ მ; 6—კაშხალის კბილი; 7—კაშხალის ღერძი; 8—შერგელოვანი ქანები; 9—მდინარის კალაპოტი.

ვე მნიშვნელობანი იმ განსხვავებით, რომ განსახილველ შემთხვევაში χ ჩამჩაში და მილის ბოლოში არსებული წყლის ღონეთა სხვაობაა (თუ მილიდან გამოდინება ხდება ღონის ქვეშ). ზოგად შემთხვევაში χ დაწნევის დასადგენად მიზანშეწონილია ვისარგებლოთ ზემოთ მოცემული მითითებებით (ნახ. §13-2, პ 8^ბ).

ეკონომიურად უფრო ხელსაყრელია შილები ჩალაგდეს უმოკლესი გზით; ამისათვის საჭიროა ისინი მოვებარუნოთ უშუალოდ შესავალ ნაწილთან, ხოლო შემდეგ ბოლომდე გავიყვანოთ სწორხაზობრივად. შილის ბოლოში, ცხადია, უნდა გაკეთდეს დამაწყნარებელი მოწყობილობანი—ჟა, პირსები და სხვ.

გ) სანაპირო გვირაბული წყალსაგდებები

მთაგორიანი რელიეფის პირობებში, როდესაც გასწორისა და ნაპირების გეოლოგიური პირობები არახელსაყრელია სანაპირო წყალსაგდები არხების მოსაწყობად (ვიწრო ხეობები, შედარებით ციკაბო ფერდობები, ფერდობებში კლდოვანი და ნახევრადკლდოვანი ქანები), მიმართავენ გვირაბული წყალსაგდებების გამოყენებას. მათ მოსაწყობად ხელსაყრელ გარემოებად შეიძლება მივიჩნიოთ ის შემთხვევა, როდესაც გვირაბები გაკაყავთ ჯერ ჰიდროკანაძის მშენებლობის პერიოდში მდინარის წყლის ხარჯების გასატარებლად, ხოლო შემდეგ მათ იყენებენ როგორც საექსპლუატაციო წყალსაგდებებს.

ქვემოთ განხილულია სანაპირო გვირაბული წყალსაგდების ზოგიერთი ტიპი.

1. შახტური წყალსაგდებები

შახტური წყალსაგდებები მიეკუთვნებიან დახურული ტიპის სანაპირო წყალსაგდებთა რიცხვს; მათი ძირითადი ნაწილებია: წრიული წყალსაშვები ძაბრი 5 (ნახ. 13—13), ვერტიკალური შახტი 6 და გაწყვანი გვირაბი 4. საპირობების შემთხვევაში ძაბრსა და შახტს შორის ეწყობა გარდამავალი კონუსური ნაწილი.

შახტში არჩევენ წყლის ორგვარ მოძრაობას: 1) შეუვსებელი კვეთით მოძრაობას და 2) შევსებული კვეთით მოძრაობას ისე, როგორც სადაწნეო მილში. პირველ შემთხვევაში ძაბრი და შახტი გამოდის განიერი, რაც იწვევს მასში წყლის ხრახნისებრი მოძრაობის წარმოშობას. ასეთი მოძრაობის აღსაკვეთად მიზანშეწონილია ზღურბლზე მოეწყოს რკინაბეტონის ბურჯები რადიუსის იმპარტულეებით. ფსკერული (ბრტყელი თხემის მქონე) წყალსაშვების (ნახ. 13-4, ა) ხარჯის კოეფიციენტი შედარებით უფრო მცირეა ($m = 0,36 \div 0,38$), ამიტომ დიდი ხარჯების გადაგდებისას უმჯობესია მოეწყოს პრაქტიკული მოხაზულობის წყალსაშვები ძაბრი (ნახ. 13-14, ბ).

შახტური წყალსაგდების თხემს ჩვეულებრივ აწყობენ წყალსაცავის ნორმალური შეტბორვის დონის ნიშნულზე (ნშდ), ამიტომ მისი ჩართვა მუშაობაში ავტომატურად ხდება, როგორც კი წყლის დონე წყალსაცავში აიწევს ნშდ ზე მაღლა. თუ სხვადასხვა მოსაზრებათა გამო წყლის დონის აწევა ნშდ-ზე მაღლა დაუშვებელია, მაშინ წყალსაგდების თხემს ნიშნავენ ნშდ-ზე დაბლა და მასზე აწყობენ ამა თუ იმ ტიპის საკეტებს, რომელთაც აღებენ მხოლოდ წყალდიდობის ხარჯების გატარების დროს. დიდი ხარჯების შემთხვევაში შეიძლება მიზანშეწონილი აღმოჩნდეს შახტური წყალსაგდების შესავალ ნაწილში მოეწყოს სიფონები, რომლებიც, ცხადია, უფრო დიდი გამტარუნარიანობით ხასიათდებიან (ნახ. 13-14, ბ).

როდესაც ძაბრის მომდევნო წყალსაგდები ტრაქტის მხრიდან (შახტი—მუხლი—გვირაბი) არ არსებობს შეტბორვა, შესაძლებელია ძაბრის მუშაობის შემდეგ რეჟიმები:

$H/R < 0,46$ — შეუტბორავე წყალსაშვები;

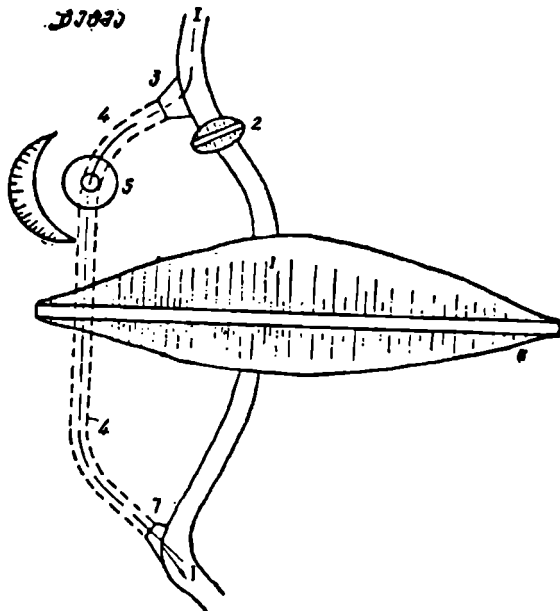
$H/R = 0,46 \div 1,0$ — შეტბორილი წყალსაშვები (თვითშეტბორვის შედეგად

წყალსაშვების გამტარუნარიანობა მცირდება; როდესაც $H/R=0,8 \div 1,0$, ძაბრის თავზე მყარდება ბრტყელი თავისუფალი ზედაპირი;

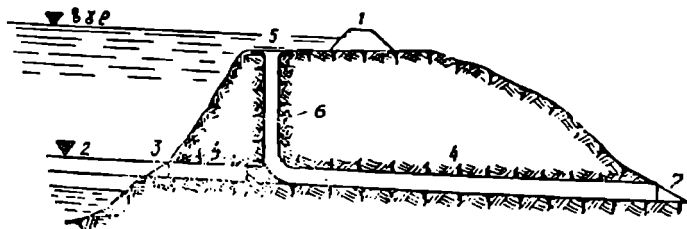
$H/R=1,0 \div 1,6$ — ჩაძირული წყალსაშვები ძაბრი (ასეთი რეჟიმი ახლოსაა ჩაძირული ზერეტიდან გამოდინებასთან);

$H/R > 1,6$ (შიახლოებით) — მნიშვნელოვნად შეტბორილი ძაბრი.

ექსპერიმენტული გამოკვლევებით დადასტურებულია, რომ ძაბრის შეტბორვა ხდება მაშინ, როდესაც $K < 2,2 H$, ამიტომ მიზანშეწონილი არაა წრი-



შეიქმნა I-I



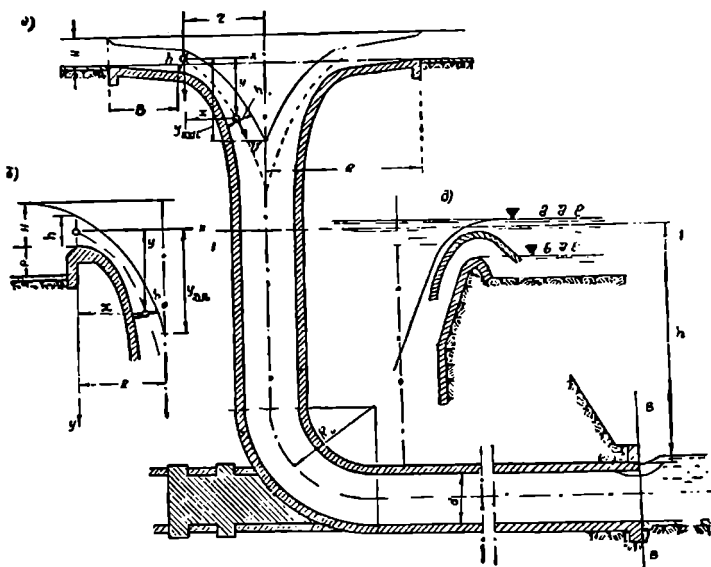
ნახ. 13-13. შახტური წყალსაგდები:

- 1—კაშხალი; 2—ზღუდარი; 3—საშენებლო გვირაბის შესავალი პორტალი; 4—საშენებლო გვირაბი; 5—შახტური წყალსაგდები; 6—ვერტიკალური შახტი; 7—გამოსასვლელი პორტალი; 8—ბეტონის საყობი.

ული (არაბრტყელთხეშიანი) წყალსაშვების რადიუსი აღებულ იქნეს $2,2 H$ -ზე მცირე. შეტბორვა შეიძლება გამოწვეული იქნეს აგრეთვე ძაბრის მომდევნო წყალსაგდები ტრაქტის შეზღუდული გამტარუნარიანობით.

მოცემული უზრუნველყოფის საანგარიშო ხარჯის გატარების დროს, როგორც წესი, ძაბრის თხემი არ უნდა შეიტბოროს. საანგარიშოზე უფრო მეტი ხარჯების გატარების დროს კი წარმოებს წყალსაშვების თხემის შეტბორვა, ხოლო შემდეგ ძაბრისაც, რის შედეგად წყალსაგდების გამტარუნარიანობის ლიმიტირება ხდება იმ ხარჯით, რომელიც მიიღება მთელი ნაგებობის დაწნევიტ რეჟიმზე მუშაობისას.

1. როდესაც $H/R \leq 1$ და შეტბორვა არ ხდება ძაბრის მომდევნო წყალ-



ნახ. 12-14. შეტბორი წყალსაგდების ძაბრის ტიპები და ჰიდრაულიკური გაანგარიშების სქემა: ა—წყალსაგდები ფსკერული (ფართოზღერბიანი); ბ—პრაქტიკული მოხაზულობის ზღერბლით; გ—სიფონებიანი ზღერბლით.

საგდები ტრაქტის მხრიდან, შახტური წყალსაგდების გამტარუნარიანობა გაანგარიშება ფორმულიტ

$$Q = \epsilon m (2\pi R - \pi_0 S) \sqrt{2g} H^{3/2}, \quad (13-9)$$

სადა m , R და H არის შესაბამისად ხარჯის კოეფიციენტი, ძაბრის რადიუსი და დაწნევა მის თხემზე;

π_0 , s და ϵ — შესაბამისად ბურჯების რიცხვი, მათი სიგანე თხემის ღონეზე და კუმშვის კოეფიციენტი, რომელიც საშუალოდ 0,9 ეტოლება; როდესაც ახემზე ბურჯები არ ეწყობა, $\epsilon=1$.

მორევის საწინააღმდეგო მოწყობილობათა არსებობისას, როდესაც ამასთანავე $H/R=0,20 \div 0,38$ და $P/R=0 \div 1$, ხარჯის კოეფიციენტი განისაზღვრება ნ. რომანკოს ფორმულიტ

$$m = \left[0,490 - 0,068 \left(\frac{H}{R} \right)^{1/2} \right] - 0,03 \left[1 - \left(\frac{P}{R} \right)^{2/3} \right]. \quad (13-10)$$

როდესაც თხემზე არ არის გათვალისწინებული მორევის საწინააღმდეგო მოწყობილობანი, მაშინ (13-10) ფორმულით განსაზღვრული ხარჯის კოეფიციენტი მცირდება 6%-ით.

წრიული მოხაზულობის თხემისა და ძაბრის მქონე შახტური წყალსადგდების ხარჯის კოეფიციენთა განსაზღვრისათვის შეიძლება ვისარგებლოთ პიდრაველიურ ცნობარში მოცემული გრაფიკებითაც [39].

2. როდესაც წყალსაშვები ძაბრი მნიშვნელოვნადაა შეტბორილი, ე. ი. როდესაც $H/R > 1,6$, მაშინ

$$Q = \mu \sqrt{2g(H + z_{\text{თ}})}, \quad (13-11)$$

სადაც μ არის ხარჯის კოეფიციენტი, რომელიც განისაზღვრება ჩვეულებრივად წესით (სადაწნეო სისტემის წინააღმდეგობა ჯამის მიხედვით); α — სადაწნეო ტრაქტის გამოსავალი კვეთის ფართობი, ხოლო $z_{\text{თ}}$ — წყალსაშვების თხემის შემალღება სადაწნეო ტრაქტის გამოსავალ კვეთში წყლის თავისუფალი ზედაპირიდან.

ძაბრის პრაქტიკული პროფილის მოხაზულობის დადგენა. პრაქტიკული პროფილის მქონე ძაბრი გამოიყენება მაშინ, როდესაც $2,2H < R < 5H$. როდესაც $R < 2,2H$, ხდება მისი თვითშეტბორვა, ხოლო იმ შემთხვევაში, როცა $R > 5H$ — ზომების მეტისმეტად გაზრდა. თუ მოცემულია Q , H , n და α , მაშინ ძაბრის რადიუსი განისაზღვრება (13-9) ფორმულით.

ა. ახტინის მიხედვით ძაბრის პროფილს აგებენ ცენტრალური ჰველის ტრაექტორიის გაანგარიშების მეთოდით. ამისათვის კოორდინატთა სათავეს ათავსებენ ნაკადის ლერძზე თხემის გასწორში, სადაც წყლის სიღრმე ტოლია $0,75H$ (ნახ. 13-14, ბ).

საშუალო სიჩქარე თხემზე

$$v_r = \frac{Q}{2\pi R 0,75 H}. \quad (13-12)$$

ცენტრალური ჰველის განტოლება ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$y = gx^2/2v_r^2. \quad (13-13)$$

საშუალო სიჩქარე და ჰველის სისქე ნებისმიერ კვეთში

$$v = \sqrt{v_r^2 + 2gy}; \quad (13-14)$$

$$h = \frac{Q}{2\pi(R-x)v}. \quad (13-15)$$

ძაბრისა და ჰველის თავისუფალი ზედაპირის პროფილებს სხვადასხვა კვეთში ცენტრალური ჰველის ნორმალების მიმართულებით აგებენ $0,5h$ მონაკვეთების სიღიღეთა გადაზომვითა და მათი ბოლოების შეერთებით. ძაბრი და ნაკადის თავისუფალი ზედაპირი შეიძლება აიგოს ზემოხსენებულ პიდრაველიურ ცნობარში მოცემული ცხრილების გამოყენებითაც.

ბ რტყელ თხემიანი ძაბრი. თუ მოცემული საანგარიშო ხარჯისა და თხემზე დაწნევის დროს ძაბრის რადიუსი $(5 \div 7)H$ -ზე მეტია, მაშინ მიზანშეწონილია წრიული წყალსაშვები ვაკეთდეს ბრტყელი თხემით (ნახ. 13-14, ა), $R = (5 \div 7)H$.

ტდების მონაცემების თანახმად, $\alpha = 6 - 9^\circ$ დროს, ნაკადის სიღრმე ბრტყელი თხემის (ფართო ზღურბლის) ბოლოში (ძაბრში ჩასვლისას) ტოლია $h \approx 0,65H$.

ომისათვის, რომ ავიცილოთ ძაბრის თვითშეტბორვა, საჭიროა დავიცვათ პირობა $r > 2,2 h$. სადაც $r = R - B$, ე. ი. აღებული უნდა იქნეს $r > 1,4 H$. როდესაც $R = (5 \div 7) H$, ბრტყელი თხემის სიგრძეს ღებულობენ $B = (3 \div 4) H$ ანუ $B = (0,4 \div 0,5) R$ ტოლს.

ძაბრის პროფილის აგების დროს საშუალო სიჩქარე თხემის ბოლოში შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით

$$v_r = \frac{Q_{\text{საანგ}}}{2\pi r \cdot 0,65 H}, \quad (13-16)$$

სადაც $r = R - B - 0,325 H \cdot \sin \alpha$ (ნახ. 13-14, ა).

ბრტყელი თხემის შემდეგ, ძაბრის პარაბოლურ უბანზე, ნაკადის საშუალო ქველის ასაგებად გამოვიყენებთ განტოლებას

$$y = \frac{g x^2}{2v_r^2 \cos^2 \alpha} + x \operatorname{tg} \alpha, \quad (13-17)$$

სადაც x იცვლება 0-დან r -მდე, ხოლო $r = R - B - 0,5 h \sin \alpha$.

სიჩქარე საშუალო ქველის სიგრძეზე ნებისმიერ წერტილში განისაზღვრება ფორმულით

$$v_n = \sqrt{v_r^2 + 2g y_n + 2v_n \cdot \sin \alpha \sqrt{2g y_n}} \quad (13-18),$$

ძაბრისა და ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის პროფილებს აგებენ ცენტრალური ქველის მეთოდით არაბრტყელთხემიანი (პრაქტიკული პროფილის მქონე) ძაბრის შემთხვევის ანალოგიურად.

გარდამავალი უბანი გარდამავალი უბნის საწყის კვეთად აიღება საანგარიშო ხარჯის დროს ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის ქველების გადაკვეთის წერტილში გაზავალი კვეთი, სიჩქარე აღნიშნულ კვეთში განისაზღვრება ფორმულით

$$v_y = 0,98 \sqrt{2g y_{\text{max}}} \quad (13-19),$$

სადაც y_{max} არის ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის ქველების გადაკვეთის წერტილის ორდინატა, რომელიც განისაზღვრება ქველების თავისუფალი ზედაპირის პროფილის აგებით.

ძაბრის დიამეტრი გარდამავალი უბნის საწყის კვეთში

$$d_{\text{ს.ა.გ}} = \sqrt{4 Q / \pi v_y}. \quad (13-20)$$

გარდამავალი უბნის მომდევნო კვეთებში დიამეტრების განსაზღვრა ხდება კვეთის შესაბამისი სიჩქარის მცხედვით, $v = 0,93 \cdot \sqrt{2g y}$.

გარდამავალ უბანს ამთავრებენ კვეთით, სადაც ქველების თავისუფალი გარდნა გადადის დაწნევით მოძრაობაში. ამ პირობის შესაბამისად გარდამავალი (კონუსური) უბნის ბოლო კვეთის h შემადგენელი გვირაბის გამოსავალ $B - B$ კვეთში წყლის თავისუფალი ზედაპირიდან (ნახ. 13-14, ა)

$$h = \sum h_n - \frac{v_1^2 - v_{\text{გ.ა.გ}}^2}{2g}, \quad (13-21)$$

სადაც v_1 და $v_{\text{გ.ა.გ}}$ საშუალო სიჩქარეებია შესაბამისად გარდამავალი უბნის ბოლოში და გამოსავალ $B - B$ კვეთში, ხოლო $\sum h_n$ — დაწნევის დანაკარგების ჯამი დაწნევითი მოძრაობის მთელ უბანზე.

ზღ. ყველა საანგარიშო (მინიმუმიდან მაქსიმუმამდე) მნიშვნელობის დროს გარდამავალი უბნის სიგრძემ უნდა უზრუნველყოს ნაკადის დაწნევიით მოძრაობაში გადასვლის 1—1 კვეთის მოთავსება ამ უბნის ფარგლებში. თუ 1—1 კვეთი მოთავსებული იქნება გარდამავალი უბნის ქვემოთ, მაშინ ვერტიკალური შახტის კვეთებში წარმოიშობა ვაკუუმი, რომელიც გამოიწვევს ნაკადის მთლიანობის მოშლას; ხოლო როდესაც 1—1 კვეთი მის ზემოთ თავსდება, მაშინ შეიძლება მოხდეს წყალსაშვები ძაბრის ნაწილობრივი ან მთლიანი შეტბორვა.

ვერტიკალური შახტი, მუხლი და გამყვანი გვირაბი. წყალსაგდების ვერტიკალური შახტი შეიძლება იყოს ცილინდრული ან კონუსური. უკანასკნელი მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნეს იმ შემთხვევებში, როდესაც შესაბამისი ხარჯების დროს 1—1 კვეთი შეიძლება აღმოჩნდეს ვერტიკალური შახტის ფარგლებში. ამ შემთხვევაში მისი კვეთების ზომები განისაზღვრება ბერნული განტოლებიდან, რომელიც დაიწერება გასაანგარიშებელი კვეთისა და 1—1 კვეთისათვის (სადაც $p/\gamma = p_a/\gamma$) დანაკარგების გათვალისწინებით.

როდესაც გვირაბში წყლის მოძრაობა დაწნევითია, მუხლის დიამეტრი გვირაბის d დიამეტრის ტოლი აიღება (ნახ. 13-14). უდაწნეო რეჟიმის დროს მუხლს შეიძლება ჰქონდეს გვირაბის დიამეტრის ტოლი ან მასზე მცირე დიამეტრი.

მუხლის ლერძის მობრუნების რადიუსი აღებულ უნდა იქნეს არანაკლებ $R_0 = (2 + 5) d$.

მუხლის ქერზე ვაკუუმის, ხოლო მის შედეგად კავიტაციური ეროზიის წარმოშობის თავიდან ასაცილებლად მასთან მიჰყავთ ჰაერი ქერიდან წყლის ნაკადის მოწყვეტის მიზნით. ამას აღწევენ ვაკუუმსაწინააღმდეგო ამონაქერის ან მუხლის გარეთა მსახეელისაკენ ნაკადის გადამხრელი შევრილის მოწყობით.

ლაშვებელი სიდიდის ვაკუუმის თავიდან აცილება შესაძლებელია მუხლის გამოსავალი კვეთის ფართობის შემცირებით ან მისი სიმრუდის რადიუსის გადიდებით. მუხლის ქერზე მოქმედი წნევის გაანგარიშება შეიძლება აგრეთვე შემოსენებულ ჰიდრავლიკურ ცნობარში მოცემული ფორმულებით.

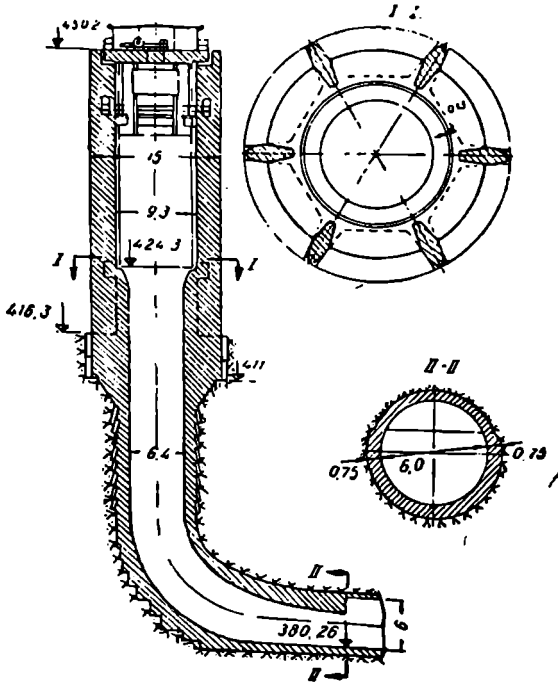
გამყვან გვირაბში ნაკადის უდაწნეო მოძრაობის დროს წყლის სიღრმე მუხლის უკან განისაზღვრება შეკუმშულ კვეთში სიღრმის განსაზღვრელი ფორმულით, რისთვისაც ჯერ დაადგენენ სიჩქარის კოეფიციენტს $B - B$ კვეთამდე წყალსაგდების წინალობის კოეფიციენტის ცნობილი მნიშვნელობის მიხედვით. როდესაც უდაწნეო გამყვანი გვირაბის ქანობი ნაკლებია კრიტიკულ ქანობზე, შეკუმშული სიღრმის უკან ჩნდება ჰიდრავლიკური ნახტომი, ხოლო კრიტიკულზე მეტი ქანობის შემთხვევაში ნახტომი არ წარმოიშობა. ცალკეულ შემთხვევაში უდაწნეო გვირაბი შეიძლება ჰორიზონტალურიც გაკეთდეს.

სადაწნეო გვირაბის შემთხვევაში წყალსაგდების გამტარუნარიანობის გასაანგარიშებლად უნდა ვიყოღეთ წყლის თავისუფალი ზედაპირის დონე გამოსავალ კვეთში. თუ ეს დონე გვირაბის კვეთის ზედა ნაწილურზე დაბლაა მოთავსებული, მაშინ გამოსავალი კვეთის მახლობლობაში ნაკადი შეიძლება მოწყდეს გვირაბის ქერს; როდესაც ქვედა ბიფის წყლის დონე აღნიშნულ ნაწილურზე მაღლა მდებარეობს, უნდა გავითვალისწინოთ აღდგენის ვარდნილის წარმოქმნა, რაც ზრდის წყალსაგდების მუშა დაწნევას და, მაშასადამე, მის გამტარუნარიანობას. აღდგენის ვარდნილს ზაგჯერ კონსტრუქციული დონისძიებებითაც ზრდიან.

2. კოშკური გვირაბული წყალსაგდებები

კოშკური წყალსაგდებები იმით განსხვავდება შახტურისაგან, რომ გადასაგდები წყალი შედის არა შახტში, არამედ წყალსაცავში აღმართულ განსაკუთრებულ კოშკში, რომელსაც ან ზედაპირული თბელკედლიანი წყალსაშვები აქვს ზემოდან, ან წყალჩასაშვები ხვრეტები—კედელში. ხშირად კოშკს გეგმაში აქვს წრიული, ხოლო ცალკეულ შემთხვევებში კმრავალკუთხა ან მართკუთხა მოხაზულობა.

კოშკიდან წყალი უმემაართება გამყვან გვირაბში. **ქრისთვისაც უცილობენ**



ნახ. 13-15. კოშკური გვირაბული წყალსაგდები ცილინდრული დაუქირავი საკეტით.

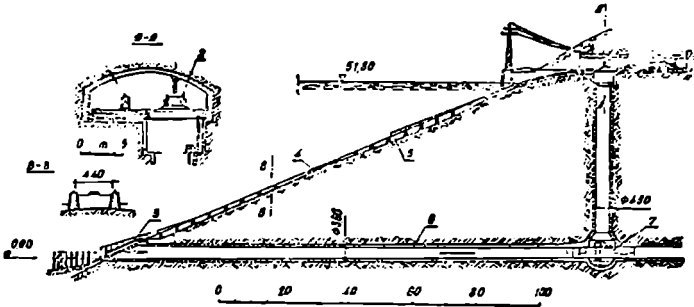
გამოიყენონ სამშენებლო გვირაბი. კოშკური გვირაბული წყალსაგდებები კოშკური მილისებრი წყალსაგდების ანალოგიურია, მხოლოდ მათში მილები შეცვლილია გვირაბებით. ასეთი წყალსაგდების ერთ-ერთი საინტერესო ტიპი ცილინდრული ჩაუქირავი საკეტით განხორციელებულია ბენ-მეთირის (ტუნისი) ჰიდროკვანძში (ნახ. 13-15). მისთვის დამახასიათებელია შახტის შევიწროების ადგილის შემდეგ ნაკადის უღაწნო მოძრაობის უზრუნველყოფა გამყვან გვირაბში ამ უკანასკნელის კვეთის მკვეთრი გაზრდით.

მ. გვირაბული წყალჩახაშვები

ამ ტიპის წყალჩახაშვებებს აწყობენ წყალსაცავის დონის დაწევის ან მისი სრული დატლის მიზნით; ისე როგორც კომპლურ გვირაბულ წყალსაგდებში, აქაც გამოიყენება ჰიდროკვანძის მშენებლობის პერიოდში წყლის გასატარებლად გაყვანილი გვირაბები.

წყალჩახაშვების სათავე ნაწილი შეიძლება გაკეთდეს კოშკის სახით, მილისებრ წყალჩახაშვებთა კოშკების ანალოგიურად (იხ. §13-2, პ. „გ.“), ანდა შახტის სახით, როელ ზიცი ათავსებენ წყალჩახაშვების საკეტებს (ნახ. 13-16).

შახტთან მისაპელელი გვირაბას პერიოდული დათვალაერების მიზნით მის თაფში ზოგჯერ აკეთებენ დამატებით (სარემონტო) საკეტს, რომელიც



ნახ. 13-16. შახტთან გვირაბული წყალჩახაშვები:

- 1—ოლევიერის ტუმბო; 2—ჯალამბარი; 3—ამოსაღები გისოსი და მის ქვეშ დახრილი ბრტული საკეტი; 4—ვიწრო ლიანდაგი; 5—ნაგვის საწმენდი მქანხში (ურიაი); 6—გვირაბი; 7—დროსელური საკეტები.

ეშეება ნაპირის ფერდობზე გაკეთებული დახრილი გზით. მოკლე მისასვლელის შემთხვევაში სარემონტო საკეტს აწყობენ შახტში, ძირითადი საკეტის გვერდით. გვირაბული წყალჩახაშვების სათავეის აკეთებენ მილდაბრას სახით, რომელსაც გადახურავენ გისოსით. ზოგიერთ წყალჩახაშვებს სხვადასხვა სიმაღლეზე რამდენიმე შესასვლელს უწყობენ, რათა ქვედა ხერტების ნატანით ამოლქვის შემთხვევაში, აგრეთვე სუფთა წყლის საჭიროებისათვის, წყლის მიღება განხორციელდეს ზედა ფენებიდან. მნიშვნელოვანი ვაკუუმის თავიდან ასაცილებლად უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს ჰაერის მიწოდება საკეტების უკან.

თ ა ვ ი X I V

მიღროტმენიკურ ნაგებობათა საქმებში და მათი მოწყობილობანი

§14-1. ზოგადი ცნობები საქმეების შესახებ და მათი კლასიფიკაცია

საკეტები წარმოადგენენ კონსტრუქციებს, რომელთა მეშვეობით წარმოებს ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა წყალგამტარი ხერტების ჩაკეტვა, მათი ნაწილობრივი ან სრული გაღება, ზედა ბიეფის დონისა და გადასაგდები

წყლის ხარჯების რეგულირება, აგრეთვე მცურავი სხეულების (ყინულის, ხე-ტყის, გაუმბის) გატარება. საკეტი შედგება სამი ძირითადი ნაწილისაგან: მოძრავი, რომელიც უშუალოდ კეტავს ან ალებს ხერეტს, უძრავი (ჩასატანებელი), რომელიც ჩამაგრებულია ნაგებობის ტანში და უზრუნველყოფს მოძრავი ნაწილის გადაადგილებას, საკეტისა და წყობის კონტაქტში წყალშეუღწევობას. ამ კონტაქტების გათბობას და სხვ., და ამძრავი მექანიზმისაგან, რომლის დახმარებით ხორციელდება საკეტის მანევრირება.

ჩვეულებრივ წყალსაშვებ ხერეტებს გადახურავენ სასამსახურო ხიდებით, რომლებიც ეყრდნობიან შუალედურ და სანაპირო ბურჯებზე; მათზე ათავსებენ სტაციონარულ მექანიზმებს, მოძრავ აშვებებს, მოწყობილობებსა და მასალებს, ამასთან ერთად მათზე წარმოებს მოქსახურე პერსონალის მიმოსვლა.

საკეტის ტიპის არჩევის დროს გათვალისწინებული უნდა იქნეს მისი მუშაობის რეჟიმი და ის მოთხოვნები, რომლებიც მან უნდა დააკმაყოფილოს. ეს მოთხოვნებია საექსპლუატაციო, კონსტრუქციულ-სამშენებლო და ტექნიკურ-ეკონომიკური.

საკეტებით მოწყობილ ნაგებობათა სხვადასხვაობამ და საკეტებისადმი წყაყენებულმა მოთხოვნებმა განაპირობა მათი მრავალრიცხოვანი კონსტრუქციების წარმოშობა, ამიტომ მიზანშეწონილია საკეტების კლასიფიკაცია მოხდეს შემდეგი ძირითადი ნიშნების მიხედვით:

I. დანაშნულების მიხედვით: 1) ძირითადი საკეტები, რომელთაც ეყისრებათ შედმივი საექსპლუატაციო სამსახური, 2) სარემონტო, რომელთაც იყენებენ წყნარ წყალში რემონტის დროს, 3) ავარიული (ავარიის დროს მოქრავ წყალში დასაყენებლად), 4) სამშენებლო (ნაგებობათა მშენებლობის დროს დასაყენებელი), 5) სათადარიგო, რომელთაც ინახავენ ძირითადი საკეტის შეცვლის საჭიროების შემთხვევისათვის.

II. მდებარეობის მიხედვით: 1) ზედაპირული და 2) სიღრმული საკეტები.

III. ნაგებობაზე წყლის წნევის გადაცემის ხერხის მიხედვით: 1) საკეტები, რომლებიც წყლის წნევას გადასცემენ ბურჯებს, 2)—ზღურბლს (ფლუტბეტს), 3)—ბურჯებსა და ზღურბლს და 4)—სიღრმული ხერეტის შთელ კონტურს ან მის ნაწილს.

IV. საკეტის მიერ წყლის გატარების ხერხის მიხედვით: 1) საკეტები, რომლებიც წყალს ატარებენ ქვემოდან, 2) საკეტები, რომლებიც წყალს ატარებენ ზემოდან, 3) ისეთი საკეტები, რომლებიც ქვემოდანაც და ზემოდანაც ატარებენ წყალს და 4) საკეტები, რომლებაც წყალს ატარებენ გვერდებიდან ან საკეტის შიგნით (სიღრმულ საკეტებში).

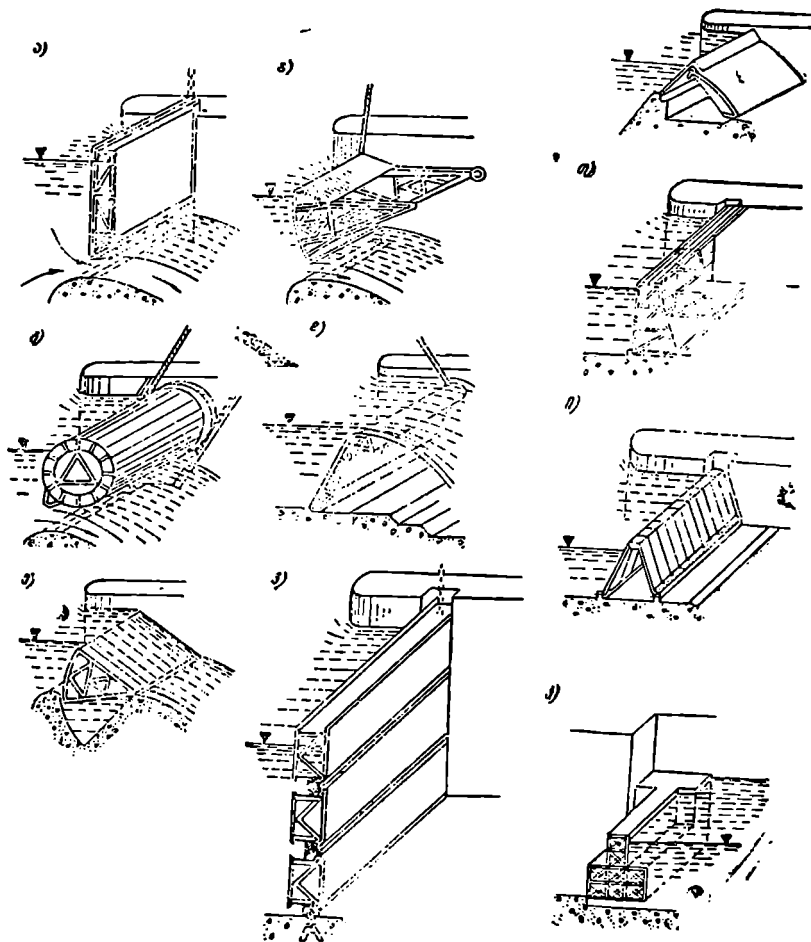
V. საკეტის ამძრავის ტიპის მიხედვით: 1) მექანიკური, 2) ჰიდრაულიკური და 3) მექანიკურ-ჰიდრაულიკური მოქმედების საკეტები.

VI. ძირითადი მასალის გვარობის მიხედვით: 1) ლითონის (ფოლადის, თუჯის, ალუმინის), 2) ხის, 3) რკინაბეტონის, 4) პლასტმასის და 5) კომბინირებული საკეტები.

VII. კონსტრუქციის მიხედვით: 1) ბრტყელი, 2) შანდორული, 3) სეგმენტური, 4) ვალკური (პორიზონტალური ცილინდრული), 5) სექტორული, 6) სახურავისებრი, 7) მოსაბრუნებელფერმებიანი, 8) მოსაბრუნებელჩაჩრებიანი, 9) სარქველიანი, 10) დგარულ-ბრტყელი (ხიდური), 11) მცურავი (ბატობორტი), 12) რგოლისებრი, 13) საკვალთი, 14) ვერტიკალურ-ცი-

ლინდრული, 15) სფერული, 16) დროსელიანი, 17) ნემსა, 18) მოსაბრუნებელი ცილინდრული, 19) კონუსური (ტელესკოპური) და სხვ.

საკეტები, რომლებიც ჩამოთვლილია 1-12 პუნქტებში, გამოიყენებიან ზედაპირულ წყალსაგდებ ხერცებში (ნახ. 14-1), ხოლო 13-19, აგრეთვე 1-3 პუნქტებში ჩამოთვლილი საკეტები - სიღრმულ ხვრეტებში (ნახ. 14-12). ზედა-



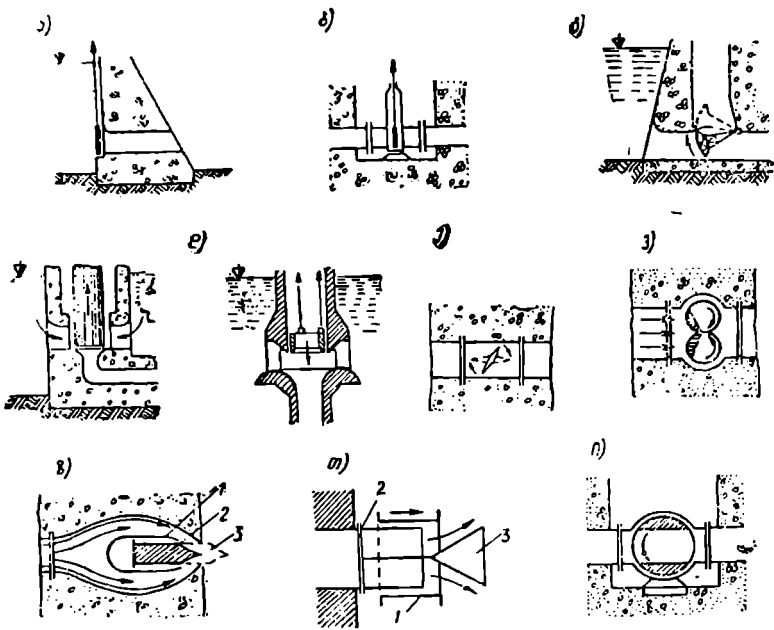
ნახ 14-1. ზედაპირული ხერცების საკეტები:

ა-ბრტყელი; ბ-სეგმენტური; გ-ვალური (ცილინდრული); დ-სარქვლიანი; ე-სექტორული; ვ-შანდორული; ზ-სახურავისებრი; თ-შ-საბ-უნებელი ფერმებით; ი-მოსაბრუნებელი ჩარჩოებით; კ-მურავი (ბალკორტი).

პირულ ხერცებში წყალს უშვებენ საკე ზის ქვევოდან, ზემოდან და კომბინირებულად, სიღრმულ ხერცებში კი - ქვევოდან, გვერდებიდან ან საკეტის შიგნიდან.

საბჭოთა კავშირში საკეტების მშენებლობა ვითარდებოდა უმთავრესად დაბალაწნევიან ჰიდრონაგებობათა მშენებლობის პროცესში. მნიშვნელოვანი გავრცელება პოვა ბორბლებიანმა და სრიალა ბრტყელმა საკეტებმა, როგორც ზედაპირულმა, ისე სიღრმულმა (ჰიდროდინამიკური დაახლოებით 80%). ბრტყელი საკეტების ასეთი ფართო გავრცელება განაპირობა უნივერსალობამ. მათ იყენებენ ძირითად, საავარიო-სარემონტო, სარემონტო და სამშენებლო საკეტებად; მათი კონსტრუქცია, დამზადება და მონტაჟი მარტივია.

წყლის მინიმალური დანაკარგებით ყინულისა და მტურავი სხეულების გადაადგების, აგრეთვე ზედა ბიფის ღონის სწრაფი და ზუსტი რეგულირე-



ნახ. 14-2. სიღრმული ხერხების საკეტები:

- ა — ბრტყელი; ბ — საკელოთი; გ — სეგმენტური; დ — ვერტიკალური ცილინდრული; ე — დროსელიანი;
- ვ — მოსაბრუნებელი ცილინდრული; ზ — ნემსა; თ — კონუსური; 1 — ცილინდრი გადატანითი მოძრაობით; 2 — უძრავი ცილინდრი; 3 — კონუსი.

ბის საპირობებამ წარმოშვა ისეთი ბრტყელი საკეტებიც, რომელთა სიმაღლე იყოფა ორ ნაწილად. ესენია ეგრეთ წოდებული შეწყველებული საკეტები; მათი ზედა და ქვედა ნაწილები ერთმანეთთან არაა დაკავშირებული და სარქველიანი საკეტები, რომლებშიც სარქველი და ძირითადი საკეტი ერთმანეთთან სახსრულადაა დაკავშირებული.

ჩვენი ქვეყნის ჰიდრომშენებლობის პრაქტიკაში გავრცელება პოვა აგრეთვე სეგმენტურმა საკეტებმა, რომლებსაც კარგი საექსპლუატაციო და კონსტრუქციული ნიშნები აქვს. საკეტების დანარჩენ ტიპებს შედარებით იშვიათად იყენებენ.

ქვემოთ მოკლედაა განხილული ზედაპირული და სიღრმული საკეტების ძირითადი ტიპები, მათი კონსტრუქციები, მუშაობის პირობები და დაგეგმვარების საკითხები.

§ 14-2. წყალსაშვები ხვრტიბის ბრტყელი საკეტები და ზანდოღები

1. ბრტყელი საკეტები

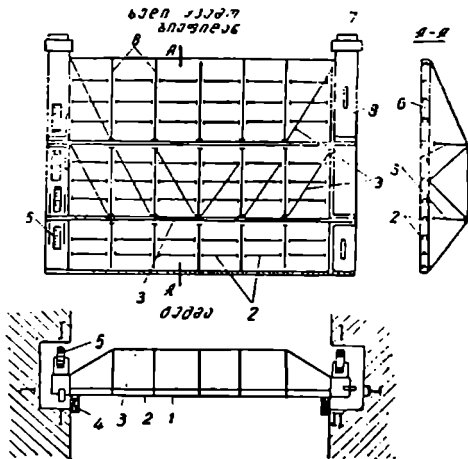
ბრტყელი საკეტი ანუ ფარი წყალსაშვები ხვრტის გადახურვის კონსტრუქციაა, რომელიც თავსდება და მოძრაობს ბურჯების ან კედლების კილოებში და მათ წყლის წნევას გადასცემს. ამ საკეტებს უპირატესად აკეთებენ ფოლადისაგან, ხოლო მცირე მანძილისა და დაწნევების შემთხვევაში—ხისაგანაც; იშვიათად იყენებენ რკინაბეტონს; პრაქტიკაში თანდათანობით შემოდის მსუბუქი ალუმინის შენადნობები და პლასტმასები.

ფოლადის ბრტყელი საკეტები წარმოადგენენ კონსტრუქციას, რომელიც შედგება კოჭოვანი ბადის სახის კარკასისა და სადაწნეო მხრიდან ბრტყელი ფურცლოვანი ფოლადის სამოსისაგან. საკეტის კარკასი (ჩონჩხი) შედგება შემდეგი ნაწილებისაგან: ა) პორიზონტალური მთავარი კოჭები, ანუ რიგელები, ბ) დამხმარე პორიზონტალური კოჭები—ლარტყულები, გ) ვერტიკალური დგარები, რომელთაგან განაპირანი წარმოადგენენ ეგრეთწოდებულ საყრდენ დგარებს, და დ) გრძივი კავშირები (ნახ. 14—3).

სამოსიდან მიღებულ დატვირთვას დამხმარე პორიზონტალური კოჭები გადასცემენ დგარებს, ხოლო ეს უკანასკნელნი—რიგელებს. აქედან დატვირთვა გადაეცემა საყრდენ დგარებსა და საყრდენებს ან უშუალოდ საკეტის საყრდენ ნაწილებს.

რიგელების რიცხვის მიხედვით ბრტყელი საკეტები შეიძლება იყოს ორრიგულიანი და მრავალრიგულიანი. კონსტრუქციული მოხერხებულობისა და ეკონომიურობის გამო უპირატესად ორრიგულიანი საკეტებს იყენებენ. ამგვარ საბჭოთა კავშირში გამოიყენება მხოლოდ ორრეგულიანი ბრტყელი საკეტები, რომელთაც ორივე მხარეზე მოწყობილი აქვთ ბორბლები ან ორი ურიკა შეწყვილებული ბორბლებით.

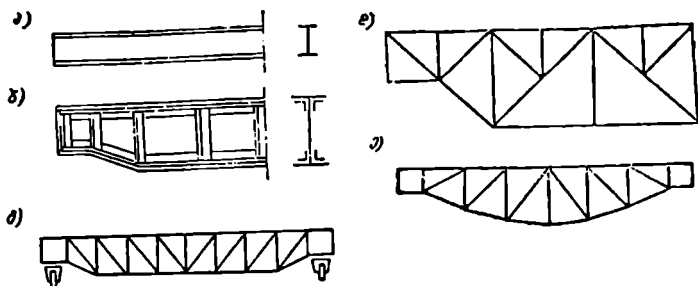
რიგელებს აკეთებენ ორტესების, შველერების ან სხვა გაგლინული პროფილებისაგან; დიდ საკეტებში რიგელებს აკეთებენ უფრო რთულს—იგივე



ნახ. 14-3. ფოლადის ბრტყელი საკეტის კონსტრუქციული სქემა:

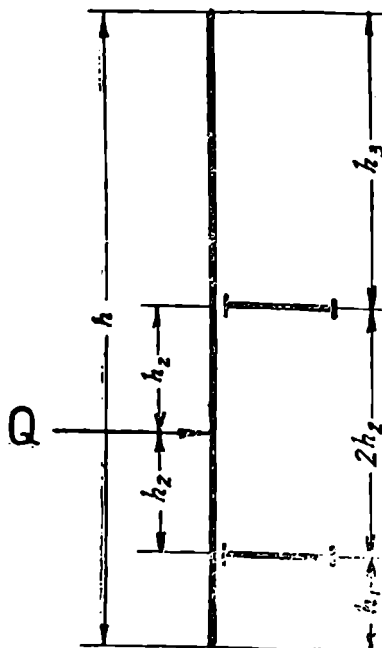
- 1—შემოსვა; 2—დამხმარე პორიზონტალური კოჭები;
- 3—რიგელები; 4—ვერტიკალური ეგრეთწოდებული საყრდენ-სავალი ნაწილები; 6—დგარები; 7—საკილი მოწყობილობის; 8—განაპირა საყრდენი დგარები; 9—გრძივი კავშირები.

გაგლიწული პროფილებისაგან შედგენილი შენადული კონსტრუქციებისას, ფართეუ სტატიკურად რკვევადი გამჟოლი ფერწების სახით (ნახ. 14-4). ფერ-



ნახ. 14-4. ბრტყელი საკეტების რიგელების ტიპები.

მის სიმაღლეს მალის შუაში მალის $1/6 \div 1/10$ -მდე იღებენ, ხოლო დასაშვებ ფარდობით ჩაღუნვას—მალის $1/1000$ მუღმევი საკეტებისათვის და $1/750$ —



ნახ. 14-5. ტოლდატირთულობის პირობის მიხედვით საკეტის სიმაღლე რიგელების განლაგების განგარისშების სქემა.

დროებითისათვის. გამჟოლი რიგელების განგარისშება ხდება კენძურ დატირთვებზე სტატიკურად რკვევადი ფერწების განგარისშების მეთოდებით. გარდა ამისა, რიგელის სადაწნეო სარტყელი უნდა განგარისშდეს ადგილობრივ ღუნვაზეც.

რიგელებს შორის მანძილს ნიშნავენ მათი ტოლდატირთულობის პირობიდან; ასეთ შემთხვევაში ისინი ერთნაირი კვეთისაა, რაც კონსტრუქციულად მოხერხებული და ხელსაყრელია. უფრო იშვიათად რიგელებს ათავსებენ ერთმანეთისაგან თანატოლ მანძილებზე, მაგრამ ასეთი გადაწყვეტისას მათი კვეთები არათანატოლი გამოდის. ეს წესი ზოგჯერ განიოყენება სიღრმეული ხერტების საკეტებისათვის, რადგან მათ რიგელებზე მოკმედი დატირთვები ერთმანეთისაგან დიდად არ განსხვავდება.

ორრიგელიანი საკეტის შემთხვევაში რიგელებს ჰიდროსტატიკური წნევის ტოლკმედიდან თანატოლ მანძილებზე განალაგებენ მის ზემოთ და ქვემოთ (ნახ. 14-5). ამ შემთხვევაში რიგელებს შორის მანძილი

$$2h_2 = \frac{2}{3}h - 2h_1 \quad (14-1)$$

სადაც h_2 არის მანძილი პიდროსტატიკური წნევის ტოლქმედიდან რიგელების ღერძამდე;

h_1 — მანძილი საკეტის ქვედიდან ქვედა რიგელის ღერძამდე, რომელიც $(0,13 \div 0,18) h$ შუალედში აიღება;

h — საკეტის სიმაღლე.

საკეტის ზედიდან ზედა რიგელის ღერძამდე მანძილი

$$h_2 = \frac{h}{3} + h_1. \quad (14-2)$$

თუ რიგელების რიცხვი ორზე მეტია (რასაც ამჟამად იშუიათად მიზართავენ), მაშინ ტოლდატვირთულობის პირობიდან გამომდინარე, მანძილი საკეტის ზედიდან ნებისმიერი რიგელის ღერძამდე განისაზღვრება ფორმულით

$$h_2 = \frac{2}{3} \frac{h}{\sqrt{n}} [k^{3/2} - (k-1)^{3/2}], \quad (14-3)$$

სადაც n — რიგელების რიცხვია;

k — რიგელის რიგითი ნომერი ზემოდან ათვლისას.

იმისათვის, რომ უფრო მოხერხებულად ჩატარდეს მონტაჟი, რეკომენდებულია რიგელებს შორის მანძილი არანაკლებ $0,5$ მ ავიღოთ.

საკეტზე მოქმედი წყლის პიდროსტატიკური წნევა

$$Q = \gamma \frac{h^2}{2} l, \quad (14-4)$$

სადაც l საკეტის მალაია სიოში.

თუ n რიგელების რიცხვია, მაშინ ერთ რიგელზე მოსული დატვირთვა

$$Q' = \frac{Q}{n}. \quad (14-5)$$

რიგელის l გრძ. მ-ზე მოსული წნევა ტოლი იქნება

$$q = \frac{Q'}{l}. \quad (14-6)$$

რიგელის განივკვეთის შესარჩევად თანაბრად განაწილებული დატვირთვისაგან წარმოშობილ მაქსიმალურ მღუნავ მომენტს მალის შუაში განსაზღვრავენ შემდეგი ფორმულით

$$M_{max} = \frac{q l^2}{8} (2l_0 - l), \quad (14-7)$$

სადაც l — რიგელის მალაია სიოში;

l_0 — რიგელის საანგარიშო მალი, რომელიც $1,07 l$ -ის ტოლი აიღება. რიგელის კვეთის წინაღობის მომენტი განისაზღვრება ფორმულით

$$W = \frac{M_{max}}{[\sigma]_c}, \quad (14-8)$$

სადაც $[\sigma]_c$ არის ღუნვაზე დასაშვები ძაბვა კგ/სმ²-ობით. წინაღობის მომენტის მიხედვით არჩევენ რიგელის პროფილს. რიგელის ფარდობითი მაქსიმალური ჩაღუნვა ტოლია

$$\frac{f}{l_0} = \frac{5l_0^3}{384} \frac{Q'}{EI_0}, \quad (14-9)$$

სადაც f არის რიგელის ჩალუნვის ისარი სმ-ობით;

E — რიგელის შასალის დრეკადობის მოდული;

I_x — რიგელის კვეთის ინერციის მომენტი.

ნორმების მიხედვით ფარდობითი მაქსიმალური ჩალუნვა არ უნდა აღემატებოდეს ზუღში საკეტებში შალის $\frac{1}{750}$, ხოლო დროებით საკეტებში—

$$\frac{1}{500}.$$

ვერტიკალური დგარები გაიანგარიშება, როგორც წყლის წნევით დატვირთული ორ საყრდენზე თავისუფლად მდებარე კოქები; მათი საყრდენები რიგელებია.

ვერტიკალური დგარების გაანგარიშებისას ჯერ განისაზღვრება წყლის წნევა საკეტის კოქოვან უჯრედზე, ხოლო შემდეგ—წყლის წნევა დგარის 1 გრძ. მ-ზე. ამის შედეგად იაქსიმალური მლუნავი ზომენტი განისაზღვრება (14-7) ფორმულით, ხოლო დგარის კვეთის წინ. ღობის ნო. ბენტი—(14 8) ფორმულით. წინაღობის მომენტის მიხედვით დგარის პროფილი დადგინდება ჩვეულებრივი წესით.

დანხმარე პორიზონტალური კოქების გაანგარიშებაც ანალოგიურად ხდება შას შემდეგ, რაც მათთვის 1 გრძ. მ-ზე მოსულ დატვირთვას დაადგენენ.

საკეტის სამოსის სისქეს ჩვეულებრივ ანგარიშობენ ფორმულით

$$\delta = a \cdot \sqrt{\frac{\varphi p}{2[\sigma]_c(1+n^2)}} \quad (14-10)$$

სადაც a არის კოქოვანი უჯრედის მოკლე გვერდის სიგრძე;

n — კოქოვანი უჯრედის მოკლე გვერდის სიგრძის ფარდობა გრძელ

$$\text{გვერდთან } \left(n = \frac{a}{b} \right);$$

$[\sigma]_c$ — დასაშვები ძაბვა ღუნვაზე ფურცლოვანი ფოლადისათვის;

φ — კოეფიციენტი, რომლის მნიშვნელობა კონტურზე სამოსის და მაგარების ხასიათის მიხედვით აიღება;

p — წყლის კუთრი წნევა კოქოვანი უჯრედის ცენტრში, კგ/სმ².

როდესაც კოქოვანი უჯრედის გვერდების ფარდობა იცვლება 1:1 ÷ ÷ 1:2, მაშინ სამოსი გაიანგარიშება, როგორც ოთხივე მხრიდან დამაგრებულ ფილა და შემოსხენებული კოეფიციენტი $\varphi = 0.75$ ტოლი აიღება. თუ კოქოვანი უჯრედის გვერდების ფარდობა 1:3 აღემატება, მაშინ სამოსს იანგარიშებენ. როგორც ორი მხრიდან დამაგრებულ ფილას, რომლისათვისაც $\varphi = 1$, კოქოვანი უჯრედის ცენტრში წყლის კუთრი წნევა $p = \gamma h$, სადაც γ წყლის ერთეული მოცულობის წონაა, ხოლო h —წყლის სიღრმე განსახილველი კოქოვანი უჯრედის ცენტრამდე.

სამოსის მიღებულ საანგარიშო სისქეს უმატებენ 1 მმ-ს მოსალოდნელი დაქანების გამო და წყვეტენ ან რეგულაციას სახელწიფო სტანდარტით რეკომენდებული ფოლადის ფურცლის უახლოეს სისქედზე. ბრტყელ საკეტებში სამოსის მინიმალური სისქე დასაშვებია 6 მმ.

დატვირთვის მოქმედების შედეგად სამოსის ღუნვის დროს კოქებთან მი-

სი მიმაგრების ადგილებში წარმოიშობა განმზღენი ძალები, რომლებიც შეიძლება მიახლოებით განისაზღვროს ფორმულით

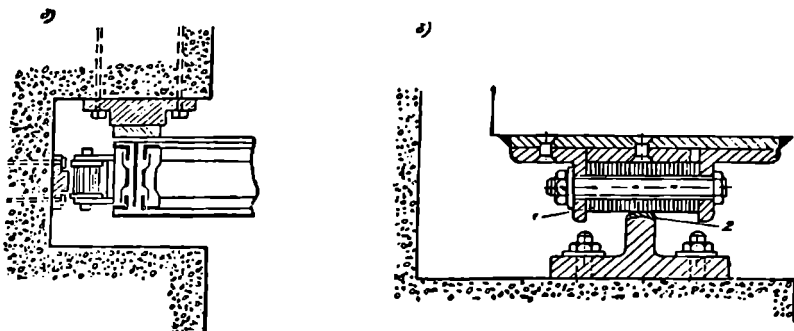
$$q = 0,07 \sigma_{max} \cdot \delta, \text{ კგ/გრძ. სმ.} \quad (14-11)$$

სადაც σ_{max} ღუნვის მაქსიმალური ძაბვაა δ სისქის სამოსში. ცხადია, q განმზღენზე უნდა გაანგარიშდეს სამოსის დამაგრება კოქცბზე— შენადული ნაერები და მოქლონები (უქანასკენელი სახის ნაერები ამჟამად თითქმის აღარც გამოიყენება).

ბრტყელი საკეტის კონსტრუქციისათვის საკირო სიხისტის მისაცემად, თუ კი ის არ კმაყოფილება სამოსით, ეწყობა განივი და ვრძივი კავშირები, რომელნიც მთელ კოკოვან ბაღეს ერთმანეთს უკავშირებენ. ჩვეულებრივ მათ აწყობენ გაგლინული კუთხოვანი პროფილებისაგან.

საყრდენ-სავალი ნაწილები. ბრტყელ საკეტებს საყრდენ-სავალი ნაწილების მიხედვით ყოფენ სრიალა, ბორბლებიან და საგორავებიან საკეტებად, მაგრამ უქანასკენელი ამჟამად თითქმის არ გამოიყენებთან.

1. ბრტყელი სრიალა საკეტი ყველაზე უფრო ეკონომიური და ექსპლუატაციაში საიმედო საკეტის ტიპია. მისი საყრდენ-სავალი ნაწილები შარტივია, არ მოითხოვს იმდენ დანახარჯებს, რამდენიც საკიროა ბორბლებიანი საყრდენ-სავალი ნაწილებისათვის. ასეთ საკეტებში წყლის წნევა საყრდენი



ნახ. 14-6. მოსრიალე საკეტების საყრდენი ნაწილები:

ა—ლითონის თავკეები; ბ—მის შრეული პლასტიკის თავკევი (1), რომელიც სრიალეს უქანავი ფოლადის (2) საყრდენ ზედაპირზე.

დგარების შეშვეობით გადაეცემა უშუალოდ ბურჯების კილოებში ჩამაგრებულ ჩასატანებელ ნაწილებს (ნახ. 14-6). კილოებში საკეტის შოძრაობისას წარმოიშობა სრიალის ხახუნი, რომლის შესამციკებლად საკეტის საყრდენ დგარებზე, აგრეთვე ბურჯების კილოებში, ამაგრებენ სპეციალური მასალისაგან დამზადებულ თავკეებს (მოსრიალე ზედაპირებს).

თავკეებისათვის იყენებენ ბრინჯაოს ან თითბერს და ნაწრობ ფოლადის (უპირატესად საზღვარგარეთ). საბჭოთა კავშირში ძირითადი ბრტყელი საკეტისათვის 1950 წლიდან იყენებენ უქანავ გახეხილ ფოლადზე მოსრიალე ხის შრეული პლასტიკის (ДСП-Б) თავკეებს (ნახ. 14-6). ამჟამად მოსრიალე ზედაპირებისათვის იწყებენ ახალი მასალების, მაგალითად, „მასლიანტ Д“-ს გამოყენებას, რომლისთვისაც 2000 კგძ/სმ დატვირთვისა და 2 მ/წმ სრიალის

სიჩქარის დროს უძრავობის ხახუნის კოეფიციენტი 0,14 ტოლია. ახალი ანტი-ფრიქციული მასალები საშუალებას იძლევა გადაწყდეს დიდი დატვირთვების გადაცემის პრობლემა.

საკეტების ჩასატანებელი ნაწილების კონსტრუქცია წინასწარ განსაზღვრავს მათი დამზადებისა და მონტაჟის ხერხებს, საშუაოთა წარმოების ხერხები კი უშუალოდ ახდენენ გავლენას მათ კონსტრუქციაზე.

კრემენჩუგის, დნეპროძერჟინსკის, კიევის, ვოტკინსკის, ბრატსკის, კრასნოიარსკის, ვოლინსკის, უსტი-ილიმსკის და სხვა თანამედროვე პილდროელექტროსადგურებზე გამოყენებულია შემობეტონებული ვარცლისებური ბლოკების სახეობის საკილოე კონსტრუქციები, რომლებმაც ექსპლუატაციაში კარგი რეზულტატები გამოავლინეს. პერსპექტიულია ბრტყელი საკეტების კილოების ის ჩასატანებელი ნაწილები, რომლებიც დამზადებულია ნალუნ-შენადნული პროფილებისაგან; მათი დამზადების ტექნოლოგია ნაკლებად შრომატევადია და ამასთანავე უზრუნველყოფს საკილოე კონსტრუქციების მაღალ ხარისხს.

სრიალა საკეტის მოძრაობის დამაბრკოლებელი ხახუნის ძალა განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით

$$T = fQ, \quad (14-12)$$

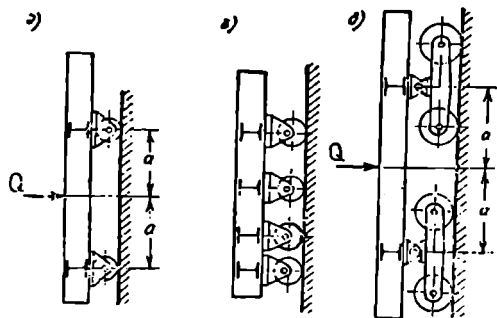
სადაც Q არის საკეტზე მოქმედი წყლის წნევა და განისაზღვრება (14-4) ფორმულით;

f — ბირველი გვარის (სრიალის) ხახუნის კოეფიციენტი, რომლის სიდიდე დამოკიდებულია მასალაზე. მაგალითად, როდესაც სრიალებს ფოლადი ბრინჯაოზე, $f = 0,3$, ფოლადი ფოლადზე — $f = 0,5$, ხის შრეული პლასტიკის თავკაეი უფანგავ ფოლადზე — $f = 0,07 \div 0,1$ საკეტის მოძრაობის დროს, ხოლო უძრავობისას $f = 0,13 \div 0,5$.

ზედაპირული წყალ სადგები ხერხების გადასახურავედ შექმნილია $10 \div 25$ მ სიმაღლის სრიალა საკეტები — $12 \div 25$ მ მართ, ხოლო სიღრმული ხერხების-

სათვის — $3,5 \div 16$ მ ხაღით და $6 \div 23$ მ სიმაღლით, როდესაც დაწნევა ცვალებადობს $20 \div 100$ მ ფარგლებში.

2. ბრტყელი ბორბლები იანი საკეტი წარმოადგენს გადახურვას, რომელიც დატვირთვის გადასცემს ბორბლებს ან მამალანსირებელ ურთიკებს. ამ კონსტრუქციაში საკეტი გადაადგილების დროს ვორავს თავისი ბორბლებით ბურჯების (კედლების) კილოებში დამაგრებულ რელსებზე (ნახ. 14-7).



ნახ. 14-7. ბორბლების განლაგების სქემა ბრტყელ საკეტებში:
 • — ბორბლებიანი საკეტი; გ — საკეტები წვილბორბლიანი მამალანსირებელი ურთიკებით.

მოძრაობის დროს საკეტმა უნდა გადალახოს ხახუნის ძალა

$$T = \frac{Q}{R} (fr + f). \quad (14-13)$$

სადაც R და r არის შესაბამისად საყრდენი ბორბლისა და მისი ღერძის რადიუსები;

f — ბორბლის ღერძსა და მის საკისარს შორის სრიალის ხახუნის კოეფიციენტი;

f_1 — ბორბლის რწვევის ხახუნის კოეფიციენტი (მხარი), რომელიც უღერის $0,05-0,1$ სმ-ს.

თუ ერთმანეთს შეეადარებთ თანატოლი ზომის ბორბლებიანი და სრიალა საკეტების მოძრაობის დროს წარმოშობილ T ხახუნის ძალებს, დაერწმუნდებით, რომ ბორბლებიან საკეტში იგი რამდენჯერმე უფრო მცირე იქნება. სწორედ ამაში ძდგომარეობს მისი უპირატესობა.

დიდმალიანი ორრიგელიანი საკეტების შეთხვევაში ერთ ბორბალზე მოსული დატვირთვის შესაპირებლად (ზღვრულია $100-120$ ტ), ბორბლების რიცხვს აორკეცებენ, ე. ი. რიგელებს ბოლოებში ამაგრებენ შეწყვილებულ ბორბლიან მბაღანსირებელ ურიკებს (ნახ. 14-7, გ).

ბორბლის ზომები განისაზღვრება მასზე გადაცემული დატვირთვის მიხედვით — $P = \frac{Q}{n}$, სადაც Q — საკეტზე მოქმედი სრული დაწნევაა, ხოლო n — ბორბლების რიცხვი. ბორბლის $2R$ დიამეტრის გაანგარიშება ხდება დიამეტრული კვეთის სიმტკიცის პირობიდან

$$\frac{P}{2Rb} \leq [\sigma]_e,$$

ანდა

$$R = \frac{P}{2b[\sigma]_e}, \quad (14-14)$$

სადაც $[\sigma]_e$ არის კუნწვაზე (დაშხერწვაზე) დასაწეები ძაბვა ბორბლის დიამეტრულ კვეთში, რომლის წინწვენელობა დამოკიდებულია ფოლადის სორტზე და იცვლება 55-დან და 75 კგდ.სმ²-მდე;

b — ბორბლის ფერსოს სიგანე (აილება 8—15 სმ-მდე).

ბორბლები კეთდება 0,3-დან 1 მ-მდე დიამეტრისა. ბორბლის ღერძის კვეთის გაანგარიშება ხდება ლუნვაზე, ხოლო ღერძის საყრდენები უნდა შემოწმდეს თელვაზე.

საჭიროა შევნიშნოთ, რომ ბრტყელი საკეტების საყრდენ-სავალი ნაწილების ზემოხსენებული ორი სახეობის გარდა, უცხოეთის ქვეყნების პრაქტიკაში გვხვდება საგორავებიანი (სტონის სისტემის) და გორგოლაქებიანი საყრდენ-სავალი ნაწილები, რომლებშიც ხახუნი წინწვენელოვნადაა შემცირებული, მაგრამ არსებითი ხასიათის ნაკლოვანი მხარეების გამო მათ ვერ პოვეს სათანადო გავრცელება.

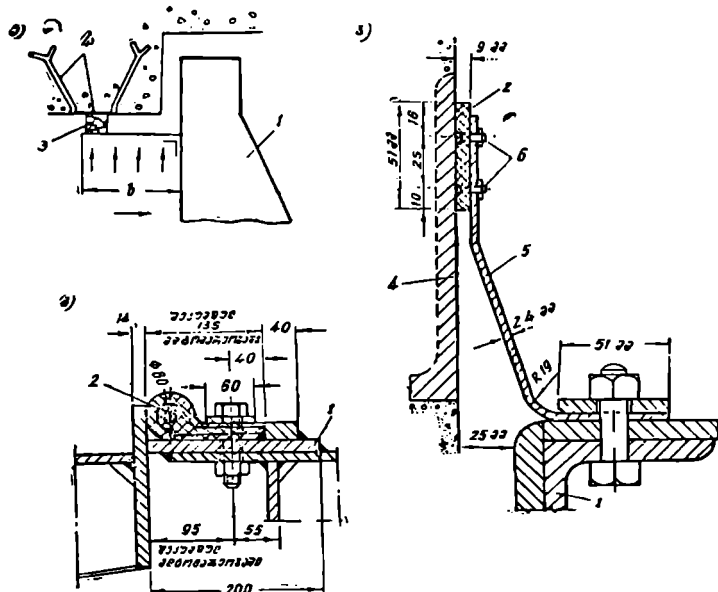
შემქიდ როების სახეობანი. ზედა ბიფიდან ქვედა ბიფში წყლის შეულწყვადობის უზრუნველსაყოფად საკეტისა და ბურჯის, აგრეთვე საკეტისა და ზღურბლის კონტაქტის ადგილებში ეწუობა შესაბამისად გვერდითი და ფსკერული მამპიდრობელი. ბორბლებიან საკეტებში გვერდითი შემქიდრობება აუცილებელია, ხოლო სრიალა საკეტებში — არა, რადგან ბურჯის კილოში დამაგრებულ რელსზე საკეტის საყრდენი ზოლის (თავკაეის) მიქერა უზრუნველყოფს საკმარის წყალშეულწყვობას;

პრაქტიკაში გამოყენებული გვერდითი შემქიდრობის ძირითადი ხერხე-

ბი ნაჩეინებია 14-8 ნახაზე. გვერცელებულ კონსტრუქციას წარმოადგენს საკეტის სადაწნო წახნაზე დამაგრებული 2—5 მმ სისქის ფოლადის ღრეკალი ფურცელი, რომლის მეორე გვერდზე მდებარეებულია ხის ძელი ან რეზინის ლენტი (ნახ. 14-8, ა, ბ). წყლის წნევით ძელი (ლენტი) აკერს ბურჯის ზედაპირზე დამაგრებულ ფოლადის ზოლს და სრიალებს მასზე საკეტის გადაადგილების დროს.

მამქიდროებლად უკეთესია სპეციალური პროფილის რეზინის გამოყენება (ნახ. 14-8, გ), რომელიც საკეტზე მაგრდება ბრინჯაოს ქანკაყებითა და ქანჩებით.

მცირე ზომის საკეტებში გვერდითი შემქიდროება კეთდება უფრო მარტივად—ტყავის, წყლით შეესებული რეზინის მილების და სხვა ხერხებით.



ნახ. 14-8. გვერდითი შემქიდროების ტიპები:

- 1—საკეტის ნაწილი; 2—რეზინის სამქიდროებელი; 3—სამქიდროებელი ხის ძელი; 4—ჩასატანებელი ნაწილები; 5—ფოსფორიანი ბრინჯაოს ფურცელი (სივანით 203 მმ); 6—საბლენძის მოქლონები.

გვერდითი შემქიდროება იწვევს დამატებით წინაღობას საკეტის მოძრაობისადმი ძელსა (რეზინასა) და ჩასატანებელ ნაწილს შორის ხახუნის გამო. ამ წინაღობის სიდიდე მთელი საკეტისათვის

$$T_3 = f \cdot Q_3 = 0,5 f \gamma H^3 b, \quad (14-15)$$

სადაც f არის პირველი გვარის (სრიალის) ხახუნის კოეფიციენტი;

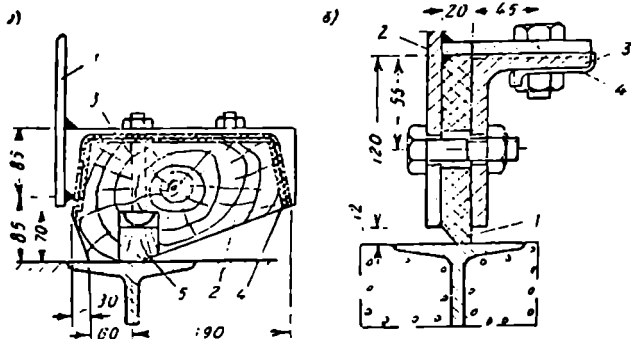
Q_3 — მამქიდროებლის მიერ ბურჯზე გადაცემული სრული წნევა;

b — მამქიდროებელი ფურცლის სიგანე.

გვერდითისაგან განსხვავებით, ფსკერული შემქიდროება უზრუნველყო-

ფოლადის საკეტის წონით (საკეტი შამპიდრობლის სხეულს აკერს ხერტის ზღურბლს); მათგან დღემდე ყველაზე უფრო გავრცელებულია ხის ძელით შემპიდროება, რომელსაც გარსშემოდენილი ფორმა ან ჩამოქნილი კუთხეები აქვს (ნახ. 14-9, ა). ასეთი შემპიდროების უარყოფითი მხარეა ადგილობრივი ვაკუუმის შესაძლო წარმოშობა და საკეტის ამწევი ძალის გაზრდა მისი მიკერის შედეგად, აგრეთვე ძელის სწრაფად გასვეთა ნატანით. თუმცა ძელის დაზიანების შემთხვევაში იგი შეიძლება ადვილად იქნეს შეცვლილი.

ვაკუუმის, აგრეთვე საკეტის ვიბრაციის წარმოშობის თავიდან ასაცილებლად უმჯობესია ე. წ. დანისებრი შემპიდროება ფოლადის სხმულის ან



ნახ. 14-9. ფსკერული შემპიდროების ტიპები:

- ა—ბრტყელი საკეტის ხით შემპიდროება; 1—საკეტის შემოსევა; 2—შემპიდროება; 3—საკეტის ქვედა შემოსაკრავი; 4—რეზინის შუალი; 5—საცობი;
 ბ—ბრტყელი საკეტის რეზინით შემპიდროება; 1—რეზინა; 2—საკეტის შემოსევა; 3—მიმკერი კუთხოვანი; 4—საჩერებელი თამასა.

ფურცლის სახით, რომელიც ეყრდნობა (აკერს) რბილი ლითონის ზოლს, ჩაშაგრებულს ზღურბლის ბეტონში ჩაანკერებულ სხულში. მაგრამ დროთა განმავლობაში ასეთი შამპიდროების მიწოლის სიმკვრივე და წყალშეუღწევობა მცირდება. ამგვარად ყველაზე უმჯობესადაა მიჩნეული ფსკერული შემპიდროება რეზინის გამოყენებით (ნახ. 14-9, ბ).

ფოლადის ბრტყელი საკეტების საკუთარი წონა. თუ L ხერტის სივანეა, ბოლო H_0 —დაწნევა ხერტის ცენტრში, მაშინ $100 < < H_0 > < 2500$ დიამეტრში ფოლადის ზედაპირული ბრტყელი საკეტის საკუთარი წონა შეიძლება წინასწარ განისაზღვროს ა. ცვეტკოვის იმ ფორმულებით, რომლებიც პ. ლაუპმანის მიერ რამდენადმე გამარტივებული¹:

1) ბორბლებიანი საკეტებისათვის

$$g = 64(\sqrt{H_0^3} - 1), \quad (14-16)$$

შაგრამ არ უნდა იყოს 200 კგ/მ² ნაკლები და 800 კგ/მ² მეტი:

¹ А. П. Цветков. Формула для предварительного определения веса плоских затворов. „Гидротехническое строительство“, №1, 1952.

2) სრიალა საკეტებისათვის

$$g = 60(\sqrt{H_0^2 - 1}, 4), \quad (14-17)$$

იგი 190 კგ/მ³ ნაკლები და 700 კგ/მ³ მეტი არ უნდა იყოს.

ამ ფორმულებში g არის ხერცის გადასახურავე ფართობის 1 კვადრატულ მეტრზე მოსული საკეტის საშუალო წონა კგ-ობით. საკეტის სრული წონა $G = Hlg$, სადაც H — საკეტის სიმაღლეა.

საკეტის ზუსტი წონა განისაზღვრება ტექნიკურ ან სამუშაო პროექტებში სპეციფიკაციის მიხედვით.

ბრტყელი საკეტის ასაწვეად და დასაშვებად საჭირო ძალები. საკეტის აწვეისას მასზე უნდა მოედოს ძალა

$$S = k_1 G + k_2 (T + T_2); \quad (14-18)$$

დაშვების (ჩასმის) დროს

$$S' = k' [k_2 (T + T_2) - k_1 G], \quad (14-19)$$

სადაც G არის საკეტის წონა, რომელიც წინასწარი გაანგარიშების დროს შეიძლება განისაზღვროს ზემოთპოყვანილი (14-16) და (14-17) ფორმულებით;

T — ხახუნის ძალა საყრდენ-საველ ნაწილებში;

T_2 — იგივე ძალა გვერდით მამქიდროვებლებში;

k_1 — საკუთარი წონის შემასწორებელი კოეფიციენტი პიდროდინამიკური ძალების, ნატანის წნევის და სხვა ძალების გასათვალისწინებლად;

k_2 — იგივე კოეფიციენტი T და T_2 ძალების შესასწორებლად;

$k' = 1,25$ — კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ზღურბლზე საკეტის დასმის (მიჭირების) საიმედოობას;

საკეტი თავისით ეშვება, თუ

$$k_1 G > k_2 (T + T_2);$$

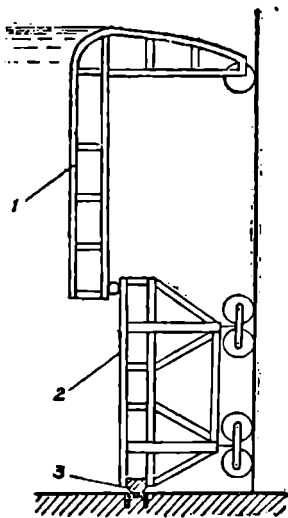
თუ ეს უტოლობა დარღვეულია, მაშინ აუცილებელია საკეტის იძულებითი ჩაშმა, რასაც ზოგჯერ აღვილი აქვს სრიალა საკეტებში დიდი დაწნევის დროს.

2. შეწყვილებული, ხარკვლიანი და ხეკიური ბრტყელი საკეტები

ბრტყელ საკეტებს აქვს რიგი ნაკლოვანი მხარეები, რომლებიც გარკვეულ დაბრკოლებებს ქმნიან ექსპლუატაციაში, შეუძლებელია მათზე წყლის გადატარება (გადაგდება), ყინულისა და მკურავი სხეულების გადასაგდებად საჭიროა საკეტის სრული ამოღება წყლიდან, რაც დაკავშირებულია ზემო ბიეფიდან წყლის დაკარგვასთან; საკეტის დიდი მალისა და სიმაღლის დროს ამწვეი ძალა ძალიან დიდია, საჭიროა მძლავრი მექანიზმები. გართულებულია მანევრირება, ბურჯები გამოდის დიდი სიმაღლისა. აღნიშნული ნაკლოვანი მხარეები მცირდება ან შეიძლება საერთოდ ავიცილოთ შეწყვილებულ, სარკველიან და სექციურ ბრტყელ საკეტებში.

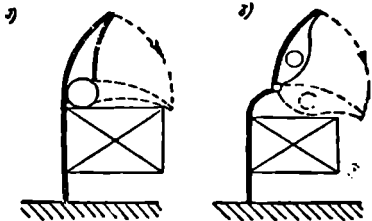
შეწყვილებული საკეტი შედგება ორი ნაწილისაგან (ფარისაგან), რომელთაც შეუძლიათ გადაადგილდნენ კილოებში ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად (ნახ. 14-10). საკეტის ზედა წყალსაშვები ნაწილის დაშვებისას წყლის, ყინულისა და მკურავი სხეულების გადაგდება ქვემო ბიეფში საკეტის ზემოდან ხდება, ხოლო ქვედა ნაწილის აწვეისას წყალი გამოდინდება ფარის ქვეშ.

შეწყვილებულ ბრტყელ საკეტებში არჩევენ სამ ტიპს: პირველი ტიპის საკეტში ორივე ფარს აქვს სხვადასხვა სამოძრაო გზა, მეორე და მესამე ტიპის საკეტებში კი ორივე ფარი ერთ გზაზე მოძრაობს, ამასთან მათი აწევ-დაწვევა ხდება ერთნაირად, ერთმანეთის მოყოლებით. მეორე ტიპის საკეტში კონსოლი უკეთდება ქვედა ფარს, ხოლო მესამე ტიპის საკეტში—ზედას. ცხადია, კონსოლის სიგრძე განსაზღვრავს ფარების ურთიერთგადაადგილების დიაპაზონს. პირველი ტიპის საკეტები თითქმის გამოსულია ხმარებიდან, რადგან მნიშვნელოვანი დეფექტები აქვს (ქვედა ფარის კოჭოვანი ბაღე მოქცეულია ზედა ბიეფის მხარეზე, რაც იწვევს მის დანაგვიანებას ნატანით და მცურავი სხეულებით, ხოლო ამის შედეგად ამწევი ძალის გაზრდას; გარდა ამისა, სამოსი მუშაობს აგლეჯაზე). მეორე და მესამე ტიპის საკეტებიდან უფრო სრულყოფილი და გავრცელებულია მესამე ტიპის შეწყვილებული ბრტყელი საკეტი, რომელსაც I-მაგვარ ანუ „გლაკოლას“ ტიპის საკეტს უწოდებენ (ნახ. 14-10). ზედა ფარის დაშეების დიაპაზონი საკეტის მთელი სიმაღლის 0,4-მდეა. ყინულისა და მცურავი სხეულების გადაგდე-



ახ. 14-10. შეწყვილებული ბრტყელი საკეტის სქ.შა:

- 1—ზედა წყალსაშეები ნაწილი;
- 2—ქვედა ფარი; 3—ფსკერული შემკიდროება.



ნახ. 14-11. სარქველით საკეტების ტიპები.

ბის მიზნით ზედა საკეტის დაშეების სიღრმე არ უნდა იყოს 1,5—2 მ-ზე ნაკლები. მისი წყალსაშეები ზედაპირის ფორმას უვაკუუმოს იღებენ, რაც ამცირებს საკეტის ვიბრაციის საშიშროებას.

სარქველიანი საკეტი წარმოადგენს ჩვეულებრივ ბრტყელ საკეტს, რომლის ზედა ნაწილში სახსრულადაა დამაგრებული გარკვეული ფორმის სარქველი (ნახ. 14-11). ეს საკეტები საშუალებას იძლევა პირიზონტალური ღერძის (სახსრის) ირგვლივ სარქველის მობრუნებით და 1—1,5 მ სიღრმეზე დაწვევით ქვემო ბიეფში გადავაგდოთ ტივტივა სხეულები და ყინული, ამასთანავე ზუსტად ვარეგულიროთ ზედა ბიეფის ღონეები და გასატარებელი ხარჯები.

სარქველის ბრუნვის ღერძი წარმოადგენს ან ხისტ მილს, რომელიც ჩამაგრებულია საკეტის ზედა რიგელზე დამაგრებულ საკისრებში (ნახ. 14-11, ა),

სექციური საკეტები შედგება ერთმანეთისაგან გამოყოფილი ერთ-ნაირი ზომის ორი.სამი სექციისაგან, რომლებიც მიმდევრობით არიან ჩალაგებული ხერეთის სიმაღლეზე. ასეთი საკეტების მონტაჟი და მანევრირება გაიოლებულია, შეპირებულია ამწევი მექანიზმების ტვირთ მწეობა, მათი წონა, აგრეთვე ბურჯების სიმაღლე. 14-12 ნახაზზე ნაჩვენებია მდ. ვოლგის დელტის სათავეში აგებული წყალგამყოფის მთავარი კაშხალის მარეგულირებელი შალების ძირითადი ორსექციიანი საკეტი.

საკეტების ვიბრაცია. მუშაობის დროს საკეტები განიცდიან მრავალმხრივ ზემოქმედებას—ტრატიკურსა და დინამიკურს, ამიტომ ექსპლუატაციის ყველანაირ პირობებში უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს მათი ნორმალური მუშაობა.

დინამიკურ ზემოქმედებათაგან საკეტების ზოგიერთი კონსტრუქციისათვის ყველაზე უფრო საშიშია ვიბრაცია, რომელსაც იწვევს საკეტის ქვეშ გამოვალი ან მის ზემოდან გადადინებული ნაქადის ქაელების წნევის პულსაცია. როდესაც პულსაციისა და საკეტის კონსტრუქციის საკუთარი რხევების პერიოდები ერთმანეთს ემთხვევა, მოსალოდნელია რეზონანსის წარმოშობა, რომლის დროს კონსტრუქცია განიცდის საშიშ (მრღვე) დეფორმაციებს. საკეტის ვიბრაცია გადაეყემა საყრდენ ნაწილებსაც და კაშხალის ბურჯებსაც საკმაოდ შორს—250—300 მ მანძილზე (თუ ფუძის გრუნტებში აღვილად ვრცელდება რხევები).

ვიბრაციის თავიდან ასაცილებლად რეკომენდებულია:

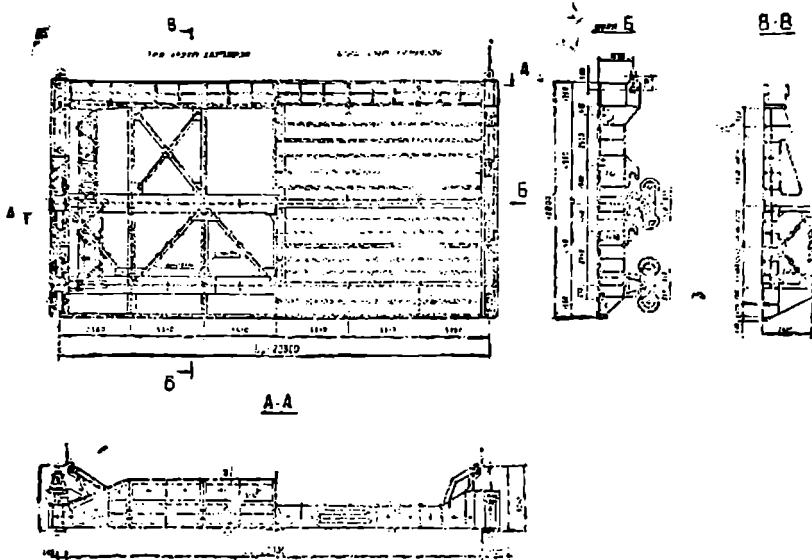
1) წყალსაშვებ ზედაპირს მიეცეს უფაქუფე მოხაზულობა;

2) საკეტის თხეზე მოაწყოს ვრეთწოდებული ქაელგამყოფები, რომლებიც მთლიან წყალსაშვებ ქაელს ყოფენ პულსაციის სხედასხვა პარამეტრების მქონე ცალკეულ ქაელებად, რაც ამცირებს ვიბრაციის საშიშროებას. ქაელგამყოფის ზომები შეირჩევა ლაბორატორიულ პირობებში მოდელზე, მისი მოქმედება რეგულირდება თვით საკეტზე.

გარდა ვიბრაციისა, საკეტის ქვეშ გამოდნების დროს შესაძლებელია ნაქადის მიერ შეტაცებული ტივტივა სხეულების დარტყმა საკეტზე; ექსპლუატაციის დროს, ცხადია, ასეთი შემთხვევები მინიმუმამდე უნდა იქნეს დაყვანილი.

ბრტყელი საკეტების გამოყენების არე. ბრტყელი საკეტების გამოყენება რეკომენდებულია 25—30, ხოლო ზოგჯერ 40—45 მ-მდე სიგანის წყალსაშვები ხერეტების გადასახურავად. განსაკუთრებულ შემთხვევებში ასეთი საკეტებით შეიძლება გადაიხუროს ხერეტები ბევრად უფრო დიდი შალებით (მაგალითად, მდ. ვოლგის დელტის სათავეში აგებული წყალგამყოფის მთავარ კაშხალში 110 მ სიგანის სანაოსნო ხერეტები გადახურულია მოსრიალე ბრტყელი საკეტებით). საკეტების სიმაღლე აღწევს 12—18 მ-ს, ხოლო ხერეტის საერთო გადასახურაეი ფართობი 300 მ²-ს. როდესაც საკეტის სიმაღლე არის 8—10 მ-მდე, მიზანშეწონილია ცალფა, სარქვლიანი და შეწყვილებული ბრტყელი საკეტები. უფრო დიდი სიმაღლისას უმჯობესია სექციური საკეტების (ნახ. 14-12) გამოყენება. თანამედროვე კონსტრუქციის ბრტყელი სრიალა საკეტის მაგალითს წარმოადგენს სკკპ XXII ყრილობის 4. ნ. მოწონელიძე

სახელობის ვოლგის ჰიდროელექტროსადგურის კაშხალის საეკტი, ბოლო ბრტყელი ბორბლებიანი კაშხალის მაგალითს—ვ. ი. ლენინის სახელობის ვოლგის ჰიდროელექტროსადგურის კაშხალის საეკტი (ნახ. 14-13).



ნახ. 14-13. ვ. ი. ლენინის სახელობის ვოლგის ჰიდროელექტროსადგურის კაშხალის ძირითადი ბრტყელი ბორბლებიანი საეკტი.

8. კოქოვანი ზღუდეები ანუ შანდორები

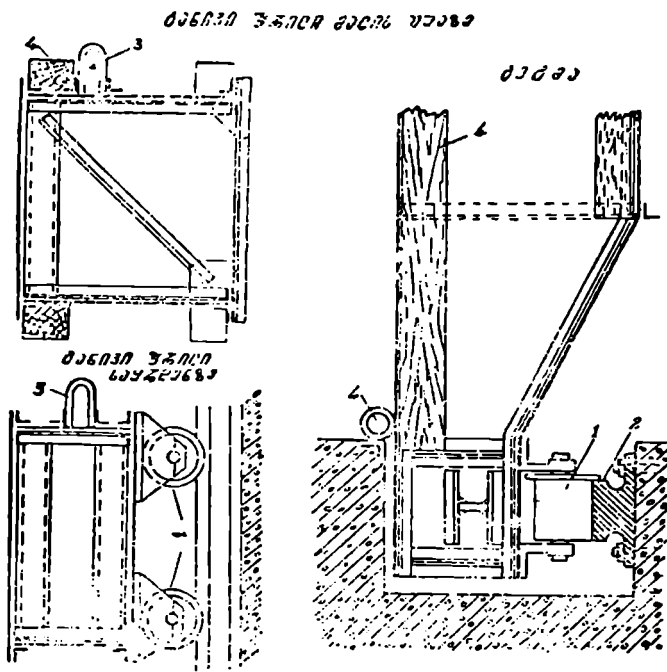
შანდორები ხის, ფოლადის ან რკინაბეტონის კოქოვანი კონსტრუქციები, რომელთაც ერთმანეთის შიგულეებით ალაგებენ ბურჯების კილოებში და შედეგად ქმნიან კაშხალის ან სხვა ჰიდრონაგებობის წყალსაშვები ხერტის გადაშობავე კედელს.

ხის შანდორები მართკუთხა ან ჩამოთლილი წრიული კვეთის ძელებია, რომელთაც ასაწევ-დასაწევად სპეციალური კაუტები აქვთ მოწყობილი. გადასახურავი ხერტის მალი არაუმეტეს 4 მ იღება, ბოლო დაწნევა—არაუმეტეს 4—5 მ-ისა. ჩვეულებრივ, საშანდორე კილოებში ჩატანებულია ლითონის ზოლები.

ფოლადის შანდორებით შეიძლება გადაიხუროს წყალსაშვები ხერტები 20—30 მ შალისა და 10—12 მ-მდე დაწნევის პირობებში. არსებობს ასეთი შანდორების სხვადასხვა კონსტრუქცია: გაგლინული ორტესებრი კოქების, შედგენილი ორტესებრი, ფურცლოვანი ფოლადით შემოსილი კოლოფა კვეთის (ნახ. 14-14), ცილინდრული (მილისებრი) კოქების სახისა და სხვ. შანდორის კვეთის ზომები დამოკიდებულია მისი ჩაძირვის სიღრმეზე, ვ. ი. პილროსტატიკური წნევის სიდიდეზე; აქედან გამომდინარე ხერტში შეიძლება ჩალაგდეს ერთი ან სხვადასხვა ზომის შანდორები.

როდესაც შანდორების მალი დიდი არაა, მაშინ მათი საყრდენები სრიალა კეთდება, ხოლო დიდი მალეების შედგენევაში ბორბლები შეიძლება მოეწყოს ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია 14-14 ნახაზზე. ლითონის შანდორებს შორის აწყობენ მაშქიდრობელს ხის ძელების გამოყენებით, რომელთაც ამაგრებენ თვით შანდორებზე. გვერდით შეშქიდრობას კი აწყობენ ლითონის წვრილი მილების, ბაჯირების ან სხვა სახის მასივდრ აებლების გამოყენებით.

რკინაბეტონის შანდორებს იყენებენ 5-6 მ დაწნევისა და 12-15 მ მალის დროს. მნიშვნელოვანი წონის შესამციკრებლად რკინაბეტონის შანდორების დამზადება რეკომენდებულია ღრუ კონსტრუქციის კოჭების სახით.



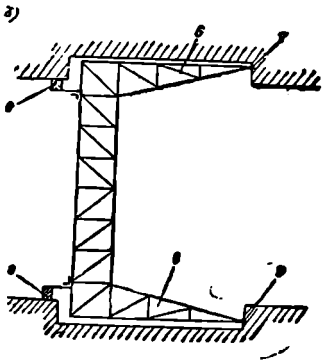
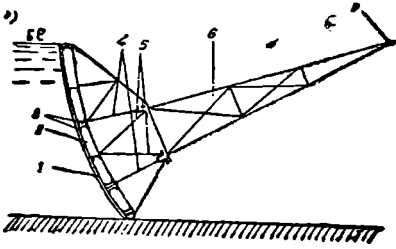
ნახ. 14-14. ფოდლის ბორბლებიანი შანდორი
 1-ბორბლები; 2-რელსი; 3-უქწი შანდორის ასაწე-დასაწევადა; 4-ხის ძელები
 შეშქიდრობა.

ამასთანავე მოძრავ წყალში ჩაშვების პირობებიდან გამომდინარე მიზანშეწონილია მათ განივევებს მიეცეს გარსშემოდენილი ფორმა.

შანდორებს, ჩვეულებრივ, იყენებენ სარემონტო სამუშაოთა წარმოების დროს, ავარიულ შემთხვევებში, აგრეთვე სამშენებლო საკეტებად ნაგებობათა ამოყვანის პერიოდში.

1. საკეტის კონსტრუქციული სქემები და მოქმედი ძალები

ბრტყელ საკეტებთან ერთად საბჭოთა კავშირში ჰიდრომშენებლობის პრაქტიკაში ფართო გავრცელება პოვა სეგმენტურმა საკეტებმა, რომელთა აწევა და დაშვება პორიზონტალური ღერძის გარშემო მათი ბრუნვითი მოძრაობით ხდება. ამის წყალობით გამოსწორებულია ბრტყელი საკეტების არსებითი ნაკლი—მნიშვნელოვანი ამწევი ძალის საჭიროება, რომელიც თითქმის 1,5—2-ჯერ აღემატება საკეტის წონას. ამწევი ძალის შემცირებას ხელს უწყობს აგრეთვე სეგმენტური საკეტის სხვა კონსტრუქციული თავისებურება—აქვს ცილინდრული სადაწნეო ზედაპირი, რომელზეც მოქმედებს ქვემოდან ზემოთ მიმართული წყლის წნევის ვერტიკალური შდვენელი. ჩვეულებრივ, საკეტის ცილინდრული სადაწნეო ზედაპირის სიმრუდის ცენტრი და ბრუნვის ღერძი ერთმანეთს ემთხვევა; სხვა გადაწყვეტა რამდენაღმე არახელსაყრელია საკეტის მოსალოდნელი ვიბრაციის გამო.



ნახ. 14-15. სეგმენტური საკეტის სქემები:

- ა—საკეტის სქემა ვერტიკალურ კრილში; ბ—პორტალური საკეტის სქემა გეგმაში; 1—შემოსვა; 2—დგარები; 3—დამხმარე კოჭები; 4—რიგელები; 5—სხისტის კავშირები; 6—საკეტის ფეხები; 7—საკეტის ბრუნვის ღერძი; 8—გვერდითი შეშვიდროება.

ხელდობრ, მოიძებნება რა მრუდწირულ ზედაპირზე ჰიდროსტატიკური წნევის ტრალქმედის შოდების წერტილი, რიგელებს განალაგებენ მისგან თანატოლ მანძილებზე.

სეგმენტურ საკეტში დგარები რიგელებზე მიმაგრებული მრუდწირული კოჭებია, რომლებზეც, თავის მხრივ, დამაგრებულია პორიზონტალური დამხმარე კოჭები. პორიზონტალური დამხმარე კოჭებითა და ვერტიკალური მრუდწირული დგარებით შექმნილ კოჭოვან ბაღეს სადაწნეო მხრიდან ამაგრებენ

ფურცლოვანი ფოლადის ან ხის სამოსს, მაგრამ უკანასკნელი შედარებით იშვიათად გამოიყენება, რადგან მასში წყალი ნაწილობრაც იფონება. ფოლადის სამოსის სიქე განისაზღვრება ბრტყელი საკეტის ფოლადის სამოსის სისქის ანალოგიურად (14-10) ფორმულით, ხოლო თუ კოქოვანი უჯრედების გვერდების შეფარდება 1:3 აღემატება, მაშინ აღნიშნულ ფორმულაში უნდა ჩაისვას $n \approx 0$ და შემოსვა გაანგარიშდეს, როგორც ორმხრივდამაგრებული ფილა.

სეგმენტურ საკეტებში ეწყობა კავშირები, რომლებიც ვერტიკალურ დგარებთან ერთად ფერმებს ქმნიან.

საკეტის ფეხებს, რომელთა საშუალებით წყლის წნევა საყრდენ სახსრებს გადაეცემა, აკეთებენ ორი სქემით—ბრტყელი სექტორული ან სივრცული ფერმების სახით; უკანასკნელი რიგელებთან ერთად ქმნიან საყრდენ ჩარჩოებს, ანუ პორტალებს (ნახ. 14-15), რომლებსაც გადაეცემა მთელი კონსტრუქციის დატვირთვა; სეგმენტური საკეტებიდან სწორედ პორტალურმა ტიპმა პოვა უპირატესობა.

გაანგარიშების დროს სივრცული საყრდენი ჩარჩოები საკეტის რიგელების რიცხვის შესაბამისად იყოფა ბრტყელ პორტალებად. შემდეგ მიღებული ბრტყელი ჩარჩოები გაიანგარიშება სამშენებლო მექანიკის ცნობილი მეთოდებით,—როგორც ერთჯერ სტატიკურად ურკვევი სისტემა (H განმზღვენი ზედმეტი უცნობია საყრდენებში).

კაშხალთმშენებლობის პრაქტიკაში გვხვდება აგრეთვე ე. წ. კონსოლური პორტალები დახრილი და ნორმალური საყრდენი ფეხებით (ნახ. 14-16). პირველი იძლევა მასალის ეკონომიას რიგელებში მათი მაქსიმალური მღუნავი მომენტის შემცირების გამო, მაგრამ ამ სქემის შემთხვევაში იზრდება განმზღვენის სიდიდე საყრდენ სახსრებში. რაც შეეხება მეორე სქემას, მას განმზღვენი შეიძლება არ ექნეს, მაგრამ მისი განხორციელება წყალსაშვებ ზერეტებში უზერხულობასთანაა დაკავშირებული, რადგან მოითხოვს მალში დამატებით ბურჯებს ან გაძლიერებულ კონსოლურ სახსრებს. საყრდენი სახსრები შეიძლება იყოს ცილინდრული, სფერული და კონუსური. პირველი გამოიყენება მცირე ზომის სეგმენტურ საკეტებში, მეორე—საშუალო და დიდი ზომის საკეტებში, ხოლო მესამე—კონუსური—დახრილფეხებიან საკეტებში. სფერული საყრდენი სახსარი მნიშვნელოვნად ამცირებს მღუნავ მომენტს საკეტის ფეხებში, რადგან ის დასაშვებს ხლის ამ უკანასკნელთა მობრუნებას.

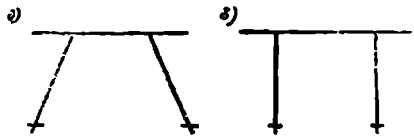
შოკმედი ძალები. ძალთა ძირითადი შეხამების დროს სეგმენტურ საკეტზე მოქმედებს წყლის ჰიდროსტატიკური წნევა და საკეტის საკუთარი წონა (ნახ. 14-17, ა).

წყლის წნევის პორიზონტალური მდგენელი

$$W_1 = 0,5 \gamma H^2 l$$

(14-20)

ვერტიკალური W_2 მდგენელის სიდიდე გამოისახება $ACBDA$ დაშ-



ნახ. 14-16. კონსოლური პორტალების სქემები:

ა—პორტალი დახრილი ფეხებით;

ბ—პორტალი ნორმალური ფეხებით.

ტრიბული ფართობით, რომელიც $ACBA$ სეგმენტისა და ABD სამკუთხედის ფართობების ჯამს უდრის

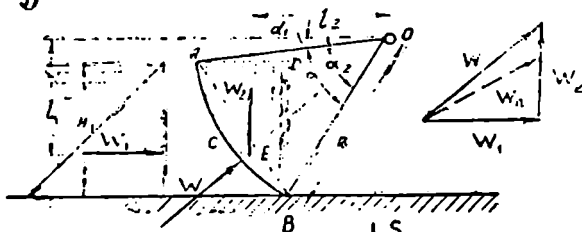
$$W_3 = 0,5\gamma R^2 \left[\frac{\pi x^\circ}{180^\circ} + 2\sin\alpha_1 \cos\alpha_2 - 0,5(\sin 2\alpha_1 + \sin 2\alpha_2) \right] l. \quad (14\ 21)$$

წყლის წნევის ტოლქმედი $W = \sqrt{W_1^2 + W_2^2}$ გადის ბრუნვის O წერტილში და პორიზონტალური W_1 (ზღურბლიდან $\frac{1}{3} H$ სიმაღლეზე) და ვერტიკალური W_2 ძალების გადაკვეთის E წერტილში. სახსრის ცენტრიდან W_2 ძალის l_1 დაშორება განისაზღვრება მომენტთა განტოლებიდან

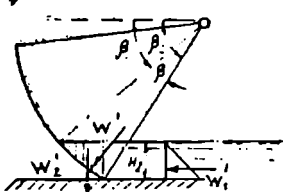
$$W_1 l_1 - W_2 l_2 = 0.$$

თუ ბრუნვის O ცენტრი მდებარეობს საკეტის ზედა ნაწიბურის ღონეზე,

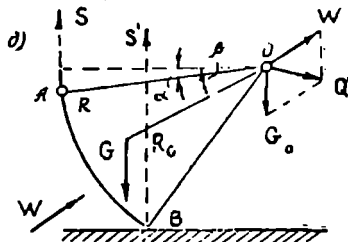
ა)



ბ)



გ)



ნახ. 14-17 საკეტზე მოქმედი ძალები და ამწევი ძალის საანგარიშო სქემა: ა—ზედა ბიფიდან მოქმედი წყლის წნევის სქემა; ბ—ქვედა ბიფიდან მოქმედი წყლის წნევის სქემა; გ—ამწევი ძალის საანგარიშო სქემა.

მაშინ (14-21) ფორმულაში უნდა ჩავსვათ $\alpha_1 = 0$, ხოლო როდესაც საკეტის ზედა ნაწიბურზე დაბლა— α_1 კუთხე შებრუნებული ნიშნით უნდა ავიღოთ.

საკიროების შემთხვევაში ანალოგიურად შეიძლება განისაზღვროს წყლის წნევა ქვედა ბიფიდან; ამისათვის (14-20) ფორმულაში H_1 შეიცვლება H_2 -ით, ხოლო (14-21) ფორმულაში α კუთხე — β კუთხით, ამასთან ერთად, ძალთა მიმართულება უნდა შებრუნდეს (ნახ. 14-17, ბ).

ფოლადის სეგმენტური საკეტის საკუთარი წონა მიახლოებით შეიძლება განისაზღვროს ემპირიული ფორმულების გამოყენებით, მათგან შედარებით უფრო ახალი პრაქტიკული მონაცემების საფუძველზე გამოყვანილი შემდეგი ფორმულა¹

¹ Заллишасон Е. И., Нефедов Е. Е., Согдентиме стальные затворы гидро-технических сооружений. Госэнергиздат, 1958.

$$G = 11 + 4920 \sqrt{\frac{p}{[\sigma]} + \frac{p+p'}{[\sigma]}} (20900 l + 15400 H_b) \text{ კგ.} \quad (14-22)$$

სადაც p და p' არის საკეტზე მოქმედი კუთრი ჰიდროსტატიკური წნევები ზღურბლთან და ზედა ნაწიბურთან ტ/მ²-ობით (ზედაპირული საკეტისათვის $p'=0$);

$[\sigma]$ — ფოლადის დასაშვები ძაბვა ტ/მ²-ობით;

l — ხერცის მალი სიოში მ-ობით;

H_b — საკეტის სიმაღლე მ-ობით.

საკეტის წონა უფრო ზუსტად შეიძლება განისაზღვროს ტექნიკურ და სამუშაო პროექტებში საკეტის ელემენტების სპეციფიკაციის საფუძველზე.

საკეტის ამწვევი ძალის გაანგარიშება. ამწვევი ძალა შეიძლება განისაზღვროს საკეტის წონასწორობის პირობიდან, სახელდობრ, მოქმედ ძაღთა მომენტების განტოლებიდან (ნახ. 14-17, გ)

$$SR \cos \alpha - GR_G \cos \beta - fQr - T_2 R_2 = 0, \quad (14-23)$$

საიდანაც საძიებელი ამწვევი ძალა

$$S = G \frac{R_G \cos \beta}{R \cos \alpha} + fQ \frac{r}{R \cos \alpha} + T_2 \frac{R_2}{R \cos \alpha}, \quad (14-24)$$

სადაც G არის საკეტის წონა;

R_G — საკეტის წონის ზოდების წერტილის რადიუსი;

R — საკეტის სადანწეო ზედაპირის რადიუსი;

f — პირველი გვარის ხახუნის კოეფიციენტი (სახსარში სრიალი);

r — სახსრის ღერძის რადიუსი;

Q — სახსარზე გადაეშული W წყლის წნევისა და საკეტის წონის G_0 ნაწილის ტოლქმედი (წონის დანარჩენი $G-G_0$ ნაწილი გადაეცემა საწვევს A წერტილში);

T_2 — ხახუნის ძალა შემქიდროებაში;

R_2 — ხახუნის ძალის ზოდების რადიუსი შემქიდროებაში.

გაანგარიშებების დროს პრაქტიკაში (14-24) გამოსახულებაში შეაქვთ მარაგის კოეფიციენტები: $k_1 = 1,1$ საკუთარი წონისათვის და $k_2 = 1,2$ ყველა დანარჩენი სიდიდისათვის.

მაშინ საანგარიშო ამწვევი ძალა

$$S = k_1 G \frac{R_G \cos \beta}{R \cos \alpha} + k_2 \left(fQ \frac{r}{R \cos \alpha} + T_2 \frac{R_2}{R \cos \alpha} \right). \quad (14-25)$$

შიახლოებითი გაანგარიშების დროს შედარებით სიმცირის გამო შეიძლება (14-25) გამოსახულების მარჯვენა მხარეს უგულებელყვით მეორე წევრი; მაშინ ამწვევი ძალა

$$S = k_1 G \frac{R_G \cos \beta}{R \cos \alpha}. \quad (14-26)$$

ამ გამოსახულებიდან ჩანს, რომ სეგმენტური საკეტის ამწვევი ძალა ყოველთვის ნაკლებია მის წონაზე, რაც ამ ტიპის საკეტის მთავარი უპირატესობაა ბრტყელთან შედარებით.

შემჰქიდროება. სეგმენტურ საკეტში ფსკერული შემჰქიდროება კეთდება ბრტყელი საკეტის შემჰქიდროების სრული შესაბამისობით, ხოლო გვერდითი შემჰქიდროება რამდენადმე განსხვავებულია მისგან, რაც გამოწვეულია სეგმენტის ბრუნვითი მოძრაობით.

3. ხეგმენტური საკეტების განსაკუთრებული კონსტრუქციები

სეგმენტური საკეტების განსაკუთრებულ ჯგუფს მიეკუთვნება შეწყვილებული, სარქველიანი და ავტომატური მოქმედების სეგმენტური საკეტები.

ჩვეულებრივისაგან განსხვავებით, შეწყვილებული სეგმენტური საკეტები წყალს ქვედა საკეტზე გადაატარებენ, რისთვისაც ზედა სეგმენტურ საკეტს სწევენ 1,5—2,0 მ სიმაღლეზე. ორივე საკეტი—ზედა და ქვედაც ბრუნავს ერთ ღერძზე. ყინულისაგან დასაცავად ქვედა სეგმენტის წყალსაშვები ნაწილი შეფიცრულია, ხოლო ფეხები შემოსილია ფოლადის ფურცლით და მოთავსებულია ბურჯების კილოებში.

შეწყვილებულ *F*-მაგვარი სეგმენტური საკეტების კონსტრუქციაში ზედა *F*-მაგვარ სიქციას შეუძლია ძირს დაწევა და ყინულის გატარება მისი წყალსაშვები ნაწილით, რომელიც იცავს ქვედა საკეტს დაზიანებისაგან.

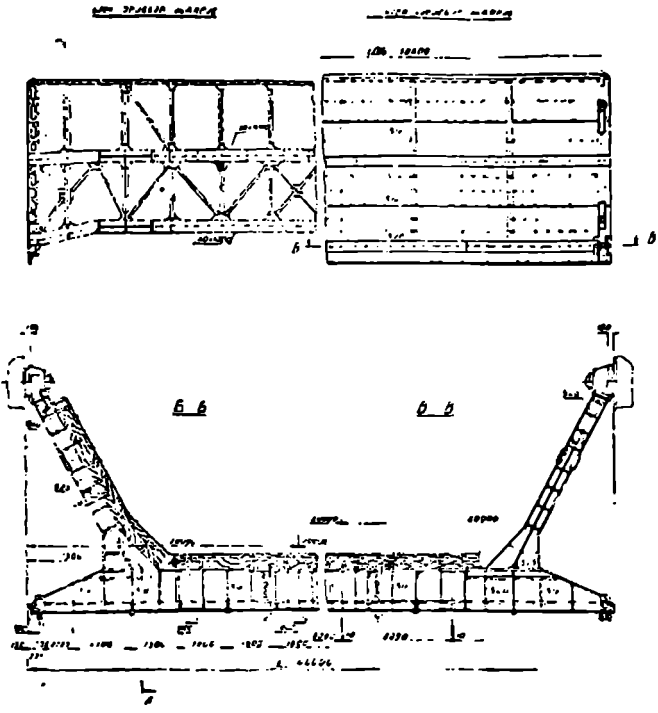
სარქველიანი სეგმენტური საკეტები სარქველიანი ბრტყელი საკეტების ანალოგიურია. მათში სარქველი ბრუნავს საკეტზე დამაგრებულ ღერძზე. ასეთი საკეტები გამოიყენება უფრო ხშირად, ვიდრე შეწყვილებული სეგმენტური საკეტები, ამასთანავე ისინი უფრო ეკონომიურიცაა.

სეგმენტური საკეტები შეიძლება ამოქმედდეს ამწევი შექანიზმების გამოყენების გარეშეც—ავტომატურად, წყლის ზოქიედებით. ამ მიზნით საკეტებს უწყობენ საპირწონეს და მილებისა და სარქველების სისტემას. როდესაც ზედა ბიეფის დონე მოცემულზე მაღლა აიწევს, ზედა ბიეფიდან იწყება წყლის დინება მრღებში განსაკუთრებულ სარქველებზე, რომელთაც მოქმედებაში მოჰყავთ მთელი სისტემა, და საკეტი იწყებს აწევას და წყლის მხარდი ხარჯის გატარებას. როდესაც წყლის ხარჯი შემცირდება წინანდელ სიღრმეზე, წყლის ზესემა მიღებში წყდება და საკეტი ავტომატურად ეშვება ზღურბლზე.

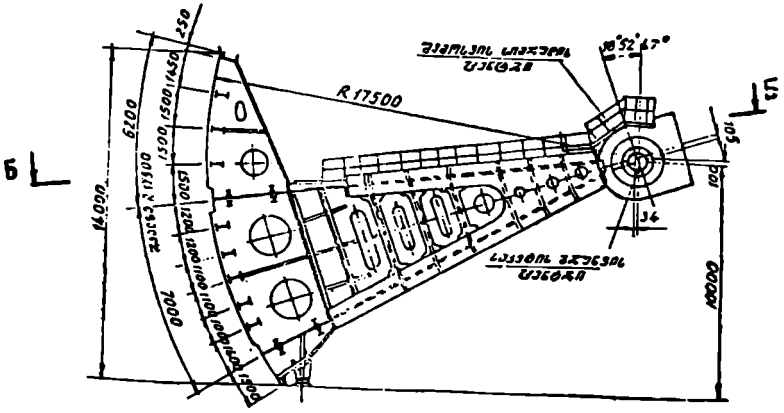
3. ხეგმენტური საკეტების გამოყენების არე

დღეს ასეთი საკეტებით გადახურავენ ზედაპირულ წყალსაშვებ ხერცებს 40 მ-მდე წაღით, 15 მ-მდე სიმაღლით და 240 მ² მდე საერთო გადასახურავი ფართობით. საპკოთა კავშირში ვილიუისკის ჰიდროელექტროსადგურის წყალსაგდები ხერცის გადასახურავად მსოფლიოში საკეტების მშენებლობის პრაქტიკაში პირველად იქნა აგებული სეგმენტური საკეტი 40 მ წაღით, 14 მ სიმაღლით, 13,2 მ დაწნევითა და 500 ტ წონით. იგი მუშაობს —65°C ტემპერატურის პირობებში და ზიდავს 4500 ტ დატვირთვას. დაბალი ტემპერატურის პირობებში საკეტის მანევრირებისათვის გათვალისწინებულია ჩასატანებელი ნაწილებისა და შეჰქიდროების ყველა საკონტაქტო სიბრტყის ინდუქციური ელექტროგამხურებელი (ნ. ხ. 14-8).

სეგმენტური საკეტის ბრუნვის ღერძი (საყრდენი სახსარი) სასურველია მოთავსდეს ზეცა ბიეფის შესაძლო მაქსიმალურ დონეზე მაღლა, რათა არ მოხდეს სახსრების დაძირვა და ამოგლესვა.



A-A



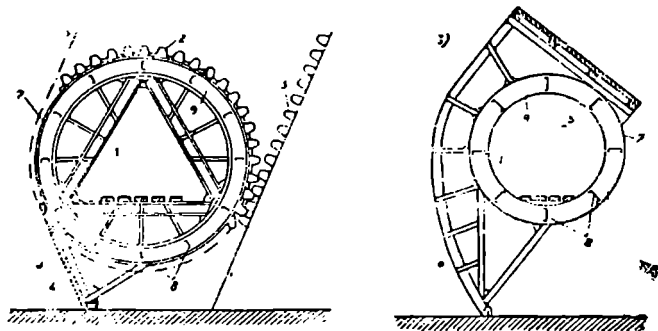
ნახ. 14-18. ვილუისის ჰიდროელექტროსადგომის ზედაპირული წყილსაგდების სეგმენტური საკეტი.

საკეტის შემოსვის რადიუსი, რომელიც განსაზღვრავს მისი ფეხების სიგრძეს, აიღება $R = (1,2 - 1,5)H$ შუალედში, სადაც H საკეტის სიმაღლეა. საყრდენი სახსრის ღერძის უფრო მალლა მოთავსების შემთხვევაში ეს რადიუსი შეიძლება გაიზარდოს $R = (2,0 - 2,5)H$ -მდე.

§ 14-4. ვალცური საკეტები, მათი სტრუქტურა და მუშაობის პირობები

ვალცური ანუ ცილინდრული საკეტი პირიზონტალური ღერძით წარმოადგენს ორ საყრდენზე მდებარე კოჭოვან ღრუ, მილა კონსტრუქციას, რომელიც გადახრავს წყალსაშვებ ხერცს და აღებს ან კეტავს ბურჯებში ან კედლებში მოწყობილ დახრილ კბილანა გზებზე (ლარტყებზე) გორვით.

თავდაპირველად ვალცური საკეტები ღრუ წრიული ცილინდრები იყო, რომლებშიც წყლის წნევა უშუალოდ ცილინდრულ გარსზე მოქმედებდა. შემდეგ ცილინდრის მოძრაობის დროს წყლის გარსდენის არახელსაყრელი პირობების გამო, აგრეთვე წყლის წნევის ვერტიკალური მდგენელის შესამცირებლად, ცილინდრს მოუწყვეს ქვედა ფარი, ხოლო საკეტის სიმაღლის გასაზრდელად—ზედა ფარი (თხემი). საკეტების სიმაღლის გაზრდის აუცილებლობის გამო რეკომენდებულ იქნა აგრეთვე საკეტები წინაფრით, რომლებშიც



ნახ. 14-19. ვალცური საკეტები:

- ა—ვალცური საკეტი ქვედა ფარით; ბ—ვალცური საკეტი წინაფრით; 1—ცილინდრი;
- 2—კბილანა არტახი; 3—კბილანა ლარტყა; 4—ქვედა ფარი; 5—ამწვევი ბაგირი;
- 6—წინაფრა; 7—სამოსი; 8—ლარტყელები; 9—რგოლური დიფრაგმა.

ცილინდრი საყრდენი კოჭის როლს ასრულებს და უშუალოდ არ ღებულობს წყლის წნევას (ნახ. 14-19).

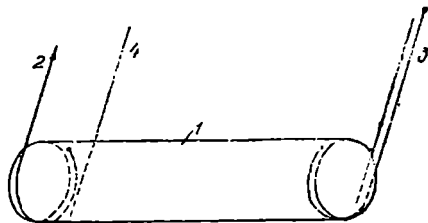
პრაქტიკაში გვხვდება ისეთი ვალცური საკეტებიც, რომლებშიც კოჭი-ცილინდრი წეცვლილია ხისტი ოვალური ცილინდრით, კოლოფა ან სამსართულიანი კოჭებით და სხვ. ამ საკეტებში შერჩენილია პირველყოფილი ვალცური საკეტის მხოლოდ მოძრაობის პრინციპი—გორვა.

დახრილ გზაზე გორვითი მოძრაობის უზრუნველსაყოფად ვალცური საკეტის ცილინდრს საყრდენებზე წამოცმული აქვს რგოლური კბილანა ბანდაეები, რომლებიც ეღებთან დახრილ სიბრტყეზე დამაგრებულ კბილანა ლარტყას. საკეტის დაკავება ნებისმიერ მდგომარეობაში წარმოებს სამუშაო, ანუ ამწვევი ბაგირით (ჯაჭვით), რომელიც ცილინდრის ერთ ბოლოზეა დამაგრებული და ცილინდრის მეორე ბოლოზე მოდებული ე. წ. უქმი ბაგირის მეშვეობით

ბით. საკეტის ამოგორების დროს შხილი ბავირი ეხსნება ცილინდრს, ხოლო უქმი ბავირი ეხვევა მასზე, ჩაგორების დროს კი პირით—მუშა ბავირი ეხვევა, ხოლო უქმი ბავირი ეხსნება (ნახ. 14-20). ასეთი წესის გაზოყენება უზრუნველყოფს შთელი საკეტის აწევისა და დაწევის თანაბრობას.

საკეტზე მოქმედი ძალები. საკეტზე მოქმედი ძირითადი ძალებია წყლის წნევა და კონსტრუქციის წონა; წყლის წნევის W ტოლქმედი განისაზღვრება მისი ჰორიზონტალური W_1 და ვერტიკალური W_2 მდგენელებით— $W = \sqrt{W_1^2 + W_2^2}$.

ჰორიზონტალური W_1 მდგენელი განისაზღვრება ჩვეულებრივად (14-20) ფორმულით, ხოლო ვერტიკალური W_2 მდგენელი—წყლის წნევის ეპიურის აგებით. წყლის წნევა საკეტის ზემოთ გამოისახება $adbfca$ (ნახ. 14-21), ხოლო ქვემოთ— $debcfd$ ეპიურით; მასასადავე, ჯამური ვერტიკალური W_2 წნევა უნდა გამოისახოს ძალთა სხვაობით— $W_2 = W_2' - W_2''$, სადაც W_2' განისაზღვრება bfc ფართობით, ხოლო W_2'' — adf ფართობით.

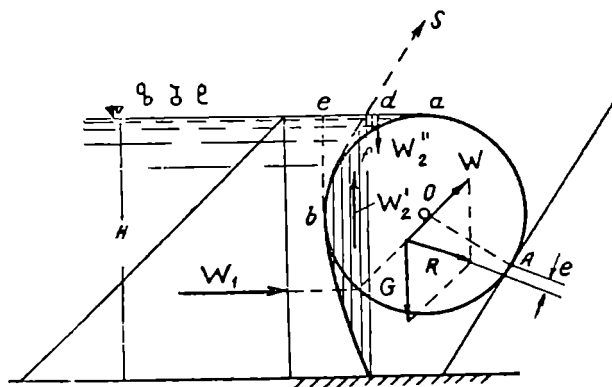


ნახ. 14-21. ვალტური საკეტის აწევის სქემა: 1—ცილინდრი; 2—აწევი ანუ მუშა ბავირი; 3—უქმი ბავირი; 4—კეილანა ლარცყა დასრულ გზზე.

ისეთი ვალტური საკეტისათვის, რომელსაც არა აქვს ქვედა ფარი

$$W_2 = \frac{1}{8} \gamma \pi H^3. \quad (14-27)$$

თუ გეომეტრიულად შევკრებთ წყლის W სრულ წნევასა და საკეტის G წო-



ნახ. 14-21. ვალტური საკეტის საანგარიშო სქემა.

ნას, მიიღებთ R ტოლქმედს, რომლის მიმართულება გადაკვეთს გორგის ხაზს შეხების A წერტილის ზევით ან ქვევით. როდესაც R ძალა კვეთს გორგის სიბრტყეს A წერტილის ქვევით, მაშინ საკეტის ამგორებელი S ძალა (თუ

მხედველობაში არ მივიღებთ გვერდითი შემქიდროებით წარმოშობილ ხახუნს) შეიძლება განისაზღვროს მომენტთა განტოლებიდან

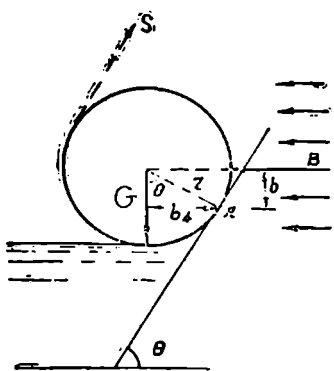
$$S \cdot 2r = R \cdot \epsilon,$$

საიდანაც

$$S = R \cdot \frac{\epsilon}{2r}. \quad (14-28)$$

აქ r — ცილინდრის რადიუსია, ხოლო ϵ — ტოლქმედის ექსცენტრისიტეტი (ნხარი).

ხსენებული G და W ძალების რაღაც მნიშვნელობის დროს R ძალის ϵ მხარი შეიძლება გახდეს ნულის ტოლი ან უარყოფითი. მაშინ, ცხადია, საკეტი თავისით ამოვარდება წყლიდან. ამაზე გავლენას ახდენს W ძალის მიმართულება და სიდიდე, რომელიც საკეტის მოცემული სიმაღლის დროს დამოკიდებულია W , ვერტიკალური მდგენელის სიდიდეზე; ეს უკანასკნელი უნდა შემციროდეს ქვედა ფარის ფორმის შეცვლით. გავლენას ახდენს აგრეთვე A წერტილის მდებარეობა, რომელიც, თავის მხრივ, დამოკიდებულია გორჯის სიბრტყის დახრის θ კუთხეზე. ეს კუთხე ჩვეულებრივ დაახლოებით 70° ტოლია.



ვალკური საკეტის გაანგარიშებისას განიხილება მისი სხედასხვა მდგომარეობა და საანგარიშოდ აიღება ყველაზე უფრო არახელსაყრელი შემთხვევა. კერძოდ, უნდა შემოწმდეს საკეტის წყლიდან ამოსვლის შემთხვევა (ნახ. 14-22), რომლის დროს საკეტის ამწევი ძალა გაიანგარიშება შემდეგი განტოლების მიხედვით

$$S \cdot 2r = G \cdot b_4 = Gr \sin \theta,$$

საიდანაც

$$S = G \cdot \frac{\sin \theta}{2}. \quad (14-29)$$

ნახ. 14-22. აწეულ მდგომარეობაში ვალკურ საკეტზე მოქმედი ძალების გაანგარიშების სქემა.

როდესაც საკეტზე მოქმედებს ძლიერი ქარი, მაშინ მისი წონასწორობის პირობა დაიწერება ასე

$$S \cdot 2r = Gr \sin \theta + B \cdot b,$$

საიდანაც

$$S = G \cdot \frac{\sin \theta}{2} + B \cdot \frac{b}{2r}. \quad (14-30)$$

მაშასადამე, ამწევი ძალა იზრდება; ამასთანავე თუ

$$B \sin \theta > G \cos \theta,$$

მაშინ საკეტი შეიძლება მოშორდეს რელსებს, რაც დაუშვებელია. ამ შემთხვევის თავიდან ასაცილებლად მიზანშეწონილია θ კუთხე შემციროდეს, ან უკიდურეს შემთხვევაში ბურჯების კილოებში მოეწყოს საკეტის დამკავებელი გორგოლაკები.

თუ გავითვალისწინებთ ზემოხსენებულ გარემოებებს, საკეტის სადაწნეო ზედაპირს უნდა მიეცეს ისეთი ფორმა, ხოლო გორგის გზას ისეთი დახრილობა ჰქონდეს, რომ მიღწეულ იქნეს ϵ მხარის და, მაშასადამე, Δ ამწევი ძალის მინიმალური მნიშვნელობა; ამასთანავე ქვედა მდებარეობაში საკეტს ჰქონდეს საჭირო მდგრადობა, რომელიც განისაზღვრება კოეფიციენტით

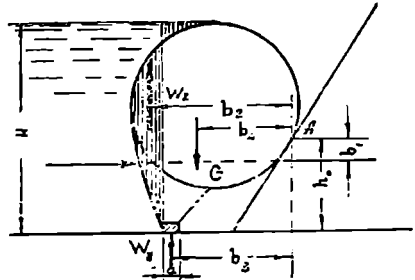
$$k_{\Sigma} = \frac{W_1 b_1 + G b_1}{W_2 b_2 + W_3 b_3} \geq 1,25, \quad (14.31)$$

სადაც W_2 ფსკერულ მაშქიდროებელ ძელზე მოქმედი პიდროსტატიკური წნევაა, რომელიც ეტოლება γHal (აქ l წყალსაშვები ხერხეტის სიგანეა). (14-31) ფორმულაში შემავალი ყველა დანარჩენი სიდიდე და აღნიშვნა შეესაბამება 14-23 ნახაზს.

საკეტის წონა. ვალცური საკეტის წონა განისაზღვრება მისი სპეციფიკაციის მიხედვით, მაგრამ წინასწარი გაანგარიშებების დროს შეიძლება ვისარგებლოთ ა. ბერეზინსკის შემდეგი მიახლოებითი ფორმულით

$$G = 0,5F + 0,02F\sqrt{F}, \text{ ტ} \quad (14.32)$$

სადაც F — საკეტის შიერ გადახურული ხერხეტის ფართობია მ²-ობით.



ნახ. 14-23. ვალცური საკეტის მდგრადობის გაანგარიშების სქემა.

ვალცური საკეტების კონსტრუქციები. ვალცური საკეტის ძირითადი ნაწილებია: ცილინდრული სამოსი 10—16 მმ სისქის ფურცლოვანი ფოლადისაგან, ლარტყულები—გაგლინული პროფილის შევლერები, რომლებზედაც მჯდრება სამოსი და ერთმანეთისაგან 1,8—2,4 მ დაშორებით განლაგებული განივი რგოლური დიამეტრები შევლერების ან ორტესებრებისაგან საკეტის კონსტრუქციის სიხისტის უზრუნველსაყოფად.

სტატიკური თვალსაზრისით ვალცური საკეტის ცილინდრული ნაწილი მუშაობს, როგორც ორ საყრდენზე თავისუფლად მდებარე კოქი. მისი ღუნვით გამოწვეული ძაბვები გადაეცემა სამოსს და ლარტყულებს; სადაწნეო მხარეზე სამოსს გადაეცემა ადგილობრივი ღუნვით (წყლის წნევით) გამოწვეული ძაბვები. რადგან სამოსი კეთდება სტანდარტული ზომის ფურცლოვანი ფოლადისაგან, მასში უნდა მოეწყოს განივი და გრძივი ნაკერები.

ვალცური საკეტის საყრდენი არტახების (ბანდაების) კონსტრუქციის მსგავსად, ბურჯის დახრილ სიბრტყეზე მოწყობილი საყრდენი ნაწილიც წარმოადგენს ლითონის სხმულ კონსტრუქციას, რომელშიც გაერთიანებულია რელსი და კბილანა ლარტყა.

ბრტყელი და სეგმენტური საკეტების ანალოგიურად კეთდება ვალცურ საკეტებში ფსკერული შეპქიდროება, გვერდითი შეპქიდროებისათვის კი გამოიყენება ლითონის ფურცელი მასზე დამაგრებული ხის ძელით.

საკეტის ზემოდან წყლის ნაწილობრივი ხარკების, ყინულისა და ტივტივა სახელების გადასაგდება ზოგჯერ მას სარქველს უწყობენ. საბჭოთა კავშირში გვხვდება აგრეთვე ავტომატური მოქმედების ვალცური საკეტები. მნიშვნელოვანი სიხისტის გამო ვალცური საკეტები გამოიყენება 50 მ-მდე

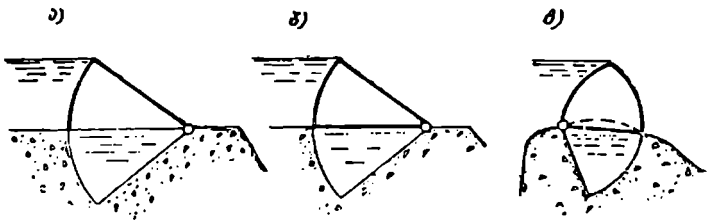
და უფრო დიდი შალის მქონე წყალსაშვები ხერცების გადასახურავად; მათი სიმაღლე აღწევს 9 მ-ს (ნიკორე მალეხის დროს 13 მ მდე), გადასახურავი ფართობი კი 440 მ²-მდე. ეს საკეტები სხვა ტიპის საკეტებზე უკეთესად მუშაობს ზამთრის მკაცრ პირობებში და ისეთ მდინარეებზე, რომელთაც დიდი რაოდენობით მოაქვთ მყარი ნატანი. ისინი თითქმის უვნებლად იღებენ დარტყმებს მტურავი სხეულებისა და ყინულისაგან. ბრტყელ და სვეგმენტურ საკეტებთან შედარებით, მათი ძირითადი ნაკლია დიდი წონა და ღირებულება.

**§ 14-5. ხაქებანი, რომელიც წყლის წნევას გადასცემენ
წყალსაშვების ზღურბლს**

საკეტებს, რომლებიც წყლის წნევას წყალსაშვების ზღურბლს გადასცემენ, მიეკუთვნებიან სექტორული და სახურავისებრი საკეტები, მოსაბრუნებელი ფერმები და ჩარჩოები (ნახ. 14-1). წყალსაშვები ხერცების გაღებისა და ჩაქვვისას ყველა ეს საკეტი ბრუნავს თავისი საყრდენი ღერძების გარშემო.

1. სექტორული საკეტები

სექტორულ საკეტებს აქვთ წრიული სექტორის მსგავსი განივი კვეთი. ისინი შემოსილია ორი (სადაწნეო და ქვედა) ან სამივე მხრიდან; ორი მხრიდან შემოსილ სექტორულ საკეტებს ჩამძირავ საკეტებს უწოდებენ, ხოლო სამივე მხრიდან შემოსილს—ტივტივა საკეტებს (ნახ. 14-24), რომელთა სამუშაო მდგომარეობაში დასაკავებლად ითვლისწინებენ სპეციალურ მოწყობილობას. სექტორული საკეტები ფლუტბეტზე (ზღურბლზე) მაგრდება ჰორიზონტალური ღერძით, რომელიც უშეიძლება მოთავსებული იყოს საკეტის ქვედა ან ზედა



ნახ. 14-24. სექტორული საკეტების სქემები:

ა.—ჩამძირავი საკეტი; ბ.—ტივტივა საკეტი ქვედა ბრუნვის ღერძით; გ.—ტივტივა საკეტი ზედა ბრუნვის ღერძით.

შხარზე. ამ ღერძის ირგვლივ ბრუნვითი მოძრაობით საკეტი ნაწილობრივ ან მთლიანად ეშვება კაშხალის ზღურბლში მოწყობილ საწნეო კამერაში.

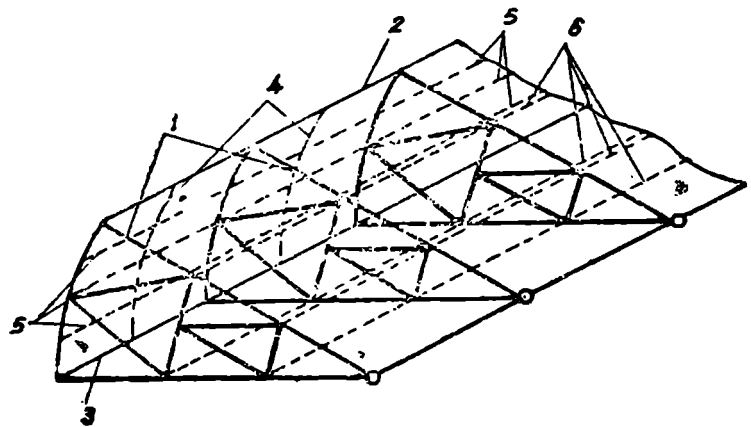
ორი მხრიდან შემოსილი ჩამძირავი საკეტებიდან შეიძლება გამოკვოთ საკეტების ქვეჯგუფი არასრულად შემოსილი წყალსაშვები წახნავით. ესენია ნახევრად ჰიდრავლიკური მოქმედების საკეტები, რომელთა მანევრირებისათვის საჭიროა სპეციალური მექანიზმი.

სექტორული საკეტი წონასწორობაშია ან შეიძლება მოყვანილ იქნეს ნებისმიერ მდგომარეობაში საწნეო კამერიდან განვითარებული წყლის წნევით

რომელიც შეიძლება ცვალებადობდეს ზედა ბიეფის დონის შესაბამისი წნევიდან ქვედა ბიეფის დონის შესაბამისი წნევამდე ან ნულამდე.

საკეტთა კონსტრუქციები. სექტორულ საკეტებს აკეთებენ ფოლადისაგან და რკინაბეტონისაგან; უკანასკნელს იყენებენ ტიტივა საკეტებისათვის, რადგან ამ შემთხვევაში ასეთ კონსტრუქციათა მნიშვნელოვანი წონა დადებით როლს ასრულებს. ფოლადის სექტორული საკეტის ჩონჩხი იქმნება განივი ვერტიკალური ფერმებით (დიაფრაგმებით), რომლებიც სახსრულადაა დამაგრებული ფლუტბეტზე და შეერთებულია ერთმანეთთან ზედა და ქვედა სარტყლებით; დიაფრაგმებს შორის მანძილი აიღება 1,3—3,0 მ მდე, სამოსის უჯრედების ზომების შემცირების მიზნით სადაწნეო წახნაგს აესებენ მრუდხაზოვანი შუალედური დგარებით და პორიზონტალური კოკებით, ხოლო დანარჩენ წახნაგებს—ლარტყულებით (ნახ. 14-25). საკეტის სამოსი კეთდება ფურკლოვანი ფოლადით, ამასთან ერთად წყალსაშებ წახნაგს დამატებით იყენებენ ფიკრულით.

სექტორული საკეტის სიმაღლესა და სადაწნეო წახნაგის სიმრუდის რადიუსს შორის არსებობს $R=(1,4 \div 1,6) H$ თანაფარდობა, მაგრამ ზოგჯერ რა-



ნახ. 14-25. სექტორული საკეტის ჩონჩხის სქემა:

- 1—განივი ფერმები (დიაფრაგმები); 2—ზედა გრძივი კოკი; 3—ქვედა გრძივი კოკი; 4—შუალედური მრუდწირული დგარები; 5—პორიზონტალური კოკები; 6—ლარტყულები.

დიუსი უფრო შეტივ შეიძლება ავიღოთ, რაც ძალეილებს საკეტის აწევას უღაბლესი მღებარეობიდან.

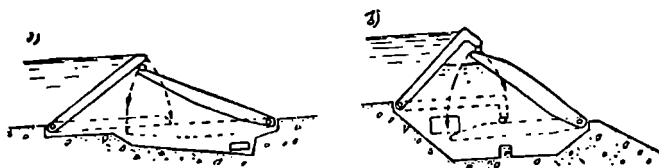
ზედა ბრუნვის ლერძის მქონე ტიტივა საკეტებში, რომელთაც დოლურ საკეტებსაც უწოდებენ, $R \approx H$, ხოლო წინაფრის სიმაღლე $h = (0,25 \div 0,30) H$. საკეტის ბრუნვის ლერძი მოთავსებულია ქვედა ზღურბლიდან $0,25 H$ -ზე შალა. ისეთ საკეტებს აწყობენ მაღალზღურბლიან. პრაქტიკული პროფილის მქონე წყალსაშებ კაშხალებზე. საკეტის მეშაობის უზრუნველსაყოფად კაშხალის ბურჯებში აწყობენ საკვალთებით აღჭურვილ წყალსადენ გალერეებს, რომელთა მეშვეობით წარმოებს წყლის მართვა საწნეო კაბერაში (წყლის შეშევა და გამოშევა).

აღწერილი ტიპის საკეტები ხშირ შემთხვევაში ავტომატური მოქმედებისაა, რაც ზედა ბიეფის დონის ცვალებადობის მიმყოლი ტივტივების მრავალგვარი სისტემების გამოყენებით ხორციელდება.

სექტორული საკეტებით შეიძლება გადაიხუროს დიდმალიანი წყალსაშვები ხევრეტები, მაგალთად, 50—65 მ-მდე მაღლით; ასეთ შემთხვევაში საკეტის სიმაღლე აღწევს 5—9 მ-ს. ასეთი საკეტების დადებითი მხარეებია: ზედა ბიეფის დონის ზუსტი რეგულირება; ყინულის და მცურავი სხეულების გადაგდების შესაძლებლობა; მოქმედების ავტომატურობა და მანევრირების სისწრაფე; კონსტრუქციის სისისტე; ბურჯების მინიმალური სიმაღლე. ამ საკეტების ნაკლოვანი მხარეებია: მოძრავი ნაწილის მნიშვნელოვანი წონა, შედარებით გაძნელებული ექსპლუატაცია (განსაკუთრებით ზამთრის პირობებში) და სიძვირე.

2. სახურავისებრი საკეტები

სახურავისებრი საკეტი შედგება ორი კალთისაგან (ფარისაგან), რომლებიც ბრუნავენ ზღურბლზე დამაგრებულ პორიზონტალურ ღერძებზე და აწეულ მდგომარეობაში ქმნიან შენობის სახურავის მსგავს კონსტრუქციას. დაწეულ მდგომარეობაში საკეტის კალთები მთლიანად თავსდება საწნეო კამერაში (ზღურბლის ნიშში). საკეტის „სახურავის“ მიერ შექმნილი სივრცე დაკავში-



ნახ. 14-26. სახურავისებრი საკეტების სქემები:

ა—ბერტრეის (ამერიკული) ტიპის; ბ—დახვერის (ევროპული) ტიპის.

რებულია ზედა და ქვედა ბიეფებთან წყალსატარი მილებით, რომელთა მეშვეობით ხდება წყლის შემოშვება ზედა ბიეფიდან ან გაშვება ქვედა ბიეფში. ისე, როგორც სექტორულ საკეტებში, წყლის დონე საწნეო კამერაში შეიძლება ვცვალოთ იმის შესაბამისად, თუ რა მდგომარეობაში გვსურს მოვიყვანოთ საკეტი. დონის რეგულირებისათვის წყალსატარ მილებს აქვს საკვალთები.

არჩევენ სახურავისებრი საკეტების ორ ტიპს—ამერიკულს ანუ ბერტრეის და ევროპულს, ანუ დახვერის ტიპის საკეტებს (ნახ. 14-26). პირველი უფრო ადრინდელია, მეორე—თანამედროვე, მათ შორის ის ძირითადი განსხვავებაა, რომ დახვერის საკეტის ზედა ფარს ბოლოში მოწყობილი აქვს ზესადგამი თავისი სიბრტყის მართობულად, ხოლო ქვედა ფარს (კალთას)—მრუდსაზოვანი წყალსაშვები წახნაგი, რითაც გამოირჩეულია საკეტის ვებრაციის მოვლენები (ვაკუუმში) წყლის ფენის გადაღინების დროს.

ბერტრეის ტიპის საკეტებს იყენებენ უმთავრესად ისეთ მდინარეებზე, რომლებზედაც წარმოებს ნაოსნობა და დაცურება. ისინი გამოირჩევიან კონსტრუქციის სიმარტივით და გამოიყენებიან საკმაოდ დაბალი ფლუტბეტების შემთხვევებში.

დახვერის ტიპის საკეტების გამოყენების არე უფრო ფართოა, ვიდრე

ბერტრემის საკეტების; მათი ღირსებებიდან უნდა აღინიშნოს დიდი მალეების გადახურვის შესაძლებლობა, კონსტრუქციის სიხისტე და ზედა ბიფის დონის ზუსტი რეგულირების შესაძლებლობა.

სახურავისებრი საკეტის ორივე ტიპის ნაკლია მგრძობელობა მყარი ნატანისადმი და შემოყინვისადმი, მონტაჟის სირთულე. ამ ტიპის საკეტებით შეიძლება გადაიხუროს ხერტები 40—50 მ-მდე მალით და 5 მ სიმაღლით, საკეტების კოჭ-უანი ბადე ლითონისაა, ხოლო სამოსი შეიძლება იყოს მთლიანად ხის ან ლითონის, რომელიც ხის ფენილით უნდა იყოს დაცული.

მ. საკეტები მოხაზრუნებელი ფერმებითა და ჩარჩოებით

საკეტი მოსაბრუნებელი ფერმებით წარმოადგენს კაშხალის წყალსაშვების ზღურბლზე ვერტიკალურად აღმართულ ლითონის ფერმებს, რომლებიც ერთმანეთისაგან დაშორებულია 1,0—1,5 მ მანძილებზე. ფერმებს შორის მალეები გადაიხურება მცირე ზომის ხის ფარებით, ჩხირებით (ხის ძელებით) ან ხის ფარდებით (ნახ. 14-1, თ).

წყლის მცირე ხარჯების გატარებისას ფარები (ჩხირები ან ფარდები) ნაწილობრივ ამოიღება, ხოლო დიდი წყალდიდობის, ყინულის ან ხე-ტყის გასატარებლად—მთლიანად, ამასთან, ზღურბლზე სახსრულად დამაგრებული ფერმები ფლუტბეტზე ლაგდება ნაპირში მოთავსებულ ჯალამბარზე გადახეილ ბაგირის მეშვეობით. კაშხალის ხერტის ჩაქიცვისათვის იმავე ჯალამბარის მეშვეობით ფერმები მოჰყავთ ვერტიკალურ მდგომარეობაში, შემდეგ ზედა ნაწილში ერთმანეთთან აკავშირებენ სასამსახურო ხიდის კოჭებით, ხოლო ბოლოს, ფერმებს შორის ხიდიდან ალაგებენ ფარებს, ჩხირებსა და სხვ.

საკეტების ამ ტიპში ფართო გავრცელება პოვა თავის დროზე წყლის გზების რაბვისათვის; იგი ცნობილია პოარე-კორიკის ფერმებიანი სანაოსნო კაშხალის სახელწოდებით. ასეთი საკეტებით გადაიხურება ხერტები 200 მ-მდე მალით და 4—5 მ-მდე დაწნევი (ფერმების სიმაღლე აღწევს 7—9 მ-ს). საბჭოთა კავშირში ასეთი საკეტები გამოყენებულია მოსკოვის, ოკის, ჩრდ. დონეცის, დონის დარაბულ უბნებზე. მათ გამოყენება პოვეს აგრეთვე, როგორც დროებითმა და სარემონტო საკეტებმა.

მოსაბრუნებელი ჩარჩოებიანი საკეტები იმით განსხვავდებიან ზემოთ განხილული ტიპისაგან, რომ ჩარჩოები, რომელთა ფეხებს მნიშვნელოვანი სივანე აქვთ, აწეულ (ვერტიკალურ) მდგომარეობაში მჭიდროდ აწევიან ერთმანეთს და ქმნიან წყლის შემოყვებელ კედელს, რომელიც მოსაბრუნებელ-ფერმებიანი საკეტებისაგან განსხვავებით არ მოითხოვს ფარებს ან სხვა სახის გადაღობვას (ნახ. 14-1, ი).

მოსაბრუნებელი ჩარჩოები ამეაზად უმთავრესად სარემონტო გადაღობვისათვის გამოიყენება, მაგალითად, სანაოსნო რაბების თავებში, სანაოსნო არხებზე და სხვ.

4. დგარულ-ზრტყელი (ხიდური) საკეტები

ასეთი საკეტების კონსტრუქცია მოსაბრუნებელი დგარებისა და ხის ან ფოლადის ფარებისაგან შედგება. მოსაბრუნებელი დგარების ქვედა ბოლო ეყრდნობა გადასახურავი ხერტის ზღურბლს, ხოლო ზედა ბოლო სახსრულადაა დამაგრებული ხიდის ფერმის ქვედა სარტყელზე ან სპეციალურ საყრდენ კოჭზე. ზემოხაენებული ფარები ეყრდნობა დგარებს, რომელთა შორის მან-

ძილს 1,5—3,5 მ-მდე იღებენ (მათი სიმაღლე შეიძლება აღწევდეს 12—18 მ-ს). ზედა ბიეფის წყლის დონის რეგულირება, ცხადია, აღნიშნული ფარების შემკობით ხდება.

ზერეტის სრული გაღებისათვის ამოღებულ უნდა იქნეს ყველა ფარი, ხოლო გემის ან ტივების გატარებისას—დგარებიც, რომელთაც ათავსებენ უშუალოდ ხიდის ქვეშ.

საკეტის ეს ტიპი გამოიყენება მცირედაწნევიან ხის კაშხალებში, სანაოსნო მდინარეებზე აგებულ კაშხალებში, როდესაც მათში გათვალისწინებულია სატრანსპორტო ხიდი, აგრეთვე დროებით (სარემონტო) ზღუდარებად.

ბ. ხარკველიანი საკეტები

დაკიდებული ან მისაბჯენიანი საკეტები. ეს საკეტები ნაგებობის ზღურბლზე დამაგრებული პორიზონტალური ღერძის გარშემო მბრუნავი კალთებია (ფარები), რომელთაც აწეულ მდგომარეობაში იქერს ლარტყა ან ჯალამბარზე გადახვეული ბაგირი (ჯაქვი) (ნახ. 14-1, დ), ანდა ზღურბლზე დადგმული მისაბჯენი. ეს უკანასკნელი ზოგჯერ საკეტის მოძრაობაში მომყვანი შექანიზმის ნაწილია. ამ ტიპის თანამედროვე საკეტებს მნაშენელოვანი ზომები და საკმაოდ სრულყოფილი ფორმა აქვს.

ცნობილია მისაბჯენიანი საკეტების სხვა ტიპებიც, რომელთა კონსტრუქცია ლითონისა და ხისაა; შეიძლება იყოს მცურავი და კაშხალის ფრონტის გასწვრივ მოძრავი საკეტებიც. მათ იყენებენ როგორც დროებით ან სარემონტო გადამლობებს.

შეწონასწორებული საკეტები. პილრაელიკურად შეწონასწორებული საკეტები წარმოადგენენ მბრუნავ საკქველებს, რომელთა პორიზონტალური ბრუნვის ღერძი მოთავსებულია დაახლოებით საკეტის შუაში. წყლის დაწინევის აკავებს საკეტის ზედა ნაწილი, ქვედა ნაწილი (საპირწონით) კი მოთავსებულია კაშხალის ზღურბლის განსაკუთრებულ ნიშაში (წნევის კამერაში), რომელიც გამოყოფილია ზედა და ქვედა ბიეფების წყლიდან ფილით. ზედა ბიეფის დონის აწევისას წყალი შედის ბურჯში მოწყობილ სიფონში, ხოლო იქიდან—განსაკუთრებული ვალერით წნევის კამერაში საპირწონეს უკან; შედეგად საპირწონე განიტვირთება და საკეტი გადაიბრება ნაკადის გაზრდილი ხარჯების გასატარებლად. მოდინების ხარჯების შემცირებისა და ზედა ბიეფში ნმდ დამყარებისთანავე სიფონიდან გამოდინება წყდება და საკეტი უბრუნდება ჩამკეტ მდგომარეობას. ასეთი საკეტები, რომელთა სიმაღლეა 5—6 მ-მდე, გადახურავენ 7—10 მ-მდე მალებს.

გ. სხვა ტიპის საკეტები, რომლებიც წყლის წნევის წყალსაშვების ზღურბლს ან ზღურბლსა და ბურჯებს გადასცემენ

პილროტქენიკური მშენებლობის პრაქტიკაში გვხვდება აგრეთვე ზოგიერთი სხვა ტიპის საკეტიც, რომელიც წყლის წნევისაგან დატვირთვას გადასცემენ წყალსაშვების ზღურბლს ან ერთდროულად ზღურბლსა და ბურჯებს. მათ მიეკუთვნება: სარკველიანი ავტომატური მოქმედების მისაბჯენი საკეტები სახსრული ჩარჩოთი (შანოანის სისტემა), რომლებიც შეიძლება გამოყენებულ იქნენ სანაოსნო მდინარეებზე, სარკველიანი საპირწონით შეწონასწორებული

საკეტები, სარკველიანი შეუწონასწორებელი საკეტები, შუკრავი საკეტები, ანუ ბატოპორტები და სხვა; მათი გამოყენების საკითხი წყდება ყოველ ცალკეულ შემთხვევაში, ტექნიკურ-ეკონომიკურ მოსაზრებათა საფუძველზე.

§14-6. ზედპირადი საკეტების ამქრავი მდინიზმანი, საკეტების მონტაჟი და მძაპლაბაცია

1. საკეტების ამქრავი შექანიზმები

თანამედროვე ჰიდროტექნიკურ კვანძებში საკეტების გადაადგილება ხდება შექანიკური მოქმედების ამქრავი მექანიზმების გამოყენებით. ხელის ამქრავი მოწყობილობანი (ბერკეტიანი ანწე, ჯალამბარი, ხრახნული ანწე და სხვ.) შენარჩუნებულია მხოლოდ ძალიან მკირე ზომის საკეტებისათვის, მაგალითად, სასოფლო ჰიდროელექტროსადგურების ნაგებობებში, სარწყვე სისტემებში, წყლის წისქვილებში და სხვ. მექანიკური მოქმედების ამქრავი მექანიზმები ჩვეულებრივ ელექტროძრავებით ან ჰიდრავლიკური ამქრავით მუშაობს. ჰიდრავლიკური მოქმედების საკეტებში ამქრავი მექანიზმი იცვლება საკეტის სამართავი აპარატით.

საკეტის მოძრავი ნაწილი ამქრავ მექანიზმთან დაკავშირებულია მოქნილი ან ხისტი საწევიტ. მოქნილ საწევეებს იყენებენ იმ შემთხვევებში, როდესაც საკეტი საკუთარი წონით უზრუნველყოფს ხერეტის ჩაკეტვას, ე. ი. როდესაც მის ჩასამგებად არაა საკირო დამატებითი ძალის მიყენება. ყველა იმ შემთხვევაში, როდესაც საკეტის ჩასაშვებად მოითხოვება მასზე დამატებითი ძალის მიყენება, აგრეთვე მანევრირების დიდი საიმედოობა, იყენებენ ხისტ საწევეებს.

მოქნილ საწევეებად გამოიყენება ფოლადის გვარლები (ტროსები), შედუღებული და გალის ჯაქვები, რომელთაც საკეტებზე ამაგრებენ საკიდლებით. საკიდელი შეიძლება იყოს მარტივი ერთი ლერძითა და რამოდენიმე ბლოკით ან ბალანსირებული რამდენიმე გვარლით, ან გალის ჯაქვის ვარსკვლავით.

ხისტ საწევეებს მიეკუთვნება: 1) კბილანა ან მასრიაანი ლარტყები (სწორბაზოვანი და მრუდბაზოვანი—სეგმენტურ საკეტებში), რომელთაც აერთიანებენ ამქრავი მექანიზმის ვარსკვლავასთან ან კბილანა ბორბალთან და საკეტთან; 2. ხრახნიანი კოკები (შპინდლები) მთლიანი ან მილოვანი ლეროებისაგან, რომლებიც გადაადგილება მექანიზმთან მიერთებულ ქანჩში. ხისტი საწევეების სახესხვაობაა ერთმანეთთან სახსრულად მიერთებული შტანგების რგოლებისაგან (ნაწილებისაგან) შემდგარი საწევეები, რომელთაც იყენებენ მოძრავი მექანიზმებით ან ჰიდროამქრავიან—ჰიდროამწიანი მექანიზმებით საკეტების აწევის დროს.

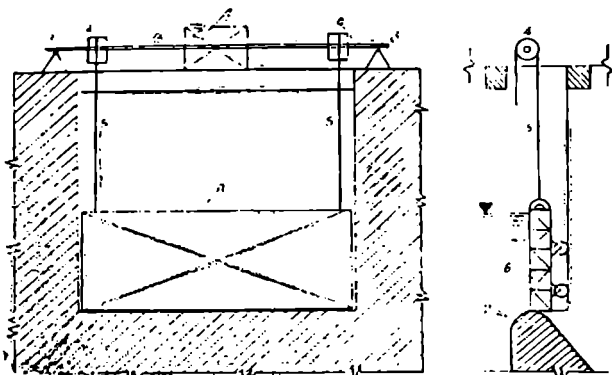
საკეტების აწევი მექანიზმები შეიძლება იყოს სტაციონარული (უძრავი) და მოძრავი, რომელნიც მოქმედებენ სასამსახურო ხილზე კაშხალის ნებისმიერ ხერეტში.

სტაციონარული ამქრავი მექანიზმები. თუ ჰიდროტექნიკურ ნაგებობაში საკეტების რიცხვი არ არის დიდი (4--6), მაშინ ამქრავ მექანიზმს ითვალისწინებენ ყოველ საკეტთან. ასეთ ამქრავ მოწყობილობებს ინდფიდუ-აღურს ან სტაციონარულს უწოდებენ. მეორე მხრივ, ასეთი მექანიზმების მოწყობა შეიძლება აუცილებელი იყოს საკეტების კონსტრუქციული თავისებუ-

რეზებისა და შათი სწრაფად გაღების საკიროების შესახებ, ხოლო ზოგჯერ ეკონომიკური მოსახრებებია. მაგალითად, ვალტურ საკეტებში გამოიყენება ეხლოდ სტაციონარული, ხოლო სექტორულ და სარქველებიანში — უფრო ხშირად სტაციონარული მექანიზმები.

ვალტური საკეტების (ნახ. 14-1, გ) მექანიზმებს ათავსებენ ბურჯებზე ან კედლებზე, განსაკუთრებულ ზედნაშენებში, რომლებიც იცავენ შათ ატმოსფერული ნალექებისა და მტერისაგან; სარქველიანი საკეტების (ნახ. 14-1, დ) მექანიზმებს ათავსებენ ზღურბლში ან კაშხალის ბურჯებზე. ბრტყელი და სეგმენტური საკეტების მექანიზმებს დგამენ ბურჯებზე, ხოლო ზოგჯერ სასამსახურო ხიდზე. რადგან საკეტის აწევა ორივე ბოლოდან ხდება (სეგმენტური და სარქველიანი საკეტები შეიძლება აიწიოს ერთი ბოლოდანაც), ამიტომ იყენებენ ელექტროძრავასა და გადამცემი მექანიზმის შეერთების შემდეგ ხერხებს:

1. ელექტროძრავა რედუქტორით იდგმება სასამსახურო ხიდზე, საიდანაც უშუალოდ საერთო ლილვის დახმარებით ან გადამცემის მეშვეობით ბრუნავს დოლები ან სატვირთო ვარსკვლავები (ნახ. 14-27); ასეთი სქემით გან-



ნახ. 14-27. ამძრავი მექანიზმის სქემა:

- 1—ელექტროძრავა რედუქტორით; 2—ლილვი; 3—ლილვის საკისრები;
- 4—ვარსკვლავები ან დოლები; 5—რგოლებიანი ქაქვი ან ვეჯარი (ტროსი);
- 6—ბრტყელი საკეტი; 7—კაშხალის ზღურბლი (თხემი).

ხორციელებული შეერთება მოითხოვს საკმაოდ ხისტი ხიდების მოწყობას;

2. ელექტროძრავები რედუქტორებით და გადამცემებით ყოველ ბურჯზე იდგმება საკეტის ჩამოკიდების ადგილებზე; შათი მუშაობის სინქრონულობას აღწევენ ე. წ. „ელექტრული ლილვის“ დახმარებით.

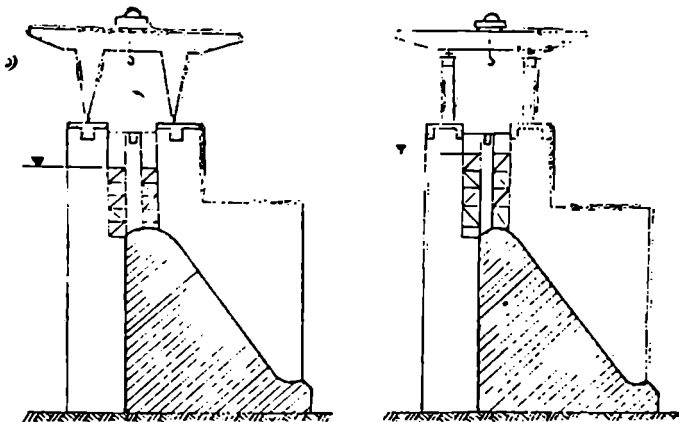
ხშირ შემთხვევაში მექანიზმებსა და ელექტროძრავებს ათავსებენ დახურულ სათაფლებში, მაგრამ შათ დასაცავად შეიძლება დაეკმაყოფილდეთ მოსახსნელი კარების ან ფოლადის გარსაცმების გამოყენებით.

მოდრავი ამძრავი მექანიზმები. ეს მოწყობილობანი წარმოადგენენ მოძრავ ამწეებს ჯალამბრებით ან მგორავ ჯალამბრებსა და ტელფერებს. იყენებენ ორი ტიპის ამწეებს: ჯოჯგინას ანუ პორტალურს (ნახ. 14-12 და 14-28, ა) და ხიდურს (ნახ. 14-28, ბ).

პორტალური ამწე წარმოადგენს ოთხ მალალ ფეხზე (ჯოჯგინაზე) მდგარ

ლითონის კონსტრუქციას, რომელიც მოძრაობს სასამსახურო ხიდის გასწვრივ ელექტროძრავათი. ამწეს ზედა პორიზონტალურ კონსტრუქციაზე (რიგელზე) დადგმულია საკეტის მექანიკური ამწევი დამკერი სამარჯვით.

ხილური ამწის კონსტრუქცია პორტალურის მსგავსია, მაგრამ მას არა აქვს ფეხები; აქ ისინი შეცვლილია ამწის ხიდის შიდაფეხი შალაღი მუდმივი (ხშირად რკინაბეტონის) დგარებით (კოლონებით).



ნახ. 14-28. მოძრავი ამწეების სქემები:
 ა—კოჭვინა (პორტალური) ამწე; ბ—ხილური ამწე.

მოძრავი ამძრავი მექანიზმები გამოიყენება ბრტყელი საკეტებისათვის, უფრო იშვიათად კი—სეგმენტურისათვის; იგი შეიძლება მოემსახუროს აგრეთვე სხვა ტიპის საკეტებსაც. ინდივიდუალურ მექანიზმებთან შედარებით ის მაშინაა უფრო ხელსაყრელი, როდესაც ემსახურება კაშხალის არანაკლებ სამოთხე შალს, ანდა ერთდროულად გამოიყენება კვანძის სხვა ნაგებობებზეც.

2. სასამსახურო ხიდები

სასამსახურო ხიდები გამოიყენება საკეტების სტაციონარული ან მის გასწვრივ მოძრავი ამძრავი მექანიზმების მოსათავსებლად, აგრეთვე ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა საექსპლუატაციო პერსონალის გასატარებლად. ზოგჯერ სასამსახურო ხიდებს უთავსებენ ავტოსავაზოს.

ჰიდროკვანძის დაპროექტების დროს ყოველნაირად ცდილობენ მინიმუმამდე დაიყვანონ ხიდების რაოდენობა, რისთვისაც ხშირად ერთ ხილურ გადასასვლელში შეთავსებულია რამდენიმე ფუნქცია, კერძოდ, ქვეითად მოსიარულენიც სარგებლობენ რომელიმე სასამსახურო ან ავტოსავაზო ხიდით, ანდა კაშხალის ტანში ან საკეტებზე გამაველი ვალერით. თუ კაშხალს ემსახურება მოძრავი მექანიზმი, მაშინ ხშირ შემთხვევაში შეიძლება დავეყვაროთ ერთი სასამსახურო ხიდით ან ამწისქვეშა კოჭებით, რომელთაც ზოგჯერ აქვთ კონსოლები სარემონტო ზღუდეების მომსახურებისათვის (როდესაც ეს უკანასკნელი გათვალისწინებულია კაშხალში).

დანიშნულების შესაბამისად გეგმაში და სიმაღლეზე ხიდები შეიძლება განლაგდეს სხვადასხვანაირად. მაგალითად, სტაციონარული მექანიზმებისა და ამწეების ხიდებს აწყობენ ისეთ სიმაღლეზე, რომელიც საჭიროა საკეტების მთლიანი ვალებისათვის; სარემონტო საკეტების ხიდებს ათავსებენ ბურჯებზე ზედა ან ქვედა ბიფის მხრიდან შესაბამისი ზღუდის თავზე. ხიდების განლაგება ჰიდროკანონის მომიჯნავე ნაგებობებზე. მაგ. ლითად, ჰიდროელექტროსადგურის შენობაზე, ყრუ კაშხალების სავალ ნაწილებზე და სხვ., უნდა უთანხმდებოდეს ერთმანეთს. თანამედროვე კაშხალებზე აკეთებენ ფოლადის ან რკინაბეტონის ხიდებს.

ფოლადის ხიდები უფრო ხშირად კოკოვანი, პარალელურსარტყლებიანი, მთლიანი ან გამჭოლკედლიანი კეთდება; ასეთ ხიდებს აქვს წინდარებით მცირე წონა, სწრაფად ხდება მათი აწყობა; ისინი განსაკუთრებით მიზანშეწონილია ხვრეტების მნიშვნელოვანი მალენის დროს. ამწისქვეშა ხიდების მოსაწყობად იყენებენ ცალკეულ ამწესავალ კოქებს.

რკინაბეტონის ხიდებს ასაწყობს აკეთებენ წინასწარაძაბული რკინაბეტონისაგან, რომლებიც რიგ შემთხვევებში კონკურენციას უწევს ფოლადის ხიდებს. მაგრამ მათი გამოყენება ძნელდება იშენებლობის პერიოდში გადამონტაჟების სირთულის გამო. რკინაბეტონის ხიდების შემსუბუქების მიზნით უკანასკნელ ხანს იწყეს მსუბუქი ბეტონის (მაგალითად, კერამიტიბეტონის) გამოყენება.

8. საკეტების დამზადება და მონტაჟი

ლითონის საკეტებს ამზადებენ მექანიკურ ქარხნებში, ხოლო ზოგჯერ (მცირე ზომის საკეტების შემთხვევაში) სამშენებლო მოედანზე არსებულ სახელოსნოებში; ხისა და რკინაბეტონის საკეტებს ამზადებენ ნაგებობათა მშენებლობის ადგილზე.

ისეთი საკეტები, რომელთა გაბარიტული ზომები (სიგრძით 30 მ-მდე და განივი ზომებით 2,7×3,75 მ) რკინიგზით გადაზიდვის საშუალებას იძლევა, ქარხნიდან აწყობილი სახით მიიტანება მშენებლობის ადგილზე. წყლის ტრანსპორტის გამოყენების შემთხვევაში საკეტების გაბარიტულმა ზომებმა შეიძლება გადააპარბოს რკინიგზაზე დასაშვებ გაბარიტებს. აწყობილი საკეტის გადაზიდვის შეუძლებლობის შემთხვევაში იგი გადააკეთ „სამონტაჟო ერთეულების“ (კონსტრუქციული ნაწილების) სახით, რომელთაც ადგილზე იღველად ამონტაჟებენ სპეციალურ ბაქნებზე.

ბრტყელი საკეტების მოთავსება ხვრეტებში ხდება ამწეების, ჯალამბრების ან ლომკრატების მეშვეობით, ასევე, ჯერ აწყობენ, ხოლო შემდეგ მზა სახით დგამენ ხვრეტებში ვალცურ საკეტებს, მოსაბრუნებელ ფერხებს, საკეველებსა და სეგმენტურ საკეტებს (ფეხების გარეშე). მაგრამ ზოგჯერ საკეტის, მაგალითად, სექტორულის, სახურავისებრის, ზოგჯერ ვალცურის და სეგმენტურის, აწყობა ხდება უშუალოდ ხვრეტებში, რაც დიდ დროს მოითხოვს. აქედან გამომდინარე, უნდა მოვისწრაფოდეთ იქნეთკენ, რომ საკეტის ასაწყობ საშუალოთა მაქსიმუმი შესრულდეს ქარხანაში, საყრდენ სავალი ნაწილებისა და შეშვიდროების ჩათვლით.

საკეტების მონტაჟის დროს ფრიალ საპასუხისმგებლო ოპერაციას ჩასატანებელი ნაწილების დაყენება, რადგან საკეტის ნორმალური მუშაობისათვის უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს ზღურბლის ჰორიზონტალურობა, საყრ-

დენი გზების ვერტიკალურობა და სწორხაზოვნება, მათი ღერძების პარალელურობა და სხვ.

უკანასკნელ დრომდე ჩასატანებელი ნაწილების დაყენება წარმოებდა ე. წ. საფეხურების მეთოდით, მაგრამ მას აქვს გარკვეული ნაკლი. საქმე იმაშია, რომ ჩასატანებელი ნაწილების დაყენების, დამაგრებისა და გასწორების შემდეგ გაძნელებულია საფეხურების ბეტონის წყობა (საფეხურების ვიწრო სივრცის გამო), სამშენებლო ნაკერებში შემჩნეულია ძლიერი ფილტრაციის შემთხვევები, საფეხურების დაბეტონებამდე მოითხოვება ბეტონის გამოგულება, არმატურის კრა და აღუნეა; ეს სამუშაოები კი საკმაოდ ძვირადღირებულია.

ამჟამად უფრო ეკონომიურ, ზუსტ და სწრაფ მეთოდად მიჩნეულია საკეტების უძრავი ნაწილების დაყენების უსაფეხურო მეთოდი, რომლის დროს ერთდროულად ხდება აღნიშნული ნაწილების დაყენებაც და ბურჯებისა და კედლების დაბეტონებაც. ამ შემთხვევაში ჩასატანებელ ნაწილებთან ერთად კილოებიც კეთდება ლითონის ან რკინაბეტონისაგან. ეს მეთოდი ამცირებს ნაგებობათა სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების ვადებს და ამასთანავე უზრუნველყოფს ბეტონის უკეთეს ხარისხს ჩასატანებელი ნაწილების ზონაში.

4. ზოგიერთი ღონისძიება საკეტების ხაიმედო მუშაობის უზრუნველსაყოფად

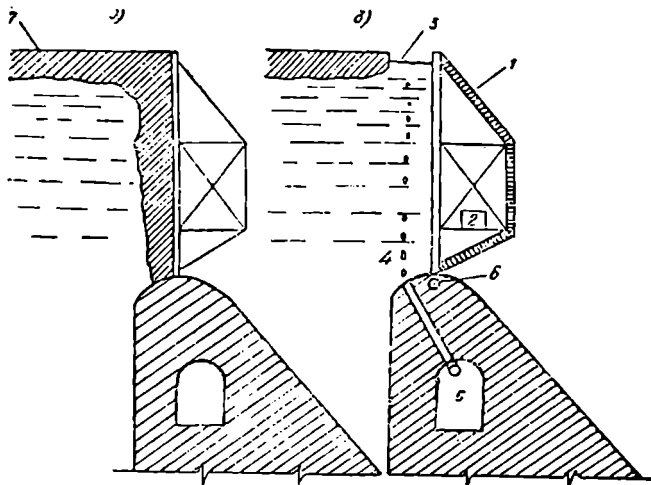
პირობები ნაწილების დაზიანებამ (გაფუჭებამ) შეიძლება გამოიწვიოს მძიმე შედეგები, ხოლო ზოგჯერ ავარიაც, რაც განსაკუთრებით საშიშია წყალდიდობის დროს.

ემისათვის, რომ უზრუნველყოთ საკეტებისა და მათი მექანიზმების შეუფერხებელი მუშაობა, საჭიროა: მოეწყოს პერიოდული დათვალიერება, გასინჯვა და გეგმიანი მაფრთხილებელი რემონტი, მპრუნავი და მოხაზუნე ნაწილების შეზეთვა, ორ წელიწადში ერთხელ წყალქვეშა ნაწილების შეღებვა, აგრეთვე ზამთრის პერიოდისათვის სპეციალური ზომების მიღება, რაც ფრთხილ მნიშვნელოვანია ჩრდილოეთის რაიონებისათვის. აღნიშნულ რაიონებში ჰერის ტემპერატურის 0°C დაბლა დაწევისას წყლის ზედაპირზე ჩნდება ყინულის მყარი საფარი, რომელიც საკეტზე ავითარებს სტატიკურ წნევას; გარდა ამისა, შეშვიდროების ადგილებში იყინება მფილტრავი წყალი, ხოლო თვით საკეტის სამოსს ზემო ბიფიდიან მიეყინება ყინულის ზორგები (ნახ. 14-29, ა). მიყინული საკეტები შეიძლება არ გალღვეს ყინულსვლის დასაწყისისა და წყალდიდობის გატარების დროისათვის, რაც შეუძლებელს გახდის მათს გაღებას. მკაცრ კლიმატურ პირობებში ასეთი მოვლენის თავიდან ასაცილებლად საკეტებს ქვედა მხრიდან მოსავენ სათბუნებელი შეუიცივრით, ხოლო მათ შიგნით ათავსებენ გამთბობს, მაგალითად, ელექტროლუმებს (ნახ. 14-29, ბ). ასეთი ხელოვნური ღონისძიებით საკეტის წინ იქმნება ყინულკრილი (მაინა), რაც მას დაწოლისაგან ათავისუფლებს (ყინულის წნევა გადაეცემა მხოლოდ ბურჯებსა და კედლებს). ყინულკრილი შეიძლება შეიქმნას აგრეთვე ყინულის ფენის ახლებით, რაც შესაძლებელია ყინულის თხელი ფენისა და საკეტთა მცირე მალეების დროს, უშუალოდ საკეტის ახლოს ჰაერის შეწნევით (ჰაერ-გამტარი გაღის კაშხალის ზედა სათვალეირებელ გაღერებაში ან ჩამოკიდებუ-

ლია მის ზედა წახნაგზე), აგრეთვე საკეტის წინ ღელვის წარმოქმნით (სპეციალური ნაკადწარმოქმნელებით).

ფსკერული და გვერდითი შემჭიდროების გასათბობად იყენებენ ელექტროსათბობებს, მაგამ ისინი ხშირად ზიანდება და ამიტომ უკანასკნელ დროს გავრცელება პოვა მილებით გათბობამ, რომლებშიც გაედინება ცხელი ზეთი ან ცხელი წყალი. მილებს ათავსებენ ბეტონში მცირე სიღრმეზე, უშუალოდ გასათბობ კონსტრუქციებთან.

ავტომატური საკეტების ჰიდრაულიკური სისტემის (არხების, მილების,



ნახ. 14-29. საკეტების შეიშოვნისათვის ბრძოლის სქემა:

ა—შემოყინული საკეტი; ბ—გამღვლილი გასათბობი საკეტი; 1—სათბუნებელი შეფუთვა; 2—გამობობი; 3—ყინულქროლი (მიანა); 4—ჰერმეტიკი; 5—ჰერმეტიკი; 6—მილსადენი ცხელი ზეთით; 7—ყინულის საფარი.

საკვალთების) გათბობა ხდება წყალსატარებში ცხელი წყლის ან ცხელი ზეთის წნევეთი მოძრაობით და მარეგულირებელი კამერების ელექტროლუმენებით გახურებით, აგრეთვე თბოიზოლაციის მოწყობით.

5. საკეტების ავტომატური და დისტანციური მართვა

საკეტების ექსპლუატაციის სრულყოფა და გათვება უნდა მოხდეს მათი მუშაობის ავტომატიზაციისა და დისტანციური მართვის გამოყენებით. ასეთი ღონისძიება ამცირებს საექსპლუატაციო პერსონალის შტატს და უზრუნველყოფს წყალდიდობისა და წყლის მოულოდნელი უკმი გადავლების დროს საკეტების დროულად გაღებას.

არსებობს საკეტების ავტომატიზაციის ორი გზა: 1) ჰიდრაულიკური მოქმედების საკეტების („ჰიდრაულიკური ავტომატების“) და 2) ელექტრული ავტომატიზაციისა და ტელემექანიკის გამოყენებით. პირველი სისტემა არ მოითხოვს ნაგებობათა ელექტროფიციკრებას და ამიტომ განსაკუთრებით მიზანშეწონილია ისეთ მდინარეებზე აგებულ მცირე და საშუალო ნაგებობებში, რომლებიც ხა-

სიათღებთან უეცარი წყალდიდობებით, ანდა დაშორებულ, მაგალითად, მალაშთან რაიონებში ბუნებრივ ასეთივე ნაგებობებში. მეორე სისტემა უფრო უნივერსალურია. ამძრავი მექანიზმების ავტომატიზაციისა და ტელემართვის დახმარებით შეიძლება ვმართოთ ნებისმიერი საკეტი ნებისმიერი ცენტრიდან.

§14-7. სიღრმული ხვრელების ხაჭაბუხი

სიღრმული საკეტები (ნახ. 14-2) გადახურავენ კაშხალების, წყალმიღებების, პესის შენობების, სანაოსნო რაბების, წყალსადენი გალერების და სხვა ნაგებობათა წყლის დონის ქვეშ მოთავსებულ ხვრეტებს. ზედაპირულსაგან განსხვავებით, სიღრმული საკეტები განიცდიან წყლის მნიშვნელოვან წნევას, რომელიც ათეულობით, ხოლო ზოგჯერ ასეულობით მეტრსაც აღწევს. საკეტის გაღება და ჩაქვტვა წყლის დიდი სიჩქარეების პირობებში ხდება და ამიტომ ეს პროცესი ხშირად ვაკუუმისა და კავიტაციის წარმოშობასთანაა დაკავშირებული. ამ მოვლენებს შეუძლია გამოიწვიოს ნაკადით საკეტის გარსზე მოდენილი წახნაგების, კილოების ჩასატანებელი ნაწილებისა და საკეტის მომიჯნავე წყალსატარის უბნის კედლების რღვევა, აგრეთვე საკეტის საშიში ვიბრაცია. ასეთ საკეტებში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ფილტრაციასთან ბრძოლას მამვიდრობებში. ამ მოვლენების თავიდან ასაცილებლად უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს წყალსატარების მოხაზულობის, კილოებისა და საკეტის გარსზემოდენილი წახნაგების რაციონალური ფორმები, საკეტის ზონაში წყალსატარის კედლების ნობირკეთების სიგლუვე, შეძლებისდაგვარად წყლის უდაჩნო რეჟიმით მოძრაობა (განსაკუთრებით ხელსაყრელია საკეტის მოთავსება წყალსატარის ბოლოში, რაც ნაკადის კარგი აერაციის გარანტიას იძლევა ატმოსფეროში გამოდინების დროს) და ვაკუუმის შესაძლო წარმოშობის ადგილზე ჰაერის მიყვანა საკეტის უკან, როდესაც იგი მოთავსებულია წყალსატარის შიგნით. ამ ღონისძიებებს განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება დიდი დაწვეებისა და საკეტით წყლის ხარჯების რეგულირებისას, როდესაც მას ხანგრძლივად უხდება მუშაობა შუალედურ მდგომარეობაში. საკეტის მხოლოდ ორ უკიდურეს მდგომარეობაში (სრული გაღების ან ჩაქვტვის მდგომარეობა) მუშაობის რეჟიმის დროს მისდამი წასაყენებელი მოთხოვნები მნიშვნელოვნად მცირდება.

ითვალისწინებენ რა მუშაობაში აღნიშნულ სპეციფიკურ პირობებს, აგრეთვე, დიდ დატვირთვებსა და ამწვე ძალებს, სიღრმულ საკეტებს შედარებით მცირე ზომებისას ანუზადებენ. გარდა ძირითადი საკეტისა, რომელიც წყლის ხარჯებს არეგულირებს, ზემო ბიფის მხარეს მის წინ აწყობენ საავარიო-სარემონტო საკეტს, ხოლო ხვრეტის შესავალში—ნაგვის შემკავებელ გისოსებს. ხშირ შემთხვევაში საკეტების მანევრირებისათვის იყენებენ ტიდროამწვეებს. ქვემოთ მოცემულია სიღრმული საკეტების ძირითადი ტიპების მოკლე დახასიათება. მოცემული პირობებისათვის ამა თუ იმ ტიპის არჩევა განპირობებულია მოქმედი დაწვევის სიდიდით, წყლის ხარჯების რეგულირების საჭიროებით, ხვრეტის ზომებით, ხვრეტის ჩაქვტვის პერმეტულობის მოთხოვნებით, ავტომატური მოქმედების საჭიროებებით. სამშენებლო ხარჯების გატარების პირობებით, ეკონომიკური მოსაზრებებით და სხვ.

1. ბრტყელი საკეტები

ამ საკეტების ჯგუფს მიეკუთვნება საკუთრივ ბრტყელი სრიალა და ბორბლებიანი, აგრეთვე საკვალთი და დროსელიანი (დისკური) საკეტები (ნახ. 14-2, ა, ბ, ე).

ბრტყელი სრიალა საკეტები ჩაქეტვისას ხასიათდება ძალიან კარგი წყალშეუღწევობით. ისეთი საკეტები, რომელთა საყრდენი თავკაეები დამზადებულია ფოლადისა და ბრინჯაოსაგან (ადრინდელ კონსტრუქციებში), შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მცირე ზომის ხერცებრებისათვის განსაზღვრული დაწნეების დროს. დიდი დაწნევებისას საჭირო იქნება წყლის ბაიპასების მომწოდებელ მოწყობილობათა გათვალისწინება, რათა საკეტის ქვედა მხრიდან შეიქმნას ისეთივე წნევა, როგორც ზედა მხრიდან. ამჟამად ეს ნაკლოვანი მხარე ძალიან მსუბუქდება ან თითქმის მთლიანად იხსნება ხის (მერკნის) პლასტიკისაგან დამზადებული თავკაეების (ДСП-Б) დამზადებით, რომლისათვის ფოლადზე ხახუნის კოფეციენტი 2—3-ჯერ უფრო მცირეა, ვიდრე ხახუნის კოფეციენტი ფოლადისა ბრინჯაოზე.

საკეტები მზადდება ფოლადისაგან მოქლონილი, შენადული ან სხმული კონსტრუქციისა. ჩვეულებრივ, მოქლონილი და შენადული საკეტები მრავალრიგულიანი კეთდება და კონსტრუქციულად ზედაპირული საკეტების მსგავსია; სხმული საკეტები წიბოებიან ფილებს წარმოადგენენ.

როდესაც საკეტის უკან, წყალსატარში უზრუნველყოფილია ნაკადის უდაწნეო რეჟიმით მოძრაობა, აგრეთვე განხორციელებულია სათანადო კონსტრუქციული ღონისძიებანი, სრიალა ბრტყელ საკეტებს შეუძლიათ წარმატებით იმუშაონ და არეგულირონ წყლის ხარჯები 70—100 მ-მდე დაწნევისა და ხერცის 5 მ²-მდე ფართობის პირობებში, ხოლო 50 მ დაწნევის დროს—10 მ² ფართობის პირობებში.

ბორბლებიან ბრტყელ საკეტებს ისე, როგორც სრიალას, შრავალრიგულიანს აკეთებენ მთლიანკედლიანი ელემენტებით. სრიალა საკეტებთან შედარებით მითხოვენ უფრო მცირე ამწევ ძალას. კონსტრუქციის ნაკლია ვიბრაცია, რომელიც წარმოიშობა ხერცის ნაწილობრივ გაღების დროს, როდესაც საკეტის ქვედა ნაწილი მუშაობს ისე, როგორც კონსოლი.

ბორბლებიანი საკეტების ფსკერული შემჭიდროება ზედაპირული საკეტების ანალოგიურია; გვერდითი შემჭიდროება ხშირად პნევმატური კეთდება, ზედა შემჭიდროებისათვის კი გამოიყენება რეზინი.

ბორბლებიანი საკეტები კარგად მუშაობენ 40—50 მ-მდე დაწნევების დროს.

საკვალთები წრიული ან მართკუთხა ფორმის სხმული დისკოებია სრიალა, ზოგჯერ კი გორგოლაქებიანი საყრდენებით. საკეტს ყველა თავისი დეტალით ამზადებენ ქარხნებში; ამ საკეტებში არსებითადაა შემცირებული სრიალის ხახუნი, ამასთანავე უზრუნველყოფილია სრული წყალშეუღწევობა. თუ შექმნილი იქნება უკუწნევა (წყლის ბაიპასის მოწყობით), მაშინ 1,5 მ-მდე დიამეტრების მქონე საკეტების დროს საკვალთს შეუძლია იმუშაოს 100 მ და უფრო მეტი დაწნევის პირობებში. უფრო მცირე დიამეტრების შემთხვევაში დაწნევა შეიძლება აღწევდეს 250 მ-ს და უფრო მეტს. მართკუთხა ფორმის საკვალთის ზომებია 1,7×3,0 მ.

დროსელიანი (დისკური) საკეტები (ნახ. 14-2, ე) ბრტყელი დისკოებია, რომლებიც ბრუნავენ დაახლოებით საკუთარ დიამეტრზე განლაგებული

ან პორიზონტალური, ან ვერტიკალური ღერძის ირგვლივ. ამის შედეგად შათ გასაღებად ძალიან მცირე ძალაა საჭირო.

დისკური საკეტის ნაკლოვანი მხარეა ჩაკეტვის ნაკლები სიმკვიდროვე, ვაკუუმები და დისკოს ვიბრაცია ყველანაირი ნაწილობრივი გაღების დროს. მაგრამ მანევრირების სიმსუბუქის გამო შათ ფართო გავრცელება პოვეს სათადარიგო და საავარიო საკეტების სახით. ეს საკეტები გამოიყენება 800 მ-მდე და უფრო მეტი დაწნეებისა და 0,7 მ-მდე დიამეტრების დროს; დროსელის შაქსიმალური დიამეტრი ამჟამად 8,2 მ-ს აღწევს 25 მ დაწნევის პირობებში.

2. ხეგმენტურა სიღრმული საკეტები

კონსტრუქციულად ეს საკეტები (ნახ. 14 2, გ) აღრე აღწერილი ზედაპირული სეგმენტური საკეტებისაგან ძირითადად იმით განსხვავდებიან, რომ საჭიროებენ ზედა შემკვიდროებას, ამასთანავე უფრო მძიმე კონსტრუქციების (მრავალრიგულიანი სქემები). ბრტყელთან შედარებით სეგმენტურ საკეტებს ზოგიერთი საექსპლუატაციო უპირატესობა აქვს: საჭიროებს უფრო მცირე ამწეე ძალას, ჩაშვება ხ ება საკუთარი წონით—დაწოლის გარეშე, აქვს უკეთესი პილრაველიკური პირობები, რადგან არა აქვს კილოები (ნიშები). ასეთი საკეტებით გადაიხურება ხვრეტები 60—65 მ-მდე დაწნევით და 40 მ-მდე ფართობით.

3. ცილინდრული საკეტები

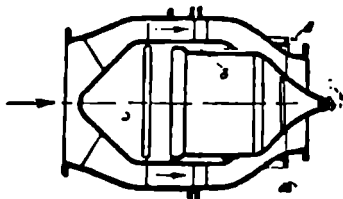
ამ ტიპის საკეტები, ჩვეულებრივ, ლითონის ღრუ ცილინდრებია, რომლებითაც გადაიხურება წყალჩანასაშვებების ხვრეტები შილების ან სამართავი კოშკების ვერტიკალურ უბნებზე (ნახ. 14-2, დ). საკეტები გავრცელებულია ღრუ (უძირი) ცილინდრების სახით, რომლებიც გადახურავენ წყალჩანასაშვებების ან წყალშიმღები კოშკების ვერტიკალურ უბნებზე მოწყობილ წრიულ ხვრეტებს.

ცილინდრული საკეტის უპირატესობაა ის, რომ სჭირდება მცირე ამწეევი ძალა, რომელმაც უნდა დაძლიოს მხოლოდ საკეტის საკუთარი წონა.

4. ნემსა საკეტები

ნემსა საკეტები წარმოადგენენ წყალჩანასაშვებ (წყალსატარების) მიღებში მოთავსებულ გარსშემოდენილი ფორმის გარსაცმებს, რომელთა შიგნით მოთავსებულია საკუთრივ საკეტი (ნახ. 14-2, ზ და 14 ა0). საკეტის შიდა ნაწილის გადაადგილება წყალჩანასაშვების (გარსაცმის) ღერძის გასწვრივ ხდება პილრაველიკური ხერხით.

გაღებული საკეტის შემთხვევაში წყალი შედის საკეტის ირგვლივ არსებულ წრიულ სივრცეში და შექმნის გაღლის ატმოსფეროში (ან წყალსატარის შემდეგ უბანში). საკეტის უძრავ ნაწილში არის ა სილრუე, რომლის შიგნით დგუშის მსგავსად მოძრაობს ცილინდრი, რომელიც ბოლოვდება მრუდხაზოვანი კონუსური ნაწილით. მოძრაე



ნახ. 14-3.0 ნემსა სიღრმული საკეტის სქემა.

და უძრავ ნაწილებს შორის არსებული ბ სიღრუე საპიროების მიხედვით შეიძლება დაუკავშირდეს ზედა ან ქვედა ბიფეს.

თუ ონკანების საშუალებით ა სიღრუეს შევავრთებთ ზედა ბიფესთან, ხოლო ბ სიღრუეს—ქვედასთან, მაშინ მოხდება წყალსატარის ხვრეტის ჩაკეტვა, რადგან წყლის წნევის მოკმედებით მოძრავი ცილინდრი გაიწევეს წინ და ებჯინება გ ვარსაცმის შემამქიდროებელ რგოლს. საკეტის გაღებისათვის კი საჭიროა წყალი გაშვებულ იქნეს ა სიღრუიდან, ხოლო ბ სიღრუეში—შემოშვებული ზედა ბიფედიდან; მაშინ, ცხადია, მოძრავი ცილინდრი გადაადგილდება შებრუნებული მიმართულებით და გააღებს წრიულ ხვრეტს. გარდა ამისა, არსებობს სპეციალური სამარჯვეები საკეტის ნებისმიერ მდგომარეობაში მოსაყვანად.

ნემსა საკეტები გამოიყენება 800 მ-მდე დაწნევებისათვის, მათი დიაპეტრი აღწევს 6,5 მ ს; რადგან ნემსა საკეტები შედარებით ძვირი უღდება, მათ იყენებენ მხოლოდ დიდი დაწნევების დროს, როდესაც სხვა უფრო ეკონომიური ტიპის საკეტებს არ შეუძლიათ მუშაობა.

5. კონუსური ანუ ტელეკოპური საკეტები

ეს საკეტები წყალჩასაშვების მიღების ცილინდრული ნაცმებია კონუსური ეკრანებით. ამ უკანასკნელთა დანიშნულებაა საკეტიდან გამოდინებული ნაკადის გაპობა რგოლური ფორმის ნაკადად (ნახ. 14-2, თ).

საკეტის გაღება ან ჩაკეტვა ხდება საკეტის გარეთა ფოლადის რგოლის გადაადგილებით. კონუსური საკეტის ხარჯის კოეფიციენტი მაღალია—0,82—0,87. საკეტი შედარებით იაფი უღდება და ამასთანავე მარტივია გასაკეთებლად და ექსპლუატაციაშიც, მაღალი დაწნევების დროს.

საგდინარო ჰიდროკვანძების სპეციალური ნაგებობანი

საერთო დანიშნულების ჰიდროტექნიკურ ნაგებობებთან ერთად (კაშხა-ლები, წყალსადგებები და სხვ.) საგდინარო ჰიდროკვანძების შედგენილობაში თითქმის ყოველთვის შედის ერთი ან რამდენიმე სპეციალური დანიშნულე-ბის ნაგებობა, რომლებსაც შეეკუთვნება:

1. სატრანსპორტო, 2. ენერგეტიკული, 3. თევზდამტარი და თევზდამ-ცავი, 4. წყალმიმღები (წყალსადები) ნაგებობანი.

ს ა ტ რ ა ნ ს პ ო რ ტ ო ნ ა გ ე ბ ო ბ ე ბ ი — საწარმო რაბები, მათი ტიპები და მოწყობილობანი, კონსტრუქციული ნაწილები, კვების სისტემები, კაპერა-თა ტიპები კლდოვან და არაკლდოვან ფუძეებზე, თავების კონსტრუქციების სათანადო გაანგარიშებანი, ვერტიკალური და დახრილი გემთანწყობები, რაბე-ბისა და გემთანწყობების მიმართველი და მისადგომი ნაგებობები სათანადო გაანგარიშებებით, საწარმო არხები და მათზე მოთავსებული ნაგებობანი, აგ-რეთვე ხე-ტყის გამტარი ნაგებობანი (ხე-ტყის ჩასაშვები ღარები, ტრესავალე-ბი, ხე-ტყის გამტარი სპეციალური ერთ—ან მრავალკამერიანი რაბები, ხე-ტყის გადამტვირთავი მექანიკური მოწყობილობანი) დაწერილებით შეისწავლება „შინაგანი წყლისთავალი გზების“ კურსში¹.

ენერგეტიკული ნაგებობები—ჰიდროელექტროსადგურების შენობები, მა-თი ტიპები, კონსტრუქციული ნაწილები, შეთანწყობის საკითხები, მიწისქვეშა ჰესის შენობათა დაპროექტების თავისებურებანი, ჰესის შენობების მდგრადო-ბაზე და სიმტკიცეზე გაანგარიშებები, შეთავსებული ჰესის შენობათა ჰიდრაფ-ლიკა, სადაწნეო აუზები, გამათანაბრებელი რეზერვუარები, ღია და დახურუ-ლი (მიწისქვეშა) სატურბინო წყალსატარები, მათი კონსტრუქციული ტიპები და გაანგარიშებანი, გამანაწილებელი ქვესადგურები და სხვ., შეისწავლება „ჰიდროელექტროსადგურების“ („წყლის ენერჯის გამოყენების“) კურსში².

ზემოაღნიშნულიდან გამოშდინარე, სატრანსპორტო და ენერგეტიკული ნაგებობები წინამდებარე კურსში მხოლოდ სქემატურადაა მოხსენებული, რად-გან მათი დაწერილებითი აღწერა მოცემულია ზემოხსენებულ სპეციალურ კურსებში.

ქვემოთ განხილულია თევზსავალი, თევზდამცავი და წყალმიმღები (წყალ-სადები) ნაგებობანი.

¹ А. В. Михайлов. Внутренние водные пути. Стройиздат, М., 1973.

² ზ. ზ ო ბ ო ხ ი ძ ე. საწარმო გზები და ნავსადგურები. გამომცემლობა „განათლება“, თბი-ლისი, 1972.

³ ფ. ფ. გუბინი დრ. Гидроэлектрические станции. Издат-во „Энергия“, М., 1972.

Д. С. Шавелев и др. Гидроэнергетические установки. „Энергия“, Л., 1972.

И. П. Денисов. Основы использования водной энергии. Издание второе. „Энер-гия“, М., 1974.

ბ. შ ე ნ გ ე ლ ი ა. ჰიდროელექტრული სადგურები, ნაწ. I გამომცემლობა „განათლება“. თბილისი, 1967.

ა. შ ო რ ო ხ ი ვ ი. წყლის ენერჯის გამოყენება, ნაწ. II, გამომცემლობა „განათლება“, თბილისი, 1973.

თევზამბტარი და თევზდამცავი ნაგებობანი

§ 15-1. ზოგადი ცნობები შიგა წყალსატევების იძტიოფაუნისა და მისი ღაცვის ღონისძიებათა შესახებ

ჰიდროტექნიკური მშენებლობის ფართო განვითარებამ მთელი სერიოზულ-ლობით დააყენა საკითხი შიგა წყალსატევებში იქტიოფაუნის ღაცვის (შენარჩუნების) პრობლემის გადაწყვეტის შესახებ. ეს პრობლემა აქტუალურია მსოფლიოს მრავალი ქვეყნისათვის, მათ შორის უფრო მეტად სსრ კავშირის, აშშ-ის, კანადის, შვეციის, ინგლისისა და იაპონიისათვის. უახლოეს ათწლეულებში მდინარეებში იქტიოფაუნის შენარჩუნების პრობლემას წააწყდებიან აფრიკის კონტინენტისა და აზიის ჰიდრომშენებლებიც.

სსრ კავშირში თევზის მეურნეობა სახალხო მეურნეობის მნიშვნელოვან დარგს წარმოადგენს, იგი იძლევა დიდი რაოდენობის ძვირფას საკვებ პროდუქტებს და ნედლეულს მრეწველობისათვის.

ცხოვრების წესის შესაბამისად ერთმანეთისაგან განარჩევენ ზღვის, მტკნარი წყლის (ადგილობრივი), გამსვლელ და ნახევრად გამსვლელ თევზებს.

თევზებს, რომლებიც მთელი სიცოცხლის მანძილზე ცხოვრობენ ზღვაში, (მაგალითად, ვირთევზა, კამბალა, ქაშაყების უმრავლესობა) ზღვისას უწოდებენ.

მტკნარი წყლისაა თევზები, რომლებიც ბინადრობენ მხოლოდ მდინარეთა და ტბების მტკნარ წყალში, მაგალითად, კალმახი, კარჩხანა (გოქა თევზი), ეგრები, პოდუსტი.

გამსვლელი თევზები ბინადრობენ ზღეებში, მაგრამ გამრავლები-სათვის მდინარეთა ზემო წელისაკენ (ქვირითის დასაყრელ ადგილებში) ასო-ბით და ათასობით კილომეტრ მანძილზე მიდიან; ქვირითის დასაყრელად ისინი იყენებენ ქვიან კვლებს, ჩქერებსა და დაულეკვეი ფსკერის სხვა უანებს; გამსვლელს მიეკუთვნება თართის (თართი, სვია, სევრუგა), ორაგულის (ორა-გული, გოჯი, თეთრთევზა), ქაშაყის ჯიშის თევზები, მინოგები და სხვ.

ნახევრად გამსვლელი თევზები ბინადრობენ მდინარეთა შესარ-თავ უბნებში (დიდი მდინარეების დელტებში) და გამტკნარებულ ყურეებში, ხოლო გამოსაზამთრებლად და გასამრავლებლად შედიან მდინარეებში; მათ მიეკუთვნება ფარგა, კობრი, კაპარკინა, ნაფოტა, ტრანი და სხვ.

გამსვლი კიდროტექნიკური მშენებლობის პირობებში საბჭოთა კავშირ-ში ძვირფასი გამსვლელი და ნახევრად გამსვლელი თევზების შენარჩუნების ამოცანა გაცილებით უფრო რთული და დიდია, ვიდრე სხვა ქვეყნებში, რად-გან სსრ კავშირში შიგა წყალსატევების იქტიოფაუნა მნიშვნელოვნად უფრო მდიდარია და მრავალფეროვანია, ვიდრე სხვაგან. მაგალითად, აშშ-სა და კა-ნადის მდინარეებში გამსვლელი თევზებიდან უმთავრესად ორაგულისებრი თევზები ბინადრ-ბს. საბჭოთა კავშირის შიგა წყალსატევებში ორაგულისებრი ჯიშის თევზებთან ერთად სამრეწველო მნიშვნელობა აქვს თართისებრი, ქაშა-ყისებრი და ნახევრად გამსვლელი თევზების მრავალ სხვა სახეობას.

ჰიდროტექნიკური მშენებლობისას ძვირფასი სარეწი თევზის შენარჩუ-ნების პრობლემა ძალზე რთულია და მისი გადაწყვეტა შესაძლებელია ბიო-ლოგიური და საინჟინრო ამოცანების განხორციელებისადმი კომპლექსური მიდგომით. საქმე ისაა, რომ მდინარეთა დარეგულირებისა და წყალსაცავების

კესკადებად მათი გადაქცევის შედეგად გამსვლელი და ნახევრად გამსვლელი თევზების აღწარმოების პირობები მევეთრად იცვლება. გადაიღობება თევზების მიგრაციის გზები ქვირითის დასაყრელი ადგილებისაკენ; მცირდება ბინადრობის არიალები და ქვირითის დასაყრელი ადგილების ფართობი ზედა ბიეფში; პილროლოგიური რეეიმის შეცვლის შედეგად იცვლება ქვედა ბიეფის ტემპერატურული და დონის ცვლებადობის რეეიმები, შრება დელტის განაკადები, იზრდება შესართავი უბნების წყლის მარილიანობა, მცირდება წყალდიდობის ხარჯები და მდინარეთა ქვემო წელი ნახევრად გამსვლელი თევზების ქვირითის დასაყრელი ადგილები სრულად ველარ ვაწყლიერდება.

აღნიშნული ფაქტორები უკვე ახდენენ უარყოფით ზემოქმედებას თართის, ბალტიური ორაგულის, გოჯის, ნაფოტას და ზოგი სხვა ჯიშის თევზის აღწარმოებაზე კასპიის, აზოვის, შავი და ბალტიის ზღვების აუზებში. ყოველივე ეს ლაპარაკობს პილროტექნიკური მშენებლობის პირობებში თევზის მარაგის შესანარჩუნებლად სპეციალურ სამეთევზეო-მელიორაციულ ღონისძიებათა კომპლექსის განხორციელების აუცილებლობაზე. ამ კომპლექსში თევზსაშენ ქარხნებში და ქვირითსაყრელ საზრდელ მეურნეობებში თევზის მოშენებასთან ერთად შედის ის ღონისძიებანიც, რომლებიც ითვალისწინებენ თევზის ბუნებრივი აღწარმოების შენარჩუნებას გარკვეულ ღონეზე.

ბუნებრივი აღწარმოების მასშტაბები სხვადასხვანაირია და დამოკიდებულია მდინარის (ზღვის) აუზის თავისებურებებზე, მოცემული სახეობის ქარხნული მოშენების ეფექტიანობაზე, შენარჩუნებული ბუნებრივი საქვირითე ადგილების ფართობზე, ქვირითის დასაყრელად საჭირო პირობებზე და ა. შ. ზოგიერთი თევზისათვის (მაგალითად, თართული ჯიშისათვის) მხოლოდ ბუნებრივი აღწარმოება იძლევა საშუალებას შენარჩუნებულ იქნეს ქვირითის დაყრის პოპულაციის სხვადასხვა ასაკობრივი სტრუქტურა, რაც საჭიროა მათი აღწარმოებისათვის. ატლანტისა და ბალტიის ზღვების ორაგულებისათვის, რომელთაც აქვთ ქვირითის დაყრის მარტივი პოპულაცია, თეორიულად შესაძლებელია ბუნებრივი აღწარმოების სრული შეცვლა ხელოვნური გამრავლებით. მაგრამ არც მათთვის იხსნება დღის წესრიგიდან ბუნებრივი საქვირითე ადგილების შენარჩუნების საკითხი.

შვედური ორაგულის ქარხნების მუშაობის გამოცდილებამ გვიჩვენა, რომ ქვირითის დაყრის ადგილიდან ქარხნული ლიფსიტების სარეწაო დაბრუნება და, მაშასადამე, თევზსაშენი ქარხნის ეფექტიანობა უშუალოდაა დამოკიდებული გამოზრდის ბიოტექნიკაზე, საკვების ხარისხსა და წყალსაცავში გასაშვები თევზის ასაკზე და შეიძლება მერყეობდეს ძალიან ფართო საზღვრებში (10-დან 40% მდე).

ამჟამად იმის გამო, რომ არა გვაქვს სრულფასოვანი საკვები და საჭირო გამოსაზრდელი ბაზები, კოლის ნახევარკუნძულის თევზსაშენი ქარხნიებიდან გამოსვებული გოჯის ლიფსიტების სარეწაო დაბრუნება დიდალია შვედურ ქარხნებთან შედარებით.

ნახევრად გამსვლელი თევზების—ნაფოტას, კაპარკინას, ფარგას და სხვა სახეობის თევზების აღწარმოება პრაქტიკულად მთლიანად ბუნებრივი ქვირითის დაყრის ხარჯზე იზრდება, ამიტომ ამ თევზების ლიფსიტების სასრეწელო გამოზრდა ქვირითსაყრელ-გამოსაზრდელ მეურნეობებში ამჟამად არაა ძირითადი ამოცანა, თუმცა შემდგომში ამ მეურნეობათა მნიშვნელობა უთუოდ გაიზრდება.

ამგვარად, მდინარეთა დონის რეგულირების პირობებში თევზის მარაგის ბუნებრივი აღწარმოების პრობლემა კვლავინდებურად აქტუალურია. ამ პრობლემების უმნიშვნელოვანესი ნაწილია ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა გავლით თევზის გატარების უზრუნველყოფა, ე. ო. თევზგამტარ და თევზდამცავ ნაგებობათა მშენებლობა.

თევზგამტარ ნაგებობათა დანიშნულებაა გამსვლელი, ნახევრად გამსვლელი, ხოლო ზოგ შემთხვევაში ადგილობრივი თევზის გატარება ჰიდროკვანძის ქვედა ბიეჟიდან ზედა ბიეჟში მათი ბუნებრივი აღწარმოების რეგულირებისა და სათანადო დონეზე შესანარჩუნებლად. ამ ამოცანის გადაწყვეტა ხდება გასატარებელ მწარმოებლებზე, მათ რაოდენობაზე, სახეობასა და ხარისხობრივ შემადგენლობაზე კონკრეტული დანიშნულებით.

ძვირფასი სარჩევი თევზის მარაგის შესანარჩუნებლად თევზგამტარ ნაგებობებთან ერთად დიდი მნიშვნელობა აქვს თევზდამცავ და თევზმიმართველ მოწყობილობებს. თევზდამცავ ნაგებობათა დანიშნულებაა თევზის დაცვა საშიშ ზონებში მოხვედრისაგან, ამ უკანასკნელს მიეკუთვნება ჰესის წყალსაგდები კაშხალის, სხვადასხვა წყალმიმღებ ნაგებობათა ზონები და ირიგაციული არხები. თევზმიმართველი ნაგებობანი გამაოიყენება თევზგამტარი ნაგებობების შესასვლელისაგან თევზის მიმართულების მისაცემად.

§15-2. თევზგამტარ ნაგებობათა დაპროექტირების საფუძვლად

ჰიდროკვანძების მშენებლობის თანამედროვე გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ მნიშვნელოვნად გაფართოვდა საშუალებები ეფექტურ თევზგამტარ მოწყობილობათა შესაქმნელად. მათ უკვე განიხილავენ როგორც ძირითადს, რომლებიც მნიშვნელოვან გავლენის ახდენენ ჰიდროკვანძის გასწორის არჩევაზე და მის ნაგებობათა შედგენილობაზე.

ამჟამად მსოფლიოში აშენებულია თევზგამტარ ნაგებობათა მნიშვნელოვანი რაოდენობა. აშშ-ში და კანადაში 200-ზე მეტი სხვადასხვა თევზგამტარი ნაგებობაა აშენებული, მათ შორის დაახლოებით 30 თევზსაავალი აგებულია ქვირითის დასაყრდელი ადგილებისაგან თევზის მოძრაობის გზაზე არსებულ ბუნებრივ დაბრკოლებათა შემოსაღვლელად. ექსპლუატაციაშია თევზამწეების თანამედროვე კონსტრუქციები იაპონიაში და შოტლანდიაში. დაახლოებით 100 სხვადასხვა ტიპის თევზსაავალი აგებულია დასავლეთ ევროპაში—გურ-ში, ავსტრიაში, შვეიცარიაში, ნორვეგიაში, პოლონეთში, უნგრეთსა და ფინეთში.

საბჭოთა კავშირში აშენებულია 15 თევზგამტარი ნაგებობა. არსებული საპი თევზამწიდან დამაკმაყოფილებლად მუშაობს მხოლოდ ვოლგოგრადისა. ციმლიანსკის თევზამწით გადის მხოლოდ ნახევრად გამსვლელი თევზები. ზედა ტულომის ჰიდროკვანძის თევზგამტარ ნაგებობაში (ასევე საქართველოში ზაჰესის ჰიდროკვანძის თევზსაავალში) თევზი საერთოდ არ გადის. სკკ XXII ყრილობის სახელობის ვოლკის ჰესის თევზამწეში, ჰიდროკვანძის ქვედა ბიეჟში მოგროვილი თარითის ჯიშის 200—700 ათასამდე თევზიდან მიიზიდება და ზედა ბიეჟში გადის მხოლოდ 27—65 ათასამდე თევზი. არსებული თევზსაავალებიდან მხოლოდ ერთი (ქვედა ტულომის ჰიდროკვანძში) მუშაობს დამაკმაყოფილებლად. მიუხედავად იმისა, რომ ამ თევზსაავალში გადის მხოლოდ ნაწილი ჰიდროკვანძთან მისული გოჯისა, თევზსაავლის მუშაობის მთელ პერიოდში მისი მარაგი 2-ჯერ და უფრო მეტად გაიზარდა.

საზღვარგარეთის ქვეყნებშიც გამოცდილებაც იმის შესახებ მიუთითებს,

რომ ზოგ შემთხვევაში ჰიდროკვანძების (რომელთა შედგენილობაში მოქმედო თევზგამტარი ნაგებობანია) აშენების შემდეგ შეინიშნება თევზის ქარავენის შენარჩუნება და ერთგვარი მატებაც. მაგალითად, მდ. კოლუბიზზე (აშშ) ბონევილის ჰიდროკვანძის აშენების შემდეგ ნერკის ქარავენი გაიზარდა 130 ათასიდან 190 ათასამდე.

მიუხედავად ამისა, თევზგამტარ ნაგებობათა უმრავლესობა ჯერ-ჯერობით ნაკლებეფექტურია. თევზგამტარ ნაგებობათა არადაშეაყოფილებელი მუშაობის ძირითადი მიზეზებია: მათი მშენებლობის ბიოლოგიური დასაბუთების სისუსტე, დაპროექტებისათვის საჭირო კონკრეტული საწყისი მონაცემების უკმარისობა და, ამის შედეგად, თევზის მიზიდვისა და ვატარების პირობებისათვის შესაბამის ტექნოლოგიური სქემა.

დაპროექტების გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ ამჟამად ინჟინრებს შეუძლიათ დააპროექტონ და ააშენონ თევზგამტარი ნაგებობის ნებისმიერი კონსტრუქცია, რომელიც დააქმყოფილებს ყველა იმ ტექნოლოგიურ მოთხოვნას, რომელსაც მას ბიოლოგები უყენებენ. მაგრამ ჯერჯერობით ბიოლოგებს არ შეუძლიათ შვაფიოდ ჩამოაყალიბონ ეს მოთხოვნები, რადგან ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ზონაში თევზის ქცივის გამოკვლევები მხოლოდ უკანასკნელ წლებში განვითარდა.

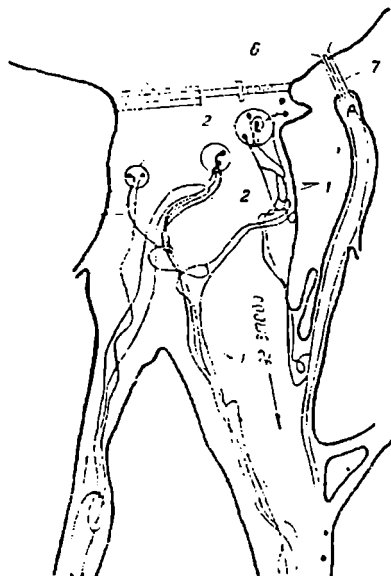
უკანასკნელი წლების გამოკვლევებში ფრიად მნიშვნელოვანი ვახდა დისტანციური დაკვირვებანი თევზების მიგრაციაზე. ამ დაკვირვებათა ძირითადი ხერხებია ვიზუალური დაკვირვებანი აკვლანგისტების, ბატისკაფების, ტელეხედვის, ჰიდროლოკაციის მეშვეობით და თევზების მონიშვნა მექანიკური, ქიმიური ან ელექტრონული ნაჭდეებით, რომელთა საშუალებით ხდება მათი გზის ფიქსირება ხანგრძლივი დროის განმავლობაში.

განსაკუთრებით საინტერესოა ულტრაბგერით ჩატარებული დაკვირვებანი ნაჭდევ-გადამცემების მეშვეობით, რომლებიც საშუალებას იძლევიან წყლის სიმღვრივისა და სხვა ფაქტორებისაგან დამოუკიდებლად კვალდაკვალ მივყუეთ თევზების მოძრაობას ბუნებრივ პირობებში. ამ გამოკვლევებისათვის საჭირო მეთოდია და აპარატურა ჩვენს ქვეყანაში დამუშავებულია სსრ კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის შიგა წყლების ბიოლოგიის ინსტიტუტის მიერ. ნაჭდევ-გადამცემების აყენებენ თევზებზე, რომელთაც ადაპტაციის პერიოდის შემდეგ უშვებენ წყალში. გადამცემთა სიგნალების რეგისტრაცია ხდება სპეციალური აპარატურის მეშვეობით, რომლებიც დადგმულია თევზებისაგან მნიშვნელოვნად დაშორებულ და მათ კვალდაკვალ მიმყოლ კატერზე. ასეთი მეთოდია საშუალებას იძლევა დავაფიქსიროთ მდინარეში თევზების მოძრაობის სიჩქარე და ტრასები, აგრეთვე ჰიდროკვანძთან შწარმოებელი თევზების კონცენტრაციის ადგილები. ეს მონაცემები საფუძვლად ედება ჰიდროკვანძში თევზგამტარ ნაგებობათა ადგილმდებარეობის, მათი რაოდენობისა და ექსპლუატაციის რეჟიმის არჩევის საკითხების გადაწყვეტას.

თევზების ორიენტაციის ერთ-ერთ ძირითად ხერხად მიჩნეულია ორიენტაცია ნაკადის მიხედვით. ამასთან დაკავშირებით თევზგამტარ ნაგებობათა დაპროექტებისას დიდი ყურადღება უნდა მიექცეს ჰიდროკვანძის ქვედა ბიფში ნაკადის ფორმირების საკითხებს. ლაბორატორიული და ნატურული გამოკვლევებით უნდა დადგინდეს ჰესის შენობიდან და წყალსაგდებებიდან გამოსული ნაკადის თევზსაგროვებლიდან გამოსულ ნაკადთან შეუღლების ისეთი რეჟიმი, რომელიც უზრუნველყოფს თევზების მიზიდვას თევზგამტარ ნაგებობაში.

ფრიად საყურადღებო და პერსპექტიულია თევზგამტარ ნაგებობათა გამოკვლევის ახალი მეთოდიკა, რომელიც ეფუძნება ამ ნაგებობათა ჰიდროავლიკურ მოდელებზე გამოკვლევებს „მოდელური“ თევზების გამოყენებით. ცდები-სათვის იყენებენ პატარა თევზებს, რომლებსაც აქვთ წყლის ნაქადში ორიენ-ტაციის იგივე თავისებურებანი, რაც მწარმოებელ თევზებს, რომლებისთვისაც აგებენ გამოსაკვლევ თევზგამტარ ნაგებობას.

უკანასკნელ წლებში ნატურული გამოკვლევები ინტენსიურად ტარდება ექსპლუატაციაში არსებულ თევზგამტარ ნაგებობებზე; ასეთი გამოკვლევებით შეისწავლება როგორც თევზის ქცევა ჰიდროკვანძის ქვედა ბიეფში, ისე თევზ-



ნახ. 15-1. ვოლგის XXII ყრილობის სახელობის ჰიდროელექტროსადგურის ქვედა ბიეფში თარ-თის ყაშის თევზების მოძრაობის ტრასები და კონცენტრაციის ადგილები:

- 1—მონიშნული თევზების მოძრაობის ტრასები;
- 2—მონიშნული თევზების კონცენტრაციის ადგი-ლები; 3—მიწის კაშხალი; 4—წყალსაშუები კაშხა-ლი; 5—თევზამწე; 6—ქვის შენობა; 7—რაბი.

გამტარ ნაგებობათა მუშაობა, რიგ ჰიდროკვანძებზე გამოკვლევები ჩატარდა ულტრაბგერითი ნიშან-გადასცემების მეშვეობით, რომ-ლებმაც უზრუნველყო სრულფა-სოვანი შედეგების მიღება. მაგა-ლითად, სკკპ XXII ყრილობის სახელობის ვოლგის ჰიდროე-ლექტროსადგურზე ჩატარებული გამოკვლევებით დადგინდა, რომ თართის კონცენტრაცია ხდება ჰიდროკვანძის ქვედა ბიეფის სამ სხვადასხვა უბანზე (ნახ. 15-1), მაშასადამე, უფრო მიზანშეწონი-ლი იქნებოდა მწარმოებელი თევ-ზის გასატარებლად ამ ჰიდრო-კვანძში გაეთვალისწინებათ არა ერთი, არამედ ორი ან სამი თევზ-გამტარი ნაგებობა.

ტელემეტრული გამოკვლე-ვებით თბიექტურად განისაზღვ-რება თევზგამტარ ნაგებობათა მუშაობის ეფექტიანობა, დგინდე-ბა სწორადაა შერჩეული თუ არა მათი ადგილმდებარეობა. გარდა ამისა, შეიძლება შეკრებილ იქნეს ცნობები თევზის ცალკეულ სახე-ობათა დღელამური და სეზონუ-რი მოძრაობის რიტმის შესახებ.

ყველა ამ გამოკვლევითა კომპლექსის შემდგომი განვითარება ხელს შეუწყობს თევზგამტარ ნაგებობა-თა დაპროექტების მეცნიერული საფუძვლების დამუშავებას, რაც არსები-თად შეამძირებს ამ ნაგებობათა ღირებულებას და გაადიდებს მათ ეფექტია-ნობას.

§15-3. თევზსაპალატი

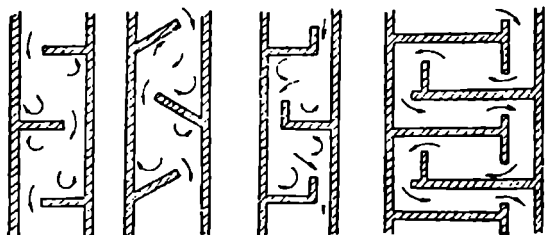
ქველა ბიეფიდან ზედა ბიეფში თევზის გადაადგილების წესის მიხედვით თევზგამტარი ნაგებობანი იყოფა ორ ძირითად ჯგუფად. პირველი ჯგუფის

ნაგებობებში თევზები თვითონ გადაადგილდებიან ნაგებობის მთელ სიგრძეზე, ხოლო მეორე ჯგუფის ნაგებობებში—რაბვით ან ტრანსპორტირებით, რომელიც ხორციელდება საპიციალური კონტეინერებით ან სხვა მოწყობილობებით.

პირველი ჯგუფის თევზგამტარებს მიეკუთვნება ლარული, გუბურებიანი და საფეხურებიანი თევზსაველები, ხოლო მეორე ჯგუფის - ჰიდრაულიკური და მექანიკური თევზამწეები, თევზგამტარი რაბები და მობილური დანადგარები თევზის დასაგროვებლად და ტრანსპორტირებისათვის.

თევზსაველები ძირითადად ლარები ან მცირე ზომის არხებია, რომლებმაც წყალი ზემო ბიფიდიდან ქვემო ბიფისაკენ მიედინება, ხოლო ძველი მიემართება შებრუნებული მიმართულებით. იმისათვის, რომ თევზმა გადალახოს შემხვედრი დინება, დინების სიჩქარეს ლარში ნაშნავენ გარკვეულ საზღვრებში, ცუდების მონაცემების მიხედვით ეს სიჩქარეები სხვადასხვაა და აიღება სათანადო ცხრილიდან თევზსაველში მოძრავი თევზის ჯაშის შესაბამისად. როდესაც თევზსაველში მოძრაობს კობრი, კაპარკინა, ქორკილა, ქანარი, ჩიქვი, ნაფოტა, მაშინ წყლის მოძრაობის სიჩქარეს აიღებენ მინიმალურს—0,6-დან 1,2 მ/წმ მდე, ხოლო როდესაც მასში მოუარაობს ორაგული, კალძახი, ქარიყლაპია და ა. შ., მაქსიმალურს—2,3-დან 3,5 მ/წმ-მდე.

დინების სიჩქარეთა დანიშვნის დროს გათვალისწინებული უნდა იქნეს აგრეთვე თევზის ასვლის საერთო სიმაღლე და სამიგრაციო გზის სიშორე ე. ი. თევზის მოქანცულობა. რაც უფრო გრძელია ეს გზა და დიდია მდინა-



ნახ. 15-2. ლარული თევზსაველები არასრული განივი ტიპისაა.

რის დინების სიჩქარეები, მით უფრო იქანცება თევზი და მით უფრო მცირე სიჩქარეების გადალახვა შეუძლია მას თევზსაველში და მის მისასვლელებთან.

ლარული ტიპის თევზსაველები. ამ ტიპის თევზსაველები უმარტივესი ნაგებობანია, რომელთაც აწყობენ მცირე სიმაღლის ზღურბლებზე (საგუბრებზე) თევზის გასატარებლად. კონსტრუქციულად ლარული თევზსაველები შეიძლება იყოს თავისუფალი, არასრული ტიხარებითა და გადიდებული სიშქისით.

თავისუფალ ლარულ თევზსაველებს აქვთ გლუვი ფსკერი და კედლები და არსებითად წარმოადგენენ სწრაფდენებს არაუმეტეს 0,05 ქანობით. თავისუფალ თევზსაველებს იყენებენ ძალიან იშვიათად და ისიც მხოლოდ პატარა ჰიდროკვანძებში, რომელთა დაწინება არ აღემატება 2—3 მს.

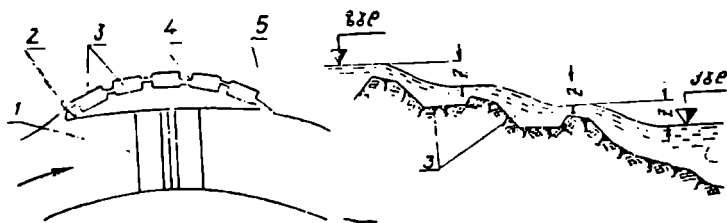
არასრულ განივტიხარებთან და დიდ თევზსაველებს აწყობენ მოქარაობის გზის სიგრძის გასაზრდელად ან წყლის დინების სიჩქარეთა შესამციკებლად (ნახ. 15-2). დღეისათვის ასეთი თევზსაველები აშენებუ-

ლია 2—27 მ-მდე გადასალახავი დაწნევისათვის; მათი ხარჯი შეადგენს 0,1—0,65 მ³/წმ, სიჩქარე ტიხრის გასასვლელ ნაწილში—0,8—2,0 მ/წმ. არსებული ცნობების მიხედვით ამ ტიპის თევზსავალებიდან უმრავლესობა დამაკმაყოფილებლად მუშაობს, მაგრამ მათი ნაკლოვანი მხარეა გზის ზიგზაგისებურება და წყლის მორევის ზონების წარმოშობა განივ და გრძივ ტიხრებს შორის კუთხეებში, რაც იწვევს ნაგებობაში გაძავალი თევზის დაზიანებას.

ლარული თევზსავალები გადიდებული სიმაქისით ჩვეულებრივი ლარებია (სწრაფდენები), რომელთა ფსკერზე და კედლებზე მოწყობილია ზღურბლები ან ძელები. ასეთ თევზსავალებში დასაშვებია 1:10-დან 1:1,7-მდე ქანობები, ხოლო დაწნევები—5—7 მ-მდე; საშუალო სიჩქარე არ აღემატება 2—2,5 მ/წმ.

სსრ კავშირში ვოლხოვის, ალექსანდროვსკის (მდ. სამხ. ბუგზე), ზაქესისა და სხვა ჰიდროკვანძებში აგებულ ლარული ტიპის თევზსავალებს ხელოვნური სიმაქისით არ მოაქვლია დადებითი რეზულტატები. როგორც ჩანს, ეს აიხსნება იმით, რომ ასეთ ლარებში წარმოიქმნება უწესრიგო გრივალური დინება, რომელიც ცუდად მოქმედებს თევზზე ლარში მოძრაობისას.

გუბურებიანი თევზსავალები. ასეთ თევზსავალებს მეტწილად აწყობენ ნაპირების ბუნებრივ გრუნტში კაშხალის ან სხვა სახის ზღუდის (ვარდნილის, ზღურბლის) შემოვლით შესაფერისი ტოპოგრაფიული და გეო-



ნახ. 15-3. გუბურებიანი თევზსავალის სქემა:

- 1—კაშხალი ან ჩანჩქერი; 2—საკეტიანი გამოსასვლელი სათავისი; 3—თევზსავალის გუბურები; 4—შემავრთებელი არხები; 5—თევზსავალის შესართავი (შესავალი).

ლოგიური პირობების შემთხვევაში. ისინი წარმოადგენენ გუბურების რიგს, რომლებიც ერთმანეთთან შეერთებულია მოკლე არხებით ან ლარებით (ნახ. 15—3).

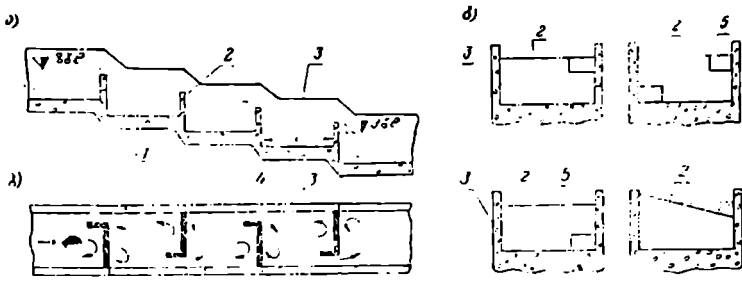
ამ ტიპის თევზსავალებში გადასალახავი დაწნევა უდრის 3—22 მ-ს, გუბურების რიცივი—7—14, წყლის დონეთა სხვაობა გუბურებს შორის—0,4—1,6 მ-ს, წყლის სიღრმე შემაუღლებელ არხებში—0,6—0,75 მ-ს, გუბურების სიგრძე 3—5 მ-ს, მათი სიღრმე 1,5—1,7 მ-ს.

კლდეში გამოკვეთილი ან გრუნტში ამოთხრილი და ქვით მოკირწყლული ასეთი თევზსავალები მოგვაგონებს მთის ბუნებრივ ლელებს, რომლებიც წარმატებით გამოიყენება ორაგულისა და კალმახის გასატარებლად მთის მდინარეებზე მოწყობილ ჰიდროკვანძებში.

საფეხურებიანი თევზსავალები. ასეთი ტიპის თევზსავალები განივტიხრებიანი საფეხუროვანი ლარებია, რომლებიც ქმნიან აუზების მიმდევრობით რიგს (ნახ. 15-4). თევზის გასავლელად ტიხრებში აწყობენ ე. წ. გასაქურ ხერტებს, რომელთაც რიგრიგობით განალაგებენ ლარის ხან ერთ,

ხან მეორე გვერდით კედელთან. თევზის მოძრაობის ხასიათის მიხედვით ხერცტებს ფსკერულს (თართის ჯიშის თევზებისათვის) ან ზედაპირულს აქეთებენ (ქაშაყებისათვის და სხვ.). როგორც ვართი, ისე მეორე ჯიშის თევზების გასატარებლად ტიხრებში აწყობენ ორივე დანიშნულების ხერცტებს ტიხრის სივანის სხვადასხვა მხარეს. გვერდითი დარტყმებისაგან თევზის დასაცავად გასასვლელ ხერცტებს ზედა მხრიდან უწყობენ მოკლე დამცავ ფარებს.

დაკვირვებათა მონაცემების თანახმად, საფეხურებიანი თევზსავალების უმრავლესობა მუშაობს შედარებით უკეთესად, ამიტომაც პოვეს მათ უპირა-



ნახ. 15-4. საფეხურებიანი თევზსავალის სქემა:

- ა—გრძივი კრილი; ბ—გვეგვი; გ—ხერცტების განლაგება; 1—აუზები; 2—განვი ტიხრები; 3—გრძივი კედლები; 4—დამცევა ფარები; 5—გასაცხრი ხერცტები.

ტისობა პილორუმენებლობაში. ამ ტიპის თევზსავალების ვადასალაზავი დაწნევა არ აღემატება 15 მ-ს.

აუზებისა და გასასვლელი ხერცტების ძირითად ზომებს იღებენ თევზის სიდიდის მიხედვით. ამ თვალსაზრისით ყურადღებას იმსახურებს გ. ხარჩევის¹ და ა. ანტონიკოვის² რეკომენდაციები.

თუ საფეხურებიანი თევზსავალის აწევის სიმაღლე 5 მ-ს აღემატება, მაშინ აღნიშნული რეკომენდაციების მიხედვით იგი უნდა დაიყოს 2,5—3,5 მ აწევის სიმაღლის მარშბად, ამასთანავე მათ შორის უნდა მოეწყოს თევზის დასასვენებელი აუზები, რომელთა ზომა 1,5—2-ჯერაა ვადიდებული ჩვეულებრივთან შედარებით. ასეთ აუზებს აწყობენ აგრეთვე თევზსავალის ტრასის მოხვეულებში.

ბუნებრივ პირობებთან დასამსგავსებლად აუზების ფსკერზე ყრთან კენკებს და ზედ ალაგებენ მსხვილ ქვებს.

საფეხურებიანი თევზსავალის აუზებისათვის რეკომენდებულია შემდეგი ზომები: სივანე დიდ მდინარებზე 3—3,5 მ და პატარაზე—1,2—1,5 მ. ტიხრებს შორის მანძილი 2—2,5 მ, წყლის სიღრმე დიდ მდინარეზე 1,5—1,75 მ და 1,2—1,5 მ—პატარაზე. თართისა და ორაგულის ჯიშის თევზებისათვის ოპტიმალურ სიქარეებად მიჩნეულია 1,2—1,5 მ/წმ, რაც სექციებს შორის 0,3—0,5 მ ვარდნილს შეესაბამება, ხოლო ისეთი თევზებისათვის, როგორც-

¹ Г. К. Харчев. Рыбпропускные сооружения. Строймат, 1940.
² А. Ф. Автошкинов. Гидростроительство и вопросы рыбпропускных сооружений. „Гидротехническое строительство“, №3, 1964.

ცაა ფარგა, რიბეცი, ქაშაყი—0,7—0,9 მ/წმ, რაც 0,15—0,25 მ ვარდნილის შესაბამისია.

თევზსავალის ნორმალური მუშაობის უზრუნველსაყოფად დიდი მნიშვნელობა აქვს წყლით მის სწორად კვებას. როდესაც ზედა ბიეფის დონე მუდმივია. ძნელი არაა თევზსავალის წყლით მომარაგება და მისგან თევზის გამოშვება, მაგრამ დონის მერყეობის პირობებში თევზსავალის ნორმალური მუშაობისათვის საკუთარა გათვალისწინებული იქნეს სპეციალური მოწყობილობანი (ზედა ბიეფში, თევზსავალის გაგრძელებაზე, დამატებითი საფეხურების—აუზების, რკინაბეტონის კოშკის ან სპეციალური რეგულატორის მოწყობა და სხვ.).

§18-4. თევზსავალი რაბიზი. თევზამწევი და სხვა თევზმამბარი ნაგებობანი

ზემოთ განხილული პირველი ჯგუფის თევზამტარი ნაგებობები—ლარული, გუბურებიანი და საფეხუროვანი თევზსავალები, არაა პერსპექტიული თევზამტარი ნაგებობანი იმ ჰიდროკვანძებისათვის, რომელთა წმენბლობა გათვალისწინებულია ვაკის დიდ მდინარეებზე, რადგან ზოგიერთი ჯიშის თევზისათვის შეუძლებელია ასეთ ნაგებობებში გადაადგილება, ან ასეთი ნაგებობანი უარყოფით გავლენას ახდენს მათ გამრავლების უნარიანობაზე. მაგალითად, აღნიშნული ნაგებობებიდან საფეხუროვანი თევზსავალები გამოიყენება მხოლოდ ორაგულის გასატარებლად.

პირველი ჯგუფის თევზამტარი ნაგებობებთან შედარებით უპირატესობით სარგებლობს მეორე ჯგუფის ნაგებობანი, რადგან მათში დაწნევის გადალახვა არაა დაკავშირებული თევზ-მიგრანტების საკუთარი ენერჯის დახარჯვასთან. მეორე ჯგუფის თევზამტარი ნაგებობებს მიეკუთვნებიან ჰიდრაულიკური და მექანიკური თევზაწევი, თევზამტარი რაბიზი და მობილური დანადგარები თევზის მოსაგროვებლად და ტრანსპორტირებისათვის.

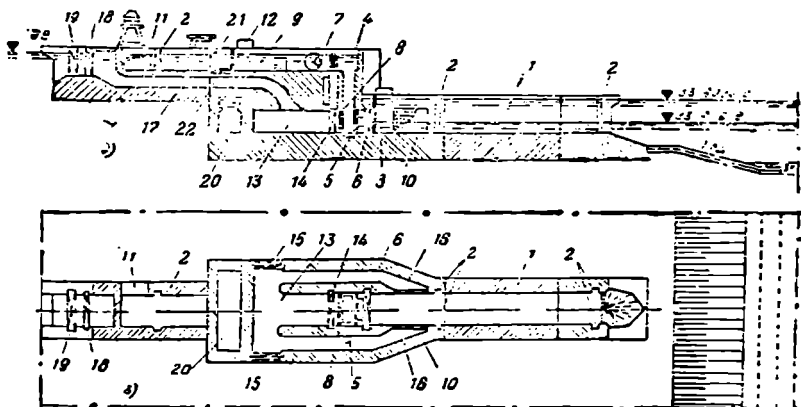
მეორე ჯგუფის ყოველი ნაგებობა შედგება ოთხი ძირითადი ელემენტი-საგან—ქვედა ბიეფში მოთავსებული თევზსაგროვებლის, ზედა ბიეფში მოთავსებული ლარის (ზედა ლარის), მუშა კამერისა და კვების ბლოკისაგან. თევზსაგროვებელი (მარტყუნთხაკვეთიანი გრძივი ლარი) ეწყობა იპისათვის, რათა დააგროვოს და ამყოფოს თევზი ნაგებობაში მათი მიზიდვის მთელ პერიოდში. მუშა კამერაში ხორციელდება დაგროვებული თევზის გადაყვანა ქვედა ბიეფიდან ზედა ბიეფში. ზედა ლარის დანიშნულებაა მუშა კამერიდან თევზის გაყვანა წყალსაცავში, კვების ბლოკი წყალს აწვდის თევზსაგროვებელს თევზის მისაზიდავად. მისი კონსტრუქციები სხვადასხვაგვარია, დაწყებული უქმი წყალსაგლებიდან, დამთავრებული ევექტორების სისტემის გამოყენებით.

ჰიდრაულიკური თევზაწევის მუშა კამერები კეთდება ვერტიკალური ან დახრილი შახტის ფორმისა, რომელშიც ხდება დანაგროვები თევზის რაბეა.

ჰიდრაულიკური თევზაწევიდან მუშა ბის ტექნოლოგიური სქემით გათვალისწინებულა, რომ თევზსაგროვებელში თევზის წინადა და თავის ზოყრა ხდება წინააღმდეგ, რომელიც ხასში კვების ბლოკიდან წყლის მიწოდებით იქმნება. მიზიდვის პერიოდის დასასრულს თავმოყრულ თევზს აიძულებენ შევიდეს მუშა კამერაში. იაულებს ხდება წყლის ნაკადითა და სპეციალური მაძლებელი ნოწყობილობით, რომელიც თავისი ბადით გადალობავს თევზსაგროვებლის მთელ კვეთს და მოძრაობს მის გასწვრივ მუშა კამერის წინართუ-

ლებით. შემდეგ წარმოებს მუშა კამერაში თავმოყრილი თევზის რაზვა. როდესაც მუშა კამერაში წყლის დონე ნიაღვრეს ზედა ბიეფის დონეს, თევზს უშვებენ გამოსასვლელ ღარში. ამისათვისაც, ცხადია, გამოიყენება მაძლუნებელი მოწყობილობა (ნახ. 15-5).

ასეთი ტექნოლოგიური სქემით მომუშავე თევზამტარი ნაგებობანი შეიძლება რეკომენდებულ იქნეს საშუალოდაწინეიანი ჰიდროკვანძებისათვის ვაკის დიდ მდინარეებზე თევზის სხედასხვა სახეობის ნწარმოებელთა გასატარებლად. სსრ კავშირში აშენებულია ორი ჰიდროელექტრო თევზანწე—XXII ყრილობის სახელობის ვოლგის ჰეს-ზე და ცინლიანსკის ჰიდროკვანძში.



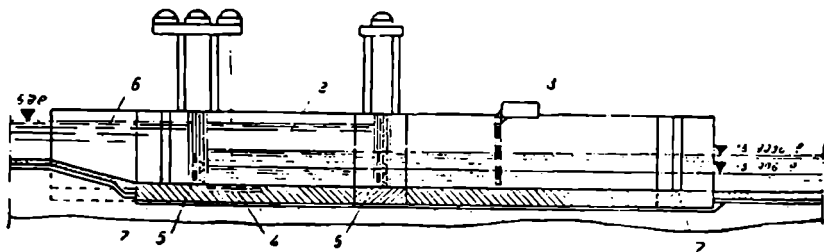
ნახ. 15-5. ჰიდროელექტრო თევზანწე:

ა—კრილი; ბ—გეშა; 1—თევზსაგროველი; 2—სარემონტო საკეტის კილი; 3—თევზსაგროვლის მაძლუნებელი მოწყობილობა; 4—მუშა კამერა; 5—მუშა კამერის მაძლუნებელი მოწყობილობა; 6—თევზსმუვიანი მოწყობილობის მუშა საკეტი; 7—ზედა ღარის მუშა საკეტი; 8—სტაციონარული თევზამტარი ვისისი; 9—ზედა გამოსვლილი ღარი; 10—მამულელი გალერის თევზამტარი ვისისი; 11—გამოსატარაი ხერეტი; 12—ზედა ღარის მაძლუნებელი მოწყობილობა; 13—კვების ბლოკი; 14—კვების ბლოკის მუშა საკეტი; 15—წყალმინების სარემონტო ზღუდე; 16—კვების ბლოკის მამულელი გალერები; 17—უქმი წყალსაგდების გალერები; 18—უქმი წყალსაგდების გალერის მუშა საკეტი; 19—სააერო-უქმი წყალსაგდების გალერის სარემონტო საკეტი; 20—ბლუების სათესი; 21—მისამბრუნებელი საკეტი; 22—ექტიოლოგიური მოედანი.

იგივე ტექნოლოგიური სქემა შენარჩუნებულია თევზამტარი რაბებშიც (ნახ. 15-6), რომლებიც შეიძლება ასაშენებლად რეკომენდებულ იქნენ დაბალდაწინეიანი ჰიდროკვანძებში. კონსტრუქციული თვალსაზრისით თევზამტარი რაბები ჰიდროელექტრო თევზანწეებისაგან განსხვავდება მუშა კამერის ფორმით, რომელიც ამ შემთხვევაში კეთდება სანაოსნო რაბის კამერის მაგვარად. თევზამტარი რაბების თანამედროვე კონსტრუქციებში მუშა კამერა ასრულებს კვების ბლოკის ფუნქციებსაც. ამ მიზნით მის მუშა საკეტებში იწყობა ფარსახურიანი ხერეტები. ასეთი ტიპის თევზამტარი რაბი აგებულია მდ. დონზე კოჩეტკოვსკის ჰიდროკვანძში, აგებენ ვოლგის დელტაში მშენებარე წყალგამყოფში, მისი აშენება გათვალისწინებულია ფეოდოროვსკის ჰიდროკვანძში მდ. ყუბანზე. ტახიატაშის ჰიდროკვანძში მდ. ამულარიაზე აშენებენ უფრო მარტივ

ვი კონსტრუქციის თევზამტარი რაბს, რომელშიც ერთმანეთთანაა შეთავსებული თევზსაგროვებელი და მუშა კამერა.

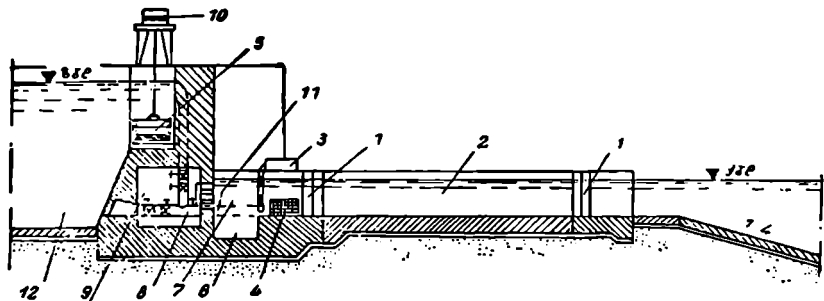
შექანიკური თევზამწე (ნახ. 15-7) რამდენიმე განსხვავდება ჰიდრაულიკურისაგან. ძირითადად განსხვავება თევზსაგროვებელში თავმოყრილი თევზის ქვემო ბიეფიდან ზენო ბიეფში გადაყვანის ხერხში მდგომარეობს. შექანიკურ თევზამწეებში თევზების გადაყვანა ხდება წყლით შევსებული სპეციალუ-



ნახ. 15-6. თევზამტარი რაბი:

1—თევზსაგროვებელი; 2—მუშა კამერა; 3—წიბლზედელი წოწყობილობა; 4—იქტოლოგიური შოკლანი; 5—მუშა საყვები კლინკიტური ხერტი; 6—ზედა გამოსავალი ღარი; 7—სარემონტო ზღუდის კილო.

რი სატყეებით—კონტინერებით. 1969 წელს დამთავრდა ასეთი თევზამწის მშენებლობა სარატოვის ქვს-ზე. ამ თევზამწის ექსპლუატაციის გამოცილილება საშუალებას მისცემს დამპროექტებლებს იმსჯელონ შექანიკური თევზამწეების



ნახ. 15-7. შექანიკური თევზამწე:

1—სარემონტო ზღუდის კილო; 2—თევზსაგროვებელი; 3—ღებველი წოწყობილობა; 4—კვების ბლოკის მომწული გაღვრების თევზამწეის გისოსი; 5—კონტინერი იქტოლოგიური მოედნიდან თევზის ასაყვანად (ასაწევად); 6—კონტინერის დასაყვებელი ნიში; 7—მუშა კამერა; 8—კვების ბლოკი; 9—კვების ბლოკის შექანიკებისა და საყვების სითავსი; 10—კონტინერის ასაწევი და გადასადგომი იწევი; 11—კვების ბლოკის მომწული გაღვრების; 12—ზედა გამოსავალი ღარი.

შემდგომი გამოყენების მიზანშეწონილობის შესახებ. კონსტრუქციული თვალსაზრისით ასეთი თევზამწეების უპირატესობა ჰიდრაულიკურ თევზამწეებთან შედარებით სავსებით აშკარაა და ცხადი, რადგან საჭირო აღარ არის მოწყობის ისეთი რთული ელემენტი, როგორცაა რაბის კამერა, ამასთან ერთად მათში გამარტივებულია კვების ბლოკის კონსტრუქცია.

კრასნოდარის ჰიდროკვანძში შენდება ახალი ტიპის შექანიკური თევზ-აშწე, რომელიც წარმოდგენილია გრძივი ღარის სახით. ღარი შედგება თევზსაგროვებლის, მუშა კამერისა და კვების ბლოკისაგან. უკანასკნელი მოთავსებულია თევზაშწის ზედა ნაწილში და დაპროექტებულია წყალსაცემი ჰის მქონე წყალსაშვების სახით. ეს გაანგარიშებული და კონსტრუირებულია თევზების უსაფრთხო დაქანების (დაშვების) პირობების მიხედვით. ასეთი თევზაშწით ერთდროულად ხორციელდება ქვირითის დასაყრელად მიმავალი თევზების გადაყვანა და ლიფსიტებისა და იმ თევზების დაქანება (დაშვება), როცა მამაც ქვირითი დაყარეს. თევზაშწის მუშა კამერაში დაპროექტებულია ელექტრული ველის წარმომქმნელი ელექტროდების სისტემა და თევზდამცავი საკეტი, რომლებიც უზრუნველყოფენ წყალსაშვებზე გადაშვებული თევზების გატარებას ქვედა ბიეფში და ამასთანავე ქვირითის დასაყრელად მიმავალ თევზებს არ უშვებენ წყალსაცემის საშიშ ზონაში.

ცალკეულ შემთხვევებში პრაქტიკაში იყენებენ აგრეთვე თევზსავალ ლიფტებსაც. მათი მუშაობის პრინციპი შექანიკური გემთაშწებისა და ლიფტების ანალოგიურია: თევზების აწევა ხდება წყლით სავსე განსაკუთრებული კამერებით ან მშრალად ბადეების საშუალებით.

მტკნარ წყალში მცხოვრები გველთევზებისათვის, რომლებიც ქვირითის დასაყრელად მიიღებიან ზღვისაქენ (მაგალითად, რუსეთში—ფინეთის ყურეში), იყენებენ განსაკუთრებულ ნაგებობებს—გველთევზსავალ ტბებს, რომლებიც წარმოადგენენ ღარებს დაახლოებით 15×30 სმ კვეთითა და 1:6 ქანობით. ღარებს ავსებენ მსხვილი ხრეშით, ფიჩხონით ან ქვით და ასველებენ. ამ ღარებით პატარა გველთევზები მალე მიემართებიან ხოხვით, ხოლო ნაწილი ცურვით; ქვედა ბიეფში გველთევზები გადიან კაშხალის ფსკერული ხერტებისა და მილების ან ქვედა ბიეფში ჩაშვებული გველთევზსავალის მეორე ტოტის მეშვეობით.

თევზის რალაც ნაწილი ზემო ბიეფში გადის სანაოსნო რაბის გავლთაც, თუ, რა თქმა უნდა, რაბის შესავალი ნაწილი ნაკადის ახლოსაა მოთავსებული.

უკანასკნელ ხანებში შემოთავაზებულ იქნა ახალი ტიპის თევზგამტარი ნაგებობა, რომელიც თევზის საგროვებელი და გადამზიდავი გემის ტიპის დანადგარს წარმოადგენს. მცურავი დანადგარის ძირითადი უპირატესობაა მისი მობილურობა, რაც საშუალებას იძლევა თევზსაგროვებელი დაეაყუროთ ქვემო ბიეფის იმ უბანზე, სადაც ბუნებრივ პირობებში აღინიშნა თევზის ყველაზე ინტენსიური კონცენტრაცია.

მცურავი დანადგარი თევზგამტარი ნაგებობის სრულიად ახალი ტიპია. ამჟამად დამთავრებულია მცურავი დანადგარის პირველი (სათაო) ნიმუშის მშენებლობა და მიმდინარეობს მისი საცდელი შემოწმება რიგ ჰიდროკვანძებზე.

თუ სწორად იქნება გათვალისწინებული თევზის ქცევის თავისებურებანი, მაშინ რიგ შემთხვევებში მცურავმა დანადგარმა შეიძლება გამოავლინოს არსებითი უპირატესობანი სტაციონარულ თევზგამტარ ნაგებობებთან შედარებით. მცურავი დანადგარის თევზსაგროვებლის მობილურობის გამო გამოირიყულია შეცდომები თევზგამტარი მოწყობილობის ადგილსამყოფელის არჩევისას, რადგან ეს არჩევა ხდება მოქმედი ჰიდროკვანძის პირობებში. გარდა ამისა, თევზსაგროვებლის ადგილმდებარეობის პერიოდული შეცვლით შეიძ-

ლება უზრუნველყოთ თევზის დაგროვება ჰესის მუშაობის სხვადასხვა რეჟიმის დროს.

დაპროექტების პრაქტიკაში ხშირია შემთხვევა, როდესაც ჰიდროკვანძის მუშაობის არც ერთი ნებისმიერი რეჟიმის დროს არ არის უზრუნველყოფილი სტაციონარულ თევზგამტარ ნაგებობებთან თევზის ხელსაყრელი მისასვლელი პირობები (მაგალითად, პიკურ ჰიდროელექტროსადგურიდან ჰიდროკვანძებში). ზოგჯერ ქვედა ბიფის ჰიდრაულიკა იმდენად არახელსაყრელია, რომ მისი შეცვლა შეუძლებელი ხდება. ცხადია, ასეთ პირობებში კალაპოტში აღინიშნება სიჩქარეთა არამდგრადი განაწილება, რაც იწვევს თევზის დეზორიენტაციას.

ასეთ შემთხვევებში მიზანშეწონილია თევზის მიზილდა და თავმოყრა მოხდეს ჰიდროკვანძის დაშორებით, სადაც ჰესის მუშაობის რეჟიმის გააღრმავანა ნაკადის სიჩქარეთა განაწილებაზე არსებითად მცირდება და ამასთანავე წყლის დინების სიჩქარეები სიდიდითა და მიმართულებით უთანაბრდება თევზშიმზიდველ სიჩქარეებს. ასეთი პირობებისათვის დასაპროექტებელი თევზსამეურნეო კომპლექსი შედგება თევზგადამლობისა და იმ ნაგებობისაგან, რომლის მეშვეობითაც ხდება თევზის დაგროვება, ხოლო შემდეგ ტრანსპორტირება თევზგადამლობის გასწორიდან ჰიდროკვანძის ზედა ბიფეში.

როდესაც თევზსამეურნეო კომპლექსი პროექტდება არასანაოსნო მდინარეზე, მთელი კალაპოტი თევზგადამლობით გადაიხურება; მის შედგენილობაში გაითვალისწინება სტაციონარული ან მცურავი თევზსაგროვებლები და კონტეინერები თევზის ტრანსპორტირებისათვის. ზედა ბიფეში მათ გასატარებლად ითვალისწინებენ მცირეგაბარიტის გემოგატარ ნაგებობასაც. ასეთი სქემითაა განხორციელებული რიგის ჰესის თევზსამეურნეო კომპლექსი.

მდინარეებზე, რომლებზედაც ინტენსიური ნაოსნობაა, თევზგადამლობით გადაიღობება კალაპოტის ნაწილი; სპეციალური ჯებირით გამოყოფილ თავისუფალ უბანს ტოვებენ გემების სამოძრაოდ. ჯებირის მოხაზულობა და მდებარეობა არჩეული უნდა იქნეს ისე, რომ გემების სამოძრაო უბანზე ნაკადში იყოს ნაოსნობისათვის ხელსაყრელი სიჩქარეები, ხოლო თევზგადამლობის უბანზე — თევზშიმზიდველი სიჩქარეები. ასეთ შემთხვევაში წყალსაცავში კონტეინერების გასატარებლად გამოიყენება კვანძში არსებული გემოსაველი ნაგებობა. ასეთი ტიპის თევზსამეურნეო კომპლექსი დაპროექტებულია პერეველოკსკის ჰიდროელექტროსადგურისათვის.

მდინარეზე ჰიდროკვანძების კასკადის მშენებლობის დროს რიგ შემთხვევებში მიზანშეწონილია თევზგამტარი ნაგებობა ავაგოთ ქვედა ჰიდროკვანძში, ხოლო შემდეგ თავმოყრილი მწარმოებელი თევზის ტრანსპორტირება ჰიდროკვანძის კასკადის გავლით მოეხდინოთ თვითმავალი მცურავი კონტეინერებით ან ავტოკონტეინერებით. ამის მაგალითია ჰიდროკვანძების კასკადი მდ. ამულდარიაზე. ნაუარაუდევია, რომ ტახიატაშის ჰიდროკვანძის თევზგამტარ რაბინი თავმოყრილი მწარმოებელი თევზი გადაიზიდოს კონტეინერებით და გამოშვებულ იქნეს ზეწოთ მდებარე ტურაშუნსკის ჰიდროკვანძის წყალსაცავში.

თევზგამტარ ნაგებობათა მშენებლობის თევზსამეურნეო მიზანშეწონილობისა და მათი აგების ეკონომიკური ეფექტიანობის საკითხები დღემდე არაა საკმაოდ მეცნიერულად დასაბუთებული.

დასაპროექტებელი ჰიდროკვანძის წყალსაცავში მწარმოებელი თევზის გაშვების თევზსამეურნეო მიზანშეწონილობის გამოვლინების მიზნით ტედის სტადიაში ტარდება სპეციალური საძიებო, სამეცნიერო-კვლევითი და ექსპერიმენტული სამუშაოები.

თევზგამტარი კომპლექსის მშენებლობა მიზანშეწონილად შეიძლება ჩიო-
თვალის მამინ, თუ პილროკვანძის აქნების შეძლეგ შენარჩუნებული იქნება
ბუნებრივი საქვირითე ადგრლები და შეიქმნება ხელოვნური საქვირითე ადგი-
ლების შექმნის შესაძლებლობა; შენარჩუნებული იქნება თევზის ჯოგი, მწარ-
მოებელი თევზის სერგაციული აქტივობა და სრულფასოვანი აღწარმოე-
ბის უნარი; უზრუნველყოფილი იქნება ლიფსიტებისა და მწარმოებლების
დაშეება (უკან დაბრუნება) პილროკვანძის ნაგებობებთ.

თევზგამტარი კომპლექსის თევზსამეურნეო მიზანშეწონილობის განსაზღ-
ვრის დროს, ცხადია, გათვალისწინებული უნდა იქნეს პილროკვანძის მშენებ-
ლობის გავლენა მდინარის მთელ იხტიოფაუნაზე.

§15-5. თევაზღამტარი და თევაზმომგამტარი მოწყობილობანი

იმისათვის, რომ თევზი არ მოხედეს პესისა და კაშხალის საშიშ ზონებ-
ში, გამოიყენება თევზგამტარი ნაგებობების შესასვლელისაკენ მიმართველი
მოწყობილობანი. თევზის დასაცაყად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სხვადასხვა
საშუალება: მექანიკური—ბადებები, ჟალუზები და ა. შ., პილრაგლიკური—პავლ-
მიმმართველი მოწყობილობანი; ფიზიოლოგიური—ელექტრული და აკუსტი-
კური ველების შექმნელი სისტემები; საპერო და ქიმიური ფარდები; ოპტი-
კური—სინათლე, დაბნელება და ა. შ.

ოპტიკური საშუალებანი ემყარება თევზის ორიენტაციაზე სინათლის
გავლენის განოყენებას. მაგრამ ზეღწავლის დაბალი დონის გამო ვერ პო-
ვეს კონკრეტული საინჟინრო გადაწყვეტა.

თევზგამტარ ნაგებობებში თევზის მიზიდვის ან საშიში ზონებიდან და-
ფრთხობის მიზნით შეიძლება გამოყენებულ იქნეს აკუსტიკური სიგხალბები,
იმიტაცია იმ სიგხალბებისა, რომლებსაც გამოსცემენ თევზები დაფრთხობის ან
კვების წყაროების პრენის დროს. ეს ხერხი ამჟამად გამოკვლევის სტადიაშია.

მიუხედავად დასაბუთებული თეორიული ხასიათის წინამძღვრებისა, ჯერ
კიდევ არაა გამოყენებული თევზგადამლობი პნემატიკური ფარდები და ტემ-
პერატურული ველები.

მექანიკურ გადამლობებს აყენებენ ქვედა ბიეფის გამაგრებული უბნის
ფარგლებს გარეთ და პათ გაანგარიშებას ახდენენ დიდ პორიზონტალურ და-
ტვირთვებზე. ამიტომ ისინი ძალიან დიდი და ძვირად ღირებული ნაგებობე-
ბია. ამ რთული მოწყობილობის ექსპლუატაცია კიდევ იპით ძნელდება, რომ
სისტემატურად უნდა გაიწმინდოს ნაგვისა და ნატანისაგან. ამის გამო ვერც
საბქოთა კავშირში და ვერც უცხოეთში მექანიკურმა გადამლობებმა ვერ პოვა
ფართო გავრცელება პილროკვანძების ქვედა ბიეფებში.

ყველაზე მეტი გავრცელება პოვა ელექტრულმა გადამლობებმა. მათი გა-
მოყენება ეწყარება იმ შეგრძენებებს, რომლებსაც თევზი ავლენს ელექტრულ
ველში მოხვედრისას, სახელდობო ტკივილის შეგრძენებას, რომელიც მას აიძუ-
ლებს შეიტყვლოს მოძრაობის მიმართულება და გაშორდეს ელექტროთევზგა-
დამლობების მოქმედების ფარგლებს.

უკანასკნელი 10—15 წლის მანძილზე შემოთავაზებული და გამოყენებუ-
ლი იქნა სხვადასხვა ტიპის ელექტრული გადამლობები, რომელთაც ერთმა-
ნეთისაგან განასხევებენ ელექტროდების ურთიერთგანლაგების, მათი შეერთე-
ბისა და კვების სქემით, აგრეთვე გადამლობთა შევებაზე დენის სახეობითა და

ფორმით. სწორედ ამ პარამეტრებზეა ძირითადად დამოკიდებული გადამლო-
ბების ეფექტიანობა.

საბჭოთა კავშირში გამოიყენება მრავალი ტიპის ერთრიგა ელექტრო-
გადამლობი, რომლის ელექტროდებს შორის მანძილები 2,2—3,5 მ-მდეა. ასე-
თი განლაგების შედეგად ელექტროდები პრაქტიკულად არ ხერგავენ კალა-
პოტს.

მრავალი კონსტრუქციული ელემენტს აქვს მცირე წონა, ამიტომ
მისი მზილი კონსტრუქციები უფრო მსუბუქია, ვიდრე მექანიკური გადამლო-
ბებისა.

ამჟამად ჩვეულებრივი ელექტროგადამლობები აგებულია კონტოვსკის და
უსტ-მანინსკის ჰიდროკვანძებში, მრავალი ტიპის პირველი ელექტროგადამ-
ლობი კი გაშვებულ იქნა ექსპლუატაციაში 1973 წელს.

ამასთანავე უნდა აღინიშნოს, რომ ელექტრული გადამლობები პრაქტი-
კულად ვერ აკავებენ ქვემოთ მიხედვით თევზს. ამიტომ ისინი არ შეიძლება
გამოიყენოთ ჰიდროკვანძების ზედა ბიფში თევზის შესაკაველად და იმ
მოწყობილობებისაკენ მიმართულების მისაცემად, რომელთა დანიშნულებაა
თევზის ჩაშვება ქვემო ბიფში.

ეს ამოცანა შეიძლება შეასრულოს მხოლოდ მექანიკურმა ლობურებმა,
რომელთაც აყენებენ კაშხალების წყალსაშვებებისა და წყალჩასაშვებების,
აგრეთვე სატურბინო წყალმიმღებების წინ. ამასთანავე კაშხალზე დასაშვები
სიჩქარეების შექმნის პირობიდან გამომდინარე, მექანიკური ლობურები გატა-
ნილი უნდა იქნენ წყალსაშვებიდან 50—100 მ მანძილზე. მაგრამ მათი კონ-
სტრუქციები ძალიან დიდია (ძორძობი) და ძვირი ჯდება.

ამგვარად, ამჟამად უკრეკრობით არ არსებობს ისეთი თევზგადამლობი,
რომელიც შეიძლება გამოგვეყენებინა ჰიდროკვანძების ზედა ბიფში თევზის
შესაკაველად. ამიტომ ჰიდროკვანძების დაპროექტების დროს ზედა ბიფში-
დან ქვედა ბიფში თევზის გასატარებლად გამოიყენება სხვა სქემები, თევზის
გატარება წყალსაშვებების, კაშხალების წყალჩასაშვებების, სატურბინო წყალ-
მიმღებების ან სპეციალურ თევზჩასაშვებ ნაგებობათა გავლით.

თბოელექტროსადგურების წყალმიმღებებში თევზდამცავი ნაგებობების
მოწყობისას საჭიროა გამოყენებულ იქნეს თევზის გამყვანი ღარები, რომელთა
მეშვეობით წყალმიმღებებში დაკავებული თევზი უკანვე გაიყვანება წყალსა-
ტრეში.

§15-6. დაბრუნებული მშარბობილი თევზისა და ლიფსიტების გატარება

ქვირითის დაყრის შემდეგ დაბრუნებული მშარბობილი თევზისა და ლი-
ფსიტების გატარების პრობლემა ფრიად რთულია. მიუხედავად ამისა, როგორც
საზღვარგარეთის, ისე სამშალო გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ საშუალოდ-
წნევიან ჰიდროკვანძებში, რომლებშიც მოწყობილია ლიდგაბარტებიანი და
ნელმავალი ტურბინები, ლიფსიტები გადაიან შედარებით დაუბრკოლებლად.
უცხოელ მკვლევართა მონაცემების მიხედვით ასეთ შემთხვევებში თევზის გა-
მოზრდის პროცენტით საკმაოდ მაღალია და შეადგენს დაახლოებით 95% (აქ
ნაგულისხმევი, რომ თევზის მექანიკური დაზიანება თავიდან არის აცილე-
ბული).

ამავე უცხოელ მკვლევართა მონაცემებით თევზის დაშვება და სიკვდილი

შემჩნეული არ არის აგრეთვე 30 მ-მდე სიმაღლის წყალსაშვებზე დაბრუნებულნი მწარმოებელი თევზის გატარების დროს.

ჩვენს ქვეყანაში თევზის დაბრუნებაზე დაკვირვებები ჩატარდა სკკპ XXII ყრილობის სახელობის ვოლგის ჰესის ჰიდროკვანძზე, რამაც გვიჩვენა, რომ წყლის გადაადგილების განსაზღვრული რეჟიმის დროს არ შეიმჩნევა წყალსაშვებ კაშხალზე გადატარებული თევზის დაშავება (ტრავმირება) და ლიფსიტების დაბრუნება ძალიან ინტენსიურად ხდება, როგორც ტურბინების, ისე წყალსაშვების გავლით. მაგრამ ამასთანავე ფიქსირებულ იქნა დაბრუნებული მწარმოებელი თევზის გარკვეული რაოდენობის დაღუპვა, რომლის გამომწვევ მიზეზებად მიჩნეულია: დაშავება ზემო ბიეფის ნაგვის შემკავებელ გისოსებში, გაშიშვლებულ არმატურებზე და ქვედა ბიეფის კალაპოტის ამომხერგავ ბეტონის ნაკეთობებზე დაჯახება და სხვ.

დღემდე არ მოიპოვება სარწმუნო მონაცემები სხვადასხვა პორიზონტალური ტურბინის გავლით თევზის დაბრუნების შესახებ.

მაღალდაწნევიანი ჰიდროკვანძებისათვის მწარმოებელი თევზებისა და ლიფსიტების გატარების პრობლემა პრაქტიკულად საერთოდ არ არის გადაწყვეტილი. ტურბინებში გატარებისას მათი მნიშვნელოვანი ნაწილი იღუპება-შველევარები ასახელებენ ლიფსიტების დაღუპვის სხვადასხვა მიზეზს: კავიტაციას, დაწნევის უეცარ შეცვლას და ა. შ.

ამ შემთხვევებში ყველა პრაქტიკული რეკომენდაცია ითვალისწინებს ორი ამოცანის გადაწყვეტას: 1) ჰესის შენობის წყალმიღების წინ თევზის გადამლობი ეკრანის მოწყობას; 2) თევზის შეკრებას წყალსაცავში წყლის სხვადასხვა დონის დროს და თევზგამტარი ნაგებობების ან კაშხალისაკენ გეზის მიცემას. უფრო რთულია პირველი ამოცანის გადაწყვეტა. საქმე ისაა, რომ რიგ შემთხვევებში ქვემოთ მიმავალი ლიფსიტების ზომები იმდენად მცირეა, რომ თევზგადამლობი ბადის მოწყობის შემთხვევაში მისი უჯრედის ზომა არა უმეტეს $1,5 \times 1,5$ მმ უნდა იყოს. სავსებით გასაგებია, რომ ასეთი თევზშემკავებელი ეკრანის მუშაობა ისეთ მდინარეებზე, რომელთაც მოაქვთ მსხვილი ნაწილაკები, ნაგავი და სხვ., პრაქტიკულად შეუძლებელია. ელექტრული გადამლობები კი აკავებენ შედარებით დიდი ზომის თევზებს და ქვემოთ მიმავალი ლიფსიტების დასაკავებლად უვარგისია.

თავმოყრილი ლიფსიტების ზემოდან ქვედა ბიეფში გადაყვანის საკითხი უფრო მარტივია. ამ მიზნით უცხოელი და საბჭოთა სპეციალისტები გვთავაზობენ რიგ ორიგინალურ გადაწყვეტებს. ასეთი გადაწყვეტის ერთ-ერთი მაგალითია თევზჩასაშვებები ბრაუნლის (აშშ) ჰიდროკვანძში და კრანსროდარის ჰიდროკვანძის მექანიკური თევზამწე, რომელიც გამოსადეგია აგრეთვე დაბრუნებული მწარმოებელი თევზისა და ლიფსიტების გასატარებლად.

უნდა ვიფიქროთ, რომ შემდგომში გამოკვლევათა გაფართოების გზით შეიქმნება მეცნიერული საფუძვლები თევზგამტარი და თევზდამცავი ნაგებობების უფრო სრულყოფილი კონსტრუქციების დაპროექტებისა და განხორციელებისათვის, აგრეთვე გაღრმავდება ჩვენი წარმოდგენები თევზგამტარ მოწყობილობათა შესახებ.

წ ა ლ მ ი მ ლ ე ბ ი ნ ა გ ე ბ ო ბ ა ნ ი

№ 16-1. წ ა ლ მ ი მ ლ ე ბ ნ ა გ ე ბ ო ბ ა თ ა დ ა ნ ი შ ე უ ლ ი ა ა დ ა კ ლ ა ს ი ზ ი კ ა ც ი ა

წალმიმღებ ნაგებობათა დანიშნულებაა წყლის აღება წყალსატევიდან ან წყალდენიდან (მდინარიდან ან კვების სხვა წყაროდან) და მისი მიწოდება არხებში ან სხვა სახეობის წყალსატარებში ამა თუ იმ საჭურწეო მიზნების დასაკმაყოფილებლად. რადგან მათ აწყობენ წყალსამეურნეო სისტემის თავში (დასაწყისში), ზოგჯერ სათავის ნაგებობებსაც უწოდებენ.

წალთა მეურნეობის დარგები—ჰიდროენერგეტიკა, მორწყვა, წყალმომარაგება, წყლის ტრანსპორტი და ა. შ. სხვადასხვა მოთხოვნებს უყენებენ წყალს როგორც რაოდენობის, ისე ხარისხის მხრივ. წლის განმავლობაში სპირო წყლის რაოდენობა შეიძლება იყოს მუდმივი, უფრო ხშირად კი ცვალებადი წელწადის დროთა შესაბამისად, შეიძლება შეიცვალოს თვეების, კვირებისა და საათების განმავლობაშიც. წყალი, რომელიც მიეწოდება ჰიდროელექტროსადგურს, არ უნდა შეიცავდეს ფსკერულ ნატანს, ხოლო ჰიდროტურბინებისათვის საშიშ მსხვილ შეწონილ ნატანთან სპობოლველად უნდა გამოვიყენოთ სალექრები; სარწყავ სისტემებში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება არხების დაღამვის წინააღმდეგ ბრძოლას; წყალმომარაგებისათვის გამოსაყენებელი წყლის ხარისხი უნდა იყოს მაღალი და ა. შ.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, წალმიმღებმა ნაგებობებმა უნდა უზრუნველყოს წყალსამეურნეო სისტემებისადმი წყლის შეუფერხებელი მიწოდება გრაფიკის შესაბამისად, არხების დაცვა მათში ფსკერული ნატანის, თოშის, ყინულისა და ტივტივა სხეულების მოხვედრისაგან; გარდა ამისა, სათავის ნაგებობათა კონსტრუქციები უნდა იყოს მარტივი და ეკონომიური, ექსპლუატაციისა და ავტომატიზაციისათვის მოხერხებული; ამასთანავე მათ უნდა დაკმაყოფილონ ყველა ის საერთო მოთხოვნა, რომელიც წაყენება ჰიდროტექნიკურ ნაგებობებს სიმტკიცის, მდგრადობისა და სასაბურის ხანგრძლივობის მიმართ.

ჩვეულებრივ სათავის ნაგებობებს აწყობენ სხვა ჰიდროტექნიკურ ნაგებობებთან ერთად, ნაგებობათა ასეთ კომპლექსს უწოდებენ წყალმიმღებ კვანძს.

კომპლექსური ჰიდროკვანძების შემთხვევაში მათ შედგენილობაში შეიძლება ერთდროულად შედიოდეს როგორც წალმიმღებ კვანძი, ისე ენერგეტიკული, სატრანსპორტო და სხვა კვანძები.

კვების წყაროს სახეობის მიხედვით წალმიმღები კვანძები (სისტემები) შეიძლება იყოს: საშდინარო, ტბისა, საზღვაო და საკაპტაჟო. ამასთანავე წალმიმღები ნაგებობებიდან წალსატარებს წყალი შეიძლება მიეწოდოს თვითდინებით ან მექანიკური გადაქაჩვით.

საზღვაო წალმიმღებ კვანძებს ძირითადად აწყობენ მაშინ, როდესაც ზღვის წყალი გამოიყენება ელექტროსადგურის ორტკლის ტურბინებისა და სამრეწველო საწარმოთა ტექნოლოგიური დანადგარების გასაგრილებლად. ზოგჯერ ზღვის წყალს მისი გამტკნარების შემდეგ იყენებენ სასმელი წყალმომარაგებისათვის. უკანასკნელ ხანებში ზღვის წყალს ფართოდ იყენებენ ნავთობ-

შემდეგ ფენებში შესაქაჩავად (ზღვის სანაპიროების მომიჯნავე ნაეთობაში). პოვებელ რაიონებში).

საკაპტაეო წყალშიღლები კვანძები ეწყობა წყალმომარაგებისათვის ან მიწის მცირე ფართობების მოსარწყავად გრუნტისა და კალაპოტქვეშა წყლების გამოყენებისას. ასეთი კვანძები ფართოდაა გავრცელებული თურქმენეთში, აზერბაიჯანში და ირანში.

ჰიდროენერგეტიკული, სარწყავი და წყალმომარაგების სისტემებისათვის ძირითადად გამოიყენება მდინარის წყალი. ამ შემთხვევაში აშენებენ უკაშხალო ან კაშხალიან სამუნიარო წყალმიღებ კვანძებს. პირველს მაშინ მიმართავენ, როდესაც მდინარიდან წყლია გაყვანა მოსახერხებელია კაშხალის მოწყობლად, ხოლო მეორეს—როდესაც წყლის გასაყვანად საჭიროა მდინარის დონის აწევა (შეტბორვის შექმნა) ამასთან წყლის აღება შეიძლება წარმოებდეს ზედაპირული (ღია არხის მეშვეობით წყლის გაყვანით) ან სიღრმული თვითღინებით, ხოლო ცალკეულ შემთხვევებში—მექანიკური მიწოდებით.

სამდინარო წყალმიღებ ნაგებობათა კლასიფიკაცია მიზანმეწონილია მოხდეს მდინარიდან წყლის აღების ჰიდრაულიკური პრინციპის მიხედვით, რომელიც ითვალისწინებს მდინარის ნაკადის, კალაპოტის და ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ურთიერთქმედებას. ამის მიხედვით ერთმანეთისაგან განასხვავებენ:

1) უკაშხალო წყალმიღებ ნაგებობებს—გვერდითს, ფრონტალურს და სიღრმულს;

2) კაშხალიან წყალმიღებ ნაგებობებს—გვერდითს, ფრონტალურს, ფსკერულს (გისოსიანს) და სიღრმულს;

3) მექანიკურ წყალმიღებებს—მექანიკური წესით წყლის გადაქაჩვით (შეისწავლება „ტურბინებისა და სატუმბო სადგურების“ კურსში).

§16-2. ხამდინარო წყალმიღები კვანძის ადგილის შიდაჩვენა ტიპის დადგენა და ნაგებობათა შემთავსება

წყალმიღები კვანძის შესაფერისი ადგილის არჩევა ძალიან მნიშვნელოვანია, რადგან ძირითადად მასზეა დამოკიდებული კვანძის ტიპის დადგენის, მასში შემავალ ნაგებობათა კონსტრუქციებისა და შეთანწყობის საკითხების სწორი გადაწყვეტა.

წყალმიღები კვანძისათვის ყველაზე უფრო შესაფერისია ის უბანი, სადაც მდინარეს აქვს იდგრადი კალაპოტი, მასში არ არის შეჩერები (ნარიყი) და კუნძულები; მდინარის უბნის კალაპოტის ნაპირებისა და ფსკერის გრუნტი ძნელად ირეცხება; უბნის მოხაზულობა უნდა შეესატყვისებოდეს წყალმიღების შერჩეულ ტიპს.

თუ არჩეულ უბანზე კალაპოტი არამდგრადია და მოსალოდნელია ძირითადი ნაკადის ხეტიალი, მაშინ წყალმიღებ კვანძთან უნდა შეიქმნას შესაბამისი მოხაზულობის მიმყვანი და განყვანი კალაპოტები ადგილობრივი მასალებისაგან აგებული ჯებირების მეშვეობით, რომელთა გარეცხვის თავიდან ასაცილებლად მათი სადაწხეო ფერდობები უნდა მოპირკეთდეს.

წყალმიღები კვანძის მოსათავსებლად არასასურველია უბნები, რომელთა მახლობლობაში ზემოთაა ზღურბლები (ქრომები), ამამდგრადი ფსკერული ნატანი და შენაკადები დიდი რაოდენობის ნატანით, აგრეთვე ჩქარები, რომლებიც ფსკერული ყინულის წარმოქმნისა და მძივე საექსპლუატაციო პირობების წარმოშობის კერებია; უბნები, რომელთა ქვემოთ მკვეთრად მცირ-

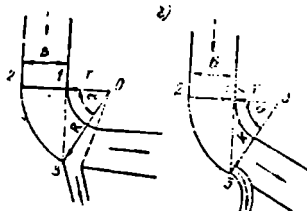
დება კალპორტის გრძივი ქანობი და ამით ძნელდება ნატანის ტრანსპორტირება ქვედა ბიფფში, არის დიდი კლაკნილები, რომელთა ბუნებრივმა გასწორებამ შეიძლება გამოიწვიოს წყლის ღონის დაწევა უკაშხალო წყალმიმღების გასწორაში.

წყალმიმღები ჰიდროკვანძები შეიძლება მოეწყოს მდინარეთა როგორც სწორხაზოვან, ისე მრუდხაზოვან უბნებზე. მათ უნდა უზრუნველყონ, ერთი მხრივ, წყლის საანგარიშო ხარჯის მიწოდება გამყვან არხში, ხოლო მეორე მხრივ, მასში ფსკერული ნატანის მოხვედრისაგან დაცვა.

იპისათვის, რომ წყალმიმღებმა ნაგებობამ დააკმაყოფილოს წაყენებული მოთხოვნები, ყველაზე შესაფერისია მისი მოწყობა მდინარის ჩაზნექილ ნაპირზე, სადაც ნაკადის გამრუდების გამო წარმოშობილ ცირკულაციურ დინებას ფსკერული ნატანი გადააქვს მოპირდაპირე ამობურცულ (ამოზნექილ) ნაპირზე. ამ მოვლენის უკეთესად გამოყენებისათვის საჭიროა სათავე ნაგებობა მოთავსდეს ჩაზნექილი ნაპირის ისეთ უბანზე, სადაც იქმნება უფრო მეტი სიღრმეები და მაქსიმალურად განვითარებული განივი ცირკულაცია.

ასეთი ადგილის არჩევის საკითხებზე მუშაობდნენ რიგი უცხოელი და საბჭოთა მეცლევარები.

ჩატარებულ მრავალრიცხოვან ექსპერიმენტულ და საველე გამოკვლევათა შედეგების გაანალიზების საფუძველზე ჩამოყალიბებული დასკვნების შესაბამისად [20] წყალმიმღებ ნაგებობათა რაციონალური განლაგებისათვის საჭიროა:



ნახ. 16-1. სათავე ნაგებობის (წყალმიმღების) მოთავსების ადგილის არჩევა ჩაზნექილ ნაპირზე:

ა - გვერდითი წყალმიმღების სწორი მოთავსება; ბ - ფრონტალური წყალმიმღების სწორი მოთავსება.

ა) გვერდითი წყალმიმღების ზედა კედელი აიგოს 1—5% უზრუნველყოფის წყალდიდობისას წყლის კიდის დონეზე ამოზნექილი ნაპირისადმი ნაგებობის მხების მიერ ჩაზნექილი ნაპირის გადაკვეთის (3) წერტილის ქვემოთ (ნახ. 16-1);

ბ) ფრონტალური წყალმიმღები მოეწყოს (0—3) რადიალური კვეთის მართობულად (ნახ. 16-1, ბ);

გ) კაშხალიანი წყალმიმღებების შემთხვევაში კაშხალის გასწორი მო-

თავსდეს რადიალურად, ე. ი. ჩაზნექილი ნაპირის (ნაკადის შუაწყლისადმი) მართობულად, ამასთან დაცული იქნეს წყალმიმღები ნაგებობის მოთავსების ზემოხსენებული წესი.

სამოლოოდ წყალმიმღები კვანძის ადგილმდებარეობას ირჩევენ რამდენიმე ყველაზე შესაძლო ვარიანტის ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების საფუძველზე.

წყალმიმღები კვანძის ტიპის შერჩევა. წყალმიმღები კვანძის ტიპს ირჩევენ მდინარის გამოყენების დამტკიცებული გენერალური სქემის, მისი საერთო წყლოვანების, ასაღები ხარჯის სიდიდის, წყლის ხარისხის, ჰიდროლოგიური და კალაპორტური რეჟიმებისა და შესაბამისი ღონისძიებების (ნატანთან, ყინულთან, თოშთან, ტიტივია სხეულებთან ბრძოლა), მდინარის უბნის ხასიათის (მაღალმთიანი, მთიანი, მთისწინა, ვაკის, დელტის), მშენებლობის ადგილის გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური პირობების, საექს-

პლუტაცია, სამშენებლო და სხვა ადგილობრივი ფაქტორების გათვალისწინებით. გარდა აღნიშნულისა, გათვალისწინებული უნდა იქნეს კვების წყაროს მდინარის) ბუნებრივ რეჟიმსა და წყლას მომხმარებელთა (მაგალითად, ენერგეტიკა, ირიკაცია) მოთხოვნილების რეჟიმს შორის შეთანხმებულობა.

თუ წლის ნებისმიერ დროს მდინარის ბუნებრივი რეჟიმი უზრუნველყოფს წყლის მოთხოვნილების გრაფიკს და ამასთანავე მისი დონის ნიშნული განაგებს ობიექტებს, მაშინ ხელსაყრელი გეოლოგიური და ტოპოგრაფიული პირობების შემთხვევაში აწყობენ უკაშხალო წყალმიმღებს; ასეთ წყალმიმღებ ნაგებობათა საანგარიშო ხარჯი, როგორც წესი, არ აღემატება მდინარის შესაბამის ხარჯების 20%-ს.

უკაშხალო ფრონტალურ წყალმიმღებებს აწყობენ წყლის შედარებით უფრო დიდი (20%-იანი და მეტი) ხარჯების ასაღებად, აგრეთვე მაშინ, როდესაც წყლის დონე მდინარეში უმნიშვნელოდ აღემატება წყლის დონეს მაგისტრალური არხის დასაწყისში.

უკაშხალო წყალმიმღებებს აპროექტებენ ძირითადად სათავეს მარეგულირებელი ნაგებობებით, მაგრამ როდესაც წყლის აღებას აქვს დროებითი ხასიათი (1—2 წელი) და ამასთან ასაღები ხარჯი მცირეა (10 მ³/წმ-მდე), დასაშვებია მოეწყოს წყალმიმღები სათავეს ნაგებობათა გარეშე.

კაშხალიან წყალმიმღებს იყენებენ მაშინ, როდესაც მდინარის ჩვეული დონეები ვერ განაგებენ ადგილმდებარეობას ან მისი ხარჯები ვერ უზრუნველყოფენ წყლის მოთხოვნილების გრაფიკს. ასეთი წყალმიმღებები, ცხადია, უფრო საიმედოა, ვიდრე უკაშხალო, რადგან ყველანაირ პირობებში უზრუნველყოფენ წყლის შეუფერებელ მიწოდებას არხში და წყლის აღების კოეფიციენტის გაზრდას; შეუძლიათ აწიონ ობიექტის დაქვემდებარების დონე და ამით მნიშვნელოვნად შეამოკლონ მაგისტრალური არხის უქმი ნაწილის სიგრძე, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მაღალი ძირითადი ნაპირების შემთხვევაში; შეუძლიათ წარმატებით ბრძოლა არხში ფსკერული ნატანის, თოშის, ყინულის და ტივტივა სხეულების წატაკების წინააღმდეგ; მდინარის ერთ გასწორებაში განახორციელონ წყლის ორმხრივი აღება და სხვ.

თუ კაშხალიან წყალმიმღები გეგმარდება ისეთ მდინარეზე, რომელსაც დიდი რაოდენობით მოაქვს მყარი ნატანი, მაშინ მთავარი ყურადღება უნდა მიექცეს ფსკერულ ნატანთან ბრძოლას. ნატანი, რომელიც ილექება წყალმიმღების ზღურბლის წინ, საჭიროა პერიოდულად ან განუწყვეტლივ (თუ ამის შესაძლებლობაა) გაირეცხოს და გატანილ იქნეს ქვედა ბიეფში. ამ მოთხოვნის მიხედვით დამუშავდა წყალმიმღები კვანძების მრავალი სხვადასხვა სახეობა, რომლებიც ერთანეთისაგან განსხვავდებიან როგორც ნატანთან ბრძოლის მეთოდით, ისე ნატანსაწინააღმდეგო მოწყობილობათა კონსტრუქციებით.

წყალმიმღები კვანძის ნაგებობათა შედგენილობა. ამ საკითხის გადაწყვეტა დამოკიდებულია წყალმიმღების ტიპზე, სისტემისადმი წყლის მიწოდების წესზე, მდინარის ჰიდროლოგიურ და კალაპოტის რეჟიმებზე და სხვა ადგილობრივ პირობებზე.

ზოგად შემთხვევაში წყალმიმღები ჰიდროკვანძის შედგენილობაში შეიძლება შედიოდეს: კაშხალი, კალაპოტის მარეგულირებელი ნაგებობანი ზედა და ქვედა ბიეფებში, ქველშიმმართველი სისტემები, სათავე ანუ წყალმიმღები და წყალსაგდები ნაგებობები, ნატანის გამრეცხი მოწყობილობანი, თოშსაგდებები და სხვ.

კომპლექსური ჰიდროკვანძის შეშთხვევაში მის შედგენილობაში შეიძლება შედიოდეს აგრეთვე ჰიდროელექტროსადგურის შენობა, გემთსავალი, თევზისა და ხე-ტყის გამტარი ნაგებობანი.

ცალკეულ ნაგებობათა ტიპებს არჩევენ მდინარის ჰიდროლოგიური და კალაპორტური რეჟიმების, ექსპლუატაციის მოხერხებულობის, ადგილობრივი საშენი მასალების მაქსიმალური გამოყენების, სიმარტივის, კონსტრუქციის საიმედოობისა და ხანგამძლეობის გათვალისწინებით.

წყალში მღებები კვანძის შეთანწყობა. ეს საკითხი საქმოდ რთული საინჟინრო ამოცანაა და მისი გადაწყვეტისას დაკმაყოფილებული უნდა იქნეს სათანადო საექსპლუატაციო, სამშენებლო და ტექნიკურ-ეკონომიკური მოთხოვნები.

საექსპლუატაციო მოთხოვნათა დასაკმაყოფილებლად კვანძში შემავალი ნაგებობები უნდა განლაგდეს ისე, რომ უზრუნველყოფილ იქნეს მათი ფუძეთა საიმედოობა, ხელსაყრელი ჰიდრაულიკური რეჟიმი, თითოეული ნაგებობის შეუფერხებელი მუშაობა წლის ნებისმიერ დროს, აგრეთვე საექსპლუატაციო პერსონალის მუშაობის მოხერხებულობა.

წყალში მღებები კვანძის შეთანწყობისადმი წაყენებულ სამშენებლო მოთხოვნებშია: სამშენებლო სამუშაოები იყოს შედარებით მარტივი და შესრულდეს დადგენილ ვადებში; სამუშაოთა წარმოებისათვის, აგრეთვე წყლისამშენებლო ხარჯებისა და ყანულის გატარებისათვის შეიქმნეს კარგი პირობები, ამასთან წყალდიდობის დროს არ იქნეს დაშვებული სამუშაოთა შეწყვეტა და სხვ.

წყალში მღებები კვანძში უზრუნველყოფილ უნდა იქნეს ჰიდროკვანძის მინიმალური ღირებულება საექსპლუატაციო დანახარჯების გათვალისწინებით, კვანძის გასწორისა და ნაგებობათა ტიპების სწორად შერჩევა, ასაწყობი კონსტრუქციებისა და სამუშაოთა წარმოების მოწინავე მეთოდების ფართო გამოყენება.

ცხადია, რომ ადგილობრივი პირობების მრავალფეროვნების გამო, წყალში მღებები კვანძის შეთანწყობის საკითხი უნდა გადაწყდეს ადგილობრივი ბუნებრივი პირობების მთელი კომპლექსისა და კვანძში შემავალ ნაგებობათა ურთიერთქმედების გათვალისწინებით.

წყალში მღებები კვანძების რაციონალური შეთანწყობის დადგენაში დამპროექტებლებს ძალიან დიდ დახმარებას უწევს ლაბორატორიული ჰიდრაულიკური გამოკვლევები, რომლებიც მოქმედი სამშენებლო ნორმებისა და წესების შესაბამისად აუცილებლად უნდა ჩატარდეს I და II კლასის ნაგებობებისათვის, ხოლო რთული ბუნებრივი პირობების შემთხვევაში, აგრეთვე როდესაც გამოყენებულა ახალი, ექსპლუატაციაში ჯერ კიდევ გამოუცდელი შეთანწყობის სტემა—III და IV კლასის ნაგებობებისათვისაც.

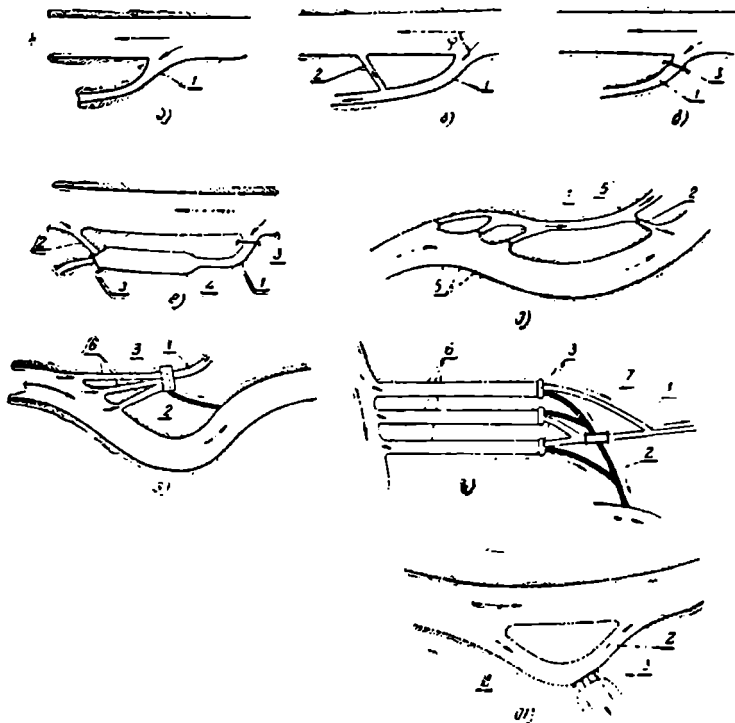
§16-3. უკაშხალო წყალში მღებები ნაგებობანი

ერთმანეთისაგან განასხვავებენ ზედაპირულ და სიღრმულ უკაშხალო წყალში მღებებს; ზედაპირული წყალში მღებებით წყალს იღებენ მდინარის, ტბის ან წყალსაცავის ზედაპირული, ხოლო სიღრმული წყალში მღებებით—სიღრმული ფენებიდან.

1. ზედაპირული წყალმიმღებები

ზედაპირულ წყალმიმღებებში განარჩევენ გვერდით (სანაპირო), ფრონტალურ და ჩამჩინ წყალმიმღებებს, რომელთაც იყენებენ შესაბამის პირობებში.

გვერდითი უკაშხალო წყალმიმღებები. ამ ტიპის წყალმიმღებს იყენებენ უპირატესად ირიგაციული მიზნებისათვის. ჩვეულებრივ, ასეთი



ნახ. 16-2. გვერდითი უკაშხალო ლიარჩინი წყალმიმღებების ძირითადი სქემები:

ა და ბ — სათაის ნაგებობის გარეშე; გ — სათაის ნაგებობით; დ — სალექრით და მარეგულირებელი ნაგებობებით; ე — მრავალსათაეანი, რომლის არხების შესაყლთან მოწყობილია ზღუდარები; ვ — თხრილ-სალექრებით და ერთი სათაის ნაგებობის მეშვეობით ცენტრალიზებული მართვით; ზ — იგვე, დეცენტრალიზებული მართვით და დიუკრით; თ — ბელოვნურა მრუდსაზოვანი მიმდინარე არხით; 1 — მავსტრალური არხი; 2 — საგდები არხი; 3 — სათაის ნაგებობა; 4 — სალექარი; 5 — ზღუდარები; 6 — მხრილ-სალექრები; 7 — დიუკრი; 8 — მრუდსაზოვანი მიმდინარე არხი.

წყალმიმღები წარმოადგენს ღია არხის უბანს, რომელიც მდინარის ღერძთან აღდგენს რალაც კუთხეს. ყველაზე პრიმიტიულია ისეთი ერთ და მრავალსათაეანი წყალმიმღებები, რომელთაც სათაეში არაერთარი ნაგებობა არ გააჩნია; ესენია ე. წ. არასაინჟინრო წყალმიმღებები (ნახ. 16-2 ა, ბ, გ.), რომელთაგან

გაპყვეული უპირატესობა აქვს მრავალსათავიან სისტემას. იგი საშუალებას იძლევა ამა თუ იმ ზომით ვარგველიროთ წყლის ასაღები ხარჯის სიდიდე და ამასთანავე დროის მიხედვით განვაცალკევოთ ნატანისაგან არხების გაწმენდის სამუშაოები. ასეთ შემთხვევაში წყალგამყვანებს მართავენ დროებითი ზღუდარების მეშვეობით.

პრაქტიკულად უფრო მოსახერხებელია ის წყალმიმღებები, რომელთაც არხის დასაწყისში ან მისგან გარკვეულ მანძილზე მოწყობილი აქვთ სათავის ნაგებობანი სალექრებითა და გამრეცი არხებით ან მათ გარეშე (ნახ. 16-2 ბ, დ), მაგრამ რეკულატორების გამტარუნარიანობა მთლიანად დამოკიდებულია მდინარის რეჟიმზე, ამიტომ როდესაც მდინარის დონეები დაბალია, წყლის ნორმალური მიწოდების უზრუნველსაყოფად რეკულატორის ზღურბლი უნდა მოვათავსოთ დაბალ ნიშნულზე და ამასთანავე მნიშვნელოვნად ჩავალრმავოთ წყალმიმღები არხი და გავაფართოოთ წყალმიმღები ფოონტი.

როდესაც კალაპოტი არამდგრადია და მდინარის ნაკადი შეიცავს ნატანის დიდ რაოდენობას, იყენებენ მრავალსათავიან წყალმიმღებს, რომელსაც აქვს 2—2,5 კმ სიგრძის თხრილ-სალექრები. უქანასკნელნი, რომელთა რაოდენობა 2-დან 4-მდეა, ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად აწვდიან წყალს მდინარის შვიდრ და მდგრად ნაპირზე მოწყობილ სათავის ნაგებობას (ნახ. 16-2, ვ, ზ).

სქემა „ვ“, რომელიც ითვალისწინებს წყლის ნაკადის ცენტრალიზებულ მართვას სათავის ერთი საერთო ნაგებობით, რეკომენდებულია პროფ. ვ. შაუმიანის შიერ (ჰიდროტექნიკისა და მელიორაციის საკავშირო სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი). ასეთი სქემა ხშირ შემთხვევაში უზრუნველყოფს წყლის საიმედო აღებას და სათავეში მისი მიწოდების რეგულირებას.

სქემა „ზ“ წინა „ვ“ სქემისაგან განსხვავდება იმით, რომ მასში სათავის ერთი ნაგებობა შეკვლილია სამი დამოუკიდებელი ნაგებობით. ამასთან დაკავშირებით, წყლის გამყვანთა გაერთიანების ნაჩვენებები სქემის დროს, საჭიროა მოეწყოს დიუვერი, ხოლო გამყვანების გაერთიანების მეორე სქემის დროს, რომელიც აქ არ არის ნაჩვენები, აკვედუკი. ამ სქემათა ძირითადი ნაკლია ნაგებობათა ვაფანტულობა, რაც აძნელებს წყლის მიწოდებისა და ნატანის რეჟიმის შეთანხმებულ რეგულირებას.

მრავალსათავიან წყალმიმღებებში წყალდიდობის დროს ამუშავენ მხოლოდ ერთ თხრილ-სალექარს, ხოლო წყალშკირობისას—2—3. ასაღები ხარჯების სიდიდეთა შესაბამისად თხრილების თავებს (მესავალს) ერთმანეთისაგან 0,5—3 კმ მანძილებზე ათავსებენ. თხრილებს შორის არსებულ ფართობს იყენებენ მიწასაწოვი მანქანებით თხრილ-სალექრების ნაწილობრივი გაწმენდის დროს ამოღებული ნატანის დასაყრელად. თხრილების ზომებს ადგენენ ნატანის გასაწმენდად გამოყენებული მეთოდის (ჰიდრაულიკური, მექანიკური) გათვალისწინებით.

წყალმიმღებთა ზემოხსენებული სქემების დადებითი მხარეებია მომხმარებლისადმი სუფთა წყლის განუწყვეტელი მიწოდებისა და ჰიდრაულიკური ხერხით ნატანის მნიშვნელოვანი რაოდენობის მოცილების შესაძლებლობანი სისტემისათვის წყლის მიწოდების შეუფერხებლად, მცირე მოთხოვნილება მიწასაწოვ მანქანებზე და მუშაობით მათი თანაბარი დატვირთულობა.

მათი ნაკლოვანი მხარეებია: თხრილ-სალექრებში ნატანის გარეცხვის სიძნელე წყლის დიდი ხარჯების გატარებისას; ნატანით გამრეცი ტრაქტის

ამოცხების საშინორობა მასში წყლის მცირე ხარჯების გატარებისას; თხრილ-სალექების მოსაწყობად და მათი მექანიკური წმენდის დროს ნატანის დასა-ყრელად დიდი ფართობის აუცილებლობა, რომელიც ცალკეულ შემთხვევებში შეიძლება არ იქნეს განაყოფილი, და, ბოლოს თხრილებისა და საგდები არ-ხის მცენარეული დაფარვის (ამოზრდის) შესაძლებლობა მუშაობის შეწყვე-ტის პერიოდებში.

პოფ. დ. სოკოლოვის წინადადებით, მდინარის დიდი ქანობის დროს, როდესაც კალაპოტის განლაგება და მოხაზულობა ხელს უწყობს არხში მსხვი-ლი ნატანის მოხვედრას, მიზანშეწონილია მოეწყოს წყალმიმღები ხელოვნური მრუდხაზოვანი მიმყვანი არხით (ნახ. 16-2, თ). ასეთი სქემის დროს სათავეს ნაგებობის წინ იქნება განივი ცირკულაცია, რომელიც ფსკერულ ქველებს ნატანიურთ გადახრის მოპირდაპირე ნაპირისაკენ.

უკაშხალო ღია არხის მქონე გვერდით წყალმიმღებებს აქვს არსებითი ნაკლოვანი მხარეები, სახელობრ: მათში შეზღუდულია ასაღები წყლის ხარ-ჯების სიღრმე (აიღება მდინარის ხარჯის 20%-ზე ნაკლები); არხში ხედება ნატანის დიდი რაოდენობა; შეზღუდულია წყლის მიწოდების რეგულირება, რადგან წყლის შესვლა მასში მთლიანად დამოკიდებულია მდინარის დონის რეჟიმზე. ხდება მდინარის კალაპოტის დეფორმაცია წყალმიმღების რაიონში, აგრეთვე არხის სათავეს ინტენსიური ამოცხება და ქვემოთ, დინების მიმარ-თულებით გადაადგილება; გაძლიერებულად ილექება არხის დასაწყისი უბნე-ბი, რაც გაწმენდისათვის მოითხოვს დიდ ხარჯებს და სხვ.

უკაშხალო გვერდით წყალმიმღებთა მუშაობის გასაუმჯობესებლად შეიძ-ლება ჩატარდეს შემდეგი ღონისძიებები: მდინარეში, გამყვანი არხის შესასვ-ლელის წინ, მოეწყოს პროფ. მ. პოტაპოვის ზედაპირული მიმმართველი სის-ტემები (ფარები) სასურველი მიმართულების ხელოვნური ცირკულაციის შე-საქმნელად; სათავე ნაგებობა მოთავსდეს მდინარის მრუდხაზოვანი უბნის ჩა-ზნეკილ ნაპირზე (ნახ. 16-1), რათა გამოყენებულ იქნეს ნაკადის ბუნებრივი განივი ცირკულაცია; წყალმიმღების წინ მოეწყოს გამასწორებელი ნაგებობა-ნი, რომლებიც აუმჯობესებენ წყლის შესვლის პირობებს; ფსკერ-რული ნატანის გადასაგდებად სათავეს ნაგებობის წინ მოეწყოს ზღურბლი; მდინ-არისაგან წყალი გაყვანილ იქნეს ნაკადთან $\varphi = 60 - 75^\circ$ მახვილი კუთხით, რა-თა სათავეს ნაგებობაში შეიქმნას წყლის შესვლის მშვიდი პირობები და გა-დიდდეს მისი გამტარუნარიანობა და სხვ.

ღონისძიებთა შედგენილობა უნდა დამტკიცდეს დასაპროექტებელი წყალმიმღების რეალური პირობების შესაბამისად.

ფრონტალურ უკაშხალო წყალმიმღებები. ამ ტიპის უკაშ-ხალო წყალმიმღები უკანძები არსებითად გაუმჯობესებული გვერდითი წყალ-მიმღებებია. მათში წყალმიმღები არხის შესასვლელის წინ აწყობენ წყალდამქვრ-დებს, რომელიც ქმნის ერთგვარ შეტბორვას და ზრდის წყლის აღების სიდი-დეს გამყვან არხში. ამასთანავე წყლის გაყვანის ზონაში იგი იწვევს ნაკადის ნაწილის გადახრას მოპირდაპირე მხარეზე (ნაკადის ღუნვას), რაც ასუსტებს წყლის გაყვანით წარმოშობილ ნაკადის განპრევებას. ყოველივე ეს იწვევს გამყვანი არხის შესასვლელში ფსკერული დენების დაქერის სიგანის ნაწილობ-რივ შემცირებას და მის შედეგად არხში ფსკერული ნატანის შესვლის შემცი-რებას (ნახ. 16-3).

გვერდითთან შედარებით ფრონტალურ წყალმიმღებებს აქვს მნიშვნელო-ვანი უპირატესობანი. მათ იყენებენ შემდეგ შემთხვევებში:

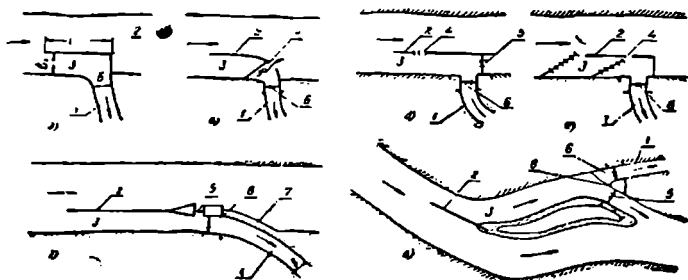
ა) ბუნებრივი სიღრმეების იმდენად დაბალი დონისას, რომ არასაკმარის-სა მდინარიდან არხში წყლის თვითდინებით გასაყვანად;

ბ) როდესაც წყლის აღების ხარჯის სიდიდე აღემატება მდინარის ხარჯის 15—20%-ს;

გ) გამყვან კალაპოტში ფსკერული ნატანის მოხვედრის შემცირების საჭიროების შემთხვევაში;

დ) მცირე ასაღები ხარჯების დროს, როდესაც დიდი ღირებულების გამო კაშხალის მოწყობა გაუმართლებელია;

აღნიშნული ტიპის წყალმიღებთა უპირატესობაა ისიც, რომ მდინარეში დენის შეწყვეთა და წყლის დაქერის ზონის გაფართოებით შეიძლება გავზარ-



ნახ. 16-3. უკაშხალო ფორნტალური წყალმიღებების სქემები:

ა—სათაის ნაგებობის გარეშე (არასიანიერო); ბ—გვერდითი სათაის ნაგებობით და ფსკერული ზღურბლით, რომელიც ნატანს მიმართავს დენის ფარგლებს გარეთ; გ—გვერდითი სათაის ნაგებობით და დენის კედელში მოწყობილ განაკეცი ხერხტებით; დ—გვერდითი ნაგებობით და ზედაპირული მიმართველი სისტემებით; ე—ფორნტალური სათაის ნაგებობით და დენის გრძივ კედელში მოთავსებული გამრეცხი მოწყობილობებით; ვ—მდინარის ტოტზე სათაისა და გამრეცხი ნაგებობებით; 1—არხი; 2—ღეზი; 3—მიმყვანი კალაპოტი; 4—საგდები; 5—გამრეცხი ნაგებობა; 6—სათაის ნაგებობა; 7—ქებარი; 8—ფსკერული ზღურბლი.

დოთ ასაღები წყლის ხარჯის სიდიდე, მაგრამ ამასთანავე უნდა შეენიშნოთ, რომ ასეთ შემთხვევაში ნატანის შეტანაც გაიზრდება გაყვან არხში.

ლაბორატორიული განკვეთვებით დადგენილია, რომ ყველაზე უკეთესად დენები მუშაობენ მაშინ, როდესაც მიმყვანი კალაპოტის სიგანე $b_1 = 1,5b$, ხოლო დენის სიგრძე $l_2 = (1,5-3,0)b$, სადაც b გამყვანი კალაპოტის სიგანეა (ნახ. 16-3, ა).

ფორნტალურ წყალმიღებებს აწყობენ არხის თავში მოთავსებული რეგულატორით ან მის გარეშე ასეთი წყალმიღების მუშაობის გასაუმჯობესებლად დენის გრძივ კედელში ათავსებენ გადასაგდებს. აწყობენ მიმართველ ფსკერულ ზღურბლებს, ღარებს ან ზედაპირულ სისტემებს, რომელთაც ფსკერული ნატანი გააქვთ ან გადახრიან დენის ფარგლებს გარეთ.

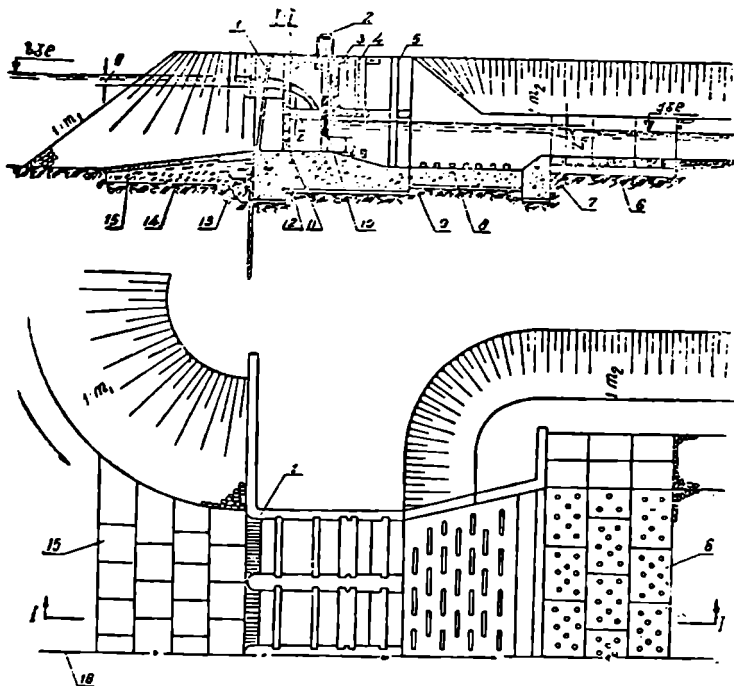
დენებს აკეთებენ ქვაყრილისაგან ან სხვადასხვა სახისას—გაბიონურს, ქვაფიჩხისას, სიპაის (სამფეხა) გამოყენებით, ქვის წყობით და სხვ.

მდინარის კალაპოტის დენით შევიწროების გამო შესაძლებელია კალაპოტის წარცხვება და დენის ძირის გამოთხრა, რომელთა თავიდან ასაცილებლად გათვალისწინებული უნდა იქნეს კალაპოტის ფსკერისა და ფერდობის გამაგრება. დენებს სჭირდება მუდმივი საექსპლუატაციო ზედამხედველობა; წყალდიდობის დროს ისინი ხშირად ზიანდება და მოითხოვენ რემონტს.

სათავის ნაგებობათა კონსტრუქციები. გვერდით და ფრონტალურ უკაშხალო წყალმიღობთა სათავის რეგულატორის კონსტრუქციას ირჩევენ საანგარიშო ხარჯის, არხში და მდინარეში არსებული წყლის დონეთა სხვაობისა და ნაგებობათა საექსპლუატაციო პირობების მიხედვით.

ხშირ შემთხვევაში წყლის დონეთა მცირე ვარდნილის დროს აპროექტებენ ღია ტიპის რეგულატორს, ხოლო მნიშვნელოვანი ვარდნილების შეთხვევაში—ლიაფრაგმული ტიპის რეგულატორს, რომელშიც წყლის გამოდინება ხდება საკეტის ქვეშ (ნახ.16-4).

ლიაფრაგმის (3) მოწყობით მნიშვნელოვნად მცირდება საკეტის სიმაღლე, მსუბუქდება ანწეები და სასამსახურო ხიდეების კონსტრუქციები. ლიაფ-



ნახ. 16-4. ლიაფრაგმის რეგულატორის (სათავის ნაგებობის) გრძივი ჭრილი და ღვევა: 1—ფოსოსი; 2—ამწე; 3—ლიაფრაგმა; 4—შანდორების ჩასაწყობი კილოები; 5—ქვედა შანდორთა კილო; 6—ბერეტებიანი ფილები; 7—უკუფლტორი; 8—შთანმოქმედები; 9—ნაყრის გაშვარაფები; 10—საკეტი; 11—შანდორები; 12—საგები; 13—ბიტუმის ფენა; 14—ძირული; 15—ბეტონის ფილები; 16—ნაგებობის ღერძი.

რაგმის ქვედი ჯაშვებული უნდა იქნას ისეთ ნიშნულამდე, რომ თავისუფლად ხლებოდეს წყლის აღება მდინარის დაბალი დონის დროს.

მდინარის ზედა ფენებიდან წყლის აღების გაიოლების მიზნით, ზედა ბიფის მხარეზე, მუშა საკეტების (10) წინ, აწყობენ საშანდორე ზღუდეებს (11), რომლებიც გამოიყენება საარემონტო საკეტებად და ცვალებადი სიმაღ-

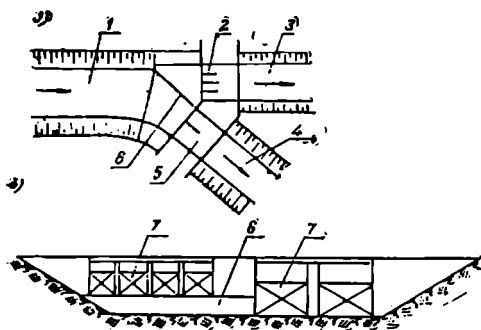
ლის ზღურბლებად. წყალდიდობის დროს საშანდორე ზღურბლის მოთავსების სიმაღლე დამოკიდებულია მდინარის წყლის დინებაზე, რეგულატორის ხერცის სიგანესა და ასაღები ხარჯის სიდიდეზე.

რეგულატორის ზღურბლის ნიშნულს ნიშნავენ კრიტიკულ პერიოდში წყლის აღების უზრუნველყოფის პირობიდან, მაგრამ იგი არ უნდა მოთავსდეს მდინარის კალაპოტის ან იმპყვანი არხის ფსკერის საშუალო ნიშნულზე დაბლა.

ექსპლუატაციის დროს რეგულატორის ნორმალური მუშაობის უზრუნველსაყოფად რეკომენდებულია მასში მოეწყოს არანაკლებ სამი მაღისა; წყლის წილების სიჩქარე ჩვეულებრივ 0,8—1,5 მ/წმ აიღება.

რეგულატორში წყლის შესვლის სიმდოვრე უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს მისასვლელი ამონაღების ფორმით, რომელიც უნდა შეესაბამებოდეს ნაკადის ღუნვის ფორმას მოცემული გაყვანის კუთხის დროს.

იმისათვის, რომ არხში არ მოხდეს ნაგავი და მცურავი სხეულები, რეგულატორის წინ აწყობენ უხეშ გისოსს (1). თუ რეგულატორი ზაითარშიც მუშაობს, მაშინ არხში თოშისა და ყინულის მოხვედრის თავიდან ასაცილებლად გათვალისწინებული უნდა იქნეს სათანადო კონსტრუქციები (თოშსაგდებები, მცურავი ლობურები).



ცენტრალიზებული მართვის თხრილ-სალექრებიან წყალმიმღებებში აწყობენ ორიარ უსიან სათავის რეგულატორებს. ზედა იარუსის ხერცების მეშვეობით თხრილიდან წყალი გადადის მაგისტრალურ არხში, ხოლო ქვედა იარუსის ხერცებით—ფსკერულ გამრეცებებში,

ნახ. 16-5. საგდებიანი სათავის ნაგებობის გეგმა (ა) და კრძილი (ბ): 1—თხრილ-სალექარი; 2—რეგულატორი; 3—მაგისტრალური არხი; 4—საგდები არხი; 5—საგდები ნაგებობა; 6—ზღურბლი; 7—სექტები.

საიდანაც ვარდება მდინარეში წყლის აღების ადგილის ქვემოთ. ამასთანავე ზღურბლის ნიშნულს და გარეცხის ზომებს ნიშნავენ კონსტრუქციულ მოსაზრებათა საფუძველზე წყლის საანგარიშო ხარჯების გატარების, პერიოდული დათვლიერებისა და რემონტის ჩატარების შესაძლებლობის გათვალისწინებით.

სათავის ნაგებობის სქემა, რომელიც შედგება რეგულატორის და ღია ტიპის გადასაგდები ნაგებობებისაგან, ნაჩვენებია 16-5 ნახაზზე. ასეთი სათავის ნაგებობა შეიძლება მოეწყოს დეცენტრალიზებული მართვის თხრილ-სალექრებიან წყალმიმღებებში (ნახ. 16-2, ზ), აგრეთვე ფრონტალური წყალმიმღების შემთხვევაში, როდესაც კვანძის შეთანწყობა ითვალისწინებს ღია ტიპის გადასაგდებ-გამრეც ნაგებობას (ნახ. 16-3, ე, ვ).

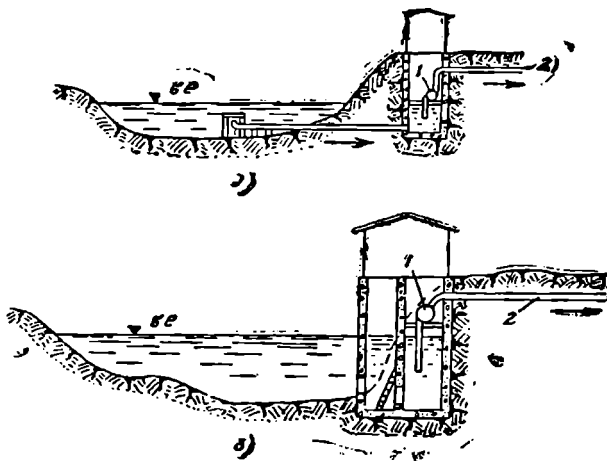
მოქმედი სამიწებლო ნორმებისა და წესების შესაბამისად გადასაგდები ნაგებობის ზღურბლს ათავსებენ რეგულატორის ზღურბლზე 1—1,5 მ ით დაბლა. ამასთან რეცხვის ეფექტიანობის გასაზრდელად რეგულატორის წინ აწყობენ ფსკერულ ზღურბლს, რომელიც იჭერს ფსკერულ ნატანს და მიმართავს გადასაგდები ნაგებობისაკენ.

ჩამჩიანი უკაშხალო წყალშიმღებნი. ამ ტიპის წყალმიმღებებს იყენებენ წყალმომარაგებაში და ამიტომ მათ ექსპლუატაციას უწევენ ზოგი წლის განმავლობაში. მათი დამახასიათებელი თავისებურებაა თავში მოწყობილი ფართო აუზი-ჩამჩა, რომელშიც წყალი მოძრაობს მცირე სიჩქარეებით. ასეთი სიჩქარეების შედეგად მდინარის შეწონილი ნატანი უმეტესად ჩამჩის ფსკერზე ილექება და დაგროვებისთანავე გააქვთ ამოხაპვით. დაწმენდილი წყლის შემდგომი მიწოდება ხდება მილებით სატუმბო სადგურის მეშვეობით.

2. სიღრმული უკაშხალო წყალმიმღებები

სიღრმულ უკაშხალო წყალმიმღებებს უპირატესად წყალმომარაგებაში იყენებენ, ხოლო უფრო იშვიათად—ირიგაციაში, მდინარიდან შედარებით მცირე ხარჯების აღებისას, როდესაც მაღალი ნაპირები აძნელებს ან შეუძლებელია ღია არხის გაყვანა ქვა-ნიწის სამუშაოთა დიდი მოცულობის გამო.

მილოვანი თვითმღები წყალმიმღების სქემაში (ნახ. 16-6, ა) წყალმიმღებ ხერცეს ათავსებენ მდინარის კალაპოტში ისეთ სიღრმეზე (2—2,5 მ), რომ



ნახ. 16-6. სიღრმული წყალმიმღებების სქემები:
 ა—მილოვანი თვითმღებითი; ბ—სენაპირო; 1—ტუმბო; 2—მილსადენი.

ზამთარში არ მოჰყვეს ყინულის საფარში, ამასთანავე ფსკერიდან იგი დაშორებული იყოს გარკვეული მანძილით (0,5—1,5 მ), რათა მასში არ მოხვდეს ფსკერული ნატანი. თუ მდინარის ნაპირის მახლობლობაში წყლის სიღრმეები საკმარისია, მაშინ შეიძლება მოეწყოს სანაპირო სიღრმული წყალმიმღები, რომელშიც წყალი შედის სიღრმული ხერცეებით (ნახ. 16-6, ბ).

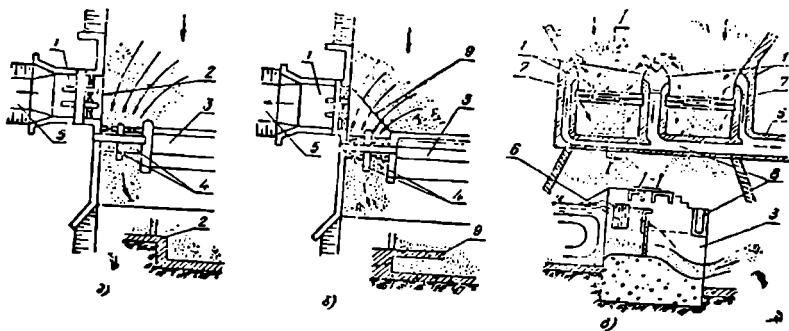
როდესაც მდინარეში წყლის დონე მნიშვნელოვნად ცვალებადობს, კალაპოტის ნაპირები მაღალია და თანაც არამდგრადი, მაშინ ირიგაციულ წყალმიმღებს ზოგჯერ აწყობენ მცურავი (ტივტივა) სატუმბო სადგურის სახით, რომელიც მონტაჟდება მცურავ პონტონზე.

1. კაშხალიანი გვერდითი წყალმიმღებები

გვერდით წყალმიმღებებში სათავეს ნაგებობას ათავსებენ მდინარის ნაპირზე კაშხალის გვერდით ან კაშხალის შენობლით მოწყობილი მრუდხაზოვანი მიმყვანი არხის ბოლოში. ნატანი ირეცხება კაშხალის ხერეტებით, გვერდითი ფსკერული გამრეცხებითა და მოწყობილობებით, რომლებიც მოთავსებულია სრუდხაზოვანი მიმყვანი არხის ფარგლებში.

გვერდითი წყალმიმღებები ნატანის ფრონტალური რეცხვით (ნახ. 16-7). განსახილველ ჯგუფს შეიძლება მიეკუთვნოს რამდენიმე სახეობის წყალმიმღები ნაგებობა, რომელთაგან კონსტრუქციული თვალსაზრისით ყველაზე მარტივია ყრუზღურბლიანი გვერდითი წყალმიმღებები. მათში ნატანის გასარეცხად გამოყენებულია სათავეს ნაგებობის მახლობელი კაშხალის ხერეტები (ნახ. 16-7, ა).

ამ ტიპის წყალმიმღებ კვანძში შედის დაბალდაწნევიანი კაშხალი; ჩანადენის რეგულირების შემთხვევაში კი აშენებენ საშუალო ან მაღალდაწნევიან



ნახ. 16-7. კაშხალიანი გვერდითი წყალმიმღებები ნატანის ფრონტალური რეცხვით: 1—სათავეს ნაგებობა; 2—შესასული ზღურბლი; 3—კაშხალი; 4—გამრეცხ ხერეტები; 5—ძიხვი; 6—გისოსები; 7—წყალსატარების საკეტები; 8—აკვედი; 9—პორიზონტალური თარი.

კომბინირებულ შემტორავ ნაგებობას, რომელიც წარმოადგენს წყალსაშვებ კაშხალს თხემზე მოწყობილი მარეგულირებელი საკეტებით.

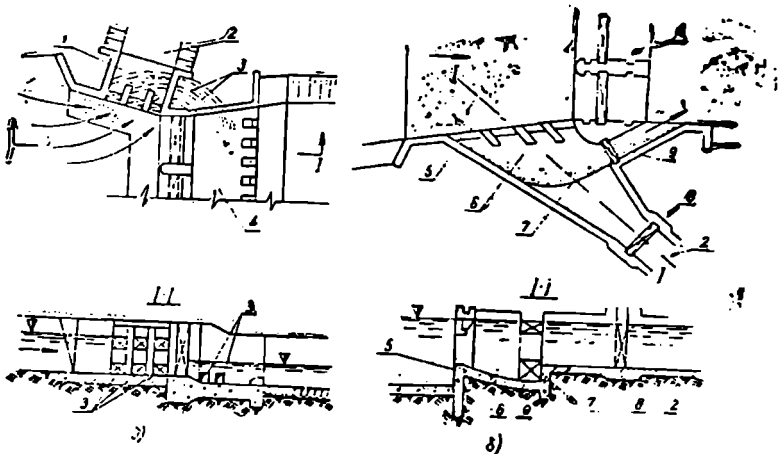
ასეთ წყალმიმღებ კვანძებში ნატანის რეჟიმის რეგულირებისათვის და მის შენე ფრაქციისთან საბრძოლველად კუდი პირობები იქმნება. ფსკერულ ნატანთან საბრძოლველად გამოყენებული შესავალი ზღურბლები თითქმის ვერ ახდენენ გავლენას ნატანის რეჟიმზე; ზედა ბიეფი, ხოლო შემდეგ შესასული ზღურბლი სწრაფად ილექება, რაც იწვევს შეწონილი და ფსკერული ნატანის დიდი რაოდენობით შეტანას ვამყვან წყალსატარ ნაგებობაში. გარდა ამისა, ზედა ბიეფში დაღეკილი მყარი ნატანის წასარეცხად საჭიროა კაშხალის ხერეტებით წყლის დიდი ხარჯების გატარება, რაც იწვევს წყლის ამღერევის წყალმიმღებში შესვლამდე. ამ გარემოების გამო ზედა ბიეფის წარეცხვის დროს უნდა შეწყდეს წყლის აღება და მიწოდება.

ამ ტიპის წყალმიმღების მუშაობის გასაუმჯობესებლად ა. ტროიციკიმ წამოაყენა წინადადება იმის შესახებ, რომ ზღურბლის სიმაღლეზე მოეწყოს პორიზონტალური ფილა (თარი), რომლის მეშვეობით მდინარის ნაკადი იყო-

ფი ზედაპირულ და ფსკერულ დინებებზე (ნახ. 16-7, ბ), ამასთან ზედაპირული ფენა გაიყვანება წყალშიღლებში, ხოლო ფსკერული ნაწილის წყალი ნატანთან ერთად ვარდება ქვედა ბიეფში.

ასეთი წყალშიღლების მუშაობაზე დაკვირვებამ გვიჩვენა, რომ გამყოფი თაროს მოწყობა არაა საკმაოდ ეფექტური და არ შეუძლია ყოველთვის აღკვეთოს ფსკერული დენებისა და ნატანის შეტანა არხში. ამის მიზეზი ისაა, რომ იგი არ არეგულირებს ნაკადის შინაგან სტრუქტურას და მხოლოდ ხელოვნურად ყოფს მას ორ ფენად.

წყლის მტირე ხარჯების ასაღებად პროფ ვ. აივაზიანის მიერ რეკომენდებულია ახალი ტიპის წყალშიღლები შუა და სანაპირო ბურჯების სათავეებში მოწყობილი ვერტიკალურგისოსიანი წყალშიღლები ხვრეტებით (ბურჯებიანი წყალშიღლები, ნახ. 16-7, გ). ეს წყალშიღლები ღთვალისწინებს წყლის მი-



ნახ. 16-8. კანხალაინი გვერდითი წყალშიღლებები ნატანის ჯვრდითი რეცხვით:

- 1—სათავის ნაგებობა; 2—არხი; 3—ფსკერული ვანრეცხვი; 4—კანხალი; 5—შესაღები ზღურბლი; 6—აივანკამერა; 7—აივანკამერის ზღურბლი; 8—წყალშიღლების საკეტი; 9—გამარეცხი.

ღებას ნაკადის ზედა ფენებიდან და ამიტომ რეკომენდებულია მთის იმ მდინარეებისათვის, რომელთაც დიდი რაოდენობით შოაქვთ ფსკერული ნატანი.

ფსკერული ნატანისა და წყალდიდობის ხარჯების გადაღება ქვედა ბიეფში წაომოებს ორფა ან სეგმენტური საკეტებით აღჭურვილი კანხალის ხვრეტებით.

ამ ტიპის წყალშიღლები ნაგებობა აშენებულია მდ. მზიმთას მთისწინა უბანზე და იგი უზრუნველყოფს კრასნოპოლიანას ჰესის შეუფერხებელ მუშაობას კრასნოდარის მხარეში.

გვერდითი წყალშიღლებები ნატანის გვერდითი რეცხვით. განსახილველ ჯგუფს შეიძლება მიეკუთვნოს დიდი რაოდენობა წყალშიღლები ნაგებობებისა, რომლებშიც ფსკერულ ნატანთან საბრძოლველად გამოყენებულია ნაკადის ჰიდრაულიკური სტრუქტურის სხვადასხვა ვარიანტი.

ყველაზე ფართო გავრცელება პოვა გვერდითმა წყალშიღლებებმა სათავეს ნაგებობის ზღურბლის ქვეშ მოთავსებული ფსკერული გამარეცხი გაღვივებით (ნახ. 16-8, ა); მაგრამ წყალშიღლებთა ეს ტიპი არ არის მთლიანად სრულყოფილი.

ფილი. ნ. დანელიას, ა. ბირკაიას, კ. ლიპატოვის, ი. კოლესნიკოვისა და სხვათა გამოკვლევებში გვიჩვენა, რომ ფსკერული ნატანის მიზიდვა აღნიშნული ტიპის გვერდით წყალშიმღებებში წარმოებს ცირკულაციური ნაკადით, რომელიც წარმოიშობა ნაკადის მიერ ზღუდეთა გარსდენის შედეგად.

გამრეცთ გალერეებში ნატანი შედის არათანაბარი რაოდენობით, ამასთანავე ძირითადად დატვირთულია მხოლოდ ზედა გალერეა, ხოლო დინების მიმართულებით განლაგებული ყველა დანარჩენი (ქვედა) გალერეა წყალს აგდებს უნატანოდ. გარდა ამისა, ქვედა გალერეები აუარესებს ზედა გალერეის მუშაობას წყალშიმღების ფრონტის წინ წყლის ამღვრევის გაძლიერების გამო. აქედან გამომდინარე, იმ მდინარეთა სამთო და შთისწინა უბნების პირობებში, რომლებიც ხასიათდებიან მყარი ნატანის უხვი დინებით, წყალშიმღები ნაგებობა ზღურბლის მთელ სიგანეზე განლაგებული ფსკერული გამრეცხი გალერეებით არ იძლევა წყალსატარში ნატანის მოხვედრის თავიდან აცილების გარანტიას.

16 მ, გ ნახაზზე ნაჩვენებია ხრეშსაქერაიანი გვერდითი წყალშიმღები, რომელსაც აქვს სწორხაზოვანი შესასვლელი ზღურბლი (5) და მრუდხაზოვანი ზღურბლი (7) ხრეშსაქერის ბოლოში. ის ფსკერული ნატანი, რომელიც გროვდება შესასვლელ ზღურბლთან, პერიოდულად ირეცხება კაშხალის ხერეტებით, ხოლო ხრეშსაქერში მოხვედრილი ნატანი გაიტანება ქვედა ბიეფში სანადოდ გამრეცხი ხერეტებით (9). ამ სქემის ნაკლი იმაში მდგომარეობს, რომ ზოგჯერ შეიძინება ნატანით ავანკამერის (6) სწრაფი ამოვსება, რომლის დროს გამრეცხებში ველარ უზრუნველყოფს მის გატანას ქვედა ბიეფში.

ნახ. 16-9 ნაჩვენებია პროფ. ნ. დანელიას მიერ დამუშავებული გვერდითი წყალშიმღები ნაგებობა ნატანდამპერი გალერეებით; იგი გათვალისწინებულია წყლის ასაღებად ისეთი მდინარეებიდან, რომელთაც ღილი რაოდენობით მოაქვთ ფსკერული ნატანი,

ზემოგანხილული წყალშიმღები ნაგებობისაგან განსხვავებით (ნახ. 16-8, ა), ამ ტიპის წყალშიმღების მუშაობა ემყარება მდინარის ნაკადის განივი ცირკულაციისა და მის მიერ ზღუდეთა გარსდენის მოვლენების უფრო ეფექტურ გამოყენებას. მასში ნაკადის პილარული ცირკულაციური სტრუქტურა და ნაგებობის მისასვლელთან ნატანის სასურველი მიმართულებით გადაადგილება რეგულირდება მისი მუდმივი კონსტრუქციული ელემენტებით, სახელოდობრ, ნატანდამპერი გალერეებით, რომელთა შესავალი ხერეტები მოთავსებულია წყალშიმღების ზედა კედლის ზემოთ და ქვემოთ დინების მიმართულებით და იმყოფება ფსკერული ნატანის კონცენტრაციის არეში.

ასეთი წყალშიმღები ნაგებობის მუშაობის დროს კაშხალის გამრეცხი ხერეტები ჩაქეტილია ან წყალი გადაედინება ორფა მრტყელ საკეტებზე (9).

ნატანდამპერ გალერეთა რაოდენობას და ზომებს ნიშნავენ წყალშიმღების ხარჯის, ზღურბლის სიმაღლის, ფსკერული ნატანის სიმსხოსა და მისი რაოდენობის გათვალისწინებით. თითოეული გალერეის გამტარუნარიანობა (0,2—0,25) $Q_{\text{ყვარ}}$ ინიშნება. წყალდიდობის პერიოდში ნატანის გადასაგდებად იხარჯება (0,5—1,0) $Q_{\text{ყვარ}}$ რაოდენობის წყალი. დაბალ დონეთა პერიოდში ნატანდამპერი გალერებით ნატანის პერიოდულ გარეცხვაზე სულ იხარჯება იმავე პერიოდში მდინარის ჩანადენის 2—3%.

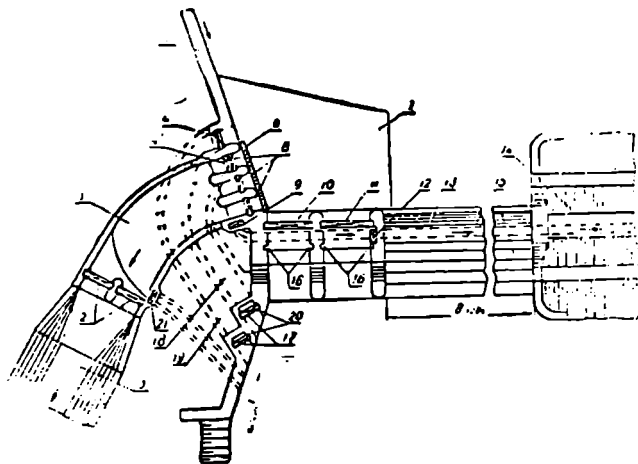
ყველა ნატანდამპერი გალერეის მაქსიმალური გამტარუნარიანობა ტოლია წყალშიმღების საანგარიშო ხარჯისა. მდინარეში უმნიშვნელო ჰარბი ხარჯების დროს, ცხადია, იმუშავენს მხოლოდ გალერეთა ნაწილი, ხოლო

წყალდიდობის დროს—ყველა გალერეა; ამასთან ზედმეტი წყლის გადავლება იწარმოებს კაშხალის წყალსაშვები ნაწილით.

ზელა ბიეკში წყლის ნშდ აღგენენ იმ ანგარიშით, რომ წყლის საჭირო რაოდენობით დაკმაყოფილდეს მომხმარებელი და ამასთანავე გაძრეც გალერეებში წყალს ჰქონდეს საკმაო სიდიდის წამტაცი სიჩქარეები (4—7 მ/წმ-ში).

იმისათვის, რომ კაშხალის წყალსაშვები წახნავის ზედაპირი დაუღლი იქნეს ნატანით გამოწვეული ცვეთისაგან, რეკომენდებულია მოპირკეთდეს მაგარი ჯიშის ბუნებრივი ქვით.

ნატანდამკერი გალერეებიანი გვერდითი წყალმიმღებისა და ზოგიერთი სხვა



ნახ. 16-9. კაშხალის გვერდითი წყალმიმღები ნატანდამკერი გალერეებით:

- 1—წყალმიმღები; 2—მაგისტრალური არხის ბრტყელი საკეტები; 3—მაგისტრალური არხი; 4 და 4¹—ბრტყელი საკეტები ნდ გალერეების შესავალში; 5—ქელემიშართული კედელი; 6—მოსახსნელი ვისოსი; 7—ბეტონის ძირული; 8—წყალმიმღების ბრტყელი საკეტები; 9—დიუქერის ბრტყელი საკეტი; 10 და 11—კაშხალის გამრეცხი ხვრტების საკეტები; 12—დიუქერის სარეზერვო საკეტი; 13—დიუქერი; 14—კაშხალის ყრუ ნაწილი; 15—კაშხალის წყალსაშვები ნაწილი; 16—საშანდორე კილოები; 17—საკეტები ნდ გალერეების გამოსასვლელში; 18 და 19—ნდ გალერეები; 20—ნდ გალერეების საშვარი კები; 21—წყალმიმღების გამრეცხი.

ახალი ტიპის წყალმიმღებთა დაპროექტებისა და ნორმალური ექსპლუატაციისათვის ჩამოყალიბებულია შემდეგი მთავარი პრაქტიკული დასკვნები:

1. მდინარეთა მთისა და მთისწინა უბნებისათვის ნატანდამკერი გალერეებიანი გვერდითი წყალმიმღებთა გამოყენების ზღვრად მიჩნეული უნდა იქნეს 5-დან 200 მ³/წმ-მდე ასაღები ხარჯები. ამუღარიის, რიონისა და მათ შგავს სხვა მდინარეთა ვაკის უბნებზე შესაძლებელია ასაღები ხარჯის მნიშვნელოვანი გაზრდა (350-დან 600 მ³/წმ-მდე). ასეთი ტიპის წყალმიმღები ნაგებობები რეკომენდებულია ირიგაციულ და ენერგეტიკულ მშენებლობათა ობიექტებისათვის;

2. მდინარის ნაკადის შუაწყალი უნდა მიემართოდ და დავამკვიდროთ

იმ ნაპირის გასწვრივ, რომელზეც მოთავსებულია წყალმიმღები. ფართო კალა უნდა დარეგულირდეს $B_{სააგ}$ სიგანის მიმყვანი და გამყვანი კალაპორტების შექმნით; ამასთან, აღნიშნული სიგანე მიზანშეწონილია განისაზღვროს ს. ალტუნინის მოტოლოგიური ფორმულით

$$B_{სააგ} = \frac{A \cdot Q^{0,8}}{i^{0,8}}, \quad (16-1)$$

სადაც Q არის კალაპორტის მაფორმირებელი, 3—10% უზრუნველყოფის მაქსიმალური ხარჯი, მ³/წმ;

i — ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის ქანობი, ხოლო

A — პარამეტრი, რომელიც დამოკიდებულია მდინარის უბნის განივი პროფილის ტიპზე და მახასიათებელზე; განსახილველ შემთხვევაში A იცვლება 0,7-დან 1,5-მდე.

წყალმიმყვანი კალაპორტისა და სარეგულაციო ნაგებობების გეგმურმა და სიმაღლითმა განლაგებამ ყველანაირი ხარჯის დროს უნდა უზრუნველყოს მდინარის ნაკადის შუაწყლის შენარჩუნება იმ ნაპირის გასწვრივ, რომელზეც მოთავსებულია წყალმიმღები.

როდესაც წყალმიმღებს ვათავსებთ მდინარის ჩაზნექილ ნაპირზე, კაშხლის გასწორი უნდა მივმართოთ რადიალურად, ე. ი. ჩაზნექილი ნაპირის შართობულად. ამასთან, როგორც ზემოთ იყო მითითებული, წყალმიმღების ზედა კედელი უნდა მოვათავსოთ სათანადო წესის მიხედვით, რომელიც ნაჩვენებია 16-1 ნახაზზე.

გარდა ზემოაღნიშნული ძირითადი მიუთითებებისა, წყალმიმღებების დაპროექტებისას უნდა გავითვალისწინოთ ქვემოთ მოყვანილი პრაქტიკული მითითებებიც; მაგალითად: წყლის მაღალი პროცენტით აღებისას (50—80%) დაბალზღურბლიანი კაშხლის ზღურბლი უნდა დაინიშნოს მდინარის ფსკერის საშუალო ნიშნულზე 1—1,5 მ-ით მაღლა, რათა თავიდან იქნეს აცილებული ნატანის ჩახერგვა წყალსაგდებთა უკან (ქვედა ბიეფში); სათავის ნაგებობა, ე. ი. წყალმიმღები ხერცების ფორმის და ზღურბლი, მოთავსდეს ერთ ხაზზე კაშხლის ღერძთან $\alpha = 90—115^\circ$ კუთხით; წყალმიმღები ხერცების B სიგანე დადგინდეს პილარულიყური გაანგარიშებებით ნმდ-ისა და შესვლის სიჩქარეთა გათვალისწინებით, $v_{გაგ} = 1,5—2,0$ მ/წმ; სათავის ნაგებობის ავანკამერის ბოლოში მოეწყოს მრულხაზოვანი ზღურბლი დამატებითი გამრეცხი ხერცითა და საკეტით მაგისტრალური არხის შესასვლელის წინ; ზღურბლის სიმაღლე განისაზღვროს ისე, რომ სათავის ნაგებობის ქვეშ მოთავსდეს გამრეცხი ვალერეები, რომელთა სიმაღლე ნმდ-ის დროს ზემო ბიეფში არსებული წყლის H სიღრმის მიხედვით აიღება

$$h_3 = (0,25—0,33) H,$$

მაგრამ კონსტრუქციულ მოსაზრებათა გამო მათი სიმაღლე არ უნდა იყოს 1 მ-ზე, ხოლო ვალერეთა რიცხვი—ორზე ნაკლები; ვალერეთა სიგანე განისაზღვროს მათი გამტარუნარიანობის მიხედვით

$$b_3 = \frac{Q_3}{h_3 v_3}, \quad (16-2)$$

სადაც v_3 არის დინების საშუალო სიჩქარე ვალერეთაში, რომელიც 2—2,5-ჯერ უნდა აღემატებოდეს ნატანის წამტაც სიჩქარეს მდინარეში ჩვეულებრივი პი-

რობების დროს; გალერეების გამოსავალი ქვედა ბიფფში მოეწყოს ნაკადის ღერძთან $\theta = 15-30^\circ$ კუთხით; გამრეცხ გალერეათა შესავალი ხერტების ფსკერი უნდა შეუთავსდეს კვანძის ძირულის დონეს; გალერეათა შესასვლელსა და გამოსასვლელში მოეწყოს ბრტყელი საკეტები და სამმთავალურეო ქები; გალერეათა შიგა კედლები შობირკეთდეს შტუციე მასალით—გრანიტით, ფოლადის ფურცლებით, თუჯის ფილებით და სხვ.

წყალმიმღების ნორმალური მუშაობის უზრუნველსაყოფად დაცული უნდა იქნეს ექსპლუატაციის გარკვეული წესი. ასეთი წყალმიმღები აშენდა და ექსპლუატაციაში გადაეცა მდ. ტურიან-ჩაიზე—1955 წელს (მდ. მტკვრის მარცხენა შენაკადი), მდ. მტკვრის მთიან უბანზე—ტაშისკარის სათაფის კვანძში 1955 წელს, მდ. ხრამზე 1954 წელს (ხრამ-არხის კვანძი) და სხვ.

გვერდით წყალმიმღებ ნაგებობათა ჯგუფს მიეკუთვნება ი. კოლენსიკოვის¹ შიერ დამუშავებული წყალმიმღები ნაგებობა ერთი გამრეცხი გალერეით, რომელშიც წყალი ხრახნულად მოძრაობს. ამ სქემის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ჩვეულებრივი ღია ტიპის წყალმიმღების ზღურბლში აწყობენ კონუსურ გალერეას, რომელსაც ქვემოთ აქვს ხერტული ხერტი დიდი რაოდენობის ფსკერული ნატანის შემცველი წყლის ქვედა ფენების გასატარებლად. გამოკვლევებით დასტურდება, რომ ნაკადის ხრახნული მოძრაობა ხასიათდება ნატანის მაღალი ტრანსპორტირების უნარით. ჯერჯერობით ამ წყალმიმღების გამრეცხი გალერეის მუშაობის ჰიდრაულიკური პირობები არასაკმაოდაა შესწავლილი.

აღსანიშნავია აგრეთვე გვერდითი წყალმიმღები მრუდხაზოვანი მიმყვინი არხით, რომელიც დაამუშავეს ვ. ბაუმგარტმა, ვ. კრავცოვმა და ა. შვარცმა (ბ. ვედენევიის სახ. ჰიდროტექნიკის საკავშირო სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი). ამ ტიპის წყალმიმღებში ფსკერულ ნატანთან საბრძოლველად გამოყენებულია ნაკადის განივი ცირკულაცია, რომელიც წარმოიშობა მრუდხაზოვან არხში მისი მოძრაობით და ფსკერული ტრანშეის მაგვარი ნატანდამკერი მოწყობილობა. არხს ათავსებენ მდინარის ნაკადის ღერძთან 45° კუთხით, მას არ უკეთებენ შესასვლელ ზღურბლს; არხის გამოსასვლელში დადგმულია ბრტყელი საკეტები, რომლებითაც არეგულირებენ ვადასავდებ ხარჯებს არხის რეცხვის დროს.

ამ ტიპის წყალმიმღებში ღია წყალმიმღები 0,7 მ სიმაღლის შესასვლელ ზღურბლით მოთავსებულია მრუდხაზოვანი არხის ქვედა ნაწილში. მიუხედავად იმისა, რომ იგი რეკომენდებულია პრაქტიკული გამოყენებისათვის², მან ექსპლუატაციაში შეიძლება გამოავლინოს ნაკლოვანი მხარეები (ნატანის ხერტილის წარმოქმნა მრუდხაზოვან არხში და სხვა მოვლენები).

2. კაშხალიანი ფრონტალური წყალმიმღებები

განსახილველი ჯგუფის წყალმიმღებთა თავისებურება ისაა, რომ ისინი წყალს იღებენ ფრონტალური (შუბლა) წესით მდინარის ნაკადის ზედა ფენებიდან. რაც შეეხება მსხვილი შეწონილი და ფსკერული ნატანით გაჯერებულ ქვედა ფენებს, მათ ატარებენ ტრანზიტით. გარდა ამისა, ფსკერულ ნატანთან

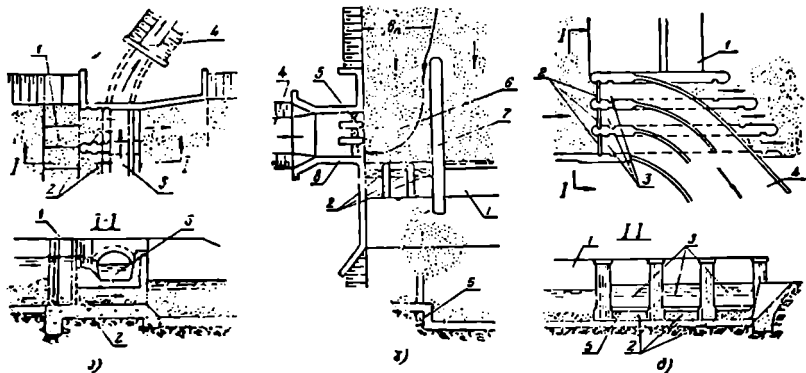
¹ И. Т. Колесников. Промышленные галереи с вышитообразным движением воды. „Гидротехническое строительство“, №7, 1940.

² Технические условия и нормы проектирования водозаборов. Сельхозгиз, 1946.

საბრძოლველად ფართოდ იყენებენ ნაკადის ჰიდრაულიკური სტრუქტურის თავისებურებებს.

დამუშავებულია ფრონტალურ წყალმიმღებთა სქემების დიდი რაოდენობა, რომელთაგან ქვემოთ მოკლდება აღწერილი ყველაზე უფრო დამახასიათებლები.

ფრონტალური წყალმიმღებები ფსკერული ნატანის ფრონტალური რეცხვით. შედარებით მცირე ხარჯების ასაღებად მდინარის მთისწინა უბნებზე გამოიყენება ღარული წყალსადებები (ნახ. 16-10, ა), რომლებიც წარმოდგენილია დაბალდაწნევიანი (წყალსაწევი) კაშხალის სახით, კონსტრუქციულად კაშხალი შეიძლება იყოს დიდი და მცირე ზომის მალეებით, ამასთან დიდი მალეებით ატარებენ წყალდიდობის ხარჯებს, ხოლო მცირე ზომის ორიარუსიანი მალეებით კი წარმოებს წყლის ხარჯების



ნახ. 16-10. კაშხალანი ფრანტალური წყალმიმღებები ნაგებანა ფრანტალური რეცხვით: ა—ღარიანი წყალმიმღები; ბ—ჯობანი წყალმიმღები; გ—ორიარუსიანი (ელადარის ტიპის) წყალმიმღები ფსკერული გამრეცხი გიორეებით; 1—კაშხალი; 2—კამრეცხი ხერჯები; 3—კინანბეტონის ღარი; 4—არხი; 5—შესავალი ზღურავა; 6—ჩიბი; 7—გამყოფი კედელი; 8—სათვის რეველატორი.

აღება ზედა იარუსზე მოწყობილი კინანბეტონის ღარის (3) მეშვეობით. მდინარის ტრანზიტული ხარჯები ფსკერულ ნატანთან ერთად გაიტანება ქვედა იარუსის ხერჯებით (2).

საქართვების შემთხვევაში წყლის განთავისუფლება (დაშენდა) შეწონილი ნატანისაგან ხდება სალექრით, როპელსაც აწყობენ კაშხალის მახლობლად ან მისგან დაშორებით (როდესაც კაშხალის ახლას არ არის შესაფერისი ადგილი)—მაგისტრალურ არხზე ან დერივატიაზე. ისეთი წყალმიმღებები, რომლებიც ემყარებიან ნაკადის მიერ ზღუდის გარსდენის მოვლენას, ექსპლუატაციაში მუშაობენ დამაკმაყოფილებლად.

ორიგაციაში ფართოდ გავრცელდა ე. წ. ჯიბიანი წყალმიმღები, რომელსაც ინდური ტიპის წყალმიმღებსაც უწოდებენ (ნახ. 16-10, ბ). ამ წყალმიმღებში გამრეცხი ჯიბე (6) იქმნება გამყოფი კედლას (7) მოწყობით. მასში გრ უფუხა მსხვილი ფაქერული ნატანი, რომლია ქვედა ბიუჟი გასატანად ხელსაყრელი პირობები იქმნება წყალდიდობის დროს. როდესაც მდინა-

რის ხვედრითი ხარჯები აღმატება ჯიბის ხვედრით ხარჯებს, მაშინ ჯიბის სივანის ნაწილიდან ნატანი გადაიტაცება კაშხალის ხერტებში. ასეთი წყალ-მიმღებები აშენდა შუა აზიაში (მდ. ზერაფშანზე, არისზე, კურგან საიზე და სხვ.), მაგრამ ამ ექსპლუატაციამ გვიჩვენა, რომ ისინი არაღამაკმაყოფილებლად მუშაობენ. მათი ძირითადი ნაკლია ის, რომ ჯიბე ცუდად ირეცხება, ამასთანავე რეცხვის დროს ხდება ნაკლის ამღვრევა და ნატანის გადატაცება არხში; გარდა ამისა, ქვედა ბიეფში, გამრეცხი ხერტების უკან, კალაპოტი საეიროებს ძალიან მტკიცე გამაგრების მოწყობას და სხვ.

ამ ტიპის წყალმიმღებთა მუშაობის გასაუმჯობესებლად შემოთავაზებულ იქნა რიგი წინადადებანი—ზედაპირული და ფსკერული მიმპართველი სისტემების მოწყობა, ექსპლუატაციის დროს კაშხალისა და გამრეცხი ხერტების საკეტების მანევრირება და სხვ.

მდინარეთა ვაკის და მთისწინა უბნებზე გამოყენება კპოვა ო რ ი ა რ უ ს ი ა ნ მ ა (ელსადენის ტიპის) წყალმიმღებებმა, რომელთაც მოწყობილი აქვთ მრუდხაზოვანი გამყვანი ღარები და ფსკერული გამრეცხი გაღერებები (ნახ. 16-10, გ). მათ აწყობენ უშუალოდ მდინარის კალაპოტში, კაშხალის გვერდით.

წყალმიმღები ფრონტის ფარგლებში შესასვლელი ზღურბლის დონეზე მოწყობილი ჰორიზონტალური კედელი --თაროს (5) მეშვეობით მდინარის ნაკადი იყოფა ზედაპირულ და ფსკერულ ზონებად. ნაკადის ზედა ფენა არხში (4) შედის მრუდხაზოვანი ღარებით (3), ხოლო ფსკერული ფენა ნატანთან ერთად ვარდება ქვედა ბიეფში გამრეცხი გაღერებების (2) მეშვეობით.

არსებობს ამ წყალმიმღების მრავალი ვარიანტი: ჯიბით, უჯიბოდ, ხერტების სამი იარუსით, რომელთაგან ქვედა იარუსი გამრეცხია, შუა—წყალმიმღები, ხოლო ზედა—წყალსაშვები თოძისა და ტივტივა სხეულების გადასაგდებად.

წყალმიმღების ასეთი ტიპი საზღვარგარეთ შიახნით ერთ ერთ ყველაზე საუკეთესოდ, მაგრამ ექსპლუატაციაში მას აქვს გარკვეული ნაკლიც (წყლის ამღვრევა და ნატანის ნაწილის შეტაცება გამყვან ნაგებობაში, კაშხალის წყალსაგდები ფრონტის შევიწროება, კონსტრუქციის სირთულე, თომ-ყინულის, ნაგვის, ტივტივა სხეულების და სხვა დაბრკოლებათა წინააღმდეგ ბრძოლის სიძნელე).

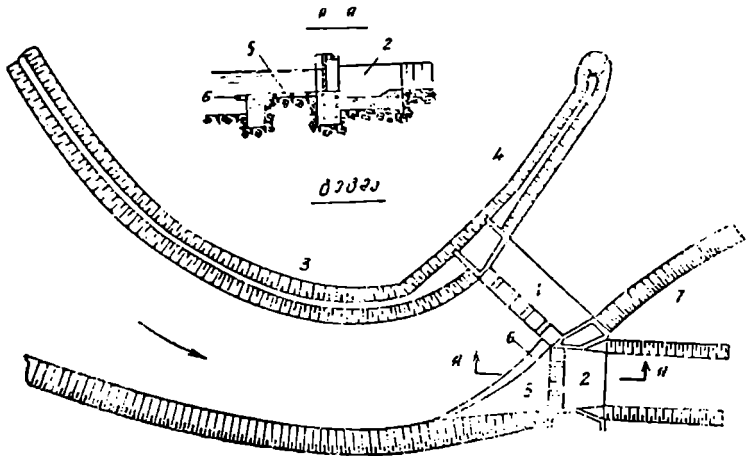
ფრონტალური წყალმიმღები ფსკერული ნატანის გვერდითი რეცხვით. დამუშავებულა ამ ტიპის წყალმიმღებთა მრავალი სქემა, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან ცალკეულ ნაგებობათა კონსტრუქციული თავისებურებებით, შეთანწყობითა და ფსკერულ ნატანთან ბრძოლის პრინციპებით.

წყალმიმღები ხელოვნური მრუდხაზოვანი მიმყვანი კალაპოტით (ნახ. 16-11), რომელსაც ფერგანის ტიპის წყალმიმღებს უწოდებენ, დამუშავდა შუა აზიის ირიგაციის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში პროფ. მ. ვიზგოს ხელმძღვანელობით.

იგი რეკომენდებულია მდინარეთა მთისწინა უბნებზე დიდი ხარჯების ასაღებად; ბუნებრივი ვანივი ცირკულაციის გასაძლიერებლად გათვალისწინებული მრუდხაზოვანი კალაპოტი იქმნება კუვლმიმპართველი მიწის უბიარ-კაშხალის (7) მეშვეობით, რომლის სადაწნეო წახნავი მტკიცედ უნდა მოპირკეთდეს. მიმყვანი კალაპოტის ზომებს და მოხვეულობის რადიუსს ადგენენ ს. ალ-გ ნ. მოწონებით

ტუნინის, მ. ვიზგოსა და სხვათა რეკომენდაციების მიხედვით. წყალმიმღების წინ აწყობენ მრუდხაზოვან Γ მავეარ ზღურბლს (4), რომელიც აძლიერებს განივ ცირკულაციას და აუმჯობესებს ნატანთან ბრძოლას წყალდიდობისას. მრუდხაზოვანი ზღურბლის ზომებს ადგენენ ლაბორატორიული გამოკვლევების საფუძველზე. შეთანწყობის წინასწარი სქემის შედგენისას ზღურბლის სიმაღლეს 0,75—1,0 მ-ს იღებენ. როდესაც ასაღები წყლის რაოდენობა აღემატება მდინარის ხარჯის 50%-ს, მაშინ წყალმიმღების მუშაობა შესამჩნევად უარესდება. ასეთი ტიპის წყალმიმღები ნაგებობები აშენდა შუა აზიის რიგ მდინარეებზე (კარაღარია, სობი, ჩირჩიკი, ზერავეშანი, ანგრენი) და წლების მანძილზე მუშაობენ წარმატებით.

ფერგანის ტიპის წყალმიმღების ძირითადი ნაკლი ისაა, რომ საჭიროებს შედარებით დიდი მოცულობის სარეგულაციო სამუშაოთა ჩატარებას მდინა-



ნახ. 16-11. კაშხალიან წყალმიმღები ხელოვნური მრუდხაზოვანი მიმყვანი კალაპოტით და ზღურბლით (ფერგანის ტიპის):

- 1—კაშხალი; 2—სათივის რეგულატორი; 3—მრუდხაზოვანი ყბიბი; 4—კველმიმპართველო ყბიბი; 5—მრუდხაზოვანი ზღურბლი; 6—ზღურბლის გამოშვარილი თარი; 7—ნაპირი.

რებზე (მიმპართველი ჯებირების მოწყობა, ნაპირის ჩამოჭრა და სხვ.).

ფრონტალური წყალმიმღები გეგმაში ირიბად მოთავსებული მრუდხაზოვანი კაშხალით (პროფ. ვ. პოსლაესკის სქემა) რეკომენდებულია მდინარეთა ვიწრო უბნებისათვის ფართო კალის დასაწყისის წინ. წყალმიმღების მიმართ კაშხალის ასე მოთავსებისას მასში წყალი გაედინება ისე, როგორც გვერდით გამყვანში. ამის შედეგად ზედა ბიეფში იქმნება ცირკულაციური ნაკადი, რომელსაც ფსკერული ნატანი მიაქვს კაშხალის წყალსაგდებ ხერცებთან. გარდა ამისა, წყალმიმღების შესავალში აკეთებენ 1,5 მ სიმაღლის მრუდხაზოვან ზღურბლს, რათა მასში არ მოხვდეს ფსკერული ნატანი.

ღინძნულ სქემაში წყლის მიწოდება მდინარის მეორე ნაპირზე წარმო-

ებს დიუკერიოთ. რომელიც მოთავსებულია კაშხალის ფლუტბეტში. დიუკერიო
 აკვებება წყალშიმღების განაპირა მალით.

ორ მხრივი წყალშიმღები ისრის ფორმის კაშხალით შე-
 შაობს წინა წყალშიმღების პრინციპზე; ამ სქემითაა აშენებული უზბეკეთის
 სსრ-ში წყალშიმღები კვანძი მდ. ბეშალიშ-საიზე¹.

წყალშიმღების ამ უკანასკნელი ორი სქემით იქმნება ნაკადის ხელსაყრე-
 ლი ჰიდრავლიკური სტრუქტურა. მაგრამ ტექნიკურ-ეკონომიკურ მოსაზრება-
 თა გამო (კაშხალის დიდი სიგრძე, მშენებლობისა და ექსპლუატაციის სირ-
 თულე) მათ ვერ პოვეს სათანადო გაერყელება.

ფორმალური წყალშიმღები გვერდითი ნატანდამქერი
 გალერეებით (ნახ. 16-12) დამუშავდა საქართველოს ჰიდროტექნიკისა და
 მეღორაოციის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში პროფ. ნ. დანელიას ხელ-
 მძღვანელობით. იგი რეკომენდებულია წყლის ორმხრივი მალეებისათვის მდინა-
 რეებზე, რომელთაც დიდი რაოდენობით შოაქვთ ფსკერული ნატანი. ცალ-
 კეულ შემთხვევებში მისი გამოყენება შესაძლებელია წყლის ერთმხრივი მიღე-
 ბისთვისაც. აღნიშნული წყალშიმღები მთლიანად თავსდება მდინარის ერთ
 ნაპირზე; მეორე ნაპირზე წყალი მიეწოდება გალერეით, რომელიც თავსდება
 კაშხალის ტანში ან მის სადაწნეო მხარეზე.

განახილველ სქემაში მდინარე გადალობილია წყალსაშვები ან დაბალ-
 ზღურბლიანი საკეტებიანი („ფარებიანი“) კაშხალით (1) წყალშიმღები გამრეცხ
 მოწყობილობებთან ერთად მოთავსებულია ჯიბის არეში (7). კაშხალის გამ-
 რეცხი ხერცების საკეტების (4) წინ, ჯიბის ორივე კედელში მოთავსებულია
 წყალშიმღები ხერცება (8), ამასთან ერთად ნაპირის მხარეს წყლის მიწოდე-
 ბა ხდება ღია არხით, ხოლო მოპირდაპირე ნაპირზე იგი გაიყვანება დიუკე-
 რით (9).

ნატანდამქერი გალერეების შესავალი ნაწილი (6) სიმეტრიულადაა მო-
 თავსებული ჯიბის ორივე მხარეზე მის კედლებში წყალშიმღები ხერცების (8)
 ზღურბლის ქვეშ. გალერეები (2) წყალშიმღების (5) ზღურბლის ქვეშ
 სიმეტრიულად გადის ჯიბის ორივე მხარეზე. ასეთი წყალშიმღების
 მუშაობის დროს კაშხალის გამრეცხი მოწყობილობანი დაკეტოლა. გამო-
 კვლევები ადასტურებენ, რომ ნატანდამქერი გალერეების მახვილი კუ-
 თხით სიმეტრიულად გამოყვანა ქვედა ბიეფის ქინის ნაკადის განივ ცირკუ-
 ლაციას განშლადი ფსკერული დენებით, რაც ზრდის ნაკადის ტრანსპორტი-
 რების უნარს და ქვედა ბიეფის დანალექში წარმოქმნის გრძივ განაქერს.

ნაკადის სიღრმე ჯიბის დასაწყისში ნატანდამქერ გალერეებამდე განი-
 საზღვრება ფარდობით

$$h = \frac{Q_{3,4}}{v_{3,4} \cdot B_{3,4}}, \quad (16-3)$$

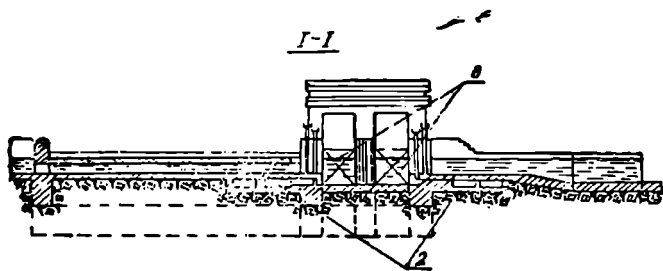
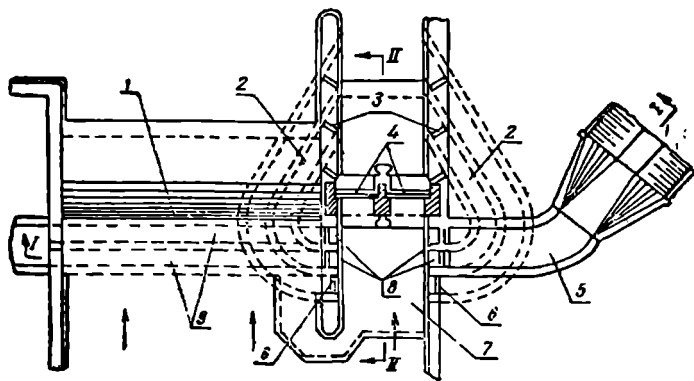
სადაც $v_{3,4}$ არის სიჩქარე ჯიბეში, რომელიც $v_{3,4} = (0,8 - 0,9) v_{2,2}$ აიღება; და-
 (ნარჩენი სიღრმე, რომელიც ეტოლება $H - h$, ივსება ფსკერული ნატანი
 H ნაკადის სრული სიღრმეა ჯიბის გამრეცხი ფარების წინ ნმდ დროს).

ჯიბის გამრეცხ ხერცებს (4) ალბენ მხოლოდ კატასტროფული ხარჯე-
 ბის გასატარებლად ან ზედა ბიეფის გასარეცხად. ამ შემთხვევაში წყალშიმ-

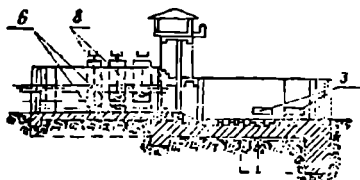
¹ К. Ф. Артамонов. Регулируемые сооружения при водозборе. Изд. АН
 Киргизской ССР, 1963.

ლებსა და ნატანდამკერ გაღერებს გამოერთავენ; თუ ჯიბე მოთავსებულია მდინარის ჩაზნექილ ნაპირზე, ეს აუცილებელი არაა.

თითოეული გაღერების გამტარუნარიანობა აიღება (0,20--0,25) Q_{ახ}, ხო-



I-I



II-II

ნახ. 16-12. კაშხლიანი ფონტალური წყალმიღები ნატანდამკერი გაღერებით:
 1—წყალსაშვები კაშხალი; 2—ნატანდამკერი გაღერები; 3—ნატანდამკერი გაღერების გამოსავალი ნაწილი; 4—კაშხლის გამრეცხების საკეტები; 5—წყალმიღები; 6—ნატანდამკერი გაღერების შესავალი ნაწილები; 7—ქიბე; 8—წყალმიღები ხერგები; 9—ღიუკერა.

ლო ყველა გაღერების მაქსიმალური გამტარუნარიანობა—წყალმიღების მაქსიმალური ხარჯის ტოლი.

წყლის დაბალი დონის დროს, როდესაც მდინარის თითქმის მთელი ჩა-

მონადენი გამოყენება მორწყვისა და ენერგეტიკის საკიროებისათვის, გალერეებით ნატანის პერიოდული გადავადებისათვის იხარჯება მდინარის ჩამონადენის 2—3%.

წყალმიმღების ეს ტიპი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მდინარეთა როგორც სამთო და მთისწინა, ისე ბარის უბნებზე, თუ მდინარეს შოაკვეს ფსკერული ნატანი წვრილი ქვიშის სახით. ცხადია, მდინარეთა ლვარცოფიან უბნებზე ასეთი წყალმიმღების მშენებლობა რეკომენდებული არ არის.

ასეთი წყალმიმღები მდინარეთა სამთო და მთისწინა უბნებზე რეკომენდებულია 10-დან 200-მდე მ³/წმ ხარჯებისათვის, როდესაც ამასთანავე წყალმიმღების ფრონტის წინ ნაკადის სიღრმე $H=2,5-8$ მ-ია.

ამ ტიპის წყალმიმღებები აშენდა როგორც ჩვენს რესპუბლიკაში, ისე აზერბაიჯანისა და უზბეკეთის სსრ რესპუბლიკებში.

ფრონტალურ წყალმიმღებებს მიეკუთვნება აგრეთვე პროფ. ვ. შაუმიანის მიერ შემოთავაზებული ვ. წ. ჯიბე-სალექრიანი წყალმიმღები, რომელიც მის მიერ დაშვებული წყალმიმღებების ერთ-ერთი ტიპია¹, და დოც. ი. კარიენკოს მიერ დაშვებული ფრონტალური წყალმიმღები მრუდხაზოვანი ჯობით².

ზემოაღნიშნული ორივე წყალმიმღები ხასიათდება მაღალი ნატანსაწინა-აღმდეგო მაჩვენებლებით და ცალკეულ შემთხვევებში შეიძლება გამოყენებული იქნენ სათანადო ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების საფუძველზე.

შ16-5. უსკერულგისოსიანი წყალმიმღებები

ფსკერულგისოსიანი ანუ ვ. წ. სამთო ტიპის წყალმიმღებები გამოიყენება მდინარეთა შალაღმთიან და მთიან უბნებზე. ასეთ უბნებზე წყლის აღება დაკავშირებულია გარკვეულ სიძნელეებთან, რაც ძირითადად განპირობებულია მდინარის ჰიდროლოგიური რეჟიმით, კერძოდ, წლის განმავლობაში მდინარის წყლის დონეთა და ხარჯების მკვეთრი ცვალებადობით, დინების დიდი სიჩქარეებით, რაც ხშირად 3—4 მ³/წმ აღემატება, წყალდიდობის პერიოდებში შეწონილი და ფსკერული ნატანით ნაკადის ნაჯერობით, რიგ მდინარეებზე კვატალახიანი (ლვარცოფული) ნაკადებისა და თოშის წარმოქმნით და სხვ.

ცხადია, ასეთ პირობებში ჩვეულებრივი კონსტრუქციის წყალმიმღებთა გამოყენება გაუმართლებელია, რადგან მათ არ შეუძლიათ უზრუნველყონ ჰიდროელექტროსადგურებისა და სარწყავი სისტემებისათვის წყლის შეუფერხებელი მიწოდება. ამიტომ ასეთ მდინარეებზე უფრო მიზანშეწონილად იქნა მიჩნეული ტიროლის ტიპის წყალმიმღების გამოყენება, რომელსაც ნაკადის ქვედა ფენებიდან წყლის ასაღებად ფსკერულგისოსიანი გალერეა აქვს.

მდინარეთა სამთო უბნების ჰიდროლოგიურ რეჟიმს ყველაზე უკეთ პასუხობს 16-13 ნახაზზე ნაჩვენები დაბლაკაშხალის (1) წყალმიმღები კვანძი ტიროლის ტიპის ფსკერულგისოსიანი გალერით (2), გამრეცხი კამერით (3), თოშსაგდებით (6) და წყალმიმღებით (7).

მდინარის ბუნებრივი სივანისა ($B_{\text{გ}}$) და მაქსიმალური ხარჯის გასატა-

¹ В. А. Шаумян. Научные основы орошения и оросительных сооружений. Сельхозгиз, 1948.

² И. И. Киряшко. Новый тип водозабора для горных рек. Труды Гражданской опытно-мелиоративной станции ЮжНИИГ и М, 1962.

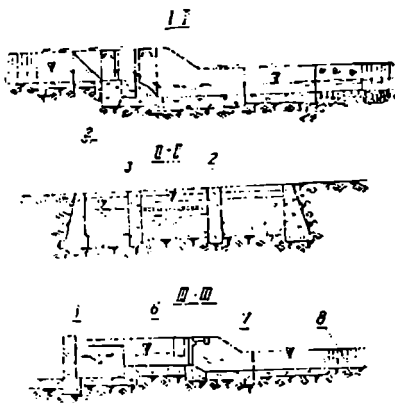
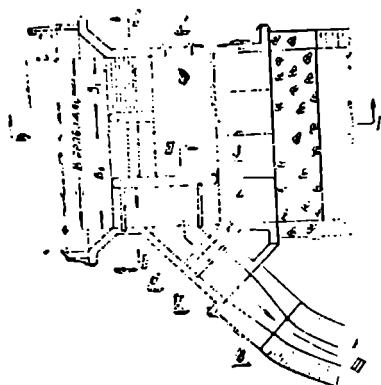
რებლად საჭირო საანგარიშო სიგანის ($B_{საანგ}$) ფარდობის შესაბამისად განარჩევენ წყალმიმღები კედლის შეთაქვობის სამ სქემას.

პირველი სქემა გამოიყენება მდინარეთა ვიწრო გაურეცხავ უბნებზე, როდესაც მდინარის ($B_{მდ}$) სიგანე ტოლია წყალმიმღები ხაწილის ($B_{წყ}$) სიგანისა, ხოლო ეს უქანასენელი—საანგარიშო სიგანის, ე. ი. $B_{მდ} = B_{საანგ} = B_{წყ}$.

ამ შემთხვევაში კაშხალს ექნება მხოლოდ წყალმიმღები ნაწილი, რომელზედაც გატარდება წყალდიდობის ხარჯებიც.

შეორე სქემა გამოიყენება უფრო განიერი კალაპოტების შემთხვევაში, როდესაც $B_{მდ} = B_{საანგ} = B_{წყ} + B_{ს}$.

ამ შემთხვევაში კაშხალი შედგება წყალმიმღები ($B_{წყ}$) და საგდები ($B_{ს}$)



ნახ. 16-13. ფსკერული გისოსიანი წყალმიმღები გამრეცხი კაშხრით:

1—წყალსაშვები ან დაბალბურჯიანი ბრჯულსაკრებელი კაშხალი; 2—გისოსით გადახურული ფსკერული გალერეა; 3—გამრეცხი კაშხრა; 4, 5—გამრეცხი კაშხრის ქვედა და ზედა საკეტი; 6—თოშსაგდები; 7—წყალმიმღები; 8—არხი.

ნაწილებსაგან; ცხადია, წყალდიდობის ხარჯები გატარდება კაშხალის ორივე ნაწილით.

მესამე სქემა მიზანშეწონილია განიერი ქალის შემთხვევაში, როდესაც $B_{მდ} > B_{საანგ} = B_{წყ} + B_{ს}$.

ასეთ შემთხვევაში კაშხალი შედგება სამი ნაწილისაგან, რომელთაგან წყალმიმღები და წყალსაგდები ნაწილების საერთო სიგანეს აღგზნენ საანგარიშო წყალდიდობის ხარჯის გატარების გათვალისწინებით, ხოლო ქალის დანარჩენ ნაწილს გადალობავენ მიწის ყრუ კაშხალით. წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯის გასატარებლად მდინარის საჭირო სიგანეს განსაზღვრავენ ს. ალტუნინის ზემოთ მოყვანილი (16 2) ფორმულით. კაშხალის წყალმიმღები (გისოსიანი) ნაწილის სიგანეს ნიშნავენ დაახლოებით მდინარის დაბალი დონის პერიოდის სიგანის ტოლს.

წყალმიმღები გალერეის გისოსს ამზადებენ ცალკეულ სექციებად სხვადასხვა ფორმის განიელებით 1—2 მ სიგრძის ლითონის ლეროებისაგან, რომელთაც ნაკადის დინების მიმართულებით აწყობენ. ქვებისა და კენჭების გადაადგილების გასაადვილებლად გისოსს აძლევენ 0,1—0,2 ქანობს. კაშხალის

წყალსაშვებ წახნაგებს ქვების დარტყმებისაგან ბეტონში ჩართული ფოლადის გაგლინული პროფილებით იცავენ.

გისოსის ერთ-ერთი ძირითადი ნაკლია ლეროებს შორის არსებული ღრეჩოების დანაგვიანება და მისი გამტარუნარიანობის შემცირება. დანაგვიანების ხასიათი დამოკიდებულია გისოსის ლეროების განივკვეთის ფორმაზე, ფსკერული ნატანის ნაწილაკების ფორმაზე, წელიწადის დროსა და წყლის ნაკადის ჰიდრაულიკურ სტრუქტურაზე. ნაკლებად ნაგვიანდება ისეთი გისოსები, რომლებიც შედგენილია X-ის მაგვარი და ტრაპეციული ფორმის განივკვეთის მქონე ლეროებით. ჩვეულებრივ, ლეროებს შორის ღრეჩოების სივანე აიღება 6-დან 12 მმ-მდე.

სამთო წყალმიმღებების დიდი ნაწილის ხარჯი 0,2-დან 10 მ³/წმ-მდე აიღება, ხოლო ხვედრითი ხარჯი—0,1-დან 0,5 მ³/წმ-მდე.

სამთო ტიპის ფსკერულგისოსიან წყალმიმღებთა ძირითადი ნაკლია:

- ა) გალერეით მთელი იმ ნატანის საერთო რაოდენობის 90—97% -ის შეკაება, რომელთა ზონები ღრეჩოების სივანეზე ნაკლებია;
- ბ) გისოსების დანაგვიანებისა და შემოყინვის შესაძლებლობა, რაც ამცირებს გალერეაში წყლის შესვლას და ამწვლავს ექსპლუატაციას;
- გ) ფსკერული გალერეის დასაწყისი უბნის ნატანით დაღამება;
- დ) ნატანის დაღეჭვა ქვედა ბიფეში მდინარის ხარჯის მნიშვნელოვანი ნაწილის აღებისას და სხვ.

შემდგომში, სათანადო გამოკვლევათა საფუძველზე, განსახილველი ტიპის წყალმიმღების ნაკლოვანი მხარეების მნიშვნელოვანი ნაწილი თავიდან იქნა აცილებული.

ფსკერულ გისოსიანი წყალმიმღები წყალსაშვებ ფრონტში მოწყობილი საკეტებიანი ხერცებით. განსახილველი სქემით წყალმიმღები კვანძის ნაგებობათა შეთანწყობის სხვადასხვა სახეობა დაამუშავა პროფ. რ. ჟულაევმა და ტეჟნ. მეცნ. კანდიდატმა ა. არიკოვამ. შეთანწყობის ერთ-ერთი ვარიანტი ნაჩვენებია 16-14 ნახაზზე. ამ სქემაში ნატანთან საბრძოლველად გამოყენებულია ორი ხერხი:

ა) ზედა ბიფეში განივი ცირკულაციის შექმნა, რომლის შედეგად ნატანის ძირითადი მასა გაიტანება ქვედა ბიფეში კაშხალის საკეტებიანი საგდები ნაწილით (გისოსიანი წყალმიმღები გალერეის გვერდის ავლით);

ბ) ნატანდაპქერი ტრანზეით მნიშვნელოვანი რაოდენობის ფსკერული ნატანის დაქერა წყალმიმღებ გალერეამდე;

განივი ცირკულაცია წარმოიშობა მდინარის ხარჯის გადანაწილებით კალაპოტის სივანეზე. წყალმიმღებ კვანძში ამას აღწევენ წყალსაშვები კაშხალის (3) ნაწილობრივი ან მთლიანი შეცვლით დაწეული ზღურბლის მქონე საკეტებიანი ხერცებით (2).

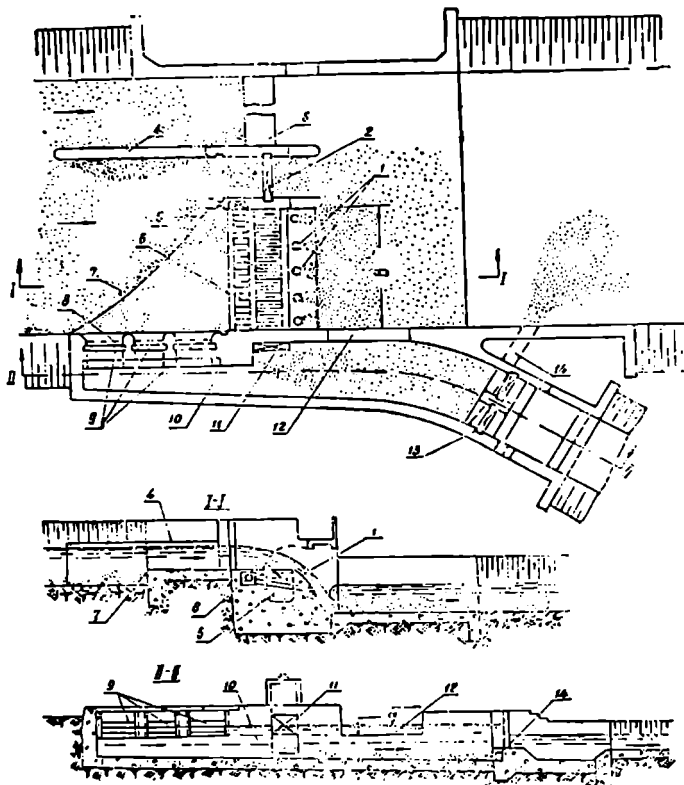
საკეტებიანი ხერცის უნდა ჰქონდეს ისეთი სივანე, რომ საშუალო წყალდიდობის ხარჯის გატარებისას ფსკერული ჰაველების დაქერის ზონა არ იყოს ნაგებობის წყალმიმღებ (გისოსიანი) ნაწილზე ვიწრო.

თუ კაშხალის წყალსაშვები ნაწილი (3) მნიშვნელოვნად უფრო გრძელია მის წყალმიმღებ ნაწილზე (5), მაშინ კაშხალის საკეტებიანი და წყალსაშვებ ნაწილებს შორის რეკომენდებულია მოწყობა გამყოფი კედელი (4), რომლის სიგრძე მიუყვან კალაპოტში ნაკადის სიღრმეზე 10-ჯერ მეტია.

ლაბორატორიული გამოკვლევები ადასტურებენ, რომ საკეტებიანი ხერცის სივანის სწორად განსაზღვრის შემთხვევაში ნაკადის მიერ მოტანილი ფსკე-

რული ნატანის 90—95% ქვედა ბიეფში მოხვდება წყალშიღები გალერეის გვერდის ალით.

ნატანთან ბრძოლის ეფექტიანობის ასამაღლებლად საეკტიანი ბერეტების გარდა რეკომენდებულია ნატანდაშკერი ტრანშეის გამოყენება. იგი შეიძლება მოეწყოს თ. გეგლიას მიერ დამუშავებული ტრანშეისებური ქვიშა-



ნახ. 16-14. დსკერული ვისოსიანი წყალშიღები ბრტელსეკტიანი ბერეტით და ნატან-დამკერი ტრანშეით:

- 1—შიღისებრი პულკამეტარები; 2—ბრტელსეკტიანი ბერეტი; 3—კიშხალის წყალსუვები ნაწილი; 4—გამყოფი კედლი; 5—წელშიღები გალერეა; 6—ნატანდაშკერი ტრანშეა; 7—მრულწიფული დსკერული ბღურბლი; 8—ვისოსი; 9—სისხითრო წყალშიღები ბერეტების შანდორები; 10—აენკამტარა; 11—წყალშიღები ვალერეის გამოსავალი ბერეტის საკეტი; 12—წყალსუვები; 13—სითაის რეგულატორის საკეტი; 14—გამრეცი გალერეა.

ბრეშმპერისებურად¹, ანდა რ. ულაევისა და ა. არიკოვას ბერელური ქვიშა-ბრეშმპერისებურად.

¹ Т. Г. Гоголия. Накосопередвзвмывающий канал-коллектор водозаборной плети. „Гидротехническое строительство“, №12, 1958.

² ისილე, Новая схема водоабора тирольского типа с рациональным промывом. „Гидротехническое строительство“, №8—9, 1954.

3. პონერის წინადადებით ნატანდამპერი ტრანშეა (6) ირეცხება წყალ-მიმღებს გრსოსიანი ნაწრის (5) ზეთლ სიგრძეზე განლაგებული მილიცხური პულსგამტარებით (1), ღონელთა დიამეტრი აიღება (3÷5) \times შუალედში, სადაც α არის ნატანდამპერი ტრანშეის გრსოსის ღეროებს შორის ღრგოს სიგანე. მიღებს შორის მანძილი აიღება (1,6÷2) \times $h_{\text{გ}}$ ტოლი, სადაც $h_{\text{გ}}$ ტრანშეის სიმაღლეა, რომელსაც 0,6-დან 0,8 მ-მდე იღებენ.

ნატურული და ლაბორატორიული გამოკვლევების მონაცემების თანახმად, როდესაც ვადასატელები ხარჯი ნაკადის საერთო ხარჯის 5—6%-ია და გამრეცხი ხარჯის ნატანი გაჯერებულობა 200 კგ/მ³, ასეთი ტრანშეით შეიძლება ნატანის 90—95%-ის დაქერა.

წერილი ნატანი, რომელიც წყალმიმღები გალერეიდან (5) ავანკამერაში (10) გაიტანება, ირეცხება ხერელური კონუსური გამრეცხი გალერეით (14) მასში ნაკადის ხრანული მოძრაობის წარმოშობის მეშვეობით.

საკეტიანი გამრეცხი ხერეტისაკენ (2) ნატანის გატანის გასაადვილებლად კაშხალის წყალმიმღები ნაწილის წინ აწყობენ დაახლოებით 2 $B_{\text{გ}}$ სიგრძის მრუდხაზოვან ზღურძლს (7).

სამთო წყალმიმღებში გაითვალისწინება საზამთრო წყალმიმღები ხერეტები (9), რომელთა მოწყობა რეკომენდებულია ნაგებობის სანაპირო კედელში. მათ გადახურავენ გისოსით, რომელზეც ღეროები პორიზონტალურადაა განლაგებული.

ზემოაღნიშნული სქემით ყაზახეთის სსრ-ში აშენებულია რამდენიმე წყალმიმღები კვანძი, რომლებიც დამაკმაყოფილებლად მუშაობენ.

ნატანდამპერი გალერეის მქონე ფსკერული წყალმიმღების ერთ-ერთი მაგალითია კონსტრუქცია, რომელიც შემოთავაზებულ იქნა ი. კუხიანძის მიერ¹.

შეთავსებული ტიპის ნატანგადამგდები ფსკერული წყალმიმღები. თბილისის ნაგებობათა და ჰიდროენერგეტიკის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში² („ტნიისგეი“) ჩატარებულ ლაბორატორიულ გამოკვლევათა საფუძველზე პროფ. გ. ჯინშელიაშვილის მიერ შემოთავაზებულ იქნა ორიგინალური კონსტრუქციის შეთავსებული ტიპის ფსკერული წყალმიმღები ნატანგადამგდები გალერეით³.

ამ წყალმიმღების შექმნის იდეა რამდენადმე ფ. სალახოვის მიერ „აზნი-იგიში“ დამუშავებული⁴ შეთავსებული ტიპის წყალმიმღების იდეის ანალოგიურია, მაგრამ კონსტრუქციულად მნიშვნელოვნად განსხვავდება მისგან (ნახ. 16 15).

ჩვეულებრივი ზედაპირული წყალმიმღებების მსგავსად განსახილველ წყალმიმღებშიც ასაღები წყალი გალერეაში შესვლამდე თავისუფლდება ფსკერული ნატანის დიდი ნაწილისაგან, რაც ხორციელდება ნაკადის მიერ ზღუ-

¹ И. И. Ку х и а н и з е Усовершенствованный дождевой водозабор тирольского типа с наносоперехватывающей и расходораспределительной галерей-песколоемкой, Известия ТНИИСГЭИ, т. 9, 1955.

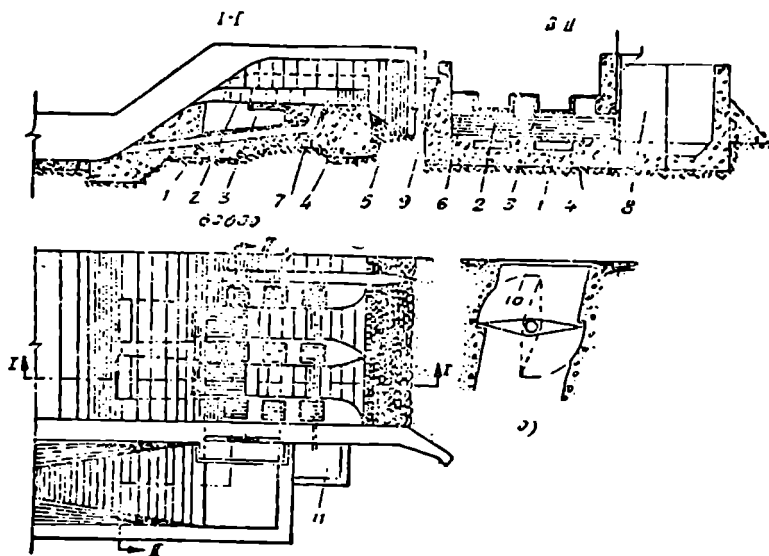
² აქამად საქართველოს ენერგეტიკისა და ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში (სკრუხიიგს).

³ Г. А. Дж и м ш е л и а ш в и л и, А. Э. Саралидзе, Н. Б. Кереселидзе. Нанособрасывающий дождевой водозабор. „Гидротехнические строительств“, №2, 1958.

⁴ Ф. С. С а л а х о в. Новая конструкция водозабора для горных рек. „Гидротехника и мелиорация“, №5, 1956.

ღეთა გარსდენისას სითხის მოძრაობის თავისებური პირობების წარმოშობითა და გამრეცხ ნოწყობილობათა გამწოვი მოქმედებით.

ამ წყალმიმღებში წყალმიმღები ვალერეა (3) მოთავსებულია მდინარის კალაპოტის განივად და ზემოდან გადახურულია ხშირი გისოსით (2). დამატებითი კორიდორების მეშვეობით ვალერეასთან მიერთებულია დაყვინთული ბურჯების ხერხები, რომლებიც აგრეთვე გადახურულია ხშირი გისოსებით (6). წყალმიმღები ვალერეიდან წყალი შედის შეიკრებ ვალერეაში, ხოლო შემდეგ



ნახ. 16-15. შეთავსებული ტიპის ნატანგადამღები ფსკერული წყალმიმღები: 1—გამრეცხი ვალერეა; 2—ხშირი ფსკერული გისოსი; 3—წყალსაღები ვალერეა; 4—გარსდენ-მოღენილი ფორმის დაყვინთული ბურჯები; 5—გამყოფი კედელი; 6—ხშირი გისოსი; 7—ღისკური საკეტები გამრეცხი ვალერეების ზედა ნაწილში; 8—ქვიშასაქერი; 9—წყალსაშვები კაშხალი; 10—უხეში გისოსი; 11—კა.

ქვიშასაქერში (8). ფსკერული ნატანის დაქერა წარმოებს წყალმიმღები ვალერეის ქვეშ მოწყობილი გამრეცხი ვალერეებით. მათი დახრა განისაზღვრება ზედა და ქვედა ბიფეთების დონეთა სხვაობით. წყალმიმღები ნაგებობების სხვა ნაწილები ნათლად ჩანს ნახაზიდან.

მითითებანი აღწერილი ტიპის წყალმიმღები ნაგებობების პილრაფლიკური გაანგარიშების შესახებ, რომელიც შეიცავს საანგარიშო ხარჯის გასარაობრებად წყალმიმღები გისოსების ფართობის, დაყვინთული ბურჯების სიმალღისა და გამრეცხი ვალერეების გამტარუნარიანობის განსაზღვრას, მოცემულია ზემოხსენებულ ავტორთა სტატიაში.

მთის მდინარეებზე მცირე სიმძლავრის პილრაფლიკტროსადგურების სათავის კვანძებში წყალმიმღების მოსაწყობად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს პროფ. გ. ჯიმშელიძის მიერ შემოთავაზებული მეორე ტიპის წყალმიმღები—ეგრეთ წოდებული წყალმიმღები—ქვიშასაქერი, რომლის კონსტრუქცია

დაძუშევა და ჰიდრაულიკურად დეტალურად გამოიყვლია ნ. ქუთათელაძემ. მასი მუშაობის პრინციში ძირითადად წდგომარეობს შემდეგში. ფსკერული ნატანით გაჯერებული მდინარის ნაკადის ნაწილი ფსკერული გისოსით (12) შედის წყალმიმღებ ძაბრწი (11) და, გაიღლის რა წყალწმენვის ხერჯის (10), ნაკადმიმძარველი გალერეის (8) დასაწყისშივე იყოფა ორ ნაწილად (ნაბ. 16-16). ნატანის ძირითადი მასით გაჯერებული წყლის ხარჯის ფსკერული ნაწილი შეიწოვება გამრეცხებში (5), ხოლო ნატანისაგან თავისუფალი ნაკადის ნაწილი მიემართება ნაკადმიმძარველი გალერეის გასწვრივ და შიგან გამოსვლის შემდეგ ზემოთ ტრანშეაში (დარში) და ზოლოს წყალმიმღებ კამერაში (3). კარბი ხარჯების გადაგდება წარბოებს წყალსაშეები ზღურბლით (6).

აეტორთა აზრით, განხილული ტიპის წყალმიმღები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ისეთ შემთხვევებში, როდესაც ასალები წყლის ხარჯის სიდიდე არ აღემატება 5—6 მ³/წმ.

ზემოთ აღწერილი ორივე ტიპის წყალმიმღები ნაგებობის კონსტრუქცია რამდენადმე რთულია.

განზრევებულ გისოსიანი წყალმიმღები. მდინარეთა სამთო უბნებისათვის წყალმიმღების ეს ტიპი დამუშავებულ იქნა საქართველოს ჰიდროტექნიკისა და ზელიორაციის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში პროფ. ნ. დანელიას მიერ და იგი პრაქტიკაშიცაა დანერგული. ამ წყალმიმღებში ფსკერულ ნატანთან ბძრძოლა წარბოებს მიმღებ გალერეაში შესვლაღდე; მისი მუშაობის პრინციში ემყარება დაძირული და დუქძირული ზღუდების ნაკადით გარსდენისა და ფსკერული ნატანით მათი შემოვლის კანონებს.

განზრევებულ გისოსიან წყალმიმღებში ზღუდეს ქმნიან წყალდიდობის დროს დაძირული მცირე სიმაღლის ღრუ ბურჯები (9), რომლებიც განლაგებულია წყალსაშეები კაზხალის ტანში მოწყობილი წყალმიმღები გალერეის (12) თავზე ზეზლის მბრდან ბურჯების გასდენის დროს იქნება საწინააღმდეგოდ ნიმართული ფსკერული დინება, რომელიც გადადის ბრუნვით მოძრაობაში და ფსკერულ ნატანს მიმართავს ბურჯების შემოვლით. ამის შედეგად ნაკადი განწრევედება და ფრონტის წინ და ბურჯების გასწვრივ მიიღება ფსკერული ნატანისაგან გასუფთავებული ფსკერის ზოლი, ნაკადის ქვედა ფენა კი, რომელიც ბურჯებს შორის ხრახნული დინებით გაედინება (კრებაღდე ფსკერული დეხებით) ნატანის ტრანსპორტირებას ახდენს ბურჯებს შორის მალის შუა ნაწილიდან (ნაბ. 16-17).

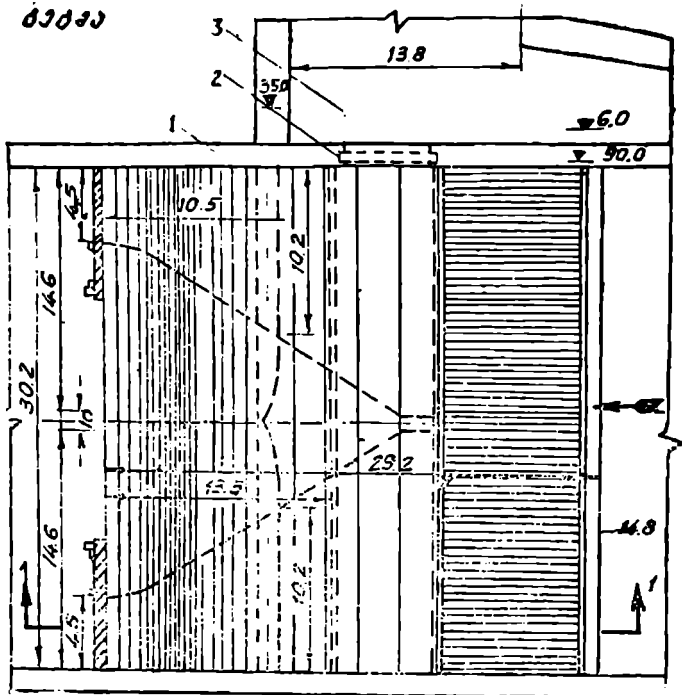
ბურჯებს შორის მალის გვერდით ნაწილებში, რომლებიც თავისუფალია ფსკერული ნატანის მოძრაობისაგან, ათავსებენ ქვედა იარუსის ხშირ გისოსებს ღერობებს შორის 6—12 მმღდე ღრეჩობით. მალების შუა ნაწილებს, სადაც კონცენტრირებულია ფსკერული ნატანის მოძრაობა, გადახურავენ ფოლადის ფურცლით ან რკინაბეტონის ფილით.

ნაკადის ზემოხსენებული ცირკულაციური მოძრაობით ფსკერული ნატანის მოხედრისაგან თავისუფალია აგრეთვე ბურჯების თავზე გამავალი ნაკადის ზედა ფენა, ამიტომ წყალდიდობის ხარჯების გავლის დროს წყლის ასა-

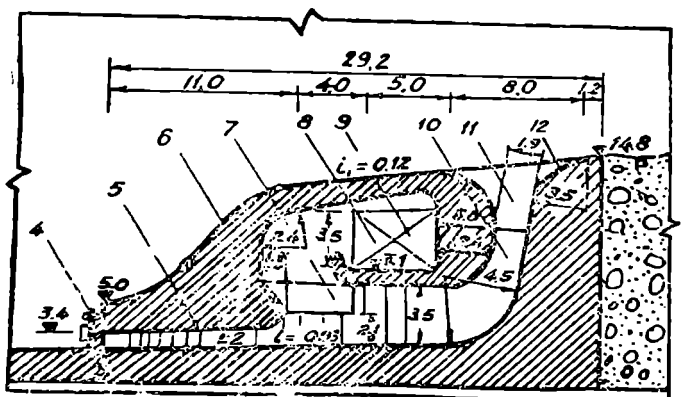
1 Н. Г. Кутателадзе. Исследование нового типа донного водоприемника — песчяловки на горных гечах. Труды ГПИ им. С. М. Кирова, №2 (50), Тбилиси, 1957;

მისთვის „Экспериментальных исследование нового типа донного водоприемника — песчяловки для горных рек. Автореферат кандидатской диссертации, Тбилиси, 1960.

ბიძია



ზარი 1-1



- ნახ. 16-16. ფსკერული წყალმიღები—ქვიშისიყვრა:
- 1—გამყოფი კედელი; 2—წყალმიღები სერვისის ფარი; 3—წყალმიღების კამერა;
 - 4—გამრეცხების ფარები; 5—ფსკერული გამრეცხი გალერეები; 6—წყალსაშუები ნაწილი; 7—განყოფი ბურჯი; 8—ნაქადმიმპართელი გალერეა; 9—წყალმიღები სერვისი; 10—წყალმიღები სერვისი; 11—წყალმიღები ძაბრა; 12—ფსკერული გისოსი.

ძირითადი ელემენტებისათვის დადგენილია შემდეგი ფარდობითი ზომები: ბურჯის სიგანე— $2a$, სადაც $a=0,5 \div 0,75$ მ, სიმაღლე— $h=(0,6 \div 1)a$; ბურჯებს შორის მალს, რომელსაც ხშირი გისოსის მოსათავსებლად სამ ნაწილად ყოფენ, იღებენ $3a$ -ს ტოლს, განაპირა მალების სიგანე კი აიღება $2a$ -ს ტოლი და ყოფენ ორ თანატოლ ნაწილად. გისოსების დასაწყისიდან ბურჯები წამოწყულია $1,5a$ სიდიდით, მათი სათავისების მომრგვალების რადიუსი $r=0,75a$.

მრუდხაზოვანი არხის რადიუსი $R_{\text{სა}} = (2,5 \div 4) B_{\text{სა}}$ ტოლი აიღება, წყალსაშვები კაშხალის შემადგენლობა ბურჯებს ზევით $\Delta h \geq 0,1$ მ; ბურჯების წინ ბეტონის ფილით გამაგრების სიგრძე $(5 \div 6)a$.

ფსკერულ წყალმიმღებ ვალერეთა რიცხვს განსაზღვრავენ გაანგარიშების საფუძველზე, თითოეული ვალერეთის კვეთი $1-3$ მ² მდე აიღება, სიგანე— $1-2$ მ, სიმაღლე ბოლოში— $1-1,5$ მ, მასში წყლის მოძრაობის საშუალო სიჩქარე— $1,5-2$ მ/წმ, ფსკერის ქანობი— $i=0,03$.

საქართველოში ამ ტიპის წყალმიმღები აშენებულია 1954 წელს მდ. ბარულაზე და 1958 წელს მდ. ყვირილაზე, ისინი დღემდე ნორმალურად მუშაობენ.

სამთო ტიპის წყალმიმღებთა შორის აღსანიშნავია აგრეთვე „ყირგიზ-გიპროვოდხოზში“ გ. სობოლინისა და ი. რულაკოვის მიერ დამუშავებული ფსკერულგისოსიანი წყალმიმღების სქემა, რომლის ვალერეთა თავსდება შემადგენულ ნიშნულებზე; წყალმიმღები კვანძი შეიძლება აშენდეს შეთანწყობის ცხრა სქემით, ყველა ამ სქემაში წყალმიმღები ნაწილის განმასხვავებელი თავისებურება ისაა, რომ ფსკერული წყალმიმღები ვალერეთა თავსდება კაშხალის წყალსადგები ხერეთის ზღურბლზე $1-2,5$ მ-ით მაღლა, რის შედეგად ვალერეთის გადახურავი გისოსი ასრულებს მხოლოდ მცურავი საგნების გატარების ფუნქციას. ცხადია, ასეთ სქემებში ფსკერული ნატანის ვარეცხვა ხდება კაშხალის წყალსადგები მალებით¹.

სამთო ტიპის წყალმიმღებთა ჰიდრაულიკური გაანგარიშება. ამ ტიპის წყალმიმღებთა მუშაობის თავისებურებათა გამო მათი ჰიდრაულიკური გაანგარიშებებიც თავისებურია. მითითებანი ამ გაანგარიშებათა შესახებ მოცემულია წინადადებათა ავტორების ზემოხსენებულ შრომებში, აგრეთვე ნაწილობრივ ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა კურსის ზოგიერთ სახელმძღვანელოსა² და დამხმარე სახელმძღვანელოში³.

§16-6. ზედაპირულ წყალმიმღებთა მოწყობილობანი, ნაგავთან, პინულთან, თოვთან და შფონილ ნატანთან ბრძოლა

1. ძირითადი მოწყობილობანი

ზედაპირულ (უდაწნეო) წყალმიმღებთა მოწყობილობებია გისოსები, საკეტები და აშწე—სატრანსპორტო ბექანიზმები. მრავალმალიან წყალმიმღებში სასურველია მოეწყოს სარემონტო საკეტების ორი რიგი—ერთი მუშა საკეტის

¹ Г. В. Соболин, И. К. Рудаков. Горные решетчатые водозаборы. Киргиз ИНТИ, г. Фрунзе, 1964.

² И. М. Волков, П. Ф. Кононенко, И. К. Федичкин. Гидротехнические сооружения. Изд. „Колос“, М., 1968.

³ Е. А. Замари. Проектирование гидротехнических сооружений. Сельхозгиз, М., 1961.

წინ, ხოლო მეორე—მის უკან. საკეტების მართვა უნდა წარმოებდეს დისტანციურად. ფსკერულ გამრეცხ და ნატანდამქერ გალერეებში, აგრეთვე სხვა ტიპის გამრეცხებში, როგორც წესი, აწყობენ ბორბლებიან, საგორავებიან, ხოლო ზოგჯერ სრიალა ბრტყელ საკეტებს.

2. გისოსები

ერთმანეთისაგან განასხვავებენ მეჩხერ და ხშირ გისოსებს. მეჩხერ გისოსებს აწყობენ წყალქიძლების ზღურბლის გასწვრივ, მათ ლეროებს შორის მანძილი 20—30 სმ და უფრო მეტი აიღება; მათი დანიშნულებაა მსხვილი ნაგვის შეკავება. ჩვეულებრივ, ამ გისოსების მექანიკურ გაწმენდას არ ითვალისწინებენ.

თუ ზედაპირული წყალმიმღებიდან წყალი შედის უდაწნეო წყალსატარ გვირაბში, მაშინ დამატებით გათვალისწინებულ უნდა იქნეს ხშირი გისოსი, რომელიც უნდა დაიდგას მეჩხერი გისოსის ქვემოთ დინების მიმართულებით ან გვირაბის შესასვლელის წინ. ამ გისოსის გასაწმენდად გამწმენდ მექანიზმს ითვალისწინებენ.

მეჩხერი გისოსები უმჯობესია განლაგდეს წყალმიმღების შესასვლელი ზღურბლის გასწვრივ (ნახ. 16-9). ამ შემთხვევაში გისოსების წინ ნაკადის სიჩქარე უმნიშვნელოა და ამის შედეგად მნიშვნელოვნად უპჯობესდება გისოსების წინ თავმოყრილი ნაგვის ქვედა ბიფეში გადავდების პირობები, რაც კაშხალის გამრეცხი მალეებით ხდება. ასეთი განლაგების შემთხვევაში გისოსების გასაწმენდად გარკვეულ ეფექტს იძლევა უქუღანები, რომელიც წარმოიშობა გისოსების ქვემოთ მოწყობილი საკეტების სწრაფი ჩაქვით. მეჩხერი გისოსების მოწყობა წყალმიმღების შიგნით, სიღრმეში, მიზანშეუწონელია, რადგან მათ წინ სივრცე იქედება ნაკვით, რომლის გატანა გამრეცხი ხერხებით გადავდებული ნაკადით შეუძლებელია. მისი გატანა უქუღანებითაც მნიშვნელოვნადაა გაძნელებული. მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული ის გარემოებაც, რომ ასეთ კვეთში ნაკადის მნიშვნელოვან სიჩქარეთა გამო გისოსების გაწმენდა გართულებულია და მათი უმნიშვნელო დანაგვიანებაც კი იწვევს დაწნევის დიდ დანაკარგებს.

გისოსებს ამზადებენ შედუღების გამოყენებით კუთხოვანების, ფოლადის ზოლების, მილებისა და რელსებისაგან. დიდი ზომის გისოსებს აყრდნობენ ფოლადის შემობეტონებულ ან რკინაბეტონის გისოსქვეშა კონსტრუქციებზე.

ზარადის კოქი. მცურავი (ტივტივა) ნაგვის, თოშისა და ყინულის არხში მოხვედრის ასაცილებლად გარდა გისოსისა ზოგ შემთხვევაში წყალმიმღების შესასვლელში აწყობენ ზარადის კოქს. ჩვეულებრივ, მას ამზადებენ რკინაბეტონისაგან წიბოვანს და თავსებენ ბურჯებზე მდინარის მხრიდან ან სპეციალურ საყრდენებზე რეგულატორის წინ; მისი ქვედა კიდე თავსდება ყინულსვლის მინიმალური დონიდან 0,5—1 მ ჩარმაგებით. ხშირ შემთხვევაში ზარადის კოქი მეჩხერი გისოსის საყრდენს წარმოადგენს.

3. მცურავი ლობურები

ზარადის კოქის ნაცვლად ზოგჯერ აწყობენ მცურავ ზარადებს ანუ მცურავ ლობურებს (წინსაფრებს), რომლებიც ერთმანეთთან ჯაკვებით ან სახსრულად დაკავშირებული პატარა ტივები, პონტონები ან ძელყორბია. მათ

ყენებენ წყალდიდობის დროს და ათავსებენ ზემო ბიეფში ნაკადისადმი 30—45° კუთხით, რათა მცურავი სხეულები მიმართონ კაშხალის წყალსაგდები ხერცებისაკენ (ნახ. 16-18). მიმმართველი კედლების (ლობურების) ჩაძირვის სიღრმეს ადგენენ ყინულსვლის ინტენსივობისა და ნაგვის რაოდენობის შესაბამისად; ცხადია, ჩაღრმავებას ზრდიან მცურავი სხეულების მოძრაობის ინტენსივობის გაზრდის კვალობაზე. ჩაღრმავების სიღრმის მინიმალური მნიშვნელობა 1—1,5 მ აიღება.

მაგრამ წყალშიმღებ ნაგებობათა დაგეგმარებისას მხედველობაში უნდა მივიღოთ, რომ მიმმართველი კედლებისა და მოქნილი ლობურების დაყენებით მთლიანად ვერ უზრუნველყოფთ ნაგავშემკაეებელი გისოსების დ ნაგვიანებისაგან დაცვას. ძალიან ხშირად ნაგავ თანაბრად ნაწილდება ნაკადის სიღრმეში და თავისუფლად ვადის კედლის ან ლობურის ქვეშ, ხოლო ზედაპირული ნაგვის გარკვეული ნაწილი იყვინთება მათ ქვეშ და ავსებს გისოსებს.

4. თოშხაგდებზე

ზამთრის პერიოდში საექსპლუატაციო გართულებათა ერთ-ერთი ძირითადი მიზეზია თოშის წარმოშობა; განსაკუთრებით ეს დამახასიათებელია იმ რაიონებისათვის, სადაც შედარებით ცივი ზამთარია. ცხადია, ჩრდილოეთის ქვეყნებისათვის, როგორც თოშთან, ისე ყინულთან ბრძოლის პრობლემა კიდევ უფრო მწვავედ დგას, ამიტომ მათთან ბრძოლის ეფექტურ ღონისძიებათა დამუშავება ფრიალ აქტუალურია ამ რაიონებისათვის.

სათავის კვანძში წყალშიმღების წინ თოშთან ბრძოლის ღონისძიება შეიძლება განხორციელდეს ამა თუ იმ სქემით: გაძგიფვის ხელოვნური დაჩქარებით (სინქარეთა შემცირებით, მცურავი ლობურების მოწყობითა და სხვ.); სათავე კვანძის ზედა ბიეფში თოშის აკუმულირებით; მდინარის შეტბორვის შრუდის ამოსოფლის ზემოთ მცურავი ლობურების მოწყობით და, მასასადამე, ყინულხერცილის წარმოქმნით; თოშის ქვედა ბიეფში გადაგდებით ან წყალშიმღებში გატარებით და სხვ. ხანგრძლივი და ინტენსიური თოშსვლის დროს მასთან საბრძოლველად ჰიდროკვანძში შეიძლება მიმდევრობით ან ერთდროულად იქნეს გამოყენებული ზემოაღნიშნული ყველა ან რამოდენიმე სქემა. თოშთან ბრძოლის კოხერენტული სქემის შექმნა ხდება ექსპლუატაციის პროცესში, მაგრამ წყალშიმღებების დაპროექტებისას გათვალისწინებული უნდა იქნეს თოშსვლის პერიოდში მათი და სხვა ნაგებობათა ექსპლუატაციის ყველაზე უფრო რაციონალური სქემები და დამხმარე მოწყობილობანი.

ქვეშა ბიეფში გადაგდების მიზნით თოშს მიმართავენ კაშხალის იმ მალებისაკენ, რომლებიც სათანადოდ და მოწყობილი. ამისათვის იყენებენ მცურავ ლობურებს ან თოშამრიდ კედლებს (ნახ. 16 18). თოშის გადაგდება კაშხალით გამართლებულია მხოლოდ დიდი გადასაგდები ხარჯების დროს, რადგან მცირე ხარჯებისას შეუძლებელია მისი ტრანზიტი ქვედა ბიეფში.

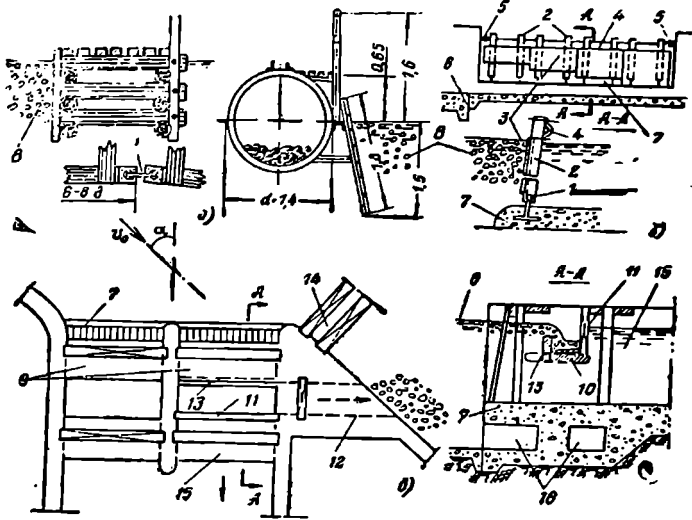
ქვედა ბიეფში თოშის გადასაგდებად საჭირო წყლის ხარჯების შესამცირებლად ზოგჯერ იყენებენ სხვადასხვა კონსტრუქციის თოშსაგდებებს: ლარულს, გრივალურს, სიფონურს და სხვ.

ღარულთა თოშსაგდებები (ნახ. 16-18, გ) უფრო ხშირად გამოიყენება ხანგრძლივი და ინტენსიური თოშსვლის დროს. მათ ათავსებენ ღია წყალშიმღებ ნაგებობათა წყალშიმღები ხერცების ან წყალშიმღებთან შეთავსებული სალექტების შესავალი ხერცების წინ.

იმ შემთხვევაში, როდესაც სალექარი გამოყოფილია წყალმომღებისაგან, თონსაგდებს ათავსებენ მიზეყან არხზე. ხოლო თუ წყლის მიღება სადაწნეო მილებით ხდება, მაშინ—მილსადენებში ნაკადის შესვლამდე.

უფრო სრულყოფილ კონსტრუქციად უნდა ჩაითვალოს ისეთი თონსაგდები, რომლის ღარის წინა შანდორული კედელი შეცვლილია დასაქერი ზედაპირული ფენის სიღრმის მარეგულირებელი სარკველიანი საკეტით.

გრივალური თონსაგდებები ემყარება ფსკერული ზვრეტების წინ მდგრადი გრივალური ძაბრების წარმოშობას, რაც ხორციელდება ბრტყელი ფარ-გრივალთწარმოქმნელებით. გრივალური ძაბრების ტრანსპორტირე-



ნახ. 16-18. თონისა და მუკრავი ნაკადის ვადასაგდები მოწყობილობანი:

- ა—ბისა და ლითონის მუკრავი ღობურები; ბ—თონშიმმართველი კედელი; გ—წყალმომღები ღარული თონსაგდებით; 1—სახსრული შეერთება; 2—მილის ღვარები; 3—ბის ფარები;
- 4—საყარდენი ტროსი; 5—ტროსის დასამაჯებელი; 6—თონსაგდების ზვრეტის ზღურბლი;
- 7—წყალმომღების ზღურბლი; 8—თონი; 9—წყალმომღები; 10—რკინაბეტონის ფილა;
- 11—ღარული თონსაგდების საკეტი; 12—თონისაშუები; 13—სარკველი; 14—წყალსაგდები კაშხალი; 15—წყალმომღების ს.ზ.პ. მალი; 16—ფსკერული ვალსტრები.

ბის უნარი დამოკიდებულია ნაკადის სიგანეზე და სიღრმეზე, გრივალთწარმოქმნელებთან ნაკადის მისვლის სიჩქარეზე, ფარ-ვარდნილის მიერ შექმნილი წყლის ღრის ვარდნილის სიღრმეზე და სხვ. ასეთი თონსაგდების კონსტრუქცია დაამუშავა პროფ. ვ. ფოკიევემა, რომელიც საკმაოდ გავრცელებული პრაქტიკაშია.

ზოგიერთ პირობებში კონსტრუქციის მიზანშეწონილია ზედაპირული ყინულისა და თონის ვადასაგდება ვაწარმოთ სადაწნეო აუზში დამონტაჟებული 0,4-0,5 მ დიამეტრის მკონე მილით, რომელიც უნდა მოთავსდეს წყლის თავისუფალი ზედაპირიდან გარკვეულ სიღრმეზე. შეუფერხებელი მუშაობის

უბრუნველსაყოფად საკიროა მილის წინ მოეწყოს ფარ-გრივალწარმოქმნე-
ლი. გრივალურ თოშსაგდებებში წყლის გადასაგდები ხარჯი შეადგენს მდინა-
რის ან არხის ხარჯის 5—6%-ს.

გრივალური ძაბრის წარმოქმნის პრინციპი გამოყენებულია აგრეთვე სომ-
ხეთის პილარტექნიკისა და მელორაციის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში
რ. ხაჩატრიანის მიერ ჯიბიანის წყალმიმღები კვანძისათვის დამუშავებული შახ-
ტური თოშსაგდების დიარში¹.

სიფონური თოშსაგდები დამუშავებულია სომხეთის ზემოხსენე-
ბულ კვლევით ინსტიტუტში; იგი წარმოადგენს ჩვეულებრივ ბრტყელ საკეტს
(ფარს), რომელზედაც ქვედა ბიეფის მხრიდან დაყენებულია მართკუთხაკე-
თიანი სიფონური მილი. სიფონში თოშის შესასვლელად ხელსაყრელი პირო-
ბების შესაქმნელად ზედა ბიეფის მხრიდან მას უკეთდება გაფართოებული
სათავისი პორიზონტალური ქვედა თაროთი. უფრო მიზანშეწონილია ასეთი
თოშსაგდები მოეწყოს ორფა საკეტების გამოყენების შემთხვევაში. მაშინ ზე-
და ფარი შეასრულებს ფარ-სიფონის მოვალეობას, ხოლო ქვედა ფარი განა-
ხორციელებს ფსკერული ნატანის გადაგდებას.

დამუშავებულია აგრეთვე სხვა ტიპის თოშსაგდებებიც, რომელთაგან
უნდა აღინიშნოს პარალელურღარებიანი თოშსაგდები, რომელიც ეწყობა
ერთი ღარიდან მეორეში ფსკერული ხერცტებით წყლის გაყვანის პრინციპს. ამ
კონსტრუქციაში ღარების გამყოფ კედელში მოწყობილი ფსკერული ხერცტე-
ბით წყალი მომხმარებელს მიეწოდება მეორე ღარით, ხოლო ზედაპირზე ამო-
ტივტივებული თოშის გადაგდება ქვედა ბიეფში ძირითადი (პირველი) ღარით
ხდება.

ორიარუსიანი ფონტალური წყალმიმღების დაპროექტების შემთხვევაში
თოშსაგდები შეიძლება მოეწყოს სათავე რეგულატორის წინ ავანკამერაში.
რაც შემთხვევებში თოშსაგდებებად იყენებენ სალექრებსაც; ერთკამერიან სა-
ლექრებში თოშის ხარჯებს ატარებენ სპეციალური შემომვლელი არხით, ხო-
ლო მრავალკამერიანში — ერთ-ერთი კამერით, რომელშიც ახდენენ მის დაწ-
ლომას და შემდეგ გამრეცხებით წარეცხვას ქვედა ბიეფში. ასეთი ხერხით
თოშთან ბრძოლის დროს 1 მ³ თოშზე იხარჯება დაახლოებით 5 მ³ წყალი.

იმათთან დაკავშირებით, რომ წყლის ხარჯების სიმცირის გამო გაძნე-
ბულია ქვედა ბიეფში გადაგებული თოშის ტრანსპორტირება, საკმაოდ ხში-
რად მიმართავენ თოშის წყალმიმღებში გატარების ხერხს. ასეთ შემთხვევაში
თოშსვლის დროს წყალმიმღების „სახამთრო“ მალებიდან (ზამთარში ამუშავე-
ბენ წყალმიმღებზე ხერცტების ნაწილს) იღებენ გისოსებს ან ითვალისწინებენ
შათ ელექტროვათბობას.

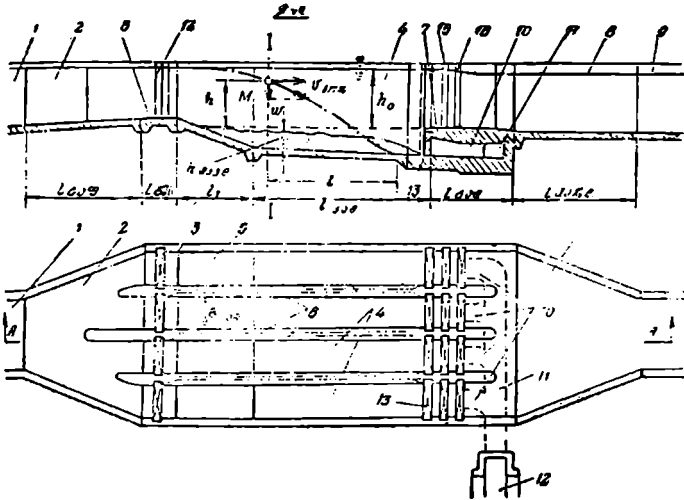
6. ხალექრები

მდინარეს მოძრაობის დროს დინების მიმართულებით გადააქვს შეწონი-
ლი და ფსკერული ნატანის მნიშვნელოვანი რაოდენობა; ეს პროცესი განსა-
კუთრებით ინტენსიურად წარმოებს მთის მდინარეებზე. ფსკერულ ნატანთან
ბრძოლა, როგორც ვნახეთ, უშუალოდ წყალმიმღებებში ხდება და ამ მიზნით
გაითვალისწინება სხვადასხვა ღონისძიებანი. მაგრამ შეწონილ ნატანთან სა-
ბრძოლველად საკიროა გამოყენებულ იქნეს სპეციალური ნაგებობანი — ე. წ.
ხალექრები. სალექარი წარმოადგენს ამა თუ იმ ფორმის აუზს მნიშვნელოვნად

¹ P. M. Хачатрян. Шахтный шугосброс. „Гидротехническое строительство“,
№4, 1956.

გადიდებული განივი კვეთებით, მასში წყალი შედის წყალმიმღებით. ან არხით. სალექრის ფარგლებში წყლის მოძრაობის სიჩქარე იმდენადაა შემცირებული, რომ მასში წარმოებს წყალსატარი ნაგებობებისა და ჰესის ტურბინების ექსპლუატაციისათვის საშიში ნატანის ფრაქციის დალექვა. სალექარში დალექილი ნატანის მოსაცილებლად იგი უნდა ირეცხებოდეს განუწყვეტლვ ან პერიოდულად ნატანის დაგროვების მიხედვით.

მოქმედი ტექნიკური პირობებისა და ნორმების თანახმად სალექრის აგება გაითვალისწინება ძირითადად ჰიდროელექტროსადგურების ტურბინების დაზიანებისაგან დაცვის მიზნით, აგრეთვე ცალკეულ შემთხვევებში სარწყავი სისტემების არხებში შეწონილი ნატანის დალექვის თავიდან ასაცილებლად.



ნახ. 16-19. სალექრის ძირითადი კონსტრუქციული ელემენტები:

- 1—შემართებელი არხი; 2—გამანაწილებელი არხი; 3—სალექრის შესავალი ზღურბლი;
- 4—სალექრის კამერები; 5—ზედა გარდამავალი უბანი; 6—გამყოფი კედლები; 7—გამოსასვლელი (წყალსაშვები) ზღურბლი; 8—შეკრები არხი; 9—დერივაციული (ან მაგისტრალური) არხი; 10—განრეცხი გალერეები; 11—გამრეცხი კოლექტორი; 12—გამტეხი არხი;
- 13—განრეცხი გალერეების საკეტები; 14 და 15—საკეტების ცილოები სალექრის კამერების შესასვლელში და განოსასვლელში; 16—სარემონტო ზღუდას ცილოები.

ჩვეულებრივ, სალექრის აგება მაშინ ხდება საჭირო, როდესაც მდინარის ნაკადში შეწონილი ნატანის შეცულობა აღემატება $0,5 \text{ კგ/მ}^3$ -ს, ან ტურბინებისათვის ნატანის საშიში ფრაქციის რაოდენობა არანაკლებ $0,2 \text{ კგ/მ}^3$ -ია (აბრაზიული ნაწილაკებისათვის—კვარცხისათვის საშიშად ითვლება $0,25 \text{ მმ}$ -ზე მსხვილი ფრაქცია, ხოლო უფრო რბილი ნაწილაკებისათვის— $0,4 \text{ მმ}$ -ზე მსხვილი; ჰიდროტურბინების სწრაფი აბრაზიული დაზიანება შეიძინევა აგრეთვე დიდი რაოდენობის უფრო წვრილი ($0,05$ — $0,1 \text{ მმ}$) ფრაქციის შემთხვევებშიც). კონსტრუქციულად სალექარი შეიძლება შეეთავსდეს წყალმიმღებს ან დაშორებული იქნეს მისგან გარკვეულ მანძილზე. უკანასკნელ შემთხვევაში, რომელიც უფრო გავრცელებულია, სალექარი წყალმიმღებთან შეერთებულია დერივაციული არხის მოკლე უბნით, ე. წ. შემართებელი არხით (ნახ. 16-19).

საღერის კამერებში განასხვავებენ გარდამავალ უბანსა და მუშა ნაწილს. I სიგრძის გარდამავალ უბანზე საღერის სიღრმე და სიგანე თანდათანობით იზრდება, ხოლო ნაკადის საშუალო სიჩქარე შესაბამისად მცირდება იმდენად, რომ საღერებში ხდება ნატანის მუხე ფრაქციის დაღეკვა. ფრაქცია ყველაზე ინტენსიურად იღეკება საღერის კამერის მუშა ნაწილში, რომლის სიგრძეა 1კმ.

საღერების კლასიფიკაცია შეიძლება შემდეგი ნიშნების მიხედვით:

1. ჰიდროსისტემის დანიშნულება (ჰიდროელექტროსადგურების, სარწყავი სისტემებისა და წყალმომარაგების საღერები),
2. მოთავსების ადგილი (წყალმიღებებთან შეთავსებული და არხის ტრასაზე მოთავსებული).
3. კამერების რიცხვი (ერთკამერიანი და მრავალკამერიანი),
4. კამერების მუშაობის ხასიათი (პერიოდული და განუწყვეტელი მოქმედების კამერებით),
5. დაღეკილი ნატანის მოცილების ხერხი (საღერები პერიოდული და განუწყვეტელი ჰიდრაულიკური რეცხვით, მექანიკური და კომბინირებული გამწმენდი სისტემებით).

ჰიდროელექტროსადგურებში მიზანშეწონილია გავითვალისწინოთ მხოლოდ მრავალკამერიანი პერიოდული რეცხვის საღერები, რადგან ერთკამერიანი საღერების გამოყენება დაკავშირებულია კამერის რეცხვის დროს ჰიდროელექტროსადგურის მუშაობის შეწყვეტასთან, მაშინ როდესაც, მრავალკამერიან საღერებში კამერებს რეცხვენ მიმდევრობით მუშაობის შეწყვეტლად. მრავალკამერიან საღერებში კამერების რიცხვი 2-დან 6-მდეა, ისინი ერთმანეთისაგან გამოყოფილია შუალედური კედლებით, რომელთა სიმაღლე ზოგჯერ 10—12 მ-ს აღწევს.

პერიოდული მოქმედების მრავალკამერიანი საღერის კონსტრუქცია, რომელშიც გამოყენებულია დაღეკილი შეწონილი ნატანის ჰიდრაულიკური რეცხვის პრინციპი, ნაჩვენებია 16-19 ნახ.ზე. ამ საღერებში გამრეცხვი გაღერები განლაგებულია გამოსასვლელი ზღურბლის ქვეშ, ამიტომ საღერის ფსკერს აქვს პირდაპირი გრძივი ქანობი. ასეთი სქემის საღერებმა უპირატესობა პოვა, მაგრამ ამასთან ერთად უნდა შევიხსნოთ, რომ ზოგ შემთხვევაში ჰიდროკვანძის შეთანწყობისათვის უფრო მიზანშეწონილია გამრეცხვი გაღერები მოთავსდეს საღერის შესავალ ზღურბლში და კამერების ფსკერი მოეწყოს გრძივი უქუქანობით.

განუწყვეტელი მოქმედების საღერების განმასხვავებელი თავისებურება იმაში მდგომარეობს, რომ ნატანის მოცილება მათში კამერების გამორთავად ხდება, ამიტომ ისინი შეიძლება იყოს როგორც მრავალკამერიანი, ისე ერთკამერიანი. ამ უკანასკნელს იყენებენ შედარებით მცირე ხარჯების დროს.

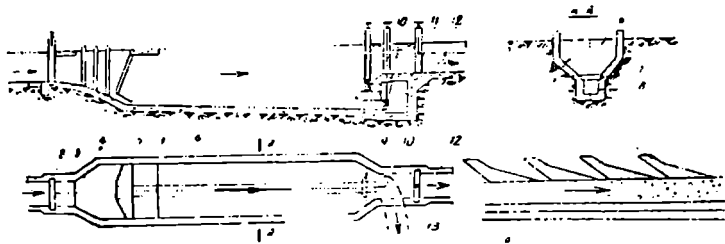
16-20 ნახ.ზე ნაჩვენებია არხზე მოწყობილი ერთკამერიანი საღერები განუწყვეტელი ჰიდრაულიკური რეცხვით; მას კამერის ფსკერის შუა ნაწილში მოწყობილი აქვს მცირეკუთხედიანი შემკრებ-გამრეცხვი გაღერა, რომელიც ზემოდან გადახურულია სპეციალური პორიზონტალური გიჟისით. აღნიშნულ გაღერებაში მყარდება ისეთი სიჩქარის დაწნევითი მოძრაობა, რომელიც შედარებით მცირე გამრეცხვი ხარჯებით უზრუნველყოფს საღერის ფსკერის დაბრლოვას წახნაგებით ჩამოცილებული ნატანის ტრანსპორტირებას. ასეთ საღერებში ზოგჯერ პერიოდულ რეცხვასთან ერთად ითვალისწინებენ; სწორედ ამ მიზნით აქვს 16-20 ნახ.ზე ნაჩვენებ საღერებს ბოლოში გისოვანი ზეობა დამატებითი ბერეტი, რომელიც გადახურულია სათანადო საკეტი (9).

გამრეცი ხარჯის შესამცირებლად შემკრებ-გამრეც გილერეაში იქმნება განივი ცირკულაცია, რასაც აღწევენ გისოსის გავლით გილერეაში წყლის ასიმეტრიულად შეყვანით და შედეგად წარმოშობილი ხრახნული მოძრაობით.

შემდგომში დამუშავებულ იქნა განუწყვეტელი მოქმედების ჰიდრაულიკური რეცხვის სალექრების სხვა სახეობანიც: ფართოკამერებიანი სალექრები გრძივი შემკრებ-გამრეცი გილერეებითა და ხერეხური ფორმის ფსკერული ხერეცებით; სალექრები ვერტიკალური გამრეცი შახტებით (რომლებიც კონსტრუქციულად რამდენადმე რთულია) და სხვ. თითოეულ მათგანს აქვს როგორც დადებითი, ისე ნაკლოვანი მხარეები, ამიტომ ამა თუ იმ კონსტრუქციის მუდმივი მოქმედების სალექარი სათანადო ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების საფუძველზე უნდა ავარჩიოთ.

დამუშავებული და პრაქტიკაში დანერგილიცაა ისეთი სალექრები, რომლებშიც გამოყენებულია დალეპილი ნატანის მოცილების კომბინირებული სისტემა. მათ იყენებენ ნაკადიდან ძალიან წერილი ფრაქციის შეწონილი ნატანის მოსაცილებლად; კონსტრუქციულად ისინი რთულია და შეიძლება ჰქონდეს კამერების ნებისმიერი რაოდენობა. ასეთ სალექრებში დალეპილი ნატანი გაიტანება ფსკერული გამრეცი ხერეცებისაკენ მბრუნავი ხეცით შექანიზებით.

დალეპილი ნატანის მოსაცილებლად ზოგჯერ ტუმბოს ტიპის მიწასაწოვებსაც იყენებენ; მათ დგამენ სალექრის კამერის ვასწვრივ ჯოძრავ ფერმაზე. ამ შიზნით შეიძლება სიფონური და მტურავი მიწასაწოვებიც იქნას გამოყენებული. ჩვეულებრივ, ასეთ სალექრებს აგებენ ერთკამერაინს, აქვს მრავალი ნაკლოვანება, მაგრამ რიგ შემთხვევებში მნიშვნელოვნად უფრო იაფია, ვიდრე ჰიდრაულიკური რეცხვის სალექრები.



ნახ. 16-20 განუწყვეტელი მოქმედების ერთკამერაინი სალექარი:

- 1—შემართვებელი ან დერეფიციული არხი; 2—საყეტი სალექრის შესასვლელში; 3—სისიმ-სახურა ბილი; 4—გამანაწილებელი გისოსები სიჩქარეთა შესათანასწორობლად; 5—ნაგავ-სეკავი ხშირი გისოსი; 6—სალექრის კამერა; 7—ფსკერული შემკრებ-გამრეცი გილერის გისოსი; 8—ფსკერული შემკრებ-გამრეცი გილერეა; 9—თომის ვაღ-სავაღებელ კამერის პერიოდული გარეცხვისათვის სეპირო ხერეცის საყეტი; 10—შემკრებ-გამრეცი გილერის საყეტი; 11—საყეტი სალექრის კამერის გამოსვლელში; 12—დერეფიციული არხი; 13—გამრეცი გილერეა; 14—ფსკერული გისოსის წიკრები.

სალექრის ძირითადი ზომების განსაზღვრა. ექსპლუატაციაში სალექრის ეფექტიანი მუშაობისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს მისი ცალკეული მუშა ნაწილების ზომების სწორ განსაზღვრას; მასზე ბევრადაა დამოკიდებული სალექრის სამშენებლო ღირებულებაც.

ნატანის დალექვის პროცესში სალექრის მუშაობა გამარტივებულად შეიძლება წარმოვიდგინოთ იმ სქემით, რომელიც ნაჩვენებია 16-19 ნახ-ზე. სიმ-

ძიძის ძალის მოქმედებით ნატანის M ნაწილაკი, რომელიც $I-I$ კვეთში იმყოფება, ძირს ეშვება λ სიჩქარით, რომელიც ეტოლება მისი დაღეკვის სიჩქარეს მდგარ წყალში და ეწოდება ჰიდრაულიკური სისხო. ამავ დროს ნაწილაკი ნაკადთან ერთად მოძრაობს ჰორიზონტალური სიჩქარით

$$v_{\text{სიჩქ}} = \frac{Q}{c B_{\text{კაბ}} h_0}, \quad (16.4)$$

სადაც Q არის საღებრის ხარჯი, c — კამერების რიცხვი, $B_{\text{კაბ}}$ და h_0 — შესაბამისად ნაკადის სიგანე და სიღრმე განსახილველ კვეთში.

თუ წინასწარ დაეუშვებთ საანგარიშო ჰორიზონტალურ სიჩქარეს (ჩვეულებრივ იგი აიღება $v_{\text{სიჩქ}} 0,2-0,5$ მ/წმ შუალედში), მაშინ (16.4) გამოსახულებიდან ადვილად განვსაზღვრავთ $c B_{\text{კაბ}} h_0$ ნამრავლის სიდიდეს, ხოლო შემდეგ კამერების კონკრეტულ ზომებს. h_0 ის განსაზღვრისათვის მიზანშეწონილია ვისარგებლოთ მათითებებით იმის შესახებ, რომ საღებრის სრული სამშენებლო სიღრმე 4-7 მ-მდე აიღება, ხოლო მნიშვნელოვანი ხარჯების დროს — 8-10 მ-მდე.

ცხადია, საღებრის სრული სიღრმე

$$h_{\text{საღ}} = h_{\text{ა,რ}} + h_0, \quad (16.5)$$

სადაც $h_{\text{ა,რ}}$ არის საღებრის მკედარი მოცულობის სიღრმე, რომელიც წინასწარი გაანგარიშების დროს შეიძლება ავიღოთ სრული სიღრმის 20-25%. გამოთქმის შეადგენენ საღებრები განუწყვეტელი ჰიდრაულიკური რეცხვით, რომელთაც არ გააჩნიათ მკედარი მოცულობა და, მაშასადამე, მათში საანგარიშო სიღრმედ იღებენ საღებრის სრულ სიღრმეს.

თუ ნატანის ნაწილაკების დაღეკვის პოცენსში გავითვალისწინებთ ტურბულენტურობის გავლენას, მაშინ ნაწილაკის დაღეკვის λ სიჩქარე შემცირდება რაღაც $v_{\text{დაკ}} = \frac{v_{\text{სიჩქ}}}{n}$ სიდიდით, ხოლო დაღეკვის დრო გაიზრდება და მიიღებს მნიშვნელობას

$$T = \frac{h_0}{\omega - v_{\text{სიჩქ}}/n}, \quad (16.6)$$

სადაც დაღეკვის სიჩქარის ტურბულენტური მდგენელი $\left(v_{\text{დაკ}} = \frac{v_{\text{სიჩქ}}}{n} \right)$

ნაკადის ჰორიზონტალური სიჩქარის ნაწილია, რომლის მნიშვნელობა კორექტირდება n კოეფიციენტით. ი. ეგიაზაროვის მიერ ჩატარებული ფართო ექსპერიმენტული გამოკვლევების საფუძველზე n კოეფიციენტის დასადგენად აგებულია სათანადო გრაფიკი, რომლის ერთ-ერთი მრუდის თანახმად, საღებრის სიღრმის 1-10 მ-ის ფარგლებში ცვალებადობისას n კოეფიციენტის მნიშვნელობა იცვლება 5-დან 28-მდე.

საღებრის კამერის შუშა ნაწილის სიგრძე განისაზღვრება ფორმულით

$$l_{\text{კამ}} = T v_{\text{სიჩქ}} = \frac{h_0 v_{\text{სიჩქ}}}{\omega - v_{\text{სიჩქ}}/n}. \quad (16.7)$$

ამ ფორმულაში შემავალი λ -ს მნიშვნელობა აიღება სათანადო (ცხრილიდან¹⁾ დასაღეკი მანვრ ფრაქციის ნაწილაკების საანგარიშო დიამეტრის მიხედვით პრაქტიკაში განხორციელებულ საღებრებში კამერების სიგრძე 30-დან 150 მ-მდე და უფრო მეტია.

საღებრის კამერის სიგრძის დასადგენად შეიძლება აგრეთვე გამოყენებულ იქნეს მ. ველიკანოვის მიერ დამუშავებული და ტექნიკური პირობებითა

და ნორმებით რეკომენდებული მეთოდი, რომელიც ემყარება ალბათობის თეორიის გამოყენებას. საქმე ის არის, რომ ნატანის მძიმე ნაწილაკების ტრანსპორტირების უნარი და დალექვის პირობები დამოკიდებულია პულსაციურ ზემოქმედებებზე, რომლებიც შეიძლება განხილულ იქნენ, როგორც შემთხვევითი სიდიდეები. მაშასადამე, შეწონილი ნატანის დალექვის პროცესს შეიძლება მივუყვანოთ ალბათობის თეორიის პრინციპები.

**§16-7. ზედპირულ (უდაწინაო) წყალმიმღებთა
ბაქტერიულ-ვირუსოვირუსი და ჰიდრაულიზაცი ბაქტერიულიზაციის**

წყალმიმღები ნაგებობის ტიპისა და ზომების საბოლოო დადგენა ხდება მისი სხვადასხვა ვარიანტის ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების საფუძველზე. დასაბუთებული გადაწყვეტილება ხსოლოდ იმ შემთხვევაში შეიძლება იქნეს მიღებული, თუ შესაძლებელი კონსტრუქციები უზრუნველყოფენ წყლის ერთნაირი ხარჯების აღებას, წყალმიმღებების ერთნაირად დაცვას ფსკერული ნატანისაგან და ამასთანავე ნაგვის, ყინულის, თოშისა და ფსკერული ნატანის ქვედა ბიეფში ვადასაგდებად მართხოვენ წყლის ერთნაირ რაოდენობას.

თუ ზემოხსენებული პირობები ერთნაირად განსხვავებულია, მაშინ ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარება ატარებს პირობით ხასიათს. წყალმიმღებ ნაგებობათა ექსპლუატაცია გვიჩვენებს, რომ წყალმიმღები ფრონტის სიგრძის გაზრდით მატულობს მასში ფსკერული ნატანის, ნაგვისა და ყინულისაგან დაცვის სიძნეულები. ამიტომ სალექართან შეთავსებული წყალმიმღების ვარიანტის განხილვის დროს, რომელიც უფრო მცირე კაპიტალურ დაზანდებას მოითხოვს, ვიდრე შეუთავსებელი ვარიანტი, ამ საკითხებს სათანადო ყურადღება უნდა მიექცეს.

არჩეული კონსტრუქციის შეუთავსებელი წყალმიმღების წყლის მიღების სიჩქარის სიდიდე და კონსტრუქციის ზომები ასევე უნდა განისაზღვროს სხვადასხვა ვარიანტების ეკონომიკური შედარების საფუძველზე. უნდა გვახსოვდეს, რომ წყლის მიღების სიჩქარის შეცვლით წყალმიმღების ზომები და ლირებულება იზრდება, ხოლო გაზრდით—ლირებულება მცირდება. ლირებულებაში უნდა შედიოდეს წყალმიმღებისა და არხის ან გვირაბის შემაერთებელი უბნის, ზედა ბიეფში მოთავსებული სანაპირო კედლისა და შეჩუქვითი გვირგვინის ლირებულება. ამასთან ერთად გათვალისწინებული უნდა იქნეს, რომ სხვადასხვა სიჩქარეები განაპირობებენ სხვადასხვა სიდიდის წნევის დანაკარგებს და, მაშასადამე, ჰიდროელექტროსადგურის სიმძლავრის განსხვავებულ დანაკარგებსაც. გვეცოდინება რა დაკარგული სიმძლავრის სიდიდე სიჩქარის ყოველი მნიშვნელობისათვის, ეკონომიკურ გაანგარიშებათა პრინციპების საფუძველზე განისაზღვრავთ ეკონომიკური სიჩქარის სიდიდეს და წყალმიმღების შესაბამის ზოგებს [15].

წყალმიმღები ნაგებობის ჰიდრაულიკურ გაანგარიშებათა მიზანია გამრეცხ და ნატანდამკვერ გალქრებათა ზომებისა და მათში წნევის დანაკარგების განსაზღვრა ყოველი განსახილველი ვარიანტისათვის. წყალმიმღების ზღურბლის ნიშნულს ადგენენ მისი კონსტრუქციის გათვალისწინებით; მაგალითად, როდესაც წყალმიმღებში არ არის გათვალისწინებული გამრეცხი ან ნატანდამკვერის გალერეები, მაშინ მისი ზღურბლის სიმძლავრე აიღება არანაკლებ 1—1,5 მ, ხოლო გალერეების მოწყობის შემთხვევაში განისაზღვრება გალერეათა ზომების მიხედვით, ყველა შემთხვევაში წყალმიმღების ზღურბლის ნიშნული უნდა ავიდეთ ზედა ბიეფის მოსალოდნელი დალექვის ნიშნულზე არანაკლებ 1 მ-ით მაღლა.

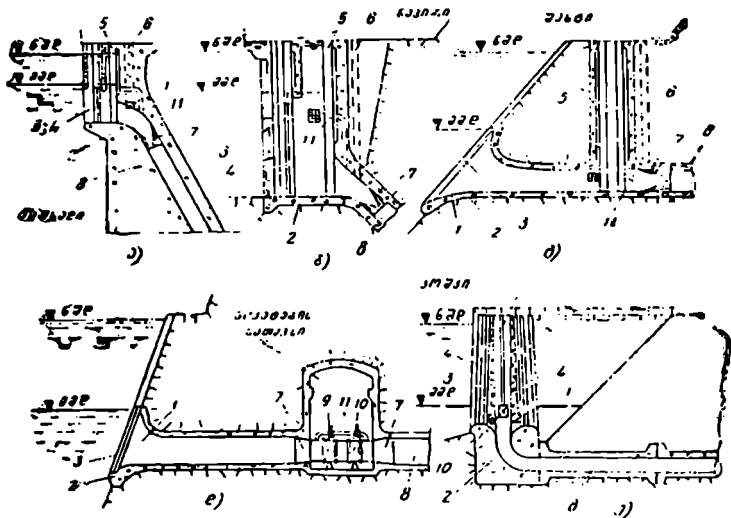
ზედაპირული წყალმიმღები განიხილება როგორც ჩაძირული ფართო-ზღურბლიანი წყალსაშვები. ცალკეულ შემთხვევებში წყალმიმღებმა ხვრეტებმა

ქილრავლიკურად შეიძლება იმუშაოს ფარის ქვეშ გამოდინების პრინციპზეც: მაშინ, ცხადია, მის უკან უნდა შემოწმდეს ნაკადის ენერჯიის ჩაქრობის პირობები და საჭიროების შემთხვევაში მოეწყოს ჩაქრობი ქა, წყალსაცეში კედლი და ა. შ.

ქილრავლიკურ გაანგარიშებთა სპეციფიკურობით ხასიათდება ფსკერულ-გისოსიანი წყალმიმღებები (§16-5), რომელთა მიზანია ფსკერული გისოსისა და წყალმიმღები გალერეის ზომების განსაზღვრა. ამ წყალმიმღებთა მუშაობის რეჟიმები დამოკიდებულია ზედა ბიეფის დონეზე და მოთხოვნილების ხარჯზე, ისინი კი დროის მიხედვით განუწყვეტლივ ცვალებადობენ. გაანგარიშებთა დროს გათვალისწინებული უნდა იქნეს მოთხოვნილება იმის შესახებ, რომ ფსკერული ნატანის გადასადგებად საჭირო წყლის რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს წყლის მოთხოვნილების ხარჯის 25%-ს. მხედველობაშია მისაღები ისიც, რომ წყალმიმღებ გალერეაში წყლის დაწნევიით მოძრაობის შეიძლება გისოსი მიიძვნელოვნად უფრო გრძელი გამოდის, ვიდრე უდაწნეო სოარაობისას, ამიტომ, თუ გაეითვალისწინებთ ექსპლუატაციაში მოხერხებულობასაც, პრაქტიკაში უფრო ხშირად უდაწნეო ფსკერულ წყალმიმღებ გალერეებს იყენებენ.

§16-6. სიღრმული (დაწნეით) წყალმიმღებები

სიღრმულ ანუ დაწნეით წყალმიმღებებს იყენებენ იმ შემთხვევებში, როდესაც წყლის დონე ზედა ბიეფში ცვალებადობს საქმარდ ფართო საზღვრე-



ნახ. 16-21. სიღრმულ (დაწნეით) წყალმიმღებთა ტიპები:

- ა—კაშხალური; ბ—სანაპირო; გ—სანაპირო საცეების შატით; დ—სანაპირო საცეების მიწისქვეშა სითვისით; ე—კოშკური; 1—წყალმიმღები ბურეტები; 2—ზღურბლი; 3—ნავავ-საყვი გისოსი; 4—სარემონტო საკეტის კილი; 5—სააეორო-სარემონტო საკეტის კილი; 6—სააერაციო მილი; 7—გარდ-შავალი უბანი; 8—დერეკაციული ან სატურბინო სიდაწნეო წყალსატარი; 9 და 10—დისკური საკეტები; 11—შემოშვლები მილები (ბაიპასივი).

ბში. ცალკეულ შემთხვევებში ასეთი წყალმიმღებები შეიძლება გამოყენებულ იქნენ წყალსაცეებში წყლის დონეთა მცირედ ცვალებადობის დროსაც, თუ

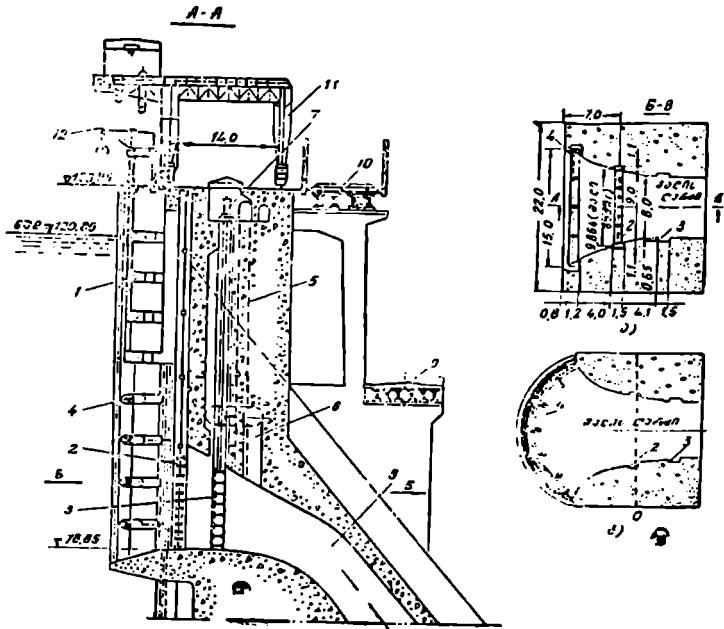
კი მათი ეკონომიკური მახასიათებლები ან საექსპლუატაციო პირობები ზედაპირულ (უდაწნევო) წყალმიმღებებზე უკეთესია.

ფსკერულ ნატანთან. ყინულთან და თოშთან საბრძოლველად სიღრმული წყალმიმღებებისათვის საჭირო აღარაა გათვალისწინებულ იქნეს ყველა ის ღონისძიება, რასაც ითვალისწინებენ ზედაპირულ წყალმიმღებთა დაგეგმარებისას, რადგან საშუალო და დიდი წყალსაცავები თვით ქმნიან მათთან ბრძოლის საუკეთესო პირობებს.

სიღრმულ წყალმიმღებებში წყლის აღება წარმოებს დაწნევითი წყალსატარებით—მილებით ან გვირაბებით. ასეთი წყალმიმღებები შეიძლება იყოს კაშხალური, სანაპირო (ცალკე ნაგებობის სახით) და კოშკური.

კაშხალურ წყალმიმღებებს ათავსებენ ბეტონის ან რკინაბეტონის კაშხალის ტანში და უპირატესად ჰიდროექტროსადგურების კაშხალურ და ზოგჯერ შერეულ სქემებში იყენებენ (ნახ. 16-21, ა).

სანაპირო წყალმიმღებები წარმოადგენს უშუალოდ ნაპირის ფერდობთან შემხებ რკინაბეტონის კონსტრუქციას (ნახ. 16 21, ბ), რომელ-



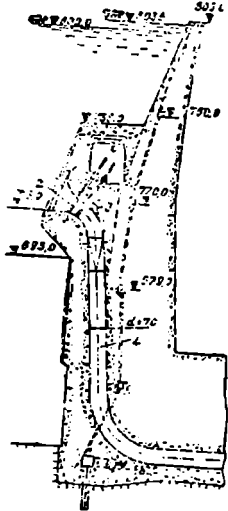
ნახ. 16-22. კაშხალური წყალმიმღები გრავიტაციული კაშხალის ტანში:

- ა—ბრტყელი ნაგავსაკაეი ვისოსით; ბ—გეგმაში ნახეიარჩიული ნაგავსაკაეი ვისოსით
- 1—ზარდის კედელი; 2—სარემონტო საკეტი (ზღუდა); 3—სააეარო-სარემონტო საკეტი
- 4—სტაციონარული საწმენდი ნაგავსაკაეი გოოსი; 5—საეარაციო მილი; 6—მოგელები მისი (ბაიასი); 7—ჰიდროამწე; 8—სატურბინო წყალსატარი; 9—საეგრომოზილო ხილი;
- 10—სარკინებზო ხილი; 11—ყოვინა ამწე; 12—ნაგავსაკაეი ვისოსის გამწმენდი ამწე.

შიც თავსდება მისი ყველა მოწყობილობა. ხელსაყრელი ტოპოგრაფიული და გეოლოგიური პირობების შემთხვევაში ისინი შეიძლება გამოვიყენოთ ჰიდროელექტროსადგურების ყველა ძირითად სქემაში. მაგრამ ზოგჯერ ყველა მოწყ-

ყობილობის ერთ, ნაპირთან შემხებ კონსტრუქციაში მოთავსება არაეკონომიურია, მაგალითად, ზედა ბიეფის წყლის დონის დიდი ცვალებადობის პირობებში. ისეთ შემთხვევებში, როდესაც აღნიშნული კონსტრუქციის სანაპირო წყალმიმღების აგება დაკავშირებულია კლდისა და ბეტონის დიდი მოცულობის სამუშაოთა შესრულებასთან, იუენებენ ისეთ სანაპირო წყალმიმღებებს, რომლებშიც გათვალისწინებულია საკეტების მოსათავსებელი ზახტი ან მიწისქვეშა სათავის (ნახ. 16-21, გ, დ). ასეთი სქემების გაცოყენების დროს წყალმიმღებების სანაპირო ფერდობზე აწყობენ მხოლოდ გისოსებით აღქურვილ შესავალ კონფუზორულ უბანს.

კონსტრუქციის წყალმიმღებები ცალკე მდგომი კონსტრუქციის ნაგებობებია მთელ პერიოდში ან მის ნაწილზე განლაგებული წყალმიმღები ხერხებით (ნახ. 16-21, ე). კონსტრუქციის უერთობა ნაპირს ან კაშხალს სპეციალური ხიდი-კომპლექსი ტიპის წყალმიმღების იუენებენ მაშინ, როდესაც სანაპირო წყალმიმღების მოწყობა არახელსაყრელი ტოპოგრაფიული პირობების გამო დაკავშირებულია დიდი მოცულობის სამუშაოთა შესრულებასთან ან როდესაც წყალ-



ნახ. 16-23. კაშხალური წყალმიმღები თაღოვან კაშხალში: 1—ვისოსი; 2—სარემონტო საკეტის კილი; 3—ავარიულ-სარემონტო საკეტი; 4—სატურბინო წყალსატარი.

საცევის ავსების შემდეგ ფერდობზე მოსალოდნეულია მეწყერების წარმოქმნა. ასეთი წყალმიმღები განსაკუთრებით ფართოდ გამოიყენება ისეთ ჰიდროკვანძებში, რომლებშიც შემტბორავი ნაგებობა წარმოდგენილია ადგილობრივი მასალის კაშხალით ან თაღოვანით.

16-22, 16-23 და 16-24 ნახაზებზე ნაჩვენებია ზოგიერთი ტიპის კაშხალური წყალმიმღები შესაბამისად გრავიტაციულ, თაღოვან და კონტროლურ კაშხალებში.

თაღოვან კაშხალში მოწყობილია წყალმიმღები, რომელიც წყლის აღებას აწარმოებს წყალსაცევის ზედა ფენებიდან. კაშხალის ტანის დასუსტების ასაცილებლად წყალმიმღებს ათავსებენ ზედა ბიეფში გატანილ კონსოლზე. ასეთი შეთანწყობის დროს სატურბინო მილსადენებს აწყობენ კაშხალის ქვედა ნაწილში. ცხადია, მაღალი კაშხალების მილსადენში იქმნება საკმაოდ გრძელი ვერტიკალური უბანი. მილსადენის ეს უბანი, წყალმიმღები და საკეტების სამართავი გალერეა მოთავსებულია თაღოვან კაშხალთან მიერთებული მაღალი კონსოლიანი კონსტრუქციის შიგნით.

მილსადენის სიგრძისა და დაწვევის დანაკარგების მნიშვნელოვანდ გაზრდის გამო ზოგჯერ ასეთი ვადაწყვეტა არაეკონომიურია, ამიტომ უმჯობესია ვადაწყვეტად ჩავალრმავთ ამოქვედების დონის

კვამში (იხ. სახელმძღვანელოს I ტომი, ნახ. 8-6), თუკი ამის საშუალებას იძლევა მდინარის მყარი ნატანის რეჟიმი.

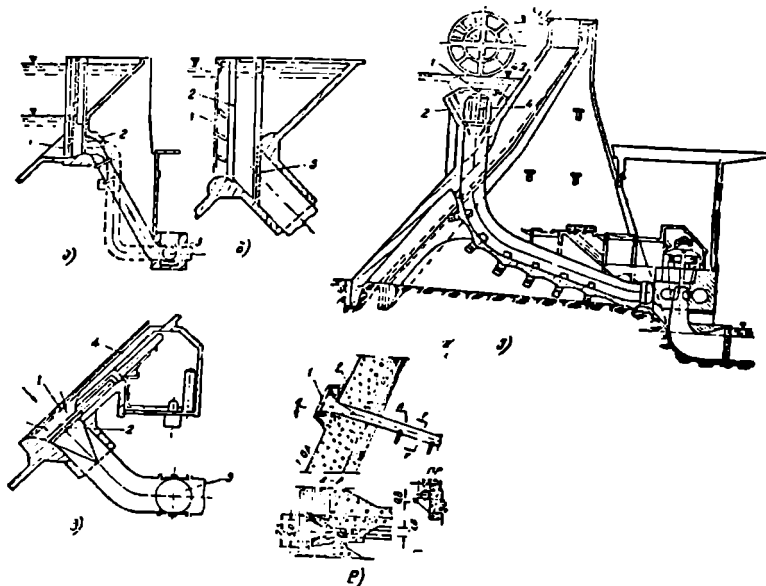
კონსტრუქციული კაშხალის ტანში მოსაწყობი წყალმიმღებების ტიპის არჩევის დროს გათვალისწინებული უნდა იქნეს ექსპლუატაციაში მისი მუშაობის პირობები, კაშხალის კონსტრუქცია და ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები.

გარდა ზემოთ განხილული სიღრმული ტიპის წყალმიმღებისა, ცალკეულ შემთხვევებში შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სიფონური წყალმიმღებიც; ისინი განსაკუთრებით მიზანშეწონილია მაღალმთიანი ტბების წყლის

მარაგის გამოსაყენებლად. ასეთ შემთხვევებში შედარებით მცირე ხარჯების ასაღებად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მცურავი სიფონური წყალმიმღებებიც.

სიღრმულ წყალმიმღებთა ხერცებს ათავსებენ დალექვის საანგარიშო ღონეზე მალა და წყალსაცავის ამოქმედების ღონეზე დაბლა. ამასთან წყალსაცავის დალექვის დონიდან წყალმიმღების ზღურბლის შემადღება უნდა იყოს 3—5 მ, ხოლო წყალსაცავის ამოქმედების დონის ქვეშ წყალმიმღები ხერცის ზედის მინიმალურმა ჩაღრმავებამ უნდა გამოიციხოს ჭაბოების წარმოშობის შესაძლებლობა.

სიღრმულ წყალმიმღებთა პიდრავლიკური გაანგარიშება მდგომარეობს იმაში, რომ განისაზღვროს დაწნევის დანაკარგები და აიგოს პიგზომეტრული



ნახ. 16-24. კაშხალური წყალმიმღებები კონსტრუქციულ კაშხალებში:

ა და ბ—სქემატი ვერტიკალური ვისოსებითა და სარემონტო საკეტებით; გ—სქემა კაშხალის სადაწნო წახნაგზე მრ წყობილი დახრილი ვისოსებითა და სარემონტო საკეტებით; დ—წყალმიმღები მ.ს.-ურ-კონსტრუქციული კაშხალის სათავეში; ე—წყალმიმღები მრიალთალოვან კაშხალში უკილო კონსტრუქციის ზღურბლს ფორმის ვისოსითა და სარემონტო საკეტით; 1—ნატანს. კავი ვისოსი; 2—სარემონტო საკეტი; 3—ივარიულ-სარემონტო საკეტი; 4—პიდროამწე.

წირი წყალმიმღების სიგრძეზე. ამისათვის დადგენილი უნდა იქნეს მისი ზომები, ცალკეული ელემენტების (ვისოსების, კილოების და ა. შ.) განლაგება და კონსტრუქციული გაფორმება, სადაწნო წყალსატარის დიამეტრი და წყალმიმღების ხაჯი.

სიღრმული წყალმიმღების ტიპი უნდა შევარჩიოთ სხვადასხვა ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების საფუძველზე. განსახილველად შერჩეულ წყალმიმღებთა ვარიანტების ზომები უნდა განისაზღვროს წინასწარი პიდრავლიკური გაანგარიშებებს, კონსტრუქციული დამუშავებისა და საპროექტო გამოცდილების მიხედვით.

**მდინარის წყლის გატარება, ღროვებითი ნაგებობები
ჰიდროკვანძების მშენებლობის დროს და
ჰიდროკვანძების დაპროექტება**

თაზი XVII

**მდინარის წყლის ხარჯების გატარება და ღროვებითი
ნაგებობები ჰიდროკვანძების მშენებლობის დროს**

§ 17-1. ზოგადი დებულებანი

ყოველი ჰიდროტექნიკური კვანძის მშენებლობა, დარგობრივი, მაგალითად, ჰიდროენერგეტიკული დანიშნულებისა იქნება ის თუ კომპლექსური, ხასიათდება მრავალი თავისებურებით, რომლებიც განასხვავებენ მას სხვა სახის ენერგეტიკული და სამრეწველო მშენებლობისაგან.

მდინარეზე მშენებარე ჰიდროკვანძი უშუალოდაა დაკავშირებული მის ჰიდროლოგიურ რეჟიმთან, რომელიც მშენებლობის პროცესში რამდენადმე ირღვევა, აგრეთვე მშენებლობის რაიონის ბუნებრივ (ტოპოგრაფიულ, საინჟინერო-გეოლოგიურ) პირობებსა და გეოგრაფიულ მდებარეობასთან (სამომოსვლო გზებიდან და ენერჯის წყაროებიდან დაშორება და სხვ.).

თანამედროვე კომპლექსური ჰიდროკვანძების მშენებლობისას სრულდება დიდი შოტელობის სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოები, განსაკუთრებით ქვა-შიწისა და ბეტონის სამუშაოები, რაც გრძელდება რამდენიმე წელს. მშენებლობის მთელ პერიოდში ჰიდროკვანძის გასწორში უნდა გატარდეს მდინარის წყლის ხარჯები, ნატანი და ყინული—ე. წ. სამშენებლო ხარჯები ისე, რომ მშენებლობა ვაწარმოთ შეუფერხებლად—წყალდიდობის დროს წყლით არ დაიფაროს ქვაბულები, გაუთვალისწინებელი ზიანი არ მივაყენოთ მდინარის როგორც ქვედა, ისე ზედა ბიეთის ნაპირებზე განლაგებულ დასახლებულ პუნქტებს, სამრეწველო დაწესებულებებს, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებს, გზებს და სხვ. ვარდა ამისა, გასწორში გარკვეულ პერიოდში უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს განუწყვეტილი ნაოსნობა (თუ იგი არსებობს), ასევე თევზის გავლა როგორც ზემოთ, ისე ქვემოთ დინების მიმართულებით.

სამშენებლო ხარჯების გატარების სქემის არჩევა შეიძლება დაკავშირებული ჰიდროკვანძის შეთანწყობასთან, აგრეთვე მის ჰიდროლოგიურ, ტოპოგრაფიულ და გეოლოგიურ პირობებთან. მასზე დიდ გავლენას ახდენს აგრეთვე მდინარის ყინულსეღის პირობები, ნაოსნობა და ხე-ტყის დაცურების წარმოება.

სამშენებლო სამუშაოთა წარმოების დროს უნდა ვიხელმძღვანელოთ მდინარის ხარჯებსა და წყლის დონეთა შორის დამოკიდებულების გრაფიკებით, რომლებიც აგებულია წყალმცირობის, წყალუხვობისა და საშუალო წყლოვა-

ნების წყლებისათვის; ამასთანავე, თუ მშენებლობა მიმდინარეობს მკაცრ კლიმატურ პირობებში. გათვალისწინებული უნდა იქნეს სტატისტიკური მონაცემები მდინარის გაძვიფვის დაწყების, აგრეთვე ყინულსვლის დაწყებისა და დამთავრების და თოშის წარმოშობის პერიოდის შესახებ.

მდინარის სამშენებლო ხარჯები შეიძლება გატარებულ იქნეს ორი ძირითადი ხერხით: 1) მდინარის გადაუგდებლად, მისი ძირითადი კალაპოტით და 2) მშენებარე ნაგებობათა შემოვლით, ღარების, არხებისა და გვირაბების მეშვეობით კალაპოტიდან მდინარის გადაგდებით.

§17-2 ჰიდროკანონის ნაგებობათა მშენებლობა კალაპოტიდან მდინარის გადაუგდებლად

ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა მშენებლობა ძირითადი კალაპოტიდან მდინარის გადაუგდებლად შეიძლება ვაწარმოოთ ან ზღუდარებით მთლიანად ან ნაწილობრივ შემოფარგლულ ქვაბულში წყლის ამოტუმბვის შემდეგ, ანდა ზღუდარების გამოყენების გარეშე, ე. წ. უზღუდარო ხერხით, რომლის დროს კაშხალის ბურჯებს აგებენ წყალქვეშა დაბეტონების მეთოდების გამოყენებით, სახელდობრ კესონების ან ჩასაშვები ქვების მეშვეობით, ხოლო კაშხალის ყრუ და წყალსაშვებ ნაწილებს და ფლუტბეტებს—ბურჯების კილოებში რკინაბეტონის კედლების ჩაშვებით შექმნილი საფარის გამოყენებით.

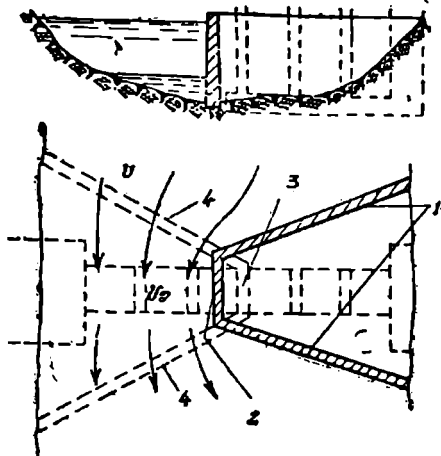
1. ზღუდარების მეთოდის გამოყენების ხერხთა ხეშა

ზღუდარების ანუ ე. წ. სექციური ზღუდარების მეთოდი ყველაზე უფრო გავრცელებულია დაბალ და საშუალოაღწვევიან ჰიდროკანონების მშენებლობაში. ამ მეთოდით მშენებლობას აწარმოებენ რივისობის, ორი, ხოლო უფრო იშვიათად—სამი რიგის გამოყენებით (ფართო კალაპოტების შემთხვევაში). მშენებლობის ორი რიგით წარმოებისას დასაწყისში ზღუდარებით შემოფარგლავენ მდინარის კალაპოტის თითქმის ნახევარს, ხოლო მდინარეს ატარებენ კალაპოტის მეორე, შევიწროებული უბნით. წყლის ამოტუმბვის დამთავრებისთანავე ზღუდარებით შემოფარგლულ ქვაბულში იწყებენ მიწა კლდის სამუშაოებს, ხოლო შემდეგ—კაშხალის (ან ჰესის შენობის) საძირკვლისა და ბურჯების ამოყვანას (ნახ.17-1). ყრუ კაშხალის შემთხვევაში ჩაუბეტონებლად ტოვებენ ცალკეულ სექციებს ან ფსკერულ ხვრეტებს, ხოლო ჰესის შენობის ამოყვანისას მის საფეხუროვან ხვრეტებს.

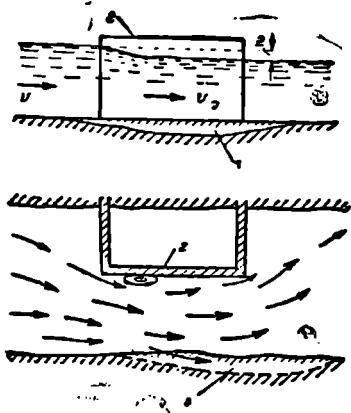
პირველი რიგის ზღუდარების აგებით გამოწვეული კალაპოტის შევიწროების მაჩვენებელი, რომელიც წარმოადგენს შეკუმშული ცოცხალი კვეთის ფართობის ფარდობას მდინარის ძირითადი ცოცხალი კვეთის ფართობთან (აა/ა₀), შეადგენს 0,5—0,65. წყლის დინების სიჩქარეები შეკუმშულ კვეთში არ უნდა აღემატებოდეს კალაპოტის გრუნტის გამრეცხ სიჩქარეებს. მათი მნიშვნელობანი აიღება შემდეგ ფარგლებში: ქვიშების, ქვიშნარებისა და თიხნარებისათვის 0,3—0,8 მ/წმ, თიხებისათვის 1—1,8, ხრეშისათვის 0,7—1,4, კენჭნარისათვის 1,8—3,0, ქვის ნაყარისათვის 4,0—6,0 და კლდისათვის 2,0—25 მ/წმ-მდე. სიჩქარეთა უფრო მცირე მნიშვნელობანი აიღება წვრილნაწილაკებიანი გრუნტებისათვის 3 მ-ზე ნაკლები სიღრმის შემთხვევაში.

თუ მდინარე სანაოსნოა, მაშინ მოქმედი ნორმების თანახმად წყლის დინების სიჩქარეები შეკუმშულ კვეთში არ უნდა აღემატებოდეს 1,5—2 მ/წმ-ს. ამ სიჩქარეთა გაზრდა შესაძლებელია მხოლოდ სამდინარო ფლოტის საშინის.

ტროსთან შეთანხმებით. თუ შეკუმშულ კვეთში წყლის დინების სიჩქარეები აღემატება ვამრეცხს, კალაპოტს ამაგრებენ მსხვილი მასალების (კენკის, მონატები ქვის) ჩაყრით და ამასთანავე ნაწილობრივ კიდევაც აგანიერებენ. გარეცხვის მოვლენების აცილებისათვის მიზანჭეწონილია აგრეთვე ზღუდარებს გეგმაში შეიქვს გაჩაშემოდინილი ფორმა.



ნახ. 17-1. მდინარის წყლის გატარების სქემა სტატურა ზღუდარების მეთოდის გამოყენებისას: 1—პირველი რიგის განივი ზღუდარები; 2—პირველი რიგის გრძივი ზღუდარი; 3—მეორე რიგის გრძივი ზღუდარი; 4—მეორე რიგის განივი ზღუდარები.



ნახ. 17-2. კალაპოტის შევიწროებით წარმოქმნილი ვარდნილი: 1—ზღუდარის გრძე კედელთან მოსალოდნელი გარეცხვა; 2—პირველი რიგის ზღუდარების გრძივი კედელი; 3—მდინარის ნაპირის მოსალოდნელი გარეცხვა.

შეკუმშული კვეთის წინ წარმოიქმნება ო ვარდნილი (ნახ. 17 2), რომელიც შეიძლება განისაზღვროს ჩაძირული ფართოზღურბლიანი წყალსაშეების ფორმულით

$$\zeta = \frac{1}{\varphi^3} \frac{v_{\text{შაპ}}^3 - v_0^3}{2g} \quad (17-1)$$

სადაც $v_{\text{შაპ}} = Q/\omega_{\text{შაპ}}$ არის დინების სიჩქარე შეკუმშულ კვეთში;

$\varphi = 0,85 \div 0,95$ — სიჩქარის კოეფიციენტი;

$v_0 = Q/\omega_0$ — ჩვეული სიჩქარე შეუვიწროებელ კვეთში.

პირველი რიგის სამუშაოთა დამთავრების შემდეგ, როდესაც კაშხალის თუ ჰესის შენობა მთლიანად მზადაა წყლის გასატარებლად, 1-ელი რიგის ზღუდარებს შლიან და წყალს ატარებენ დაუმთავრებელი კაშხალით. ამ დროისათვის, ცხადია, მთლიანად უნდა იყოს დამთავრებული კაშხალის მიწისქვეშა კონტურის ყველა ელემენტის მოწყობა, აგრეთვე სანაპირო კედელი, ბიეფებისა და ნაპირების გამაგრების სამუშაოები და სხვ. ამის შემდეგ უკვე შეიძლება მე-2 რიგის ზღუდარების (ნახ. 17-1-ზე ნაჩვენებია პუნქტირით) მოწყობის სამუშაოთა ჩატარება, რისთვისაც ქვეყრილის ბანკეტის მეშვეობით მდინარის ნაკადი მიმართული უნდა იქნეს გახსნილი ბეტონის ნაგებობებისაკენ. დაშრობენ რა მე-2 რიგის ზღუდარებით შემოფარგულულ ქვაბულს, მასში იწყებენ კაშხალის დანარჩენი ნაწილის ამოყვანას.

ამ პერიოდში ზედა ბიფეში წყლის H მაქსიმალური სიღრმე განპირობებული იქნება კაშხალის მიერ შევიწროებულ კვეთში შექმნილი φ შეტბორვის სიღრმით (ნახ. 17-3). H -ის მნიშვნელობა შეიძლება განისაზღვროს შემდეგ ფორმულიდან

$$Q = m b \sqrt{2 g H_0^3} / \sigma_e \quad (17-2)$$

სადაც $m = 0,35$ არის ფართობობლიანი წყალსაშვების ხარჯის კოეფიციენტი;

b — კაშხალის ბურჯების შორის მანძილის სიგრძეთა χ გამი ნაკადის კუმშვის გათვალისწინებით;

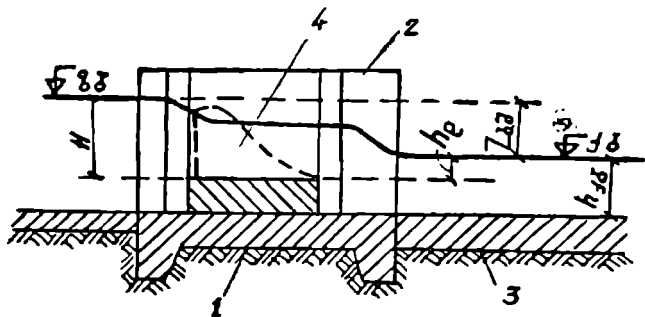
σ_e — დაძირვის კოეფიციენტი, რომელიც აიღება

h_a/H_0 . . . 0,7 0,8 0,85 0,90 0,95 0,96 0,97 0,99

σ_e . . . 1,0 0,928 0,855 0,739 0,552 0,499 0,436 0,257

წყლის სიღრმე ქვედა ბიფეში განისაზღვრება მდინარის დონეებსა და ხარჯებს შორის $\varphi = f(\psi)$ დამოკიდებულების გრაფიკით, რომელიც წინასწარ იკება.

თუ მეორე რიგის ზღუდარებით შემოფარგლულ ქვაბულში წარმოებს ჰესის შენობის ამოყვანა, ხოლო პირველი რიგის ნაგებობათა შორის პროექტით გათვალისწინებული იყო მაღალზღურბლიანი წყალსაშვები ნაწილი და იგი



ნახ. 17-3. პირველი რიგის დაუშთავრებელი ზეგონის კაშხალით მდინარის ხარჯების გატარების საანგარიშო სქემა:

- 1—საძირკვლის ფილა (ზღურბლი); 2—შუა ბურჯი; 3—ქვედა ბიფის გამაგრება; 4—დასაბეტონებელი წყალსაშვები ნაწილი.

ამოუყვანელი დეტრეფთ, მაშინ შისი ამოყვანა შეიძლება გავრძელდეს ე. წ. „სავარცხლის“ მეთოდით, თუკი ამის საშუალებას მოგვცემს ჰესის შენობის შადლოფნის დონე. ამ შემთხვევაში მეორე რიგის ზღუდარებს შლიან და ზედა ბიფის რამდენადმე აწეული დონით მდინარის ხარჯებს ატარებენ ჰესის შენობის წყალქვეშა ნაწილით. მაღალზღურბლიანი წყალსაშვები ნაწილის ამოსაყვანად ჯერ კაშხალის ბურჯების ზედა და ქვედა კილოებში უშვებენ შანდორებს, ხოლო მათ მიერ შემოფარგლულ სივრცეიდან წყლის ამორტუმბვის შემდეგ იწყებენ დაბეტონებას (ნახ. 17-3-ზე დასაბეტონებელი წყალსაშვები ნაწილი ნაჩვენებია პუნქტირით).

ჰესის შენობით წყალი შეიძლება გავატაროთ ან სიღრმული საექსპლუატაციო წყალსაგდებით. ან ჰესის შენობის საფეხუროვანი სექციებით. უკანასკნელ შემთხვევაში შენობის საძირკვლის ფილაზე აგებენ მხოლოდ ბურჯებს,

რომელთა მდგრადობის პირობების დასაკმაყოფილებლად შინიშალური რაოდენობით აკეთებენ ბეტონის ელემენტებს. წყალდიდობის გატარების შემდეგ ბურჯების ზედა და ქვედა კილოებში უშვებენ შანდორებს ან ფარებს და იწყებენ საფეხუროვან ხერხებზე დაშენებას.

წყალი შეიძლება გავატაროთ დამონტაჟებული აგრეგატებითაც, თუკი ზედა ბიეფის წყლის დონემ მიაღწია ისეთ ნიშნულებამდე, რომელთა დროს შესაძლებელია ტურბინების მუშაობა. ყველა შემთხვევაში ჰესის შენობის სადაწნეო ნაწილი აყვანილი უნდა იქნეს ისეთ ნიშნულებამდე, რომელთა დროს გამორიცხულია შასზე გადაღინება.

როდესაც პირველი რიგის სამუშაოები მიმდინარეობს მხოლოდ დაბალ-ზღურბლიან წყალსაშვებ კაშხალზე, ხოლო მეორე რიგისა—ჰესის შენობის ან წყალსაშვები კაშხალის დარჩენილ ნაწილზე, მაშინ მეორე რიგის ზღუდარები შეიძლება შევინარჩუნოთ უფრო ხანგრძლივად ჰესის შენობის წყალქვეშა ნაწილის დაბეტონებამდე და აგრეგატების მონტაჟის დამთავრებამდე ან წყალსაშვები კაშხალის შემთხვევაში მისი ბურჯების ისეთ ნიშნულებზე აყვანამდე, რომელთა ზემოთ სამუშაოები შეიძლება შესრულდეს „მშრალად“.

ქვედა ბიეფიდან დაუძირავი სიღრმული ხერხების გამტარუნარიანობა მიახლოებით შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით

$$Q = \mu \alpha \sqrt{2gH}, \quad (17-3)$$

სადაც μ ხარჯის კოეფიციენტი და ტოლია

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_{\text{კა}} + \frac{2gL}{C^2 R}}};$$

α —გამოსავალი კვეთის ფართობია; H —დაწნევა გამოსავალი ხერხის ცენტრში; $\xi_{\text{კა}} = 0,2 \div 0,5$ —დაწნევის დაკარგვის კოეფიციენტი ხერხში შესვლაზე;

L —წყალსაგდების სიგრძე; $C = \frac{1}{n} R^{1/6}$ —შეზის კოეფიციენტი (მანინგის მიხედვით); R —ჰიდრაულიკური რადიუსი; $n = 0,012 - 0,013$ —ბეტონის სიმქისის კოეფიციენტი.

თუ გამოსავალი ხერხი ჩაძირულია, მაშინ

$$Q = \mu \alpha \sqrt{2gz}, \quad (17-4)$$

სადაც z არის ზედა და ქვედა ბიეფებს შორის ვარდნილი.

მოცემული დაწნევის პირობებში ტურბინების გამტარუნარიანობა დგინდება ტურბინების ქარხნის შახსიათებლებზე მიხედვით

შეენიშნოთ, რომ სამი რიგით მშენებლობის შემთხვევაში, რაც საკმაოდ იშვიათია, კალაპოტს ყოფენ სამ სექციად. ასეთი წესით მშენებლობისას ერთი სექციის ზღუდარებით შემოფარგვლისას მდინარეს ატარებენ ორი დანარჩენი სექციით.

ზღუდარების აგებისას ვათვალისწინებელი უნდა იქნეს მითითებანი იმის შესახებ, რომ მათ გეგმაში ჰქონდეს სამშენებლო სატრანსპორტო საშუალებათა გზების მოსაწყობად და ნაპირთან დასაკავშირებლად ხელსაყრელი მოხაზულობა. გარდა ამისა, ისინი დაცილებული უნდა იქნენ ნაგებობის საძირკვლის ელემენტებიდან 10—20 მ-მდე მანძილით ისე, რომ ქვაბულის ზომები გეგმაში იძლეოდეს საკმარის სამშენებლო მოწყობილობათა და გზების განლაგების საშუალებას.

თხემის სიმაღლის მიხედვით ერთმანეთისაგან განასხვავებენ დატბორილ და დაუტბორავ ზღუდარებს; უკანასკნელ შემთხვევაში სამშენებლო სამუშაოები შეიძლება მშრალად ვაწარმოოთ მთელი წლის განმავლობაში. დატბორილი ზღუდარების გამოყენებისას დიდი წყალდიდობის დროს ქვაბულში სამუშაოები წყდება მისი დატბორვის გამო.

მიუხედავად იმისა, რომ ძვირი ჯდება, პრაქტიკაში უფრო ხშირად იყენებენ დაუტბორავ ზღუდარებს, რადგან მათი გამოყენება ამცირებს მშენებლობის ვადებს.

2. უზღუდარი მეთოდის გამოყენება

უზღუდაროდ ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა მშენებლობა შეიძლება ვაწარმოოთ კესონებისა და ჩასასვებები ქების გამოყენებით. მათი მეშვეობით ბეტონისა და რკინაბეტონის ბურჯებს ან სექციებს აგებენ უშუალოდ გამდინარე წყალში, ხოლო კაშხალების ყრუ და წყალსასვებ ნაწილებსა და ფლუტბეტებს—ბურჯებს შორის კილოებში ჩაშვებული რკინაბეტონის კედლებით შექმნილი საფარის გამოყენებით. ჩვენს რესპუბლიკაში კესონების გამოყენებით იქნა აგებული ჩითაბეჟესის დაბალდაწვევიანი კაშხალი მდ. მტკვარზე 1945 წელს, ხოლო ჩასასვებები ქების გამოყენებით—ბაღლოს დაბალდაწვევიანი კაშხალის წყალსასვებები ნაწილი მდ. იორზე 1948 წელს.

შვერივი გრუნტების შემთხვევაში ანალოგიური წესით შეიძლება ავსგათ ძეღყოროული წყალსასვებები კაშხალი; ამისათვის სადაწნეო ფრონტის გასწვრივ წყალში უშვებენ კაშხალის ძეღყოროლ სექციებს ერთმანეთისაგან 2—2,5 მ-ის დაშორებით, სექციებს შორის მალეებს ზედა და ქვედა მხრიდან კეტავენ ხის ფარებით, შემოფარგლულ სივრცეს ავსებენ ქვით და ბოლოს ზემოდან ხერავენ წყალსასვების მთლიანი ზღურბლით.

უზღუდაროდ შეიძლება აგებული იქნეს მიწისა და ქვა-მიწის კაშხალებიც; ამ მიზნით გამდინარე წყალში ჯერ ყრიან ქვის ბანკეტს, ხოლო შემდეგ—მიწას მშრალი ან მოლექვის წესით.

ჩაშვების ხერხის გამოყენება განსაკუთრებით გამართლებულია ვიწრო კალაპოტებში, სადაც ზღუდარებით მათი შევიწროება დაუშვებელია, ანდა მაშინ, როდესაც აუცილებელია ბურჯებისა და კბილების ღრმად მოთავსება. ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში კესონებისა და ჩასასვებები ქების გამოყენების საკითხი უნდა გადაწყდეს ეკონომიკურ მოსახრებათა გათვალისწინებით.

არც თუ დიდი ხნის წინათ ხიდებისა და ჰიდროტექნიკურ მშენებლობაში დაინერგა დიდი დიამეტრის (1—1,5 მ და მეტი) ჩასასვებები მილოვანი ხიმიწ-გარსები, რომელთაც არაკლდოვან გრუნტში ჩაფლავენ გიბრიტებით და ძირის გამოთხრით (გამორეცხვით), ხოლო შემდეგ ავსებენ ბეტონით.

ნაგებობის ამოყვანა შეიძლება ვაწარმოოთ მიტურების ხერხის გამოყენებითაც, რომლის დროს ცალკეული ღრუტანიანი რკინაბეტონის სექციებში ბუქსირის გამოყენებით ცურვით მიიტანება დაყენების ადგილზე. ამის შემდეგ სექციებს მიტვირთვით ძირავენ წყალში და ათავსებენ წინდაწინ მოწადებულ ფუჯზე, ხოლო წყლის ამოტუმბვის შემდეგ მათ შესაბამის ნაკეთურებს აბეტონებენ.

ჰიდროკვანძის ნაგებობათა წყალზედა ნაწილების მშენებლობის პროცესში წყლის გატარება შეიძლება ორი ხერხით: 1) „სავარცხლის“ ხერხისა და 2) ფსკერული ხერხების გამოყენებით. შეიძლება ორივე ეს ხერხი ერთდროულადაც იქნეს გამოყენებული.

§17-3. ჰიდროკვანძის მშენებლობა ხალხური და კალაპოტიდან მდინარის გადაღების ხარხხის გამოყენებით

ბარის მდინარეებზე ჰიდროკვანძების ასაგებად ზოგჯერ იყენებენ მშენებლობის კალურ ხერხს, რომლის დროს მდინარეს ტოვებენ თავისთავად კალაპოტში, ხოლო ჰიდროკვანძის ბეტონის ნაგებობათა მშენებლობას აწარმოებენ მდინარის კალაპოტიდან დაშორებით, კალაზე.

გარკვეულ პირობებში ჰიდროკვანძის ნაგებობათა მშენებლობა შეიძლება ვაწარმოოთ ძირითადი კალაპოტიდან მდინარის გადაღების ხერხის გამოყენებით, რისთვისაც იყენებენ ამა თუ იმ ტიპის ხელოვნურ კალაპოტს—ლარს, არხს ან გვირაბს. ასეთი ხერხით მშენებლობის დროს ნაგებობანი ამოჰყავთ ან ზღუდარების მეშვეობით მდინარის კალაპოტის მთლიანი გადაკეტვით, ან უზღუდაროდ.

1. კალური ხერხი

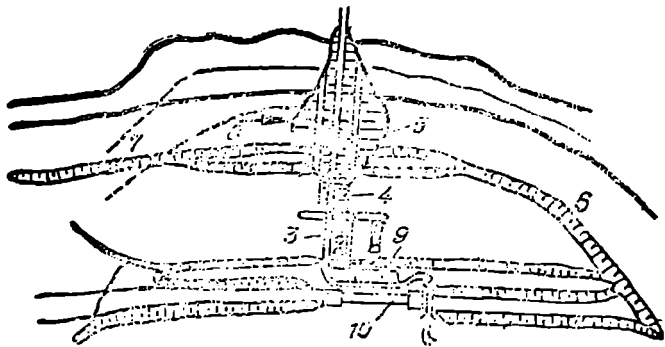
კალური ხერხი პირველად საბჭოთა კავშირში იქნა დამუშავებული და ამჟამად საქმაოდ ფართოდაა გავრცელებული ჰიდრომშენებლობის პრაქტიკაში. ამ ხერხით მშენებლობის დროს ჰიდროკვანძის წყალსაღებ ნაგებობებს, ხშირად ჰიდროელექტროსადგურის შენობასა და სანაოსნო რაბსაც, აგებენ არა მდინარის კალაპოტში, არამედ კალაში (ტერასისპირა კალაში) მშრალად. წყალიდობის დროს კალაპოტის გადმოლახვის ასაცილებლად და კალაზე განლაგებული მიმყვანი და გამყვანი არხებისა და ბეტონის ნაგებობათა ქვაბულის დასაცავად მდინარის კალაპოტის ნაპირის გაყოლებით აწყობენ შესაბამისი სიგრძის მცირე სიმაღლის მიწის ზღუდარებს. მშენებლობის საწყის პერიოდში მდინარე გაედინება ბუნებრივი კალაპოტით ჩვეულ პირობებში, ნაკადის ყოველგვარი შევიწროების გარეშე. ასეა მანამდე, სანამ კალაზე არ დამთავრდება მიმყვანი და გამყვანი არხების მშენებლობა და ბეტონის ნაგებობათა ისეთ ნიშნულებამდე ამოყვანა, რომლებიც უზრუნველყოფენ წყლის გატარებას (ნახ. 17-4). ამის შემდეგ შლიან ყველა ზღუდარსა და მთელანს და იწყებენ მდინარის ხარჯების ნაწილის ბეტონის ნაგებობებით გატარებას. პარალელურად იწყებენ მდინარის ძირითადი კალაპოტის გადაკეტვის სამუშაოებსაც.

ბეტონის ნაგებობებში მოწყობილი სავარცხლებისა და სიღრმული ხერხების გამტარუნარიანობის ჰიდრაულიკური გაანგარიშება ისევე წარმოებს, როგორც კალაპოტური შეთანწყობისას. ქვის ბანკეტით კალაპოტის გადაკეტვის შემდეგ აწარმოებენ მიწის ან ქვა-მსწის კაშხალის ძირითადი ტანის დაზღინვას ან მოლექვას. ყრუ კაშხალის საკირო ნიშნულებამდე ამოყვანის შემდეგ იწყებენ ბეტონის კაშხალის სავარცხლების ჩაკეტვას და ჰესის შენობის საფუძვროვანი ხერხების დაშენებას.

სავარცხლების ჩაკეტვის დროს მიწის ყრუ კაშხალის ამოყვანის ტემპი უნდა უსწრებდეს ზედა ბიფფის წყლის დონის აწევას, მაგრამ გაცილებით უფ-

რო საიშელო (თუკი შესაძლებელია) კალაპოტის ჩაქეტვა დამთავრდეს სავარ-
ცხლების ჩაქევის დაწყებამდე.

ყრუ კაშხალის მშენებლობის განსაკუთრებით საპასუხისმგებლო ეტაპია
მდინარის დარჩენილი, გეიებისა და წყლის გასატარებელი თავისუფალი უბ-
ნის — განაკადის, გადაკეტვის ოპერაცია, რომელიც უნდა ჩატარდეს მდი-
ნარის მინიმალური ხარჯების პერიოდი — ნაოსნობის ბოლოს ან ნაოსნობის
დამთავრების შემდეგ. რადგან განაკადში სიჩქარეები მნიშვნელოვანია (აღწევს
4—5 მ/წმ), მასში თვითმცლელი მანქანებით ურან ბეტონის მძიმე ბლოკებს
(წონით 5—7 ტონამდე) ან მსხვილი ქვის ნატეხებს. როდესაც ასეთი ნაყარი
ამოაღწევს წყლიდან და წყლის დინების სიჩქარეები მკვეთრად შემცირდება,
კაშხალის ამ უბანზე უკვე შეიძლება გრენტის მოლექვის დაწყება. პატარა
მდინარეებში განაკადი შეიძლება გადაეკეტოს მძიმე ბლოკების ჩაყვრელად
(თუ სიჩქარეებიც სცირება), მხოლოდ მსხვილმარკლოვანი გრუნტის მოლექვით.



ნახ. 17-4. ჰიდროკვანძის კალური შეთანწყობა ვაკის მდინარეზე:

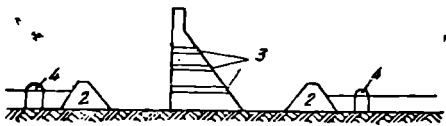
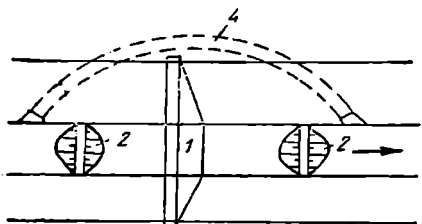
- 1 და 2—მიყენი და გაყენი არხები; 3—ქსის შენობა; 4—ბეტონის წყალსაშვები
კაშხალი; 5—ყრუ მიწის კაშხალი კალაპოტში; 6—ქვედა ზღუდარები და პილანის;
7—ზედა ზღუდარები და პილანის; 8—გრძივი ზღუდარი; 9—ღია გამანაწილებელი მო-
წყობილობა; 10—სანაოსნო რაბი.

ჰიდროკვანძების მშენებლობის კალურ ხერხს აქვს შემდეგი ღირსებები:
1) ბეტონის ნაგებობათა მშენებლობის წარმოება შესაძლებელია კალაპოტის
პირობების (ყინულსვლის, ნატანის მოძრაობის, ნაოსნობის, ხე ტყის დატურე-
ვის) დაუზღვევლად; 2) მოხსნილია სექციური ზღუდარების გაროყენების აუ-
ცილებლობა და ამის შედეგად გამარტივებულია მშენებლობა, შემცირებულია
მშენებლობის ვადე; 3) უკეთესად ხორციელდება საინჟინერო მოედანთან
დაკავშირება; 4) შეუფერხებლად წარმოებს თევზის გატარება მდინარის გა-
დაკეტვამდე. მაგრამ ამასთან ერთად უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ კალური
მეთოდის გამოყენების შემთხვევაში იზრდება მიწის სამუშაოთა მოცულობა
ზედა და ქვედა არხებისა და ყრუ მიწის კაშხალის სიგრძის გაზრდის ხარჯზე.
მიუხედავად ამისა, მსხვილი ჰიდროკვანძების მშენებლობის გამოყენდება
გვიჩვენებს, რომ კალური მეთოდი უფრო ეკონომიურია, ვიდრე კალაპოტ-
ური. ყველა ჰიდროკვანძი ვოლკანზე, დნკარზე, ოხზე და სხვა მდინარეებზე აშენ-
და კალური მეთოდით.

აღსანიშნავია, რომ ზოგ შემთხვევაში ეკონომიურად ხელსაყრელია ნახევრადკალური ხერხის გამოყენება, რომლის დროს ბეტონის ნაგებობათა ერთი ნაწილი ამოჰყავთ კალაზე, ხოლო დანარჩენი ნაწილი—კალაპოტში.

3. მდინარის გადაგდება გვირაბებით

საშუალო და მაღალაღწნევიანი ჰიდროკვანძების მშენებლობის დროს ვიწრო ხეობებში შეუძლებელია კალაპოტის სექციებად დაყოფა და კაშხლის მშენებლობის წარმოება ორი და მით უფრო სამი რიგით. ასეთ პირობებში სამშენებლო ხარჯების გადაგდება უნდა მოხდეს ერთი ან, თუ მდინარე წყალუხვია, ორი უდაწნეო ან დაწნეითი შემომვლელი გვირაბით, რომლებიც გაჰყავთ მდინარის ჩვეულ ღონეთა შესაბამის დაბალ ნიშნულებზე (ნახ. 17-5). გვირაბის გაყვანის სამუშაოთა დაწყებამდე მის შესავალ და გამოსავალ პორტალებთან აკეთებენ მდინარის წყლისაგან დამცავ ზღუდარებს, რომელთაც შლიან გვირაბის მშენებლობის დამთავრების შემდეგ. მაგრამ გვირაბით სამშენებლო ხარჯების გატარების უზრუნველსაყოფად საჭიროა მდინარის კალაპოტის განივად, ნაპირიდან ნაპირამდე მოეწყოს ზედა და ქვედა ზღუდარები. მათ ქმნიან აფეთქებული მთის მასივის ან გვირაბის გამონამუშევრის გამდინარე წყალში ჩაყრით.



ნახ. 17-5. სამშენებლო ხარჯების გაჯარების სქემა ვიწრო ხეობებში ბეტონის მაღალი კაშხლების მშენებლობისას: 1—კაშხალი; 2—ზღუდარები; 3—წყალსაგდები ხერხები; 4—სამშენებლო გვირაბი.

დამოკიდებულია გასატარებელი ხარჯების სიდიდეზე და გეოლოგიურ პირობებზე; მან შეიძლება მიაღწიოს 100—400 კვ. მ-ს. რაც უფრო მაღალია ზედა ზღუდარი, მით მეტია მის მოწყობაზე გაწეული ხარჯები, მაგრამ სამაგიეროდ მას მით მეტე შეტბორვა (ბიეფების ღონეთა სხვაობა) შეუძლია შექმნას და, მასასაღამე, მით უფრო მცირე კვეთის ფართობი შეიძლება აჩივდეს გვირაბს. ზედა ზღუდარის სიმაღლესა და გვირაბის კვეთს არჩევენ ისე, რომ მათი მოწყობის ჯამური ღირებულება მინიმალური იყოს.

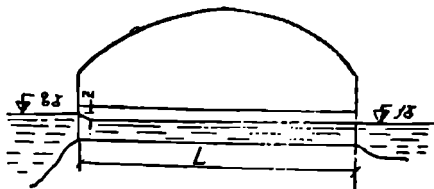
ამა თუ იმ ტიპის ბეტონის კაშხლის ქვედა ნაწილის ამოყვანისას მასში ითვალისწინებენ საკეტებიან სიღრმულ ხერხტებს ქვედა ბიეფში წყლის ხარჯების გატარების რეგულირებისათვის 100 მ-მდე დაწნევის პირობებში. ამის შემდეგ კაშხალი ამოჰყავთ ისეთ ნიშნულებამდე, რომელთა დროს შეიძლება ჩაიკეტოს სამშენებლო გვირაბი, დაიტბორას ქვაბული და წყლის ხარჯები გატარდეს სიღრმული ხერხტებით, ხოლო წყალდიდობისას—აგრეთვე დაუმთავრებელ კაშხალზე გადავლით. ხერხების კვეთის ფართობსა (იღებენ დაახლოებით 20—25 კვ. მ-მდე) და რიცხვს არჩევენ იმ ანგარი-

შით, რომ კაშხალის შესაბამის ნიშნულებამდე აყვანისას ზობერტდეს წყალდოდობის ხარჯების გატარება. საწინებლო გვირახს კტავენ სათავისნი ზრტყელი საკეტებით, ხოლო შიგნით—ბეტონის ყრუ საცობით (მაგალითად, შახტური წყალსაგდების მუხლთან).

როდესაც კაშხალის სიმაღლე აღემატება 100 მ-ს, პირველი იარუსის სიღრმული ზერეტებიდან 90—100 მ-ით მაღლა აკეთებენ ზერეტების მეორე იარუსს, ხოლო როდესაც კაშხალის სიმაღლე აღემატება 200 მ-ს—მესამე იარუსს.

შემომავალი გვირახების პილრაულიკურ განაგარიშებას აწარმოებენ შემდეგნაირად:

უღაწნეო რევიმის დროს (ნახ. 17-6)



ნახ. 17-6. გვირახის პილრაულიკური განაგარიშების სქემა უღაწნეო რევიმით დინების დროს.

$$\nabla_{\text{ს.ა.}} = \nabla_{\text{კ.ა.}} + IL + \chi, \quad (17-5)$$

სადაც $\nabla_{\text{ს.ა.}}$ არის ზედა ბიეფის დონის ნიშნული, როდესაც ქვედა ბიეფის დონის ნიშნული საანგარიშო ხარჯის დროს უღარის $\nabla_{\text{კ.ა.}}$;

$I = Q^2 / \omega^2 C^2 R$ — წყლის ზედაპირის ქანობი გვირახში თანაბარი მოძრაობის დროს, რომელიც ეტოლება გვირახის ფსკერის ქანობს;

$\chi = (1 + \xi_{\text{ავ}}) \cdot \omega^2 / 2g$ — ვარდნილის სიდიდე შესავალ პორტალთან;

ω — გვირახის ცოცხალი კვეთის ფართობი;

C — შეზის კოეფიციენტი;

R — პილრაულიკური რადიუსი;

L — გვირახის სიგრძე;

$\xi_{\text{ავ}} = 0,2 - 0,5$ — დაწნევის დაკარგვის კოეფიციენტი შესვლაზე;

$\omega = Q / \omega$ — დინების სიჩქარე გვირახში.

წყლის Q საანგარიშო ხარჯის შესაბამისი დონის ნიშნულს ქვედა ბიეფში განვსაზღვრავთ ხარჯის მრუდის გამოყენებით, ხოლო გვირახის კვეთის

ფორმასა და ზომებს კი დავუშვებთ.

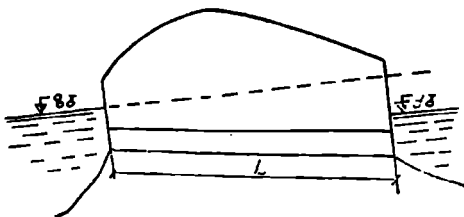
ზღუდარის სიმაღლეს განვსაზღვრავთ ფორმულით

$$H_{\text{ზღ}} = (\nabla_{\text{ს.ა.}} + h) - \nabla_{\text{ფ.}} \quad (17-6)$$

სადაც h არის ზღუდარის სიმაღლის მარაგი, ხოლო $\nabla_{\text{ფ.}}$ — ფსკერის ნიშნული ზღუდარის გასწორაში.

დაწნევიით რევიმის

დროს (ნახ. 17-7) განაგარიშებისათვის იმავე ფორმულებს, მხოლოდ I სიდიდეში უნდა ვიგულისხმოთ არა გვირახის ქანობი, არამედ პიეზომეტრული ქანობი, ხოლო ცოცხალ კვეთში—მისი მთელი კვეთი. დავუშვებთ რა



ნახ. 17-7. გვირახის პილრაულიკური განაგარიშების სქემა დაწნევიით რევიმით დინების დროს.

გვირახრსათვის სხედასხვა ზოზეს, მივიღებთ ზედა ზღუდარის სხედასხვა სიმალეს, რონელთაგან ავირჩივთ ყველაზე უფრო ეკონომურ ვარიანტს. სიღრმული ხერცღების გაანგარინენებას ჩანტარებთ (17-3) და (17-4) ფორულელებით.

3. მდინარის წყლის გადავდების სხვა ხერხები

ჰიდროკვანძების მშენებლობის ცალკეულ შემთხვევებში მდინარე შეიძლება გადავდებულ იქნას ღარებით, ხელოვნური არხებით ან მდინარის ერთერთი ტოტით. ღარებს იყენებენ პატარა მდინარეებზე მხოლოდ დაბალღანევიანი ჰიდროკვანძების მშენებლობისას, როდესაც კალაპოტის ნაგებობათა ყველა სამუშაოს შესრულება შესაძლებელია წყლის ძალიან დაბალ ღონეთა პერიოდში. ღარებს აკეთებენ ხისაგან და ათავსებენ ესტაკადებზე კაშხალის ერთ ერთ ხერცღში.

შემომვლელი არხი ვაჰავთ მდინარის იმ ნაპირზე, სადაც მის გასაყვანად საჭიროა ზეირე მოცულობის მიწის სამუშაოები არხით ატარებენ სამშენებლო ხარჯებს, ხოლო მნიშვნელოვანი წყალდიდობის ხარჯებს—მდინარის კალაპოტით ზღუდარებზე გადატარებით, რომლის დროს სამშენებლო სამუშაოებს წყვეტენ.

როდესაც კვანძის გასწორში გადის მდინარის ორი ან უფრო ზეირე ტოტი, მაშინ მდინარის დინებას მიმართავენ ერთერთ ნაივანში, ხოლო მეორეში აწარმოებენ ნაგებობათა მშენებლობას ზღუდარებით შემოფარგულ ან უზღუდარებო ქვაბულში.

ღარებითა და დროებითი არხებით წყლის გადავდების ხერხების გამოყენების დროს წყალსატარ ნაგებობებს ამცნებენ ქვაბულში, რომელიც დაცულია მდინარის კალაპოტის მთელ სიგანეზე გამაველი ზღუდარებით.

4. მდინარის ხარჯების გატარება ვიწრო ხეობებში ადგილობრივი მასალის კაშხალების მშენებლობისას

ვიწრო ხეობებში ადგილობრივი მასალის კაშხალების მშენებლობის დროს, როგორც წესი, იყენებენ შემოსვლელ საშენებლო გვირაბებს, ხოლო უფრო იშვიათად (ზეირე ფუძეების შემთხვევაში) მდინარის წყლის ხარჯები შეიძლება გატარდეს კანხალის ფუძეში მოწყობილი ფსკერული ხილების მეშვეობით. ასეთი ხერხით ატარებდნენ სამშენებლო ხარჯებს მინგრაურის კანხალის მშენებლობის დროს მდ. ზეკარზე.

სამშენებლო სამუშაოთა ღირებულების შესამცირებლად საშუალო სიმალის ქვაყრილი კაშხალების მშენებლობისას შემომვლელ გვირაბებს აკეთებენ უფრო შემცირებული კვეთით, იმ მოსაზრებით, რომ წლის უმეტეს დროს წყალმა იდინოს მხოლოდ გვირაბით, ხოლო წყალდიდობის დროს—ნაწილი ხარჯებისა გადატარდეს კანხალის ტანზე. ცხადია, ასეთი ხერხით წყლის გატარების შემთხვევაში წინასწარ გათვალისწინებულ უნდა იქნეს ღონისძიებანი კაშხალის რაიის ნაყარის გარეცხვისაგან დასაცავად.

მაღალი კაშხალების მშენებლობის დროს საჭიროა რამდენიმე სამშენებლო გვირაბის გაყვანა სხედასხვა სიმალეზე. თუ კაშხალის სიმალლე აღემატება 120 მ ს, მაინ აწყობენ საშენებლო გვირაბების ორ იარუსს, ხოლო როდესაც აღნიშნული სიმალლე აღემატება 200 მ ს,—სამ იარუსს მაგალითად, მდ. ვახზე 500 მ სიმალის ხურეის ქვაბის კაშხალის მშენებლობის დროს

გამოყენებული იქნა სამშენებლო გვირაბების საში იარუსი და დამატებით სიღრმული გვირაბული საექსპლუატაციო წყალსადები, რომელიც აიგო მესამე იარუსის სამშენებლო გვირაბზე მაღლა. გვირაბების მუშაობაში ჩართვა ხდებოდა და კანხალის სიმაღლის ზრდისა და შესაბამისად წყალსაცავში წყლის ღონის აწევის კვალობაზე.

წყლის გადატარება ქვამიწის დაუმთავრებელ კაშხალზე. რიგ შემთხვევებში მიზანშეწონილია წყალდიდობის ხარჯები გავატაროთ დაუმთავრებელი ქვამიწის კაშხალების ტანზე და მის ანგარიშზე შევამციროთ სამშენებლო გვირაბების კვეთები. ამისათვის, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, კაშხალების თხემისა და ქვედა ფერდოს მოსალოდნელი გარეცხვისაგან დასაცავად გათვალისწინებული უნდა იქნეს სხვადასხვა კონსტრუქციული ღონისძიებანი. ასეთ ღონისძიებად ჩაითვლება დაუმთავრებელი კანხალის თხემზე და ქვედა ფერდოზე მსხვილი ქვის დაყრა და ზემოდან მონილითური რკინაბეტონის ფილებით დაფარვა. სწორედ ასეთი კონსტრუქციული ღონისძიებანი იქნა გათვალისწინებული ნურეის ზემალაღი ქვამიწის კაშხალის მშენებლობის დროს, რისთვისაც გამოყენებული იყო $1,5 \times 1,5 \times 0,8$ მ ზომის მასიური რკინაბეტონის ფილები. გარდა ამისა, ქვედა ფერდოს ფუძეში აგებული იყო 3 მ სიმაღლის ბეტონის მისაბჯენი მასივი. ასეთ ღონისძიებათა შედეგად 1966 წლის წყალდიდობის დროს 930 მ³/წმ ხარჯი გაატარეს პირველი ქვედა იარუსის სამშენებლო გვირაბით, ხოლო დანარჩენი 180 მ³/წმ—კაშხალის ტანში შემავალი პირველი რიგის 20 მ სიმაღლის მშენებარე ქვაყრილ ზღუდარაზე გადატარებით. წყალდიდობა გრძელდებოდა სექტემბრამდე, რის შემდეგ ზღუდარებზე გადაღინება შეწყდა და შემცირებული ხარჯები ტარდებოდა მხოლოდ პირველი იარუსის გვირაბით. ასეთი მაგალითები შეიძლება მრავლად იქნეს მოყვანილი როგორც ჩვენი ქვეყნის, ისე საზღვარგარეთის ქვეყნების კაშხალთ-მშენებლობის პრაქტიკიდან.

§17-4. წყლის გატარება მშენებარე ნაგებობათა ხვრეტებით

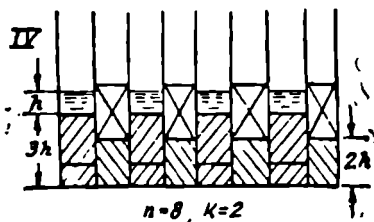
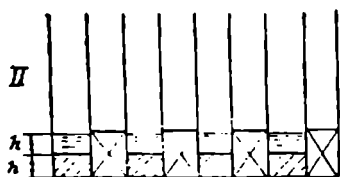
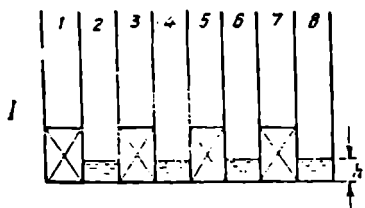
წყლის გატარების როგორი მეთოდიც არ უნდა იყოს გამოყენებული მშენებლობაზე, ეს იქნება ძირითადი კალაპოტიდან მდინარის გადავლების მეთოდი თუ ე. წ. კალაპოტური მეთოდი (შევიწროებული კალაპოტით გატარება), დგება პერიოდი, როდესაც მდინარის წყალი უნდა გატარდეს დაუმთავრებელი ნაგებობით, სახელდობრ, ამ ნაგებობებში დატოვებული „სავარცხლით“ ან ფსკერული ხვრეტებით.

1. „სავარცხლით“ წყლის გატარების მეთოდი

განსახილველი მეთოდი მდგომარეობს შემდეგში: ზღუდარებისა თუ უზღუდარო მეთოდით (ჩასაშვები კების, კესონების გამოყენებით) კაშხალის მშენებლობის დროს მასში ტოვებენ ამოუშენებელ მალებს. საკეტების საფარის გამოყენებით მათ ჯგუფ-ჯგუფად აბეტონებენ, ხოლო მდინარის წყალს ატარებენ დანარჩენი (საკეტებით გადაუხურავი) მალებით. ცხადია, რომ ბეტონის წყობასთან ერთად მაღლა იწევს ზედა ბიჟის ღონეც და შედეგად იზრდება წყლის გაღადინების ფენის სისქე სავარცხლის გადაუხურავ მალებში. სავარცხლის საკეტებად იყენებენ ძირითად (საექსპლუატაციო) ან სამშენებლო საკეტებს, რომელთაც ათავსებენ სარემონტო საკეტების კილოებში ან წყალსაშვების სადაწნეო წახნაგის წინ მოწყობილ სპეციალურ კილოებში. სავარცხ-

ლის საკეტების შანეკრიობას აწარმოებენ საექსპლუატაციო ან სამშენებლო ამუშევით.

სავარცხლის მალეების რიცხვსა და მათი ზღურბლების ნიშნულებს ადგენენ მდინარის მოსალოდნელი ხარჯისა და ზღურბლზე წყლის გადაღინების ფენის საკირო სისქის მიხედვით.



ნახ. 17-შ. ორსაფეხურიანი სავარცხლის სქემა: I, II, III, IV—კაშხალის აგების ეტაპები.

პრაქტიკულად სამშენებლო საკეტებით ხუთკვეთ მალეების საერთო რაოდენობის $1/2—1/3$, ხოლო იშვიათად $1/4$; ე. ი. იყენებენ ორ, სამ—ან ოთხსაფეხურიან სავარცხელს. ორსაფეხურიან სავარცხლის შემთხვევაში (ნახ. 17-შ) საკეტების სიმაღლე $2h$ -ზე ცოტა მეტია და მათ ათავსებენ თითო მალის გამოტოვებით, ღია მალეებით კი წყლის გატარება ხდება h სისქის ფენით. საკეტების საფარით ბეტონს აწყობენ h სიმაღლეზე, რის შემდეგ ამწის მეშვეობით ახდენენ საკეტების გადადგმას ღია მალეებში. ასეთი მანქანულაციის შედეგად მდინარის წყლის დონე ბალა იწევს და იგი ვარდება შესრულებული ბეტონის წყობის ზღურბლით. საკეტების საფარით ბეტონს აწყობენ $2h$ სიმაღლეზე, რის შემდეგ ხელახლა გადაადგილებენ საკეტებს და ა. შ. ამგვარად, საკეტების ყოველი გადადგმის დროს ზედა ბიეფის დონე იწევს h სიმაღლეზე. რომელსაც სავარცხლის ბიჯს უწოდებენ.

სავარცხლის ჩაკეტვა ხდება მდინარის შიგნით ხარჯების დროს—შემოდგომაზე ან ზანთარში. სავარცხლის მალეები აიღება არანაკლებ $15—20$ მ, ხოლო ინტენსიური ყინულსდების შემთხვევაში— $15—30$ მ-მდე. სავარცხლის მალეების ჩასაკეტად ზოგჯერ საკეტების ნაცვლად იყენებენ რკინაბეტონის ზანდორებს, რომ-

ელთაჲ დაბეტონების შემდეგ არ იღებენ (ტოვებენ კაშხალის ტანში). სამშენებლო საკეტების ჩადგმა ქვედა ბიეფის მხრიდან მხოლოდ იმ შემთხვევებშია აუცილებელი, როდესაც სავარცხლის საწყისი ზღურბლი მოთავსებულია ქვედა ბიეფის დონეზე დაბლა.

2. ფსევრული ხერცებიო წულის გატარების ხერხი

მდინარის სამშენებლო ხარჯების გასატარებლად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ე. წ. ფსევრული ხერცების ხერხი, რომელიც „სავარცხლის“ მეთოდთან შედარებით მარტივია, რადგან არ მოითხოვს საკეტების გადაღვას და ამასთანავე არ ქმნის არავითარ შეზღუდვას ნაგებობის დაბეტონებისა და დაყრის დროს.

წყლის გასატარებლად განსაკუთრებით მიზანშეწონილია ბეტონის კაშხალებში, წყალსაგდებებში, ჰიდროელექტროსადგურების შენობებში, წყალმიღებ ნაგებობებში მოწყობილ საექსპლუატაციო ფსევრული ხერცების, აგრეთვე აღვილობრივი მასალის კაშხალების ტანში მოწყობილი წყალჩასაშვები მილების გამოყენება. სამშენებლო ხარჯების გატარების დამთავრების შემდეგ ამ ხერცებს (მილებს) კეტავენ ძირითადი საკეტებით.

დროებითი საკეტებით გადახურულ დროებით ფსევრულ ხერცებს იყენებენ მაშინ, როდესაც არ არის გათვალისწინებული საექსპლუატაციო ფსევრული ხერცების მოწყობა ან შათი კვეთი არასაკმარისია საშენებლო ხარჯების გასატარებლად. მშენებლობის დამთავრების შემდეგ დროებით ხერცებს აუქმებენ (ამოაშენებენ), რაც საკმაოდ ძნელდება, რადგანაც ამ დროისათვის ისინი უკვე იმყოფებიან მნიშვნელოვან დაწნევათა პირობებში.

სამშენებლო ხარჯების გასატარებლად ზოგჯერ შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ჰიდროელექტროსადგურის დაუშთავრებელი რეზობა (იხ. §17-1, პ. 1); ამ შემთხვევაში წყალს ატარებენ ტურბინების კრატრებით, რომლებშიც უკვე არ არის ჩადგმული აგრეგატები.

3. ყინულის, გემებისა და ხეცების გატარება

ბუნებრივია, რომ ჰიდროკვანძების მშენებლობის დროს იქმნება შემოდგომის ყინულსვლისა და გაძვიფვის, აგრეთვე გაზაფხულის ყინულსვლის გატარების საჭიროება სსრ კავშირის თითქმის ყველა მდინარეზე, გარდა ქვეყნის სამხრეთის მდინარეებისა. ყინულსვლის გატარების პირობების გათვალისწინებლობამ ზოგჯერ შეიძლება მიგვიყვანოს ავარიულ სიტუაციებამდე.

ყინული და თოში უნდა გატარდეს ნაგებობებში დატოვებულ ხერცებით—სავარცხლის მალებით ან ფსევრული ხერცებით. თუ სავარცხლის მალეები და ფსევრული ხერცები არასაკმარისი ზომისაა, მაშინ კაშხალისა და კალაპორტი ჰესის წინ შეიძლება წარმოიქმნას ყინულხერცილი, რაც იწვევს ზედა ბიეფის წყლის დონის აწევას იმდენად, რომ შეიძლება წარმოშვას ქვედა ბიეფისათვის სამიში გარღვივის ტალღა. ყინულხერცილის წარმოქმნის პროცესში წარმოებს ყინულის ნატეხების (ხორცების) გადაყრა ზღუდარის თხემით, რაც აზიანებს მას და იწვევს ქვაბულის დატბორვას.

ყინულხერცილმა შეიძლება შექმნას ფრიალ არახელსაყრელი სიტუაციები იმ მდინარეებზე, რომლებიც მიედინებიან სამხრეთიდან ჩრდილოეთისაკენ, რადგან გაზაფხულის ყინულსვლა უფრო ადრე იწყება ზედა დინებაში. არახელსაყრელი პირობები იქმნება შემოდგომის გაძვიფვის პროცესშიც, რომელიც უფრო ადრე ქვედა დინებაში იწყება. ცხადია, ეს პროცესიც დაკავშირებულია წყლის დონის მნიშვნელოვან აწევასთან და ძირითადი კალაპორტიდან მდინარეთა გადმოსვლასთან.

ყინულის გატარებისას ზღუდარებით შევიწროებულმა კალაპოტმა დიდი ხნით არ უნდა შეაჩეროს ყინულის ველი; აქედან გამომდინარე კალაპოტის შევიწროების მაჩვენებელი სათანადოდ უნდა შევარჩიოთ. აგებულ მსხვილ ჰიდროკვანძებში ეს მაჩვენებელი მტკიცებდა 0,3—0,6 ფარგლებში. ზღუდარების სიმაღლემ და მათმა კონსტრუქციამ საიმედოდ უნდა უზრუნველყოს ქვაბულის დაცვა წყლის დონის აწევის დროს და ყინულის დაწნევისას. სავარცხლის მალეობის სიგრძე, მისი ბურჯების სიმაღლე, აგრეთვე უდაწნეო გვირაბების სიგანე ისე უნდა შევარჩიოთ, რომ ყინულის გავლისას არ წარმოიქმნას ყინულხერგილი და წყლის დონის გაუთვალისწინებელი აწევა.

გასატარებელი ხარჯების რეგულირებისათვის სიღრმული ხერცტები და სადაწნეო გვირაბები უნდა აღიქურვოს საკრეტებით, რათა პირველ ეტაპზე არ მოხდეს ყინულის მსხვილი ნატეხების შეყოლა და ამის შედეგად ხერცტების დახშობა. წყალსაცავში შეჩერებული ყინულის დასუსტების შემდეგ, მეორე ეტაპზე, შეიძლება განხორციელდეს მისი გადაადგება ქვედა ბიეფში სიღრმული ხერცტების მაქსიმალური გაღებისას, რადგან ამ დროს ყინული აღვილად იმსხვრევა წერილ ნატეხებად. მიზანშეწონილია სავარცხლის წინ ზედა ზღუდარი არ დავშალოთ მთელ სიმაღლეზე იმ მოსაზრებით, რომ ზღუდარის დარჩენილ ნაწილში ყინულის მსხვილი ხორკები წარმოქმნილ ვარდნილში უკეთესად იმსხვრევა და სავარცხელთან მიიტანება უფრო მცირე ზომებით (10—30 მ სიგრძის).

ვახაფხულის ყინულსელის პირობების გასაუმჯობესებლად რეკომენდებულია მისი დროებით ზედა ბიეფში შეკაება მანამდე, სანამ ყინულისაგან არ განთავისუფლდება ქვედა ბიეფი. ასეთი ღონისძიებით ზედა ბიეფის დონე რამდენადმე შალა იწევს და შედეგად ყინულის ველი იმსხვრევა. ყინულის ნატეხების (ხორკების) დასამსხვრევად იყენებენ აფეთქების ხერხს, ყინულ-მკრელ მანქანებსა და ყინულტეხებს.

ჰიდროკვანძის მშენებლობის დროს გეგმებისა და ხე-ტყის გატარება ხდება მდინარის კალაპოტის შევიწროებული ნაწილით, ზოგჯერ კი შემომვლემი არხით, ხოლო კალაპოტის გადაკეტვის შემდეგ — სათანადო სიგანის კაშხალის დაბალზღურბლიანი ხერცტებით ან დაუმთავრებელი სანაოსნო რაბის გავლით, ანდა მცირე დაწნევის გამარტივებული კონსტრუქციის დროებითი რაბით, რომელსაც სადაწნეო ფრონტის ჩაკეტვის შემდეგ (ზამთარში) აუქმებენ.

§17-5 ზღუდარების ტიპები და კონსტრუქციები

ზღუდარებს ერთმანეთისაგან განასხვავებენ ნაკადის ზემოქმედების ხასიათით, კონსტრუქციითა და მასალის მიხედვით.

მდინარის ნაკადის ზემოქმედების ხასიათის მიხედვით ზღუდარები შეიძლება იყოს: 1) განივი, მდინარის ნაკადის ღერძის მართობულად მიმართული და 2) გრძივი, რომელთა მიმართულება ემთხვევა ნაკადის მიმართულებას ან ახლოა მასთან. შეიძლება მათგან გამოყოფილი იქნას ე. წ. სექციური ზღუდარები, რომლებიც მომდევნო რიგის ზღუდარებს აერთებს უკვე შესრულებულ ნაგებობათა ნაწილებთან და მუშაობენ როგორც გრძივი ზღუდარები.

გრძივი და სექციური ზღუდარების განივკვეთს იღებენ რაც შეიძლება მცირეს, რათა მინიმუმამდე იქნას დაყვანილი მდინარის შევიწროება; ეს ზღუდარები განიცდიან ნაკადისა და ყინულის ძლიერ ზემოქმედებას.

თხემის სიმაღლის მიხედვით ერთმანეთისაგან განასხვავებენ წყალდიდობისას ჩაძირულ და ჩაუძირავ ზღუდარებს. ჩაძირული ზღუდარები დაბალია და ჴედარებით იათი ჯდება, მაცრამ მათი ვანო უნებნისს გარდაუვალა სამუშაოთა წარმოების შეწყვეტა. ჩაუძირავი ზღუდარები უზრუნველყოფენ სამუშაოთა წარმოებას წიფლი წლის განმავლობაში, მაგრამ წათ აქეთ მნიშვნელოვანი სიმაღლე, ძვირი ჯდება, იწვევებს კალაპოტის მნიშვნელოვან შევიწროებას, რასაც ხშირად თან სდევს მისი ფსკერის დაუშვებელი გარეცხვა. საშუალო და დიდ მდინარეებზე უფრო ხშირად სწორედ ჩაუძირავ ზღუდარებს იყენებენ.

კონსტრუქციული თვალსაზრისით და მასალების მიხედვით ერთმანეთისაგან განასხვავებენ მიწის, ქვა-მიწის, ქვაყრილის, ჯოჯგინა, ნარანდულ, უჯრედულ, ძელუორულ, ბეტონისა და სხვა ტიპის ზღუდარებს.

მიწის, ქვა-მიწისა და ქვაყრილის ზღუდარები ანალოგიური ტიპის კაშხალების მსგავსია. ჯოჯგინა ზღუდარები წარმოადგენს წყალში ჩასაშვებ ფარებიან ხის ჯოჯგინებს, რომელთაც წყალში ჩასაძირავად ტვირთავენ ქვით ან ქვიშიანი ტომარებით. ასეთი ზღუდარები მის წინ ჩაყრილი ან შოლექილი გრუნტისაგან ვანიცილიან ვანმზარჯენის ზემოქმედებას. მათ იყენებენ ვანიე ზღუდარებად წყლის ჴედარებით მცირე სიღრმეთა და სიჩქარეთა დროს, როდესაც ადგილზე მოიპოვება შესაფერისი მასალა.

ჰიდრომშენებლობაში საკმაოდ ფართოდაა გავრცელებული ნარანდული ზღუდარები, რომელთაც აკეთებენ ხის ან ფოლადის ნარანდებისაგან. კონსტრუქცი: ლად ისინი შეიძლება განხორციელდეს ერთი ნარანდული კედლის ან ორი ასეთივე კედლის სახით, რომელთაც ერთმანეთთან აერთებენ კავშირებით და მათ შორის სივრცეს ავსებენ გრუნტით.

უჯრედოვანი ზღუდარები ერთმანეთთან მიერთებული უჯრედებია (ჩაკეტილი სივრცეები), რომელთაც ქვიშიან ფოლადის ბრტყელი ნარანდებით და ავსებენ გრუნტით; ასეთი ზღუდარების სიმაღლე აღწევს 15—20 მ-ს.

ძელუორულ ზღუდარებს აკეთებენ გრუნტით ან ქვით დატვირთული ხის ძელუორებისაგან, რომლებიც მდინარის მხრიდან დატული ფიკრული ეკრანით (ტოლის. ბიტუმის ლეიბის შუაშრით) ან ფოლადის, ზოგჯერ ხის ნარანდით.

ორნარანდიანი, უჯრედული და ძელუორული კონსტრუქციები უპირატესად გამოიყენება გრძივ და სექციურ ზღუდარებად, რადგან მათ აქეთ შედარებით მცირე ვანრევეთი, კარგად ეწინააღმდეგებიან ნაკადისა და ყინულის მნიშვნელოვან ზემოქმედებას. იყენებენ აგრეთვე ვანიე ზღუდარებადაც—მათი დიდი სიმაღლისა და მდინარის მნიშვნელოვან სიჩქარეთა დროს.

ბეტონის ზღუდარებს იყენებენ იშვიათად და ისიც კლდოვანი კალაპოტების შემთხვევაში; სახელდობრ, მაღალდაწნევიანი ჰიდროკვანძების მშენებლობისას. ისინი ეწყობა მცირე სიმაღლის ბეტონის თალოვანი კედლების სახით.

ზღუდარებით შემოფარგლული ქვაბულების მშრალ მდგომარეობაში შესანარჩუნებლად ახორციელებენ ზედაპირულ წყალამოღებას ან სიღრმულ წყალდაწვეას. წყალამოღებას საშუალებათა უკმარისობით გამოწვეული ქვაბულის დატბორვა მოკლე დროითაც კი დაუშვებელია. არაკლდოვან, ძლიერ წყალშეღწეად გრუნტებში იყენებენ გრუნტის წყლების დონის ხელოვნურ დაწვეას—სიღრმულ წყალდაწვეას. ამისათვის შემოფარგლული ტერიტორიის კონტურის გასწვრივ ბურღავენ 25—30 მ სიღრმის ჴებს, რომელთა ფსკერზე უშვებენ სპეციალურ ტუმბოებს; ამ უკანასკნელთა მეშვეობით აღწევენ გრუნტიდან წყლის ვაწოვას და ქვაბულის დაშრობას.

ბასწორის არჩევა და ჰიდროკვანძების შეთანხმება

§18-1. ხაზდინარო ჰიდროკვანძების შეთანხმების პრინციპები

სამდინარო ჰიდროკვანძების დაყოფას წყალსამეურნეო დანიშნულებისა და შექმნილი დაწნევის მიხედვით წინამდებარე სახელმძღვანელოს პირველ ნაწილში შეგვხვთ [32]. აღვნიშნეთ, რომ მდინარეთა ჩამონადენის კომპლექსური გამოყენებისას ჰიდროკვანძები შეიძლება ერთდროულად ასრულებდეს რამდენიმე წყალსამეურნეო ფუნქციას.

ჰიდროკვანძების ტექნიკურად და ეკონომიკურად დასაბუთებულ შეთანხმებათა დამუშავება საკმაოდ რთული საინჟინრო ამოცანაა, რომლის გადაწყვეტის დროს გათვალისწინებული უნდა იქნეს ტოპოგრაფიული, გეოლოგიური, ჰიდროგეოლოგიური, ჰიდროლოგიური, კლიმატური და სხვა ბუნებრივი პირობები, აგრეთვე სამუშაოთა ორგანიზაციისა და წარმოების საკითხები, საექსპლუატაციო და ეკონომიკური პირობები.

ჰიდროკვანძში შემაჯალი თითოეული ნაგებობა რაც შეიძლება კარგად უნდა ასრულებდეს თავის ფუნქციებს და ამასთანავე ხელს არ უშლიდეს ჰიდროკვანძის სხვა ნაგებობათა მუშაობას. ნაგებობათა მიღებული შეთანხმება უნდა ქმნიდეს მათი მუშაობის ხელსაყრელ ჰიდრაულიკურ რეჟიმს და შეუფერხებელი მოსახურების პირობებს. ამასთან ერთად, შეთანხმებამ უნდა უზრუნველყოს ჰიდროკვანძის ექსპლუატაციის საიმედოობა, ხანგაძლეობა, მშენებლობის ვადების მაქსიმალური შემცირება და მაღალი კომპლექსური სახალხო-სამეურნეო ეფექტი. ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში ჰიდროკვანძის შეთანხმება უნდა გადაწყდეს ინდივიდუალურად, ადგილობრივი ბუნებრივი და ეკონომიკური პირობების, ჩატარებული საძიებო სამუშაოების და წინასწარი დაპროექტების, აგრეთვე ლაბორატორიულ გამოკვლევათა რეზულტატების გათვალისწინებით. ამასთან ერთად, მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული ადრე განხორციელებული ჰიდროკვანძების დაპროექტების, მშენებლობისა და ექსპლუატაციის გამოცდილება, ანალოგიური პირობებისათვის მიღებული საპროექტო გადაწყვეტილებანი (ანალოგები) და სხვ.

შომაჯალი ჰიდროკვანძის ძირითადი პარამეტრების, ჰიდროკვანძის ტიპის (კაშხალური, დერივაციული, კაშხალ-დერივაციული), ზედა და ქვედა ბიეფების ნიშნულების, აგრეთვე საჭირო სარეგულაციო მოცულობათა დასაბუთება უნდა ჩატარდეს წინასაპროექტო სტადიაში.

ნაგებობათა შეთანხმების არჩევა ხდება ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების საფუძველზე ყველა იმ პირობის გათვალისწინებით, რომლებიც ზემოთ იყო ჩამოთვლილი.

სსრ კავშირში ჰიდროტექნიკური კვანძების დაპროექტების პრაქტიკამ გვიჩვენა ნაგებობების ისეთ შეთანხმებათა მიზანშეწონილობა, რომლებშიც ნაგებობათა აგება და ელექტროენერჯის გამოსამუშავებლად ექსპლუატაციაში გადაცემა წარმოებს რიგისობის გათვალისწინებით. ასეთი მეთოდით მშენებლობა ძალევა მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ეფექტს, რადგან შვეთარად ამციანებს კაპიტალდაზღვრების „გაყინვის“ ფაქტორს და აჩქარებს მის სასარგებლო უქუცემას.

დასაპროექტებელი ჰიდროკვანძის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები

ბევრად და დამოკიდებული იმაზე, თუ რამდენად სწორადაა არჩეული კაშხალის ტიპი, რომლის ღირებულება მაღალდაწინევიან ჰიდროკვანძებში ობიექტის ღირებულების 40—50%-მდეა. ამ საკითხის შესწავლას იწყებენ წინასაპროექტო სტადიაში და საბოლოოდ სწყვეტენ ტექნიკური პროექტის შედგენისას საკვლევ საძიებო სამუშაოთა საბოლოო მასალის მიღების შემდეგ კაშხალის ტიპის არჩევისას აუცილებლად უნდა იქნეს გათვალისწინებული წყლის სამშენებლო და საექსპლუატაციო ხარჯების გატარების ხერხები, ქვაბულების, დროებითი გზების, ზღუდარების, ფუჟის გამაგრების ღონისძიებანი და სხვ. ამასთან ერთად, მხედველობაში უნდა მივიღოთ ის გარემოება, რომ 1969 წელს ახალი საცალო ფასების შემოღებამ შეცვალა თანაფარდობა ბეტონისა და ალგილობრივი მასალების კაშხალების ღირებულებათა შორის უკანასკნელთა სასარგებლოდ, თუ კარიერები ხელსაყრელადაა განლაგებული სამშენებლო ობიექტების მიმართ. კაშხალებისა და ჰიდროკვანძის სხვა ნაგებობათა ტიპების არჩევისას მხედველობაში მიიღება მშენებარე ან ჰესების კასკადის ახლომდებარე სამშენებლო ბაზების არსებობა და ჩამოყალიბებული სამშენებლო კოლექტივის გამოცდილება.

ჰიდროკვანძების ოპტიმალურ საპროექტო გადაწყვეტათა არჩევისას მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნეს „ჰიდროპროექტის“ მიერ 1971 წელს დაშუშავებული მითითებები¹, რომლებიც შედგენილია სსრ კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის, სსრ კავშირის საგეგმო კომისიისა და სსრ კავშირის სახმშენის მიერ 1969 წელს მიღებული კამიტალურ დაბანდებათა ეკონომიკური ეფექტიანობის განსაზღვრის ტიპური მეთოდისკის მიხედვით.

§ 18-2. დაბალ-და საშუალოდაწინევიანი ჰიდროკვანძების შეთანწყობა მაკის მდინარეებზე

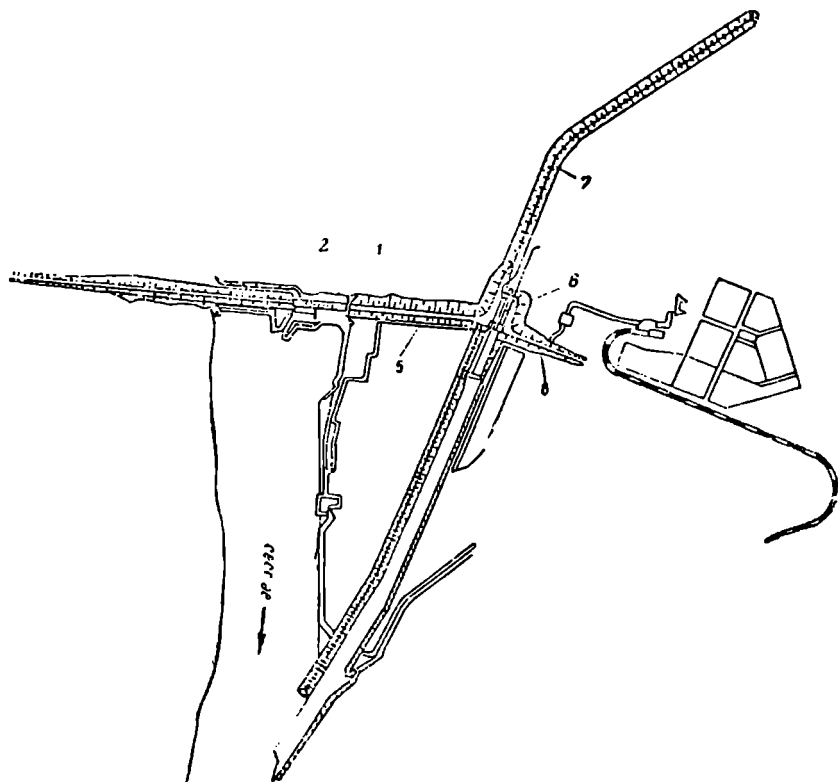
საბჭოთა კავშირის ევროპული ნაწილის ვაკის მდინარეთა კალაპორტები, მათი ქალები და ქალისზედა ტერასები უპირატესად არაკლდოვანი გრუნტებით გვხვდება. ეს მდინარეები ხასიათდება დროში უკიდურესად არათანაბრად განაწილებული ჩამონადენით (გარდა იმ მდინარეებისა, რომლებიც სათავეს იღებენ ტბებიდან). 1958—60 წლებამდე მსხვილი კომპლექსური ჰიდროტექნიკური მშენებლობა ძირითადად სწორედ ვაკის, უპირატესად სანაოსნო მდინარეებზე წარმოებდა. ასეთ მდინარეებზე მშენებარე საშუალო და დაბალდაწინევიანი ჰიდროკვანძების შედგენილობაში გაითვალისწინება მრავალმალისანი ბეტონის წყალსაშვები კაშხალი, ალგილობრივი მასალის ყრუ კაშხალი, რომელიც ქმნის სადამწყო ფორონის ძირითად ნაწილს, ჰესის შენობა (ხშირად იგი შეთავსებულია ყრუ ან წყალსაშვებ კაშხალთან) და სანაოსნო ნაგებობანი (ნახ. 18-1).

ვაკის დიდ მდინარეებზე, რომლებიც ხასიათდებიან მნიშვნელოვანი წყალდიდობითა და ცინულსვლით, უფრო მიზანშეწონილი და ეკონომიურაა ქალური შეთანწყობა, რომელშიც ბეტონის ნაგებობათა მშენებლობა ქალაზეა გათვალისწინებული. ასეთი შეთანწყობით არის განხორციელებული მდ. ვოლგაზე XXII ყრილობის სახელობისა და ვოლესკის ლენინის სახელობის ჰიდროელექტროსადგურები, აგრეთვე მრავალი სხვა ჰიდროკვანძი.

¹ Указания по экономическим расчетам при проектировании отдельных элементов и сооружений ГЭС. Гидропроект, М., 1971.

ვჯის ისეთ მდინარეებზე, რომლებიც ხასიათდებიან საშუალო ყინულ-სელოთ და მნიშვნელოვანი ან ზომიერი წყალდიდობით, ხშირად გამოიყენება ბეტონის ნაგებობათა ნახევრადქალური შეთანწყობა.

ქალურ და ნახევრადქალურ შეთანწყობათა ნაკლოვანი მხარეებია ბეტონის ნაგებობებისათვის ღრმა ქვაბულების მოწყობის აუცილებლობა და ნაკადის ცალმხრივი განღვრა ქვედა ბიეფში. მაგრამ ფართო ჰიდრაულიკური გა-



ნახ. 18-1. ვოტკინსკის ჰესის ჰიდროკვანძის გეგმა:

- 1—ჰესის შენობა; 2—წყალსაშვები კაშხალი; 3—კალაპოტში ამოყვანილი მიწის კაშხალი №1; 4—მარცხენა სანაპირო მიწის კაშხალი №2; 5—მარცხენა სანაპირო მიწის კაშხალი №3; 6—წყვილი გამსაქალი რაბი; 7—გადიდობი მოლო; 8—მარცხენა სანაპირო მიწის კაშხალი №4.

მოკვლევის საფუძველზე შეიძლება თავიდან იქნას აცილებული ასეთი განღვრის არახელსაყრელი პირობები.

დაბალდაწნევიანი ჰიდროელექტროსადგურებისათვის ბეტონის ხარჯის ხვედრითი მაჩვენებელი 1 კვტ დადგმულ სიმქლაერეზე მერყეობს საკმაოდ ფართო საზღვრებში (0,6ნ—2,5 მ³/კვ 5), რაც აიხსნება როგორც ენერგეტიკული პარამეტრებისა და გასწორების ბუნებრივი პირობების სხვადასხვაობით, ისე

ჰიდროკვანძების შედგენილობისა და იმ სახალხო-სამეურნეო ამოცანების ხასიათით, რომლებიც დასმული იყო ჰიდროკვანძების შექმნის დროს.

ვაკის მდინარეებზე ჰიდროკვანძების შეთანწყობით გადაწყვეტის დამახასიათებელი თავისებურებაა ბეტონის ფრონის მასივით გაშენების ხარჯზე სამშენებლო და საექსპლუატაციო წყალდიდობათა გასატარებლად და ქვის აგრეგატებთან საანგარიშო ხარჯების მისაყვანად ბეტონის სადაწნეო ნაგებობათა სიგრძის შემცირებისაქენ მისწრაფება. ამასთან ერთად, ცდილობენ ქვის აგრეგატები მოათავსონ კაშხლის ტანში და ჰიდროსადგურის შენობაში განალაგონ წყალდიდობის ხარჯების ქვედა ბიეფში გადამტანების წყალსატარები.

უკანასკნელ წლებში კაშხალთმშენებლობის პრაქტიკაში იყენებენ შემსუბუქებულ ბეტონის კაშხალებს, ხოლო ძვარზე მდგრადობის უზრუნველსაყოფად—ანკერულ ძირულებს, შიტვირთვას და სხვ. ამ წლებში აღინიშნა, აგრეთვე, გადასადგები ხედრითი ხარჯების გადიდება.

დაბალი და საშუალოდაწნევიანი ჰიდროკვანძების დიდი უმრავლესობა კომპლექსური დანიშნულებისაა, ასეთი ჰიდროკვანძები აგებულია ვოლგაზე, კამაზე, დონზე, დნეპრზე, ოზზე, სირ-დარიასა და სხვა მდინარეებზე.

უკანასკნელ პერიოდში სანაოსნო მდინარეებზე აგებულ დაბალდაწნევიან ჰიდროკვანძებში გამოყენებულია ერთკამერიანი რაბები, რომლებიც უზრუნველყოფენ მინიმალურ საექსპლუატაციო დანახარჯებს. რაბების ზედა თავის წინა წახნაგს უთავსებენ სადაწნეო ფრონტის ხაზს, რის შედეგად აღწევენ რაბის თავზე და კამერაზე მოქმედ ჰიდროსტატიკურ წნევათა შემცირებას და საბოლოო ჯამში—ნაგებობის ზომების შემცირებას.

კლდოვან ფუძეთა შემთხვევაში საშუალოდაწნევიან ჰიდროკვანძებში იყენებენ ექსპლუატაციაში მოხერხებულ ერთკამერიან შახტურ რაბებს, რომელთაც ზოგჯერ წყალდიდობის ხარჯების ნაწილის გასატარებლადაც იყენებენ.

საქართველოს სსრ მდინარეებზე აგებული დაბალდაწნევიანი ჰიდროკვანძები ძირითადად წარმოადგენენ წყალძივლებ ჰიდროკვანძებს (რიონქვისის, ზაქვისის, ჩითახევქვისის, ვარციხის ქვისების, ცავერის, პალდოს ჰიდროკვანძები და სხვ.). რადგან რესპუბლიკის მდინარეები არასანაოსნოა, ჰიდროკვანძების შედგენილობაში არ შედის სანაოსნო ნაგებობანი. მხოლოდ ცალკეულ შემთხვევებშია გათვალისწინებული თევზსავალი და ტრესავალი (მორსაშეები) ნაგებობანი, მაგრამ რიგი დეფექტების გამო ისინი არ მუშაობენ წარმატებით. დაბალდაწნევიანი ჰიდროკვანძის ძირითად ნაგებობას წარმოადგენს დაბალ-ზღურბლიანი საკეტებიანი კაშხალი, ხოლო ზოგჯერ მასთან ერთად პრაქტიკულ-პროფილიანი წყალსაშეები კაშხალი (საკეტებით ან უსაკეტოდ), გვერდითი ან ფრონტალური წყალმიღები ნაგებობა ნატანდაშკერი გალერეებით (იშვითად მათ გარეშე), ნაპირებთან შემაუღლებელი ბურჯები (კედლები) და დამატებითი ძირული, მიწისქვეშა კონტურის ელემენტები, ქვედა ბიეფის გამაგრების კონსტრუქციები და ნაკადის ენერჯის ჩაშქობი მოწყობილობანი—არაკლდოვანი ფუძეების შემთხვევაში. შედარებით ფართო კალაპორტების პირობებში ჰიდროკვანძის სადაწნეო ფრონტის ყოველ ნაწილში იყენებენ მანის კაშხალებს (მდ. იორზე—პალდოს, მდ. რიონზე—ვარციხის და სხვა ჰიდროკვანძები).

ჩვენს რესპუბლიკაში საშუალოდაწნევიანი ენერგეტიკული ჰიდროკვანძის

მაგალითია დეკადური რეგულირების წყალსაცავის მქონე გუმბათი—1-ის ჰიდროკვანძი „ჩაშენებული“ ჰესის შენობით, ბეტონის წყალსაშენი კაშხალით, ბეტონის მარჯვენა და მარცხენა ყრუ კაშხალებით და გამყვანი არხით, რომლითაც ჰესი—I-ის ტურბინებში ნამუშევარი წყლის ხარჯი მიიყვანება გუმბათ-ჰეს—II-ის წყალმიმღებ კაშხარებაზე (იხ. სახელმძღვანელოს პირველი ნაწილი, §6—3).

§18-3. მაღალდაწნვიანი ჰიდროკვანძების შეთანხმობა

ორ ათეულ წელზე მეტია საბჭოთა კავშირის მთისწინა და სამთო რაიონებში (ამიერკავკასიაში, შუა აზიაში, ციმბირსა და შორეულ ილმოსავლეთში) ფართოდაა გაშლილი მაღალდაწნვიანი მსხვილი ენერგეტიკული და ირიგაციული-ენერგეტიკული ჰიდროკვანძების მშენებლობა.

ციმბირის უზენაესი მდინარეებზე აგებული და მშენებარე მაღალდაწნვიანი ჰიდროკვანძებისათვის დამახასიათებელია განთენილი (გრძელი) ბეტონის კაშხალები, კაშხალთანმდებარე ჰესის შენობები და ფართო კალაპორტების შემთხვევაში ადგილობრივი მასალის კაშხალები სანაპირო უბნებში. მდინარეთა სამთო და მთისწინა უბნებზე ხორციელდება კაშხალური და კაშხალდერევატიული ჰიდროკვანძები, რომელთა დაწნევა აღწევს 300—500 მ.ს და უფრო მეტს (ტოკტოგულს, ნურეის, ენგურის, ჩირკეის და სხვა ჰიდროკვანძები).

18-1 ცხრილში მოცემულია სსრ კავშირისა და საზღვარგარეთის ქვეყნების რიგი დამახასიათებელი ჰიდროენერგეტიკული მშენებლობის ობიექტების შედარება 1000 კვტ. სთ გამოიმუშავებულ ენერჯიაზე მოსულ ძირითად სამუშაოთა ხვედრითი მაჩვენებლების მიხედვით. შედარება ადასტურებს ამ მაჩვენებელთა სიახლოვეს.

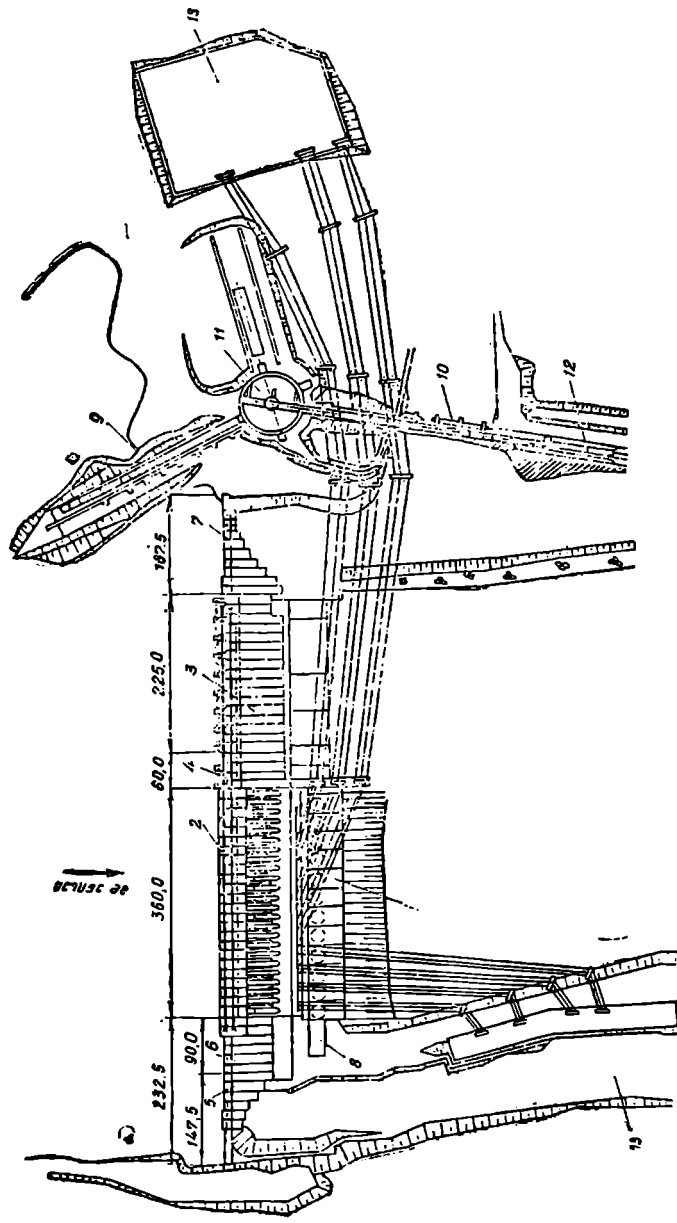
ცხრილი 18-1

მაღალდაწნვიანი ჰიდროკვანძების სამუშაოთა ხვედრითი მოცულობების შედარება (მეხის 1000 კვტ. სთ გამოიმუშავებაზე)

ჰიდროელექტრო-სადგურები	მიწა-ქვის სამუშაოები		ბეტონის სამუშაოები	
	ფართო გასწორებში	ვიწრო კანონებში	ფართო გასწორებში	ვიწრო კანონებში
სამშენებლო	1,4	7,7	0,4	0,20
საზღვარგარეთული	1,4	11,0	0,7	0,17

ჰიდროკვანძების ნაგებობათა შეთანწყობაზე და ამ ნაგებობათა ტიპების არჩევაზე არსებით გავლენას ახდენს სამშენებლო ხარჯების გატარების პირობები. ამ საკითხის გადაწყვეტა მით უფრო ძნელია, რაც უფრო წყალუხვია ნაკადი და რაც მეტია შესაქმნელი დაწნევა. ფართო გასწორებში ბეტონის კაშხალების აგებისას სამშენებლო ხარჯებს ატარებენ მდინარის შევიწროებული კალაპორტით, ხოლო ძირითადი კალაპორტის გადაკეტვის შემდეგ—ჯერ სავარცხლით, შემდეგ კი მთლიანად ან ნაწილობრივ დამთავრებული წყალსაშენებით. ვიწრო გასწორებში სამშენებლო ხარჯებს სამშენებლო გვირაბებით ატარებენ (იხ. თავი XVII).

როდესაც ჰიდროკვანძში გამოყენებულია წყალშემტბორი ნაგებობის რთული კონსტრუქციები, როგორცაა, მაგალითად, მრავალთალოვანი კაშხალი, წყალუხვი მდინარის შემთხვევაში შეიძლება გაართულდეს სამშენებლო ხარჯების გატარების პირობები წყალგამტარი ფრონტის სიგრძის შეზღუდულობის გამო. მაგრამ საიან-შუშენსკის ჰიდროკვანძისათვის მრავალთალოვანი



ნახ. 18-2. გრანდიორის, სიდრაქანის გემბა:

1—ქვის უნჯი; 2—სადგურის კაშხალი; 3—7—უკლესი კაშხალი; 4—ქალაქის კაშხალი; 5—მარჯვენა სანაპირო ყრუ კაშხალი; 6—მარჯვენა სანაპირო ყრუ კაშხალი; 7—მარცხენა სანაპირო ყრუ კაშხალი; 8—სანაპირო ყრუ კაშხალი; 9—ბუნებრივი მოედანი; 10—კაშხლის გემბანის უნჯი; 11—მარჯვენა სანაპირო ყრუ კაშხალი; 12—გემბანის უნჯი; 13—ლაგუნის კაშხალი; 14—ლაგუნის კაშხალი.

კაშხალის ვარიანტის დამუშავებამ გვიჩვენა, რომ ასეთ შემთხვევებშიც შეიძლება მოიძებნოს პრაქტიკულად მისაღები გადაწყვეტა.

მაღალდაწნევიანი ჰიდროკვანძების შეთანწყობათა საილუსტრაციოდ მოგვყავს რამდენიმე მაგალითი სსრ კავშირის ჰიდროტექნიკური ინჟინერების განვლილი უახლოესი პერიოდის პრაქტიკიდან. 18-2 ნახაზზე ნაჩვენებია გეგმა მდ. ენისეიზე აგებული 101 მ დაწნევის კრანსოიარსკის ჰიდროკვანძიანი, რომლის შედგენილობაში შედის ბეტონის ყრუ და წყალსაშვები კაშხალები, კომპლექსური მდებარე ჰესის შენობა, კაშხალის ქვედა წახანაგზე მოთავსებული სატურბინო მილსადენები, დახრილი გემთაშუა და ღია განმანაწილებელი მოწყობილობანი. წყალსაშვები კაშხალი მოთავსებულია კალაპორტის მარჯვენა სანაპირო უბანზე და მოწყობილი აქვს შვიდი წყალსაშვები ხერეტი თითოეული 25 მ მართი; ქიშხე დაწნევა 10 მ-ია, ხოლო ხერეტების გამტარუნარიანობა ნუღდ დროს—12000 მ³/წმ. კაშხალის უკან, მის ქვედა ნაწილში მდებარე ჰესის შენობა წარმოადგენს ბეტონის დაარმატურებულ მასივს, რომელშიც განლაგებულია ტურბინები გამწოვი მილებითა და სპირალური კამერებით; ჰესის სიმძლავრე შეადგენს 6 მლნ კვტ-ს.

გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ წყალზე განიერ მდინარეებზე მშენებარე ჰიდროკვანძებში ხშირ შემთხვევაში უმჯობესია ისეთი შეთანწყობა, რომელშიც წყალდიდობის ნაკადის გადაადგება წარმოებს არა კალაპორტის მთელ სიგანეზე, არამედ მის უბანზე (ჰესის შენობიდან დაშორებით). ასეთი გადაწყვეტა საშუალებას იძლევა ჰესის შენობიდან გამოსული ნაკადი თავისუფლად გავიდეს ქვედა ბიფეში. ამგვარი შეთანწყობა მიღებული ბრატსკის კრანსოიარსკის, შამაკანის, ზეიას და უსტ-ილიმსკის ჰიდროკვანძებში.

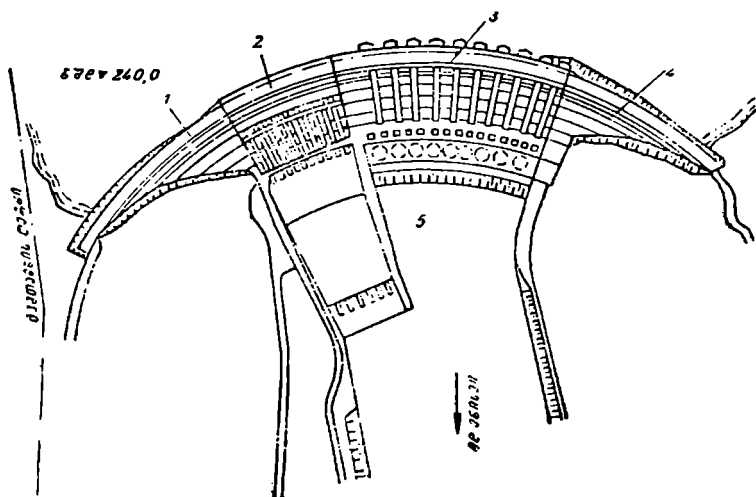
წყალზე მდინარეზე მაღალდაწნევიანი ჰიდროკვანძების შეთანწყობისას, როდესაც მასში გათვალისწინებულია თალოვან-გრავეიტაციული ან სხვა ტიპის ბეტონის კაშხალი, კაშხალთან მდებარე ჰესი და კაშხალთან მოთავსებული წყალსაგდები, სხვა საკითხებთან ერთად წარმოიშობა ნაპირების დერდობების გამორეცხვის (ძირის გამოთხრის) დაუშვებლობისა და ნაკადის დაწყნარების პრობლემა, რათა ქვედა ბიფეში აცილებულ იქნას ნაკადის ინტენსიური დინება ნაპირების გასწვრივ.

დაახლოებით ასე იდგა საკითხი საიან-შუშენსკის მაღალდაწნევიანი ჰიდროკვანძის დაპროექტებისას (ნახ. 18-3), რომელიც შეთანწყობითი, საინჟინრო-სამშენებლო თავისებურებებით და ენერგეტიკული პარამეტრებით წარმოადგენს უნიკალურ ობიექტს მსოფლიო ჰიდროტექნიკურ მშენებლობაში. მის შედგენილობაში შექავალი 1050 მ სიგრძისა და 245 მ სიმაღლის თალოვან-გრავეიტაციული კაშხალი მაქსიმალურადაა გამოყენებული ყველა წყალგამტარი და წყალსაგდები ხერეტის მოსაწყობად, რომელთა საერთო ხარჯი შეადგენს 15500 მ³/წმ-ს. სადგურის კვანძში შედის კაშხალის საკეტებიანი ნაწილი, წყალმიმღები ხერეტები, 6,5 მ დიამეტრის შემობეტონებული გარეთა მილსადენები და კაშხალთან მდებარე ჰესის შენობა ათი აგრეგატით, რომელთა საერთო სიმძლავრეა 6400 მვტ. გარდა ამისა, კაშხალის სანაპირო სექციებში 80 მ სიღრმეზე გათვალისწინებულია წყალსაგდებები შესავალი სათავსებით.

საბჭოთა კავშირის მრავალ დიდ მდინარეზე (ენისეიზე, ზეიანზე, ნარინზე, ვახშზე, ჰიანჯესა და სხვ.), მათ შორის საქართველოში ენგურზე, რიონსა, მზიფსა და კოდორზე მაღალდაწნევიანი ჰიდროკვანძების დაპროექტება და მშენებლობა ითვლიანაწინებს მათ გამოყენებას ენერგეტიკული, ირიგაციული, წყალმომარაგებისა და სხვა მიზნებისათვის.

მაგალითად, შორეულ აღმოსავლეთში მდ. ზეიაზე ახლახან აგებული პილროკვანძი კომპლექსური ხასიათისაა და ენსახურება ენერჯის გამოშვებას, წყალდიდობასთან ბრძოლას და სხვ. ზეიას პილროკვანძით მდინარის ჩამონადენის რეგულირებით მიღწეულია დაახლოებით 17 მილიონამდე მანეთის ეკონომია ქალაქების ზეიასა და სეოზოდნის საინჟინრო დაცვისათვის გათვალისწინებულ კაპიტალურ დებანდებსა. ამ კვანძში შედის: ბეტონის ყრუ და წყალსაშვები მასიურ-კონტრფორსული კაშხალები, მათ შორის სადგურის კაშხალი, რომლებიც გადახურავენ მთელ სადაწაუ ფორტს, კაშხალთან მდებარე 1,5 მლნ კვტ სიძლავრის ჰესის შენობა და გემთგამტარი მოწყობილობანი (გემთანწე).

პილროკვანძების დაპროექტებისა და მშენებლობის პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ სამთო რაიონებისათვის გათვალისწინებული მაღალდაწევიანი პილრო-



ნახ. 18.3. საიან-შუშენსკის ჰესის ძირითად ნაგებობათა გეგმა:

- 1—შირქვენი სანაპირო ყრუ კაშხალი; 2—წყალსაგდებ კაშხალი; 3—სადგურის კაშხალი;
- 4—მარცხენა სანაპირო ყრუ კაშხალი; 5—ჰესის შენობა.

ელექტროსადგურების პროექტების შედგენისას გულდასმით უნდა შევადაროთ კაშხალთან მდებარე და მიწისქვეშა პილროსადგურების ვარიანტები; უნდა გეცადოთ, რომ კაშხალთან მდებარე ჰესების მშენებლობის დროს შეძლებისდაგვარად ავიცილოთ ხეობის გვირგვინების გამოქრა და მის შედეგად სანაპირო კლდოვანი მასივების მდგრადობის დარღვევა.

მიუხედავად იმისა, რომ თალოვანი კაშხალიდან წყალდიდობის ხარჯების გადაგდებისას ადგილი აქვს ნაკადის ჰალების კონცენტრაციას კალაპოტის ცენტრალური ნაწილისაკენ, უკანასკნელ ხანს საკმაოდ ხშირად იყენებენ თალოვან და თალოვან-გრაფიტაციულ წყალსაგდებ კაშხალებს, რომლებშიც ზოგჯერ ნაკადის კინეტიკური ენერჯის ჩასაქრებად იყენებენ ერთდროულად კაშხალის თხემზე გადაღინებულ და სიღრმული წყალჩასაშვებებიდან გამოდინებულ კაშხლების შეჯახების პრინციპს.

საქართველოს სს რესპუბლიკაში დაპთავრების სტადიამი მუჯე ენჯურის პიდროლექტროსადგური, რომლის კასკადის ჯამური სიმძლავრე 1640 მეტ.ს აღწევს, კაშხალ-დერივაციული ჰესის მაგალითია. ჰესის ნაგებობათა კომპლექსში შედის: სათაგის ნაგებობათა კვანძი (იხ. სახელმძღვანელოს I ნაწილი, ნახ. 8-18) ვიწრო ხეობაში აღმართული 271,5 მ სიმაღლის ყრუ და წყალსაშვები თაღოვანი კაშხალით (კაშხალის გასწორი წარმოდგენილია ბზარებანი კირქვებითა და დოლომიტებით); ჰესის სიღრმული წყალმიმღებები; 9,5 მ დიამეტრისა და 15,3 კმ სიგრძის სადაწნეო დერივაციული გვირაბი და სადაწნეო (ძალოვანი) კვანძი—გამათანაბრებელი შახტი, მიწისქვეშა სადაწნეო მილსადენებით, მიწისქვეშა ჰესის შენობით, 3,15 კმ სიგრძის გამყვანი უდაწნეო გვირაბით, 24 კმ სიგრძის გამყვანი არხითა და მის ვარდნილებზე მოთავსებული ოთხი პიდროლექტროსადგურით.

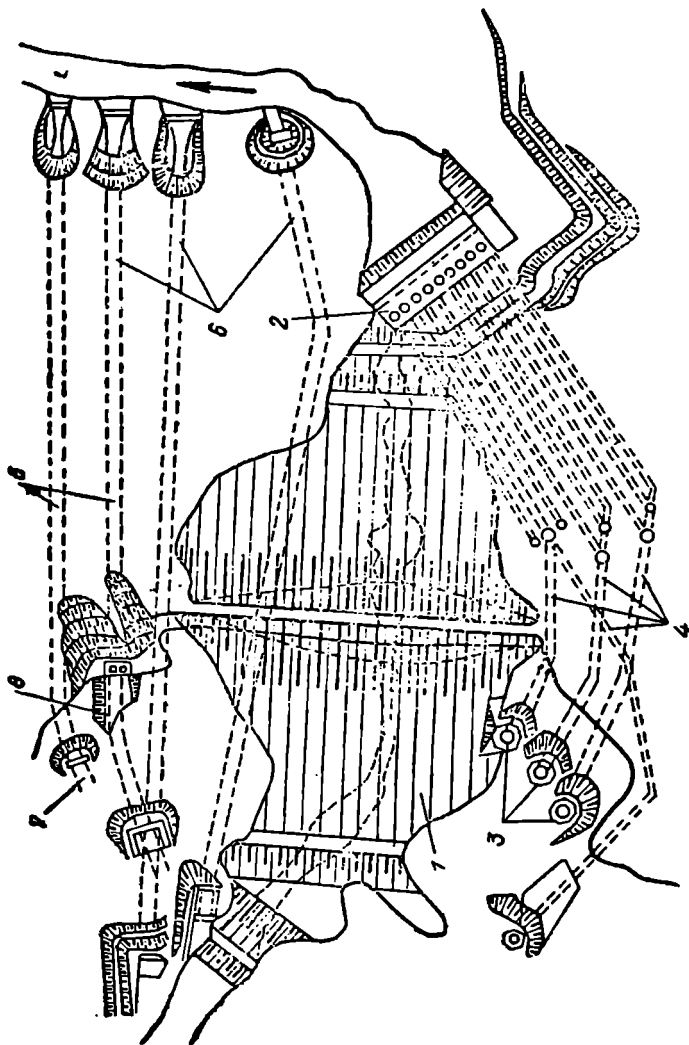
ცოტა ხნის წინათ დაღესტნის ავტონომიურ სსრ-ში მდ. სულაქზე განხორციელებული ჩირკეის პიდროლექტროსადგურისათვის მიღებულია კაშხალთან მდებარე შეთანწყობა ვიწრო ხეობაში ამოყვანილი 240 მ სიმაღლის თაღოვანი კაშხალით. კაშხალთან მდებარე ჰესის შენობაში აგრეგატები ორიგადაა განლაგებული, რამაც საშუალება მისცა დამპროექტებლებსა და მშენებლებს შეემცირებინათ კლდისა და ბეტონის სამუშაოთა მოცულობები. ჩირკეის ჰესის ნაგებობათა კომპლექსში საინტერესოაა გადაწყვეტილი საექსპლუატაციო წყალსაგდები, რომელიც წარმოდგენილია გვირაბული ტიპის გვერდითი წყალსაგდების სახით (სამშენებლო გვირაბთან მიერთებული დახრილი შახტით).

მდ. ნარინზე ტოტოკულის ჰესის პიდროკვანძი მრავალწლიური რეგულირების წყალსაცავით აგებულია ირივაციულ-ენერჯეტული მაზნებისათვის, ამავე დროს იგი ახორციელებს წყალდიდობისაგან დაცვას და მდ. სირდარის პიდროლექტროსადგურების კასკადის საგარანტიო სიმძლავრის გადიდებას. პიდროკვანძის გასწორი კლდოვანი ქანებითაა წარმოდგენილი, კვანძის შედგენილობაში შედის: 207 მ სიმაღლის ბეტონის გრავიტაციული კაშხალი, სიღრმული საავარიო წყალსაგდები წყალდიდობის ხარჯების გადასაგდებად და ენერჯეტიკულ-ირივაციული ხარჯების გასაშვებად, ზედაპირული წყალსაგდები, კაშხალთან მდებარე ჰესის შენობა ოთხი აგრეგატით (1200 მეტ.საერთო სიმძლავრით), წყალმიმღებებით და კაშხალში მოთავსებული სატურბინო წყალსატარებით. პიდროკვანძი აგებულია მაღალი სეისმურობის (9 ბალისა და უფრო მეტი სიძლიერის) რაიონში, ამიტომ დაპროექტების დროს საჭირო გახდა ნაგებობათა მდგრადობისა და სიმტკიცის შემოწმება 0,3 და 0,45 გ სეისმური აჩქარების პირობებში. ცხადია, ამ გარემოებამ განაპირობა პიდროკვანძის დაპროექტების სირთულე. კაშხალთან მდებარე ჰესის შენობაში აგრეგატები ორიგადაა განლაგებული და გამწოვი მილები მოთავსებულია ორ მარუსად (კლდის მოქრის აცილების მიზნით).

ოსეთი მაღალდაწნევიანი პიდროკვანძების მშენებლობისას, რომლებშიც გათვალისწინებულია ადგილობრივი მასალის მაღალი კაშხალები, სამშენებლო ხარჯების გასატარებლად, როგორც წესი, იყენებენ ან სანაპირო (გვირაბულ), ანდა ზედაპირულ ღია წყალსაგდებებს (ნურეის, მინგეჩაურის, ვილიუს პიდროკვანძები). წყალსაგდების ტიპის არჩევა ხდება სხვადასხვა ვარიანტების დეტალური შედარების საფუძველზე, რომელთა დამუშავების დროს ითვალისწინებენ გასწორის ტოპოგრაფიულ და საინჟინერო-გეოლოგიურ პირობებს.

კაშხალის ამოყვანის სიმაღლის შესაბამისად სანაპირო გვირაბულ წყალსადგმებს ათავსებენ იარუსებად, რომელთა რაოდენობა დამოკიდებულია კაშხალზე მოქმედ საერთო დაწნევაზე და გვირაბის შესაქალ კვეთში ზოწყობილ სიღრმულ საკეტზე დასაშვებ დაწნევის სიდიდეზე (იხ. თავი XVII).

18—4 ნახაზზე ნაჩვენებია მდ. ვახანზე შრავალწლიური რეგულირების წყალსაცავის მქონე ნურეკის ირიგაციულ-ენერგეტიკული ჰიდროკვანძის შეთანწყობა (წყალსაცავის საერთო მოცულობაა 10,5 მლნ. მ³, ხოლო სასარგებლო—4,5 მლნ. მ³). მის შედგენილობაში შედის 300 მ სიმაღლის ადგილობრივი



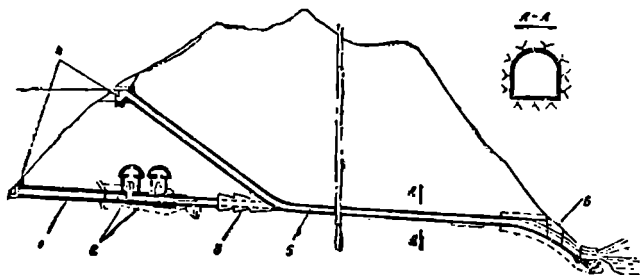
ნახ. 18-4. ნურეკის ჰიდროკვანძის გეგმა.

1—კაშხალი; 2—ქეისის შერობა; 3—ქეისის წყალმიღებები; 4—ქეისის მამყვანი მჭერაგები; 5—წყალდიდობის წყალსადგმები; 6—სამშენებლო გვირაბები; 7—სიღრმულ წყალმიღებებიანი კატახორული წყალსადგმის სათავისი; 8—ტენიანი ელექტროენერჯის ტრანსმისიონის ხაზი.

შასლის კაშხალი, იარუსებად მოთავსებული სამი სამშენებლო გვირაბი, ზედაპირული და სიღრმული წყალმღებების მქონე წყალსადგმები კატასტროფულ ხარჯების გასატარებლად მდინარის მაოცხენა ნაპირზე (ნახ. 18 5) და ძალური კვანძის კომპლექსი მარჯვენა ნაპირზე, რომელშიც შედის ერთი დროებითი და სამი მუდმივი გვირაბი, მიწისქვეშა ტურბინული წყალსატარები და 2700 მეტრ საერთო სიმძლავრის ჰესის ღია შენობა.

უნდა ვითქვით, რომ მომავალში ჰიდროტექნიკური მშენებლობის პრაქტიკაში 100—120 მ-ზე მეტი დაწინებებისათვის ახალი ტიპის საკეტების შექმნის კვალობაზე მნიშვნელოვნად შეიცვლება სამშენებლო ხარჯების გატარების სქემები. ასეთი საკეტების შეათხვევაში შეიძლება უარი ვთქვათ ბეტონის კაშხალების ტანში მიღისებრი და გვირაბული წყალსადგმების მრავალიარუსად მოთავსებაზე ან მკვეთრად შეეაცირით იარუსების რიცხვი.

ცალკეულ შემთხვევებში შეიძლება ავირჩიოთ ჰიდროკვანძის ისეთი შეთანწყობაც, რომელშიც ითვალისწინებენ ჰიდროელექტროსადგურის ორ შე-



ნახ. 18-5. ნურკის ჰიდროკვანძის ზედაპირულ წყალმომღებთან კატასტროფულ წყალსადგმის კრალი:
 1—სამშენებლო გვირაბი; 2—საკეტების კაშხარები; 3—ბეტონის სატობი; 4—შესვლის სათავისები; 5—კატასტროფულ წყალსადგმის გვირაბი; 6—ბოლო ნაგებობა.

ნობას მდინარის სხვადასხვა ნაპირზე მაგრამ საექსპლუატაციო უზერხულობათა გამო ასეთ შეთანწყობას იშვიათად მიმართავენ. მსგავსი შეთანწყობითაა გადაწყვეტილი სსრ კავშირისა და ირანს შორის გამავალ სასაზღვრო მდინარეზე (მდ. არაქსი) აშენებული ჰიდროკვანძი. ხას ეკისრება ენერგეტიკული და მელიორაციული მიზნებისათვის მდინარის გამოყენების ფუნქციები, აგრეთვე წყალდიდობასთან ბრძოლა. ამ კვანძში შედის ორი დამოუკიდებელი კალაპორტის ჰესი თითოეული 22,0 ათასი კვტ სიმძლავრისა, ერთი საბჭოთა კავშირში, მეორე—ირანის მხარეზე. გარდა ჰესის ორი შენობისა, ჰიდროკვანძში შედის გულანი მიწის კანხალი და ბრტყელი საკეტებით აღჭურვილი რკინაბეტონის დრუ წყალსაშევი კანხალი 27 მ დაწინებით.

ვაკის მდინარეებზე ჩამონადენის მნიშვნელოვანი უთანაბრობის პირობებში, როდესაც აბასთანავე არაა მოსალოდნელი იძიმე ყინულსვლა, შეიძლება გამოყენებულ იქნას ზურჯებში ნოწყობილი ჰიდროელექტროსადგურების ტიპი. ასეთი ძენების მშენებლობას საკმაოდ ხშირად მიზარ თაცენ საზღვარგარეთ (იუგოსლავია, ავსტრია. საფრანგეთი, გერ, გდრ და სხვ.). საბჭოთა კავშირში ამ ტიპის ჰიდროელექტროსადგური აშენებულია საქართველოში, მდ. მტკვარზე (ქ. თბილისში—„ერთაპალქისი“, 18 ათასი კვტ საერთო სიმძლავრით).

საზღვარგარეთ მიწისქვეშა ნაგებობათა მშენებლობაში მიღწეულმა დიდმა წარმატებებმა, განსაკუთრებით სეისმურ რაიონებში (იაპონია და სხვ.), მნიშვნელოვნად შეუწყო ხელი მიწისქვეშა ჰიდროელექტროსადგურებიანი ჰიდროკვანძების მშენებლობის ფართო განვითარებას. ასეთი შეთანწყობა უზრუნველყოფს საშუალოთა წარმოებას ნებისმიერ კლიმატურ პირობებში, დიდი კვეთების კლდოვანი კრილების გაყვანას, საშუალოთა ფრონტის გაზრდასა და სხვ. საქართველოში ხრამი II-ის, ლაჯანურის, ენგურის, აგრეთვე სსრ კავშირის სხვა მიწისქვეშა ჰიდროელექტროსადგურების (მაგალითად, ბორისოგლებსკის ჰესის და სხვ.) მშენებლობის გაპოვდილება გვაჩვენებს ჩვენს ქვეყნის პირობებში მიწისქვეშა ჰიდროსადგურების მშენებლობის მიზანშეწონილობას იმასთან დაკავშირებით, რომ გაიზარდა მიწისქვეშა კლდის საშუალოთა მექანიზაციის დონე (უწყვეტი მოქმედების კომბაინური და სხვა საავტომატო მანქანების გამოყენება და მათი ღირებულების შემცირება). მიწისქვეშა ჰიდროელექტროსადგურების გამოყენება მკვეთრად ამარტივებს ჰიდროკვანძების შეთანწყობას, რასაც არსებითი მნიშვნელობა აქვს შევიწროებულ გასწორებებში და განსაკუთრებით არასაკმარის მდგრად ფერდობებთან კლდოვან ხეობებში.

§18-4. ჰიდროკვანძის გასწორის აჩვენება

ჰიდროკვანძის გასწორის არჩევასა ემყარებიან მდინარის წყალსამეურნეო გამოყენების საერთო სქემას, რომელზედაც წონიზნული უნდა იყოს მდინარის კასკადის საფეხურები, ანუ ჰიდროკვანძების მოთავსების ადგილები და მათ მიერ შექმნილი დაწნევები სახალხო მეურნეობისათვის მაქსიმალური ეკონომიკური ეფექტის მიღების პრინციპიდან გამომდინარე.

ავირჩევთ რა გასწორის რაიონს, შემდეგ ამ რაიონში დავნიშნავთ გასწორის რამდენიმე ღერძს ადგილობრივი ტოპოგრაფიული, გეოლოგიური, სამშენებლო, საექსპლუატაციო და სხვა პირობების გათვალისწინებით. განხილულ უნდა იქნეს ისეთი გასწორების ვარიანტებიც, რომლებიც თავსდება უშუალოდ მდინარის დიდი შენაკადების ქვემოთ, რათა ერთ ჰიდროკვანძში გამოყენებულ იქნეს ჩამონადენის დიდი მოცულობა. ხშირად ჰიდროკვანძის ღერძს ათავსებენ დიდი ქალაქის ზემოთ, რათა უკანასკნელი არ შეიტბოროს მის ქვემოთ მოთავსებული კასკადის ჰიდროკვანძით. ანალიზი უნდა გაუკეთდეს აგრეთვე იმ რაიონებს, რომლებიც ხასიათდებიან ხელსაყრელი საინჟინერო-გეოლოგიური პირობებით, რადგან ასეთ გასწორებებში ნაგებობანი უფრო საიმედო და ეკონომიურია.

ყველა ზემოჩამოთვლილ მოსაზრებათა საფუძველზე დამუშავებული კასკადის სქემების სხვადასხვა ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარებისას, რომლის დროს თვალისწინებენ მონაცემებს კასკადის საფეხურების მოთავსების ადგილების ბუნებრივი პირობების შესახებ, უპირატესობა უნდა მიეცეს იმ ვარიანტებს რომელთა მშენებლობის განხორციელებით მიიღება მნიშვნელოვანი სახალხო-სამეურნეო ეფექტი.

ჰიდროკვანძის გასწორის რაიონის დამტკიცების შემდეგ გასწორთა დანიშნული ვარიანტებისათვის დგება კვანძისა და ნაგებობების შეთანწყობათა ესკიზური პროექტები. ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური შეფასების შემდეგ აირჩევა უკეთესი გასწორი და მასში კვანძის უკეთესი შეთანწყობა.

დიდი და რთული ჰიდროკვანძების დაპროექტების დროს შეთანწყობის

არჩეული ვარიანტი უნდა შემოწმდეს ქილოტექნიკურ ლაბორატორიაში მოდელზე, რადგან ქილოტექნიკურ ნაგებობათა რთული კომპლექსის ქილოტექნიკური მუშაობის პირობების გაანალიზება თეორიული გზით ჯერჯერობით შეუძლებელია.

§18-5. პარიანტობის ტექნიკურ-ეკონომიკური შედეგება

წყალდენის გამოყენების სქემის, გაწორისა და ნაგებობათა შეთანწყობის საპროექტო გადაწყვეტათა ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედეგების დროს უნდა შედარდეს თითოეული ვარიანტის ფართობებზე (კაპიტალდაბანდება) და ყველწლიური საექსპლუატაციო ხარჯები.

საპროექტო გადაწყვეტათა ვარიანტების შესადარებლად პრაქტიკაში იყენებენ სხვადასხვა მეთოდს, რომელთაგან ყველაზე უფრო გავრცელებულია შეფასება ნაგებობათა ასაგებად დამატებითი დანახარჯების ე. წ. გამოსყიდვის ანუ დანახარჯების გათანაბრების ვადის მიხედვით

$$T_{გ.ა} = \frac{K_2 - K_1}{I_1 - I_2} \quad (18.1)$$

სადაც K_1 არის ნაგებობის (კვანძის) პროექტის ერთი ვარიანტის სანაწინებლო ღირებულება (კაპიტალდაბანდება), ხოლო K_2 , როგორც უფრო მეტია K_1 -ზე—პროექტის მეორე ვარიანტის ღირებულება; I_1 და I_2 შესაბამისად ნაგებობის (კვანძის) პროექტის პირველი და მეორე ვარიანტის ყოველწლიური საექსპლუატაციო ხარჯები, ამასთან $I_1 > I_2$. (18.1) ფარდობის მრიცხველში სხვაობა $K_2 - K_1$ დამატებითი კაპიტალდაბანდებაა, ხოლო მნიშვნელში მოთავსებული სხვაობა $I_1 - I_2$ —ყოველწლიური დამატებითი საექსპლუატაციო ხარჯები.

$T_{გ.ა}$ სიდიდე არ უნდა აღემატებოდეს გამოსყიდვის ნორმატიულ ვადას,

$$T_{გ.ა}^* = \frac{1}{p^*}, \quad (T_{გ.ა} < T_{გ.ა}^*), \quad \text{სადაც } p^* \text{ არის ე. წ. } p \text{ ფარდობითი მოგების (რენტობის)}$$

ნორმატიული მნიშვნელობა, რომელიც ეკონომიკური გაანგარიშებების დროს აიღება $p^* = 0,10 - 0,12$ ტოლი; მაშასადამე, პრაქტიკულად გამოსყიდვის ვადა შეადგენს 8—10 წელს. ასეთ შემთხვევებში ჯამური დანახარჯების მიხედვით უფრო ხელსაყრელია ვარიანტი, როგორც მოითხოვს მეტ კაპიტალდაბანდებას და პირიქით, თუ $T_{გ.ა} > T_{გ.ა}^*$, მაშინ ის ვარიანტი უფრო ხელსაყრელია, რომლის კაპიტალდაბანდება უფრო მცირეა. იმ შემთხვევაში, როდესაც $K_2 > K_1$ და $I_2 > I_1$, ის ვარიანტი უფრო ხელსაყრელი, რომელიც მოითხოვს მცირე ერთდროულ დანახარჯებს (K_1).

ამ საკითხების გადაწყვეტის დროს მნიშვნელოვანია უნდა იქნეს მიღებული მშენებლობის რიგისობა, ე. ი. ექსპლუატაციაში ქილოტექნიკის ვადაზე ადრე შეყვანის შესაძლებლობა. ცხადია, ისეთი ვარიანტი უფრო ხელსაყრელია, რომელიც საშუალებას იძლევა კვანძი გაშვებული იქნეს ექსპლუატაციაში მშენებლობის დამთავრებამდე, რადგან პროდუქციის ვადაზე ადრე გამოშვებით მცირდება საპროექტო ვარიანტის ღირებულება.

K და I სიდიდეებს განსაზღვრავენ ხარჯების განსხვავებული საზომებით.

სსრ კავშირში ჰიდროკვანძების დაპროექტება ხდება წინასწარ მომზადებული და დამტკიცებული საპროექტო მოცემულობის (დავალების) საფუძველზე მოცემულობას ადგენენ წყალდენის გამოყენების სქემის, ქვეყნის ეკონომიკური რაიონებისა და მოკავშირე რესპუბლიკების მიხედვით საწარმოო ძალთა განვითარებისა და განლაგების გათვალისწინებით და ტექნიკურ ეკონომიკური დასაბუთების (ტმდ) საფუძველზე.

ობიექტის ხასიათისა და მასშტაბის, აგრეთვე ტიპობრივ ან განმეორებით გადაწყვეტა გამოყენების შესაძლებლობის მიხედვით, დაპროექტება შეიძლება განხორციელდეს ორი ძირითადი სტადიით—ტექნიკური პროექტისა და მუშა ნახაზების სტადიებით ან ერთი—ე.წ. —ტექნიკურ-მუშა პროექტის სტადიით. როგორც ერთ, ისე მეორე შემთხვევაში საპროექტო მოცემულობის შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენს წინასწარ განისაზღვრული და დამტკიცებული ობიექტის ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთება (ტმდ).

„ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთება“ (ტმდ) დაპროექტების წინასწარი სტადიაა, რომლის დროს მუშავდება ჰიდროკვანძის შეთანწყობისა და ნაგებობათა ტიპების პრინციპული ნახაზები, ვლინდება მისი მოსალოდნელი ტექნიკურ ეკონომიკური შახასიათებლები და მშენებლობის საეარაუდო ღირებულება. ტმდ-ის შედგენის დროს ხშირად საჭირო ხდება გათვალისწინებულ იქნეს მდინარის ზემოთ და ქვემოთ განლაგებული ჰიდროელექტროსადგურების კასკადის სქემა და ჰიდროკვანძის კომპლექსური გამოყენების პრობლემები. ტმდში მოცემულ ნაგებობათა და მოწყობილობათა ვარიანტების განხორციელება რეალურად შესაძლებელი უნდა იყოს.

ტექნიკურ პროექტში ლეტალურად ამუშავებენ და ერთმანეთთან ადარებენ ნაგებობათა სქემების ყველა ვარიანტს. დგება ნახაზები, რომელთა მეშვეობით ვლინდება ნაგებობათა და მოწყობილობათა ძირითადი ვაბარიტები, მათი სამშენებლო და საექსპლუატაციო თავიებუებანი, სამუშაოთა მოცულობანი და, ბოლოს, ვარიანტების ეკონომიკური მაჩვენებლები.

ტექნიკური პროექტის სტადიაში პირველი და მეორე კლასის საპასუხისმგებლო ჰიდროკვანძების შეთანწყობით გადაწყვეტა მოწოდება ჰიდრაულიკურ, სტრუქტურ და სხვა სახის სივრცულ მოდლებზე. ჰიდრაულიკურ მოდლებზე გამოკვლეული უნდა იქნეს ზედა ბიეფში წყალმიღებ ნაგებობებთან წყლის მისვლის პირობები, კალაპორტის ფორმირების საკითხები და სხვ., ხოლო ქვედა ბიეფში—კალაპორტის მოსალოდნელი გარეცხვის მოვლენები და მათი თავიდან აცილების ღონისძიებანი, ბიეფების შეუღლებებისა და ნაკადის კინეტიკური ენერჯის ჩაქრობის საკითხები და სხვ. სტრუქტურ (ხოლო ზოგჯერ დინამიკური) მოდლებზე უნდა შემოწმდეს ჰიდროკვანძის ცალკეულ ნაგებობათა (კაშხალის, წყალსაგდების) სექციების ძაბვითი და დეფორმაციული მდგომარეობა ძალთა ძირითადი და განსაკუთრებული შეხამების დროს და სხვ.

გასაგებია, რომ ჰიდროკვანძის შეთანწყობისა და მათში შემავალ ნაგებობათა ვარიანტების შედარებამ უნდა გამოავლინოს მათი ტექნიკური და ეკონომიკური ღირსებანი და ნაკლოვანი ცხარეები, რათა შესაძლებელი გახდეს მათგან ოპტიმალური ვარიანტის დასაბუთებული არჩევა.

როგორც ვხედავთ, ტექნიკური პროექტი დაპროექტების ყველაზე უფრო რთული და საპასუხისმგებლო სტადიაა, რომელიც მოითხოვს დაპროექტების ღრმად ცოდნას და სამაშულო და საზღვარგარეთის ქვეყნების მრავალმხრივი საპროექტო გამოცდილების გათვალისწინებას.

კარგად დამუშავებული ტექნიკური პროექტის დამტკიცების შემდეგ, როდესაც უკვე ფიქსირებულია საჭირო კაპიტალდაბანდების ოდენობა, იწყებენ ზუნა ნახაზების დანუზაფხებას და პიროვნების მზენებლობას.

მუშა პროექტების სტადიაში ყველა ნაგებობისა და მათი ძირითადი დეტალებისათვის დგება ისეთი ნახაზები, რომელთა საფუძველზე სამშენებლო ორგანიზაციებს უღუძლიათ აწარმოონ სამშენებლო და სამონტაჟო სამუშაოები. დეტალური ნახაზები დგება სამშენებლო პერიოდის წყალსადები ნაგებობებისათვისაც, ქვაბულებისა და ზღუდარებისათვის, ბეტონისა და რკინა ეტონის ყველა ნაგებობისათვის, სასამსახურო, საცხოვრებელი და საწარმოო შენობებისათვის, ყალიბების, არმატურის, გზებისა და საწყობებისათვის საჭირო სატრანსპორტო მოწყობილობებისათვის, კონსტრუქციითა სხვადასხვა დეტალებისათვის და სხვ. სამუშაოთა წარმოებისა და ორგანიზაციის დეტალური დაპროექტება ხდება სპეციალიზებულ ორგანიზაციითა მონაწილეობით (მაგალითად, ისეთ ორგანიზაციითა მონაწილეობით, რომლებიც აწარმოებენ მიწისქვეშა, პიროვნებისათვისა და სხვა სახის სამუშაოებს). ენერგეტიკულ და მექანიკურ მოწყობილობათა მუშა პროექტებს ადგენენ შესაბამისი ქარხნების საკონსტრუქტორო ბიუროები. სპეციალიზებულ ორგანიზაციებს იყენებენ აგრეთვე მრავალ სხვა სამშენებლო და სამონტაჟო სამუშაოთა დასაპროექტებლად.

ტექნიკურ პროექტში, აგრეთვე მუშა პროექტის სტადიაში, განხილული უნდა იქნეს პიროვნების ექსპლუატაციის ორგანიზაციის საკითხებიც, სახელობრ, საჭირო შტატებითა და საექსპლუატაციო მექანიზმებით უზრუნველყოფის საკითხები. უნდა დამუშავდეს სარემონტო სამუშაოთა ორგანიზაციისა და ნაგებობათა და მოწყობილობათა საექსპლუატაციო მომსახურების სქემა.

საპროექტო ინსტიტუტების მიერ პიროვნებისათვის მომზადებული დოკუმენტაცია ჯერ განიხილება საშინისტროთა სამეცნიერო-ტექნიკურ საბჭოებზე, ხოლო შემდეგ დასამტკიცებლად გადაეცემა შესაბამის ინსტანციებს.

ახალი მსხვილი ობიექტების ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთება განიხილება სსრ კავშირის საგეგმო კომიტეტის სახელმწიფო საექსპერტო კომისიის მიერ და მტკიცდება იმავე კომიტეტის მიერ. ტექნიკურ პროექტებს, რომელთა ღირებულება შეადგენს 2,5 მლნ მანეთს და მეტს, ამტკიცებენ სსრ კავშირის საშინისტროები და უწყებები, აგრეთვე მოკავშირე რესპუბლიკათა შინისტროთა საბჭოები. ტექნიკური პროექტები დიდი სახალხო საშურნეო მნიშვნელობის მსხვილი ობიექტებისა, რომელთა ყოველწლიურ ნუსხას ადგენენ სსრ კავშირის სახელმწიფო საგეგმო კომიტეტი და სსრ კავშირის სახმშენი, ჯერ გადის ამავე ინსტანციითა ექსპერტისას, ხოლო შემდეგ მტკიცდება სსრ კავშირის შინისტროთა საბჭოს მიერ.

წყალსატარი ნაგებობანი

თავი XIX

არხები და მათზე მოთავსებული ნაგებობანი

§ 19-1. ზოგადი ცნობები არხების შესახებ და მათი კლასიფიკაცია

არხები გრუნტში მოწყობილი უდაწნეო რევიმით მომუშავე ხელოვნური კალაპოტებია (წყალსატარი ნაგებობები), რომლებითაც წარმოებს წყლის ხარჯების მიყვანა კეების წყაროდან (მდინარიდან, წყალსაცავიდან, წყალსატევიდან და ა. შ.) მოხმარებლამდე (ჰიდროელექტროსადგური, სარწყავი სისტემა, წყალმომარაგების სისტემა და ა. შ.) ან საერთოდ ერთი პუნქტიდან მეორემდე.

მიზნობრივი დანიშნულების მიხედვით ერთმანეთისაგან განასხვავებენ შემდეგი სახის არხებს: ენერგეტიკულს, სანაოსნოს, სარწყავს (ირიგაციულს), გამაწყლოვანებელს, წყალსადენს, დანშრობს. ხე ტყის დასაცურებლს, თევზსატარს, წყალსატარს, კონპლექსურსა და ა. შ.

ენერგეტიკული (დერივაციული) არხებით წარმოებს წყლის მიყვანა. წყალსაცავიდან, მდინარიდან ან ტბიდან ჰიდროელექტროსადგურების ტურბინებამდე ან სეტურბინო წყალსატარებამდე. ასეთი არხები ხაზითდება ნორმალური და ვანიკვეთის დიდი ზომებით წყლის ენერჯენტოვანი ხარჯების დროს. მათვე მიეკუთვნება აგრეთვე ჰიდროელექტროსადგურებიდან ნაწილმდე არხების გამყვანი არხები.

სანაოსნო არხები ემსახურება სატრანსპორტო მიზნებს, მათი ძირითადი ზომები განისაზღვრება არხებში მცურავი გემების გაბარიტებით, აგრეთვე ტვირთბრუნვის ოდენობით.

სარწყავი ანუ ირიგაციული არხების დანიშნულებაა წყლის მიყვანა კეების წყაროდან სარწყავი მიწის მასივებამდე; ესენია მაგისტრალური არხები, მათი განშტოებანი და სხვადასხვა თანრიგის განშენაწილებელი და სარწყავი არხები. ამ არხების განიკვეთის ზონებისა და ქანობების განსაზღვრა, აგრეთვე სარწყავი მასივის ფარგლებში მათი ტრასირების საკითხის გადაწყვეტა ხდება წყლის ხარჯების სიდიდითა, რწყვის რევიმის, ადგილმდებარეობის რელიეფის და ფილტრაციით წყლის მოსალოდნელი დანაკარგების გათვალისწინებით.

წყალსადენი და გამაწყლოვანებელი არხებს აშენებენ სათანადო წყაროებიდან მოხმარებლამდე წყლის მისაყვანად. გამაწყლოვანებელს უწოდებენ ყველა იმ არხს, რომლითაც აწარმოებენ წყლის მიწოდებას არა მარტო წყალმომარაგების, არამედ აგრეთვე მორწყვისა და სხვა სამეურნეო მიზნებისათვის.

გარდა მოსკოვის სახელობის ცნობილი არხისა, რომლის საერთო სიგრძე 30 კმ-ია და რომელსაც დაკისრებული აქვს მოსკოვის წყალმომარაგების ფუნ-

ქცია, უკანასკნელ წლებში საბჭოთა კავშირში აშენდა მრავალი დიდი არხი წყალმომარაგების, მორწყვისა და გაწვლოვანებისათვის, რომელთაც ძალიან დიდი მნიშვნელობა აქვთ ქვეყნის სახალხო მეურნეობისათვის (იხ. ცხრილი 19-1, რომელიც ვაღმოვლებულია [14]-დან).

დამშრობი არხები გაქყავთ ჰრილში, დასაშრობი ტერიტორიის ყველაზე დაბალ ადგილებზე. მათი დანიშნულებაა წყლის შეკრება დასშრობი და სადრენაჟო ქსელიდან და მისი მიყვანა წყალმიმღებებში, წყალდენებში, წყალსატევებში და ა. შ. ცალკეულ შემთხვევებში დიდ დამშრობ არხებს იყენებენ სარწყავად და ადგილობრივი წყლის ტრანსპორტისათვის.

ცხრილი 19-1

წყალმომარაგების, მორწყვისა და გაწვლოვანების მიზნებისათვის 50-60-იან წლებში საბჭოთა კავშირში გაყვანილი ზოგიერთი დიდი არხი

არხის დასახელება	სიგრძე კმ-ობით	სათვის ხარჯი მ ³ /წმ-ობით
ჩრდილოეთ დონეო-დონბასი	132	25
დნეპრი - კრაიოიაროვი	76	35
ირტიში - ყარაგანდა	455	76
დნეპრი - დონბასი . .	260	120
ყარაულის	1410	120
ჩრდილოეთ ყირიმის	493	380
ნეინოშისკის*	50	75
სტავროპოლის დიდი არხი*	475	180

შენიშვნა: ვერცხლავით აღნიშნული არხების ვარდნილებზე აგებული ოთხი ჰიდროელექტროსადგური.

ხე-ტყის დასაცურებელ არხებს იყენებენ დამზადების ჩადგილიდან გამოყენების ადგილამდე ან მდინარემდე ხე-ტყის დასაცურებლად (ტივების სახით) მისი შენდგომი გადაადგილებისათვის. ასეთი არხების ზომები დამოკიდებულია დაცურების სახეობაზე, ნორების სიგრძესა და ტივების ზომებზე.

თევზსატარი არხებით თევზს ატარებენ ბუნებრივი ქვირითსაყრელებისაკენ ან თევზსაშენ მეურნეობათა ნაგებობებისაკენ.

წყალსაგდებ არხებს აწყობენ მიწის კაშხალებთან ან ზოგიერთ სხვა ჰიდროტექნიკურ ნაგებობასთან ზედა ბიეფიდან ქვედა ბიეფში კარბი წყლის გადასაგდებად.

კომპლექსური არხებით ერთდროულად ემსახურება სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა მოთხოვნებს და ჩვეულებრივ დიდი არხებია. დანიშნულებათა შესაბამისად ასეთი არხები შეიძლება იყოს: სანაოსნო-გამაწვლოვანებელი, გამაწვლოვანებელ-ენერგეტიკული, სარწყავ-სანაოსნო და სხვ. სანაოსნო-გამაწვლოვანებლის მაგალითია ვ. ი. ლენინის სახელობის ვოლგა-დონის სანაოსნო არხი, რომელიც გვაღვიან რაიონში ჰქვეს ვოლგასა და დონს შორის არსებულ წყალგამყოფს. ამ წყალგამყოფზე შექმნილია წყალსაცავი, რომელიც სატუმბო სადგურების მეშვეობით იყვება დონის წყლით, შესაბამის პერიოდებში სარწყავ და გამაწვლოვანებელ სისტემებში წყლის თვითდინებით მიწოდებისათვის.

ქვების წყაროდან წყლის მიწოდების ხერხის მიხედვით ერთმანეთისაგან განასხვავებენ თვითდინებით ან წყლის მექანიკური მიწოდებით მომუშავე არ-

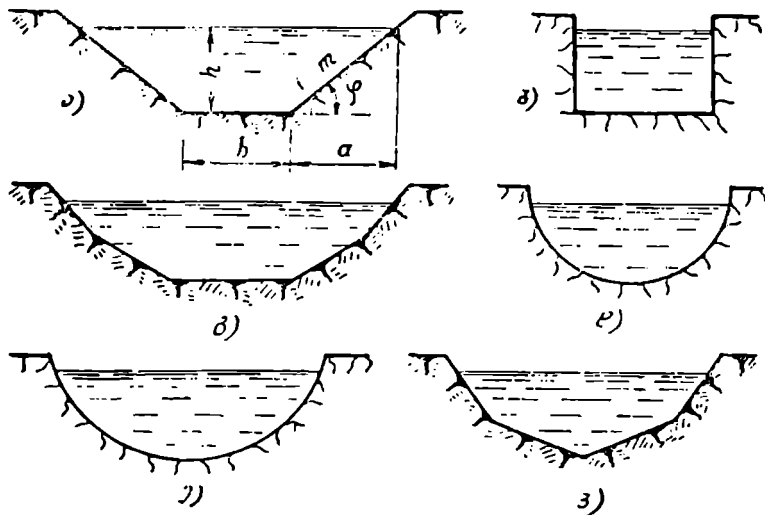
ხებს (არხები მექანიკურა კვებით). უქანასკნელ შემთხვევაში წყლის მიწოდება კვების წყაროდან არხებში ხდება სატუმბი სადგურების მეშვეობით. ასეთ არხებს უფრო ხშირად იყენებენ მალლობებზე მდებარე მიწების მოსარწყავად (მანქანური რწყვა), წყალმომარაგებისათვის, აგრეთვე სანაოსნო არხების წყალგამყოფი უბნებისათვის.

არხების კონსტრუქციაზე გავლენას ახდენს შემდეგი ფაქტორები: ტრასის ტოპოგრაფიული პირობები, რომელთა შესაბამისად არხი შეიძლება გადიოდეს მთლიანად ჰორიზში, მთლიანად ყრილში ან ნახევრად ჰორიზ-ნახევრად ყრილში; არხის მშენებლობის პიდროგეოლოგიური პირობები; განივკვეთის ფორმა; ფსკერისა და ფერდობების გამაგრების ხასიათი, აგრეთვე არხის ფსკერის ქანობები.

რომელ გარუბტებში (ქვიშებში, ქვიშნარებში, თიხნარებში, ლიოსებში, თიხებში და ს. შ.) გამაყალი არხები მოითხოვენ საკმაოდ დამრეცი ფერდობების მოწყობას, წყლის დინების სიჩქარეთა შეზღუდვას და ფილტრაციის საწინააღმდეგო ღონისძიებთა ჩატარებას. მტკიცე ქანებში გამაყალი არხები შეიძლება განხორციელდეს უფრო ციკაბო (ზოგჯერ კი ვერტიკალური) ფერდობებით და მათში შეიძლება დაშვებული იქნეს დინების უფრო დიდი სიჩქარეები.

§ 19-2. არხის განივკვეთის ფორმები და წყლის დინების სიჩქარეები

არხის განივკვეთის ფორმას და მისი ფერდობების ქანობის განსაზღვრავს: არხის ტრასის საინჟინრო-გეოლოგიური პირობები, მისი სიღრმე, ზომები,



ნახ. 19-1. არხის ცოცხალი კვეთის ფორმები:

ა-ტრაპეციული; ბ-სწორკუთხედიანი; გ-პოლიგონური; დ-ნახევარწრიული; ე-პარაბოლური; ვ-ლარტაფის (ბევის) ფორმის.

მოპირკეთების ტიპი, სამუშაოთა წარმოების ხერხი და დანიშნულება. აღნიშნულიდან გამომდინარე, არხის ცოცხალი კვეთის ფორმა შეიძლება იყოს ტრაპეციისებრი, მარაქუხა, ლარტაფის (ბევის) ფორმის, ნახევარწრიული, პარაბოლური და პოლიგონური (ნახ. 19-1).

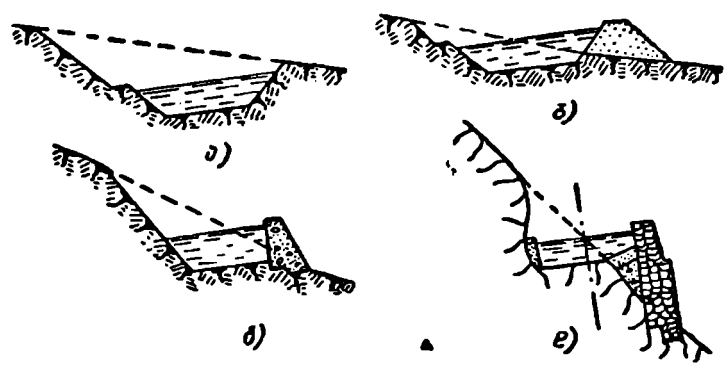
დიდი შავისტრალური არხების მშენებლობის პრაქტიკაში, როდესაც ამასთანავე გეოლოგიური პირობები ერთგვაროვანია, ხშირად იყენებენ ტრაპეციისებრი კვეთის მქონე არხებს. სხვა ფორმებთან შედარებით ასეთი განივკვეთები ხასიათდება ტექნოლოგიური უპირატესობებით მიწის სამუშაოთა წარმოებისა და სამოსის მოწყობის დროს. გარკვეულ პირობებში, როდესაც არხი იჭრება ისეთი გრუნტების წყებაში, რომლებსაც აქვს სხვადასხვა გეოტექნიკური თვისებები, არხის ფერდოებს აძლევენ ტეხილ (პოლიგონურ) მოხაზულობას, ამასთან არხის სხვადასხვა უბნებზე ფერდოების დაბრილობა იცვლება გრუნტის ხასიათის შესაბამისად.

შიდრაელიკური თვალსაზრისით ყველაზე უფრო ხელსაყრელია ნახევარწრიული ფორმის კვეთები, მაგრამ შესრულების სიძნელეთა გამო ასეთს, აგრეთვე პარაბოლური ფორმის კვეთებს (მათი გამოყენება მიზანშეწონილად ითვლება ისეთ გრუნტებში, რომელთაც აქვთ ჩამოქცევისაკენ მიდრეკილება), პრაქტიკაში იშვიათად იყენებენ.

რაც შეეხება მართკუთხა ან მის მსგავს კვეთებს, მათ იყენებენ ისეთი არხებისათვის, რომელთა ტრასა გადის კლდოვან კრილებში.

პოლიგონური მოხაზულობის განივკვეთებს იყენებენ სანაოსნო არხებისათვის, რომელთა ზომებს ნიშნავენ მასში მცურავი სამდინარო გემების მაქსიმალური ზომების მიხედვით ისე, რომ ორმა ასეთმა გემმა თავისუფლად აუაროს გვერდი ერთმანეთს.

როდესაც არხის ტრასა გადის ფერდოებზე, შაშინ მისი განივკვეთის ფორმა და კონსტრუქცია უნდა შეიძინოს კონკრეტული პირობების გათვალის-



ნახ. 19-2. არხის განივი პროფილები ფერდოებზე:

ა-ღამრეც ფერდოზე კრილში; ბ-ნახევადკრილში-ნახევარდყარაში; გ-ციცაბო ფერდოზე საყრდენი კედლით; დ-კლდოვან ფერდოზე ქვის შემომზღუდავი კედლით.

წინებით ისე, რომ უზრუნველყოფილ იქნეს ეკონომიურობაცა და ნაგებობის ნორმალური მუშაობაც (ნახ. 19-2).

არხების ფერდოების დაბრილობა ანუ ფერდოს კოეფიციენტი $m = \frac{c \cdot \xi \cdot z}{a/h}$ ინიშნება ფერდოების მდგრადობის უზრუნველყოფის პირობების მიხედვით. მცირე (3-5 მ) სიღრმის კრილებში გამავალა ტრაპეციისებრი კვეთის არხებს წინასწარი გაანგარიშებასათვის შეიძლება ვისარგებლოთ 19-2 ცხრილში მოცემული მნიშვნელობებით.

არხის ფერდობის m დახრილობის კოეფიციენტთა მნიშვნელობანი

გრუნტები	m	გრუნტები	m
მტკიცე კლდოვანი ქანები	0—0,1	ქვიშნარი, მუხუტე ლიოხი	1,5—2,0
სუსტი კლდოვანი ქანები	0,25—0,5	ქვიშოვანი გრუნტი	2,0—2,5
მკვრივი მძიმე თიხა	0,5 —1,0	წვრილმარცვლოვანი ქვიშა	3,0—4,0
მკვრივი თიხნარი და ხრეშოვან-კენჭოვანი გრუნტი	1,0 — 1,5		

როდესაც არხი საკმაოდ ღრმაა და ამასთანავე იგი გადის რთულ გეოლოგიურ პირობებში, საჭიროა ჩატარდეს მისი შემოწმება ფერდობების მდგრადობაზე ცნობილი მეთოდებით, სახელდობრ, მიწის კაშხალების ფერდობების მდგრადობაზე გაანგარიშების ანალოგიურად.

არხის ცოცხალი კვეთის გაანგარიშება. არხის m ფერდობსა და n სიმქისის კოეფიციენტთა მოცემული მნიშვნელობის დროს ტრაპეციისებრი კვეთის არხების ჰიდრაულიკური გაანგარიშებანი დაიყვანება:

1) არხში წყლის h სიღრმის (მოცემული Q საანგარიშო ხარჯის, არხის ფსკერის b სიგანისა და მისი i ქანობის დროს), 2) არხის ფსკერის b სიგანის (მოცემული Q , h და i დროს), 3) h და b სიდიდეების (მოცემული Q , i და $\beta = \frac{b}{h}$ დროს) და 4) h და b სიდიდეების (მოცემული Q , i (ან v) დროს)

განსაზღვრავს.

ენერგეტიკული, წყალმომარაგებისა და ირიგაციული არხების დაპროექტების დროს ხშირად საჭიროა მესამე ან მეოთხე ამოცანის გადაწყვეტა, ამასთანავე რეკომენდებულია დაპროექტდეს ჰიდრაულიკურად ხელსაყრელი კვეთის არხი.

ასეთი კვეთის განსაზღვრისათვის სარგებლობენ შემდეგი ორი განტოლებით:

$$b/h = 2(\sqrt{1+m^2} - m) \quad (19-1)$$

და

$$R = \frac{h}{2} \quad (19-2)$$

ამ დამოკიდებულებათა გათვალისწინებით შეზის განტოლებიდან

$$Q = \omega C \sqrt{Ri}, \quad (19-3)$$

რავი გარდაქმნების შემდეგ განისაზღვრება არხის სიღრმე

$$h = \left[\frac{1,6Qn}{(2\sqrt{1+m^2} - m)\sqrt{i}} \right]^{2/3}. \quad (19-4)$$

როგორც ჰიდრაულიკის კურსიდანაა ცნობილი, შეზის (19-3) განტოლებაში ω არხის ცოცხალი კვეთის ფართობია, C —კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია არხის განიკვეთის ფორმაზე და მისი კალაპოტის n სიმქისის კოეფიციენტზე; R —ჰიდრაულიკური რადიუსი, ხოლო i —არხის ფსკერის ქანობა.

C კოეფიციენტის განსაზღვრისათვის ყველაზე უფრო ხშირად იყენებენ ნ. პავლოვსკის ფორმულას

$$C = \frac{1}{n} R^y, \quad (19-5)$$

სადაც y არის ხარისხის შაჩენებელი, რომელიც დამოკიდებულია n -ზე და R -ზე და განისაზღვრება სათანადო ფორმულით. სხვადასხვა n -ისა და R -ის შესაბამისი C კოეფიციენტის მნიშვნელობანი მოცემულია ცხრილში, რომელიც თან ერთვის ჰიდრაულიკის სახელმძღვანელოებსა და ჰიდრაულიკურ ცნობარებს. ხშირად ხელოვნური კალაპოტებისათვის y მნიშვნელობა აიღება $1/6$ ტოლი (მაშინ ნ. პავლოვსკის ფორმულა ემთხვევა მანინგისას), რაც იძლევა პრაქტიკული გამოყენებისათვის საკმარის სიზუსტეს.

გვეცოდინება რა არხის სიღრმე, (19-1) ფორმულიდან აღვიღად განვსაზღვრავთ არხის ფსკერის b სიგანეს.

უნდა აღვნიშნოთ, რომ სამუშაოთა წარმოების პირობებით არხის ჰიდრაულიკურად ხელსაყრელი კვეთის გაყვანა არ არის ყოველთვის მოსახერხებელი. მაგალითად, როდესაც არხი უნდა გაითხაროს სათანადო შექანიზმების გამოყენებით (თანამედროვე ჰიდრომშენებლობაში ეს ასეცაა), მაშინ მისი ფსკერის მინიმალური სიგანე ალებული უნდა იქნეს მასში მომუშავე ყველაზე დიდი შექანიზმის განივ გაბარიტულ ზომაზე მეტი. აქედან გამომდინარე, თუ დავეუშვებთ b_{min} სიგანეს, მაშინ (19-1) ფორმულიდან განვსაზღვრავთ არხის h სიღრმეს

$$h = \frac{b_{min}}{2(\sqrt{1+m^2} - m)}. \quad (19-6)$$

ჰიდრაულიკურ გაანგარიშებათა საფუძველზე არხის განივკვეთის ზომების დადგენის შემდეგ იგი უნდა შემოწმდეს დასაშვებ სიჩქარეებზე, სახელობრ, საპირობა შესრულდეს პირობა

$$v_{აგ} > v_{ან} > v_{აგ}, \quad (19-7)$$

$v_{აგ}$ —არაგამრეცი და $v_{ან}$ —არადამლექი სიჩქარეები ნორმირდება სათანადო მითითებათა საფუძველზე.

მოუპირკეთებელ არხებში წყლის მაქსიმალური სიჩქარეები ნორმირდება დასაშვები არაგამრეცი, ხოლო მინიმალური—არადაჰლექი სიჩქარეებით, აგრეთვე ისეთი სიჩქარეებით, როგორც დროს აცილებულია მცენარეულის ამოზრდა და ზამთარში საექსპლუატაციო გართულებანი. მცენარეულის ამოზრდის ასაცალებლად საშუალო სიჩქარე არხში არ უნდა იყოს 0,6—0,7 მ/წმ ნაკლები, თუმცა უნდა შეგნიშნოთ, რომ ეს ღონისძიება არ წარმოადგენს არხებში მცენარეულის ამოზრდის წინააღმდეგ ბრძოლის ეფექტურ საშუალებას.

არაგამრეცი და სიჩქარეების გაანგარიშება. არაგამრეცი სიჩქარეთა დასადგენად არსებობს რიგი ფორმულებისა (ვ. გონჩაროვის, ე. ზამარინის, ი. ლევის, ვ. კნოროვის და სხვ.), მაგრამ მათი საერთო ნაკლია გრუნტის გარეცხვის მოვლენის შეზღუდული პირობები-მხოლოდ ნაწილაკების ზომებითა და ნაქანის სიღრმით დახასიათება, მაშინ როდესაც გარეცხვაზე არაკლებ გავლენას ახდენს ნაქანის სიჩქარეთა პულსაცია, ნატანის ფორმისა და ხვედრითი წონის სხვადასხვაობა, ტურბულენტობის რეჟიმის ცვლილება ფსკერულ ფენაში, შეკვივრობის ძალების წარმოშობა ნაწილაკების დიაგეტრის შემციობით და ა. შ.

ერთგვაროვანი შეუქრული გრუნტებისათვის არაგამრეცი სიჩქარეები შეიძლება განისაზღვროს პროფ. ე. შირცხულოვას შემდეგი ფორმულით, რომელიც ითვალისწინებს ზემოხაზოთვლილ შრავალ ფაქტორს [30]

$$v_{\text{გა}} = l g \left(\frac{8.8h}{d} \right) \sqrt{\frac{2\rho m}{0,44\delta_0 n} [(\delta - \delta_0)d + 2C_{\text{გ.ს}}^{\text{გ}} k]} \quad (19-8)$$

სადაც h არის ნაკადის სიღრმე, d — გრუნტის ნაწილაკების საშუალო დიამეტრი ($d_{\text{გ.ს}}$) მ; m — მუშაობის პირობების კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ნაკადის არსებობას კოლოიდურ მდგომარეობაში (აილება სათანადო ცხრილიდან; სუფთა ნაკადებისათვის $m=1$, ხოლო ნაკადებისათვის, რომლებიც შეიცავინ ნატანს 0.1 კგ/მ³-ზე უფრო მეტს, $m \approx 1.4$); δ_0 და δ — კუთრი წონები შესაბამისად წყლისა და გრუნტის ნაწილაკებისა; n — გადატვირთვის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს სიჩქარეთა პულსაციურ ხასიათს, $n = (v_{\text{მ.რ.}}/v_{\text{გ.ს}})^2 = 1 + d/(0,0005 + 0,3d)$ (აქ $v_{\text{მ.რ.}}$ და $v_{\text{გ.ს}}$ შესაბამისად ნაკადის მაქსიმალური პულსაციური და საშუალო სიჩქარეებია ფსკერთან; d გამოსახულია მეტრობით); $C_{\text{გ.ს}}^{\text{გ}}$ — შეუქრული გრუნტების ნორმატიული დაღლილობითი სიმტკიცე გაწვევტაზე, ტძ/მ². $C_{\text{გ.ს}}^{\text{გ}} = 175/(10^{10}d)$; k — კოეფიციენტი, რომლითაც ხასიათდება შექვიდულობის მაჩვენებლის მოსალოდნელი გადახრა მისი საშუალო მნიშვნელობიდან; იგი განისაზღვრება ექსპერიმენტული მონაცემების სტატისტიკური დამუშავების საფუძველზე, $k = 1 - \alpha \frac{\sigma}{\bar{C}}$ (აქ σ საშუალო კვადრატული გადახრაა C გრუნტის საშუალო შექვიდულობიდან; α — I კატეგორიის არხებისათვის ტოლია 2,65, II კატეგორიისათვის — 2,5, III კატეგორიისათვის — 2,0; წინასწარი გაანგარიშების დროს დასაშვებია k კოეფიციენტის მნიშვნელობა 1-ის ტოლი ავიღოთ).

დასაშვები ფსკერული სიჩქარის განსაზღვრისათვის ზემოთ მოყვანილ (19-8) ფორმულას შეიძლება მივცეთ შემდეგი სახე

$$v_{\text{გ.ს}} = 1,25 \sqrt{\frac{2\rho m}{0,44\delta_0 n} [(\delta - \delta_0)d + 2C_{\text{გ.ს}}^{\text{გ}} k]} \quad (19-9)$$

შეკრული გრუნტებისათვის საშუალო და ფსკერული დასაშვები არაგამრეცი სიჩქარეებისათვის მიღებულია შემდეგი ფორმულები [30]:

$$v = l g \left(\frac{8.8h}{d} \right) \sqrt{\frac{2\rho m}{2,6\delta_0 n} [(\delta - \delta_0)d + 1,25C_{\text{გ.ს}}^{\text{გ}} k]} \quad (19-10)$$

$$v_{\text{გ.ს}} = 1,25 \sqrt{\frac{2\rho m}{2,6\delta_0 n} [(\delta - \delta_0)d + 1,25C_{\text{გ.ს}}^{\text{გ}} k]} \quad (19-11)$$

რომლებშიც გამოყენებულია იგივე აღნიშვნები, რაც წინა ფორმულებში. კლდოვან ქანებში გამავალი არხებისათვის, აგრეთვე სხვადასხვა სახის მოპირკეთებისა და გაშვებისათვის დასაშვები (არაგამრეცი) სიჩქარეები შეიძლება განისაზღვროს სათანადო მითითებათა შესაბამისად¹.

ისეთი კლდოვანი ქანებისათვის, რომელთა სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე (ივალებადობს 500-დან 2000 კგ/სმ²-მდე, ხოლო წყლის სიღრმე არხში 3-დან 10 მ-მდე, აღნიშნულ მითითებათა შესაბამისად დასაშვები (არაგამრეცი) სიჩქარეები ცვალებადობს 10-დან 25 მ/წმ-მდე. წყლის იგივე სიღრმეთა

დროს 75-დან 300-მდე მარკის ბეტონის მოპირკეთებებისათვის დასაშვებო სიჩქარეებო აიღებო 14-დან 28 მ/წმ-მდე, ხოლო 50—150 მარკის ქვის წყობისათვის ხსნარზე—10-დან 13 მ/წმ-მდე.

არხების დაპროექტების დროს დასაშვებ (არაგამრეცხ) სიჩქარეთო დასა-დგენოდ შეიძლებო ვისარგებლოთ „გლავვიდრონერგოსტროის“ ტექნიკური პირობებითო დო დაპროექტების ნორმების მონაცემებითო¹.

არო დამლექ სიჩქარეთო გონსო ჯოვო ა რხებისათვის იოო დამ-ლექ სიჩქარეთო ვანსო ჯოვო შეიძლებო ნ. ეულოკის, კენედის, ლ. ლოტი-შენკოვის, ბ. სტუდენინიკოვის, მ. ველიკოანოვის, ს. გირშოანის, ე. ზოშო-ჩინის, ი. ლევის, ა. ჩერკასოვის დო სხვოთო ფორმულების გომოყენებით. „გლავვიდრონერგოსტროის“ ტექნიკური პირობების (ТУ—24-03) თონო-ხმოდ—I დო II კლასის არხებისათვის ტექნიკური პროექტის შედგენისოს მათი გონგოოოშებო დოლექვოზე წორობებს სპეციოლურ გომოყელვოთო სოფუძველზე, ხოლო სხვო პირობებში დოსაშვებოთო ა. ჩერკასოვის ფოო-შულის ან ვ. გონჩოოოვის მონაცემების მიხედვით შედგენილ იოო დო-მლექ სიჩქარეთო ცხრილის გომოყენებო¹. აღნიშნული ცხრილის შესობამისოდ, როდესოც წყლის ერთეულ მოცულობოში 0,25-0,05 მმ დიომეტრის ნოწილაკე-ბის შეტულობო 25%-ო, ხოლო 0,05-0,005 მმ დიომეტრის ნოწილაკებისო -75% დო არხში წყლის სოშუოლო სიღრმე $h=0,3—3,0$ მ დო მოსში 0,005 მმ-ზე მსხვილი ფოოქიის წონითი შედგენილობო აღეშოტებო 5%-ს, კრიტიკული არო დამლექი სიჩქარეები ცვოლებოდოს 0,45—1,20 მ/წმ ფოოოგლებში. შეწო-ნილი ნოტონის სხვო ფოოქიული შედგენილობისო დო სხვო შეტულობის დროს კრიტიკულ არო დამლექ სიჩქარეებს აქვო სხვო მნიშვნელობანი.

ზღვრული სიჩქარეები ზოშოთრის რეჟიმის მიხედვით, არ-ხის ზოშოთრის რეჟიმის შესობამისოდ ზღვრული სიჩქარეები უნდო დოვნიშნოთ ისე, რომ მოსში არ წოოოოოშვოს ყინულის ფენო, რომელიც ამციოებს არხის ცოცხალ კვეთს დო იწვევს დოშოტებით ხოხუნს. შედოპირული ყინული არ წოო-შოოოშობო მოშინ, როდესოც ნოკოდის სიჩქარე არხში აღეშოტებო 2-3 მ/წმ, მოკოამ ყინულის სოფოარის იოოოსებოების შეშოხვევოში არხში შეიძლებო წოოოო-შვოს თოში, მისი წოოოოშობის თოვიდონ ასოცილებლად ზოშები უნდო მივილოთ შოირე სისქის ზედოპირული ყინულის შესოქმენლად. როდესოც დიდი როოდე-ნობის თოშის აცილებო შეუძლებელიო, მოშინ სოპოოოოო არხში გოთეოლისწო-ნებულ იქნეს მისი გოდამგდებო მოწყობილობანი (თოშსოკდებები), ხოლო თვით არხის ტრასირებო შოხდეს მოსოხვევების როც შეიძლებო მინიმოლური როო-დენობით.

ენერგეტიკულ არხებში წყლის სიჩქარეს დო, მოშოსოდამე, არხის ქონობს გონსო ჯოვო რექნიკურ-ეკონომიკური გონგოოოშების სოფუძველზე. ყველოზე ეკონომიკურ გოდოწვეტოდ მიიჩნევენ ისეთს, რომლის დროს არხის მოვლოზე გოსოწვევი ყოველწლიური დონახოოოებისო (სოექსპლუოოოოოო ხოოოგები პლუს იმორტოზოციის ანოოოციებში კოპოტოლურ რემონტზე დო კოპოტოლდობანდების სრულ აღდგენოზე) დო არხის ქონობის გოზრდით მიღებული ელექტროენერგოის ყოველწლიური დონოკოოგების დირებულების ჯოში იქნებო მინიმოლური. კოპო-შოლური ვოოიონტის არჩევო შეიძლებო შოვოხდინოთ აგრეთვე „მოსოციდვის ვო-დების“ შეთოდის გომოყენებით.

¹ Справочник по гидравлическим расчетам. Под редакцией П. Г. Киселева. Изд. „Энергия“, М., 1972, гл. 199-203.

გემების წყვის ეკონომიკურობის პირობიდან გამომდინარე, წყლის სიჩქარე სანაოსნო არხებში ჩვეულებრივ არ აღემატება 0.8 მ/წმ-ს.

წყალსადენ არხებში ყინულის საფარის წარმოშობის, ხოლო ამის შედეგად გამტარუნარიანობის მნიშვნელოვანი შემცირების ასაცილებლად აწყობენ დამთბუნებელ სახურავებს. ასეთი არხების გადახურვას მიმართავენ სანიტარული მიზნებითაც, რადგანაც არხის ტრასა გადის დასახლებულ ადგილებში (ამის მაგალითია მოსკოვის სახელობის წყალსადენი არხი).

§ 18-8. წყლის დანა:არხებში არხებიდან

ერთმანეთისაგან განასხვავებენ არხებიდან წყლის დანაკარგების სამ სახეს: 1) ატმოსფეროში აორთქლებას, 2) გრუნტში ფილტრაჟიას და 3) არხზე მოთავსებულ ნაგებობათა ქვეშე მათი შემოვლით წარმოებულ ფილტრაჟიას. აღნიშნული დანაკარგებიდან შეიძლება მნიშვნელოვანი აღმოჩნდეს პირველი ორი; რაც შეეხება მესამეს, იგი სიმციროს გამო გაანგარიშებათა დროს შედეგობაში არ მიიღება.

1. წყლის დანაკარგები აორთქლებისას

აორთქლებისას დანაკარგი დამოკიდებულია არხების განლაგების რაიონის კლიმატურ პირობებზე; იგი იზომება არხის წყლის მთელი სარკისებრი ზედაპირიდან აორთქლებული წყლის ფენით. აღნიშნული ფენის განსაზღვრა შეიძლება ჰიდროლოგიის სათანადო ფორმულებისა და აორთქლების რუკების გამოყენებით.

წყლის დანაკარგი აორთქლებისას განისაზღვრება ფორმულით

$$W_{\text{გ}} = h \cdot Q, \quad (19-12)$$

სადაც h აორთქლების ფენის სისქეა მ-ობით, ხოლო Q - არხის სარკისებრი ზედაპირის ფართობი. კლიმატური პირობების მიხედვით ეს დანაკარგები შეადგენს 300 დან 800 მმ-მდე წელიწადში.

აორთქლებისას დანაკარგების შესაშვრებლად, რომელიც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია სსრ კავშირის სამხრეთი რაიონებისათვის, საჭიროა არხების გასწვრივ 10—15 მ სიგანეზე გაშენდეს ტყის ზოლები.

2. წყლის დანაკარგი ფილტრაჟისას

წყლის დანაკარგებმა ფილტრაჟისას შეიძლება მნიშვნელოვან სიდიდეს მიიღწიოს, განსაკუთრებით ირიგაციულ არხებში (მათი სასარგებლო ხარჯის 50-60%). ასეთი დანაკარგები აძვირებს არხების მშენებლობას იმის გამო, რომ მოითხოვს მათი კვეთების გაზრდას, მნიშვნელოვნად ზრდის იმ არხების საექსპლუატაციო ხარჯებს, რომელთა კვება წარმოებს სატუმბო სადგურების მეშვეობით.

ფილტრაჟიული მოვლენების შეფასებისას ძირითადი მნიშვნელობა ენიჭება არხის ტრასის გეოლოგიურ და ჰიდროგეოლოგიურ პირობებს, სახელდობრ, გრუნტების ხასიათს და გრუნტის წყლების მდებარეობას სიღრმეში, აგრეთვე, არხის ზომებს. არხებიდან წყლის ფილტრაჟის ხარჯების გასაანგარიშებლად ნ. პავლოვისკის, ვ. კედერნიკოვის, ვ. არაჟინის და სხვათა შიგრი მიღებულია რიგი თეორიული ამონახსნებისა.

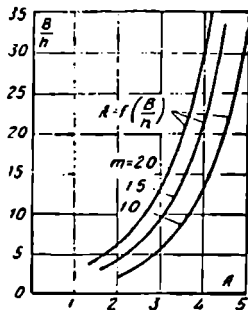
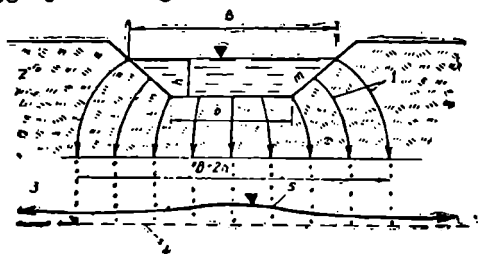
როდესაც გრუნტის წყლების ჰორიზონტი ღრმად არის მოთავსებული, მაშინ ბრტყელი ამოცანის პირობებში წყლის ფილტრაჟია არხიდან იწარმო-

ებს 19-3 ნახაზზე ნაჩვენები სქემის მიხედვით. ასეთი შემთხვევისათვის ფილტრაციული ხარჯი არხიდან შეიძლება განისაზღვროს ვ. ვედერნიკოვის შემდეგი ფორმულით

$$Q = 0,0116kL(B + Ah), \quad (19-13)$$

სადაც k არის ფილტრაციის კოეფიციენტი, მ/დღე-ღამეში; L —არხის სიგრძე კმ-ობით; B —წყლის ზედაპირის სიგანე არხში; h —წყლის სიღრმე არხში, ხოლო A —პირველი გვარის სრული ელიფსური ინტეგრალების გაორკეცებულ ფარდობა. ტრაპეციისებრი კვეთის არხისათვის A სიდიდის რიცხობრივი მნიშვნელობა განისაზღვრება ვ. ვედერნიკოვის მიერ შედგენილი $A = f(B/h)$ გრაფიკით (ნახ. 19-4), ხოლო სამკუთხე კვეთის არხისათვის—ფორმულით

$A \approx 2,123 \frac{\alpha}{\pi} + 1,47$, ანდა ზოგადად $A = f(\alpha)$, სადაც α არის ფერდოს დახრილობის კუთხე პორიზონტთან.



ნახ. 19-3. არხიდან წყლის ფილტრაციის სქემა: 1-ღენის წარება; 2-თიხნარი; 3-ქვიშნარი; 4-გრუნტის წყლების დონე ფილტრაციამდე; 5-გრუნტის წყლების დონე ფილტრაციის დროს.

ნახ. 19-4. $A = f(B/h)$ ფუნქციის გრაფიკი ტრაპეციული კვეთის არხისათვის.

თუ გრუნტის წყლების პორიზონტის ნიშნული ტოლია არხში არსებული წყლის დონის ნიშნულსა, მაშინ არხიდან ფილტრაციული ხარჯი $Q = 0$, ხოლო გრუნტის წყლების დონის უფრო მაღალი მდებარეობის შემთხვევაში იწარმოებს შებრუნებული ფილტრაცია, ე. ი. არხის ხარჯის გაზრდა მასში შემოსული გრუნტის წყლებით.

ექსპლუატაციაში არსებულ არხებზე (უპირატესად ირიგაციულ არხებზე) ჩატარებულ დაკვირვებათა შესაბამისად ა. კოსტიაკოვი მიუთითებს, რომ ფილტრაციული დანაკარგები მცირდება არხის ხარჯის გადიდებით. მაგალითად, არხებისათვის, რომელთა ხარჯი $Q = 1-1,5$ მ³/წმ, ფილტრაციული დანაკარგი აღწევს არხის ხარჯის 3-4% ს, ასევე, როდესაც არხის $Q = 20-100$ მ³/წმ, დანაკარგი შეადგენს 0.15-0,5% ს, $Q = 100-200$ მ³/წმ დროს—0,15-0,05%-ს, ხოლო არხებისათვის, რომელთა ხარჯი $Q = 200-300$ მ³/წმ, დანაკარგები ცვალებადობს 0,05-0,02%-ის ფარგლებში.

ზოგ შემთხვევაში საკითხი წამოიჭრება წყლის კაპილარული შთანთქმის გასათვალისწინებლად, მაშინ ტრაპეციისებრი არხისათვის ფილტრაციული ხარჯი შეიძლება განისაზღვროს ა. კოსტიაკოვის შემდეგი ფორმულით.

$$Q = 0,0116kL(b + \sqrt{b^2 + 4h^2} \sqrt{1 + m^2}), \quad (19-14)$$

სადაც k ფილტრაციის კოეფიციენტი განსაზღვრულია მ/დღე-ღამეში, ხოლო L არხის უბნის სიგრძე—კმ-ობით; ν კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს კაპილარულ შთანთქმას (აიღება 1,1-1,4 შუალედში).

დროთა განმავლობაში, წყლის ფილტრაცია არხებიდან მცირდება ბუნებრივი კოლმატაციის შედეგად. ასე, მაგალითად, 6 წლის ექსპლუატაციის შემდეგ ყარაყუმის არხზე წყლის ფილტრაციული დანაკარგი 1 კმ სიგრძეზე შემცირდა 0,41 მ³/წმ-დან 0,2 მ³/წმ-მდე.

წყლის ფილტრაციის შესამცირებლად ტარდება სხვადასხვა ღონისძიებანი არხების კალაპოტების წყალშუღლწევობის გასაზრდელად. ყველაზე უფრო ეფექტური ხერხებია კოლმატაჟი და მექანიკური გამკვრივება.

კოლმატაჟი წარმოადგენს არხის კალაპოტის გრუნტების ფორების შეესების პროცესს, რომელსაც ახორციელებენ არხის წყალში ხელოვნურად შეყვანილი გრუნტის წვრილი ნაწილაკებით.

არხის კალაპოტის მექანიკური გამკვრივებისათვის მას წინასწარ აფხვიერებენ, ხოლო შემდეგ ტუპნიან ან ბეკნიან სათანადო მანქანებისა და მოწყობილობათა გამოყენებით.

გარდა აღნიშნული ძირითადი ხერხებისა, იყენებენ: დამარილიანების (გრუნტებში მარილების შეყვანის), დანავთობიანების (ნავთობის ან ნავთობისა და კირის რძის ნარევით გრუნტის მორწყვის), აგრეთვე ცემენტების, სილიკატების და სხვა მასალების გამოყენებით გრუნტების განმტკიცების ხერხებს.

ფილტრაციასთან საბრძოლველად უფრო საიმედო შედეგებს აღწევენ არხების ფერლოებისა და ფსკერის ფილტრაციის საწინააღმდეგო სამოსების მოწყობით. მათი დანიშნულებაა არა მარტო ფილტრაციასთან ბრძოლა, არამედ აგრეთვე გარეცხვისაგან არხის კალაპოტის დაცვა, სიმქისის შემცირება და სხვ.

§ 19-4. არხების ხამოსები (მოპირკეთებანი)

იორგაციული, აგრეთვე წყალშომარაგების არხების სამოსების ძირითადი დანიშნულებაა მათი ცოცხალი კვეთების დაცვა გარეცხვისაგან და ფილტრაციულ მოვლენებთან ბრძოლა. ენერგეტიკულ არხებს თითქმის ყოველთვის უკეთებენ ამა თუ იმ ტიპის სამოსს (მოპირკეთებას), რაც ნაკარანხებია როგორც გაურეცხაობისა და ფილტრაციის საწინააღმდეგო მოთხოვნებით, ისე არხის ცოცხალი კვეთის სიმქისის მნიშვნელოვანი შემცირების საჭიროებით.

არხების დაპროექტების დროს მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული ის გარემოება, რომ სამოსის მოწყობა მკვეთრად ზრდის მისი მშენებლობის შრომატევადობას და ღირებულებას, ამიტომ ეს საკითხი საკმაოდ გულდასმით უნდა იქნეს შესწავლილი ტექნიკურ-ეკონომიკური თვალსაზრისით. აქედან გამომდინარე უპირატესობა უნდა მიეცეს მოუპირკეთებელ არხებს. ამჟამად წარმატებით მიმდინარეობს ექსპლუატაცია და მშენებლობა ძალიან გრძელი არხებისა, რომელთაც აქვთ ათეული და ასეული კილომეტრი სიგრძის მოუპირკეთებელი უბნები (ყარაყუმის, ნევირომისკის, სტავროპოლის დიდი არხი და სხვ.)

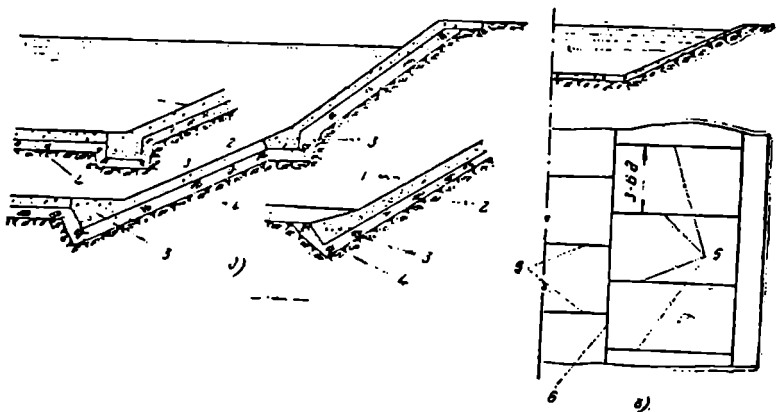
წყალსადენი არხების მშენებლობის დროს მოპირკეთების მოწყობა რიგ შემთხვევაში განპირობებულია წყლის ხარისხის მოთხოვნებით, სახელობრ, არხში მცენარეულის ამოზრდის აცილებით. მაგრამ ჩრდილო დონეც-დონბაისის არხის ექსპლუატაციის გამოცდილებით დასტურდება, რომ მოპირკეთების მოწყობა ჯერ კიდევ არ ნიშნავს წყლის ხარისხის გაუმჯობესების გაანტყას. მისი მოწყობის სასარგებლოდ საკითხის დადებითად გადაწყვეტა

უნდა ეფუძნებოდეს არხის ექსპლუატაციის ჰიდრობიოლოგიური პირობების ანალიზის შედეგებს.

არხების ცალკეულ უბნებზე, რომლებიც გადიან რთულ ჰიდროგეოლოგიურ პირობებში—სუსტ და ძლიერ მფილტრავ გრუნტებში, აგრეთვე უბნებზე, სადაც შესაძლებელია მომიჯნავე ტერიტორიების დატბორვა, გამოყენებული უნდა იქნეს ამა თუ იმ ტიპის სამოსი. ქვემოთ მოცემულია სხვადასხვა დანიშნულების არხების მოპირკეთებათა ყველაზე უფრო გავრცელებული და პროგრესული სახეობანი.

1. მოპირკეთება ბეტონითა და რკინაბეტონით

არხების მოპირკეთების ყველაზე გავრცელებული და ამასთანავე უნივერსალური სახეა ბეტონითა და რკინაბეტონით მოპირკეთება. უკანასკნელი პრაქტიკულად გამოიყენება ყველა იმ შემთხვევაში, როდესაც საჭიროა მოეწყოს არხის მტკიცე, ბზარმედეგი სამოსი. ბეტონის მოპირკეთების გამოყენება მიზნშეუწონელია ბურცვად და დაჯდომად გრუნტებში, არხის ისეთ უბნებზე, სადაც წარმოებს წყლის დონის შვეთრი ცვალებადობა, აგრეთვე იმ უბნებზე, სადაც დაწნევიით გრუნტის წყლები გამოდის არხის ფერდოზე. რადგან ბეტონითა და რკინაბეტონით მოპირკეთება ამეაიად ყველა სხვა სახეობის მოპირკეთებაზე უფრო ძვირი ჯდება, მათი გამოყენების საჭიროება გულდასმით



ნახ. 19-5. არხის ბეტონის შონოლითური სამოსი:

ა-ბეტონის მოპირკეთების კონსტრუქციული სქემები; ბ-მოპირკეთების განვი და გრძივი ნაკერების სქენი; 1-ბეტონის მოპირკეთება; 2-ქვიშა-სრეშოვანი საგეჯი; 3-შისაბყენი; 4-არაკლდოვანი გრუნტი; 5-მოპირკეთების განვი ნაკერები; 6-მოპირკეთების გრძივი ნაკერები.

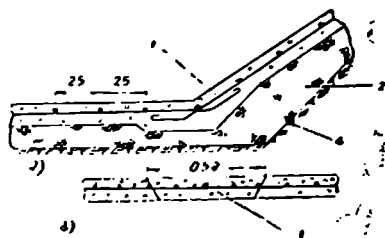
უნდა იქნეს დასაბუთებული, განსაკუთრებით დიდი მოცულობის სამუშაოთა დროს.

ბეტონითა და რკინაბეტონით მოპირკეთებანი შეიძლება იყოს შონოლითური და ასაწყობი (ნახ. 19-5 და 19-6). უკანასკნელის გამოყენება მნიშვნელოვნად ამცირებს მშენებლობის ვადებს, მაგრამ მათი უარყოფითი მხარეა ის, რომ ფილებს შორის არსებული ნაკერების გამო ჰერმეტიზაცია ირღვევა ექსპლუატაციის 5-7 წლის შემდეგ. ნაკერების მოშლის ძირითადი

შიზეზები ტემპერატურული და დაჯდომითი დეფორმაციები. აშემაღლ არსებობს ბეტონითა და რკინაბეტონით მოპირკეთების ნაკერების შემჭიდროების მრავალი კონსტრუქცია, რომელთაგან ყველაზე პერსპექტიული ნაჩვენებია 19-7 ნახაზზე.

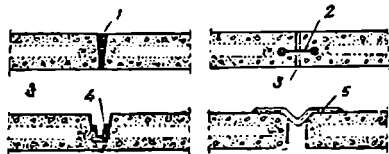
უკანასკნელ წლებში ჩვენი ქვეყნის პილრომშენებლობის პრაქტიკაში გავრცელებას პოულობს ყველაზე საიმედო შემჭიდროება ორმუშტა პროფილის ჩასატანებელი რეზინის სოგმანით. ასეთ პირაპირებს აწუბენ მონოლითური კონსტრუქციის მოპირკეთებებში, მაგრამ შათი ნაკლოვანი მხარეა მოწყობის სიძნელე. საზღვარგარეთ სპეციალური რეზინის გამოყენებით ასეთი პირაპირები მუშაობს რაძდენიმე ათეული წლის მანძილზე. ჩვენი ქვეყნის პრაქტიკაში ამჟამად ყველაზე მეტად გავრცელებულია პირაპირები ბიტუმი-ცემენტის ან ცემენტის შემჭიდროებით.

ნაკერების პერმეტრიაციისათვის უცხოეთის მშენებლობის პრაქტიკაში ფართოდ გამოიყენება და ამჟამად ჩვენიშიაც იყენებენ სინთეზურ მასალებს თიოკოლების (ნახევრად სულფიდურ კაუჩუკების) და სილიკონების (კაეორგანული შენაერთების) საფუძველზე, აგრეთვე პოლიმერულ მასალებს პოლიზოთუთილენების, ბუთილ-კაუჩუკების და ეპოქსიდური ფისების საფუძველზე. ბეტონით მოპირკეთების ქვეშ, როგორც წესი, აწუბენ მფილტრავ ფენას ხრეშისაგან, ლორღისა ან მსხვილი ქვისაგან.



ნახ. 19-6. არხის რკინაბეტონის მონოლითური საშოსი:

ა-არხის ფერდოსა და ფსკერის შეერთების კონსტრუქცია; ბ-მოპირკეთების სპეციალური ნაკერი; 1-ორმუშტა 5/10 12 სივრცეზე; 2-ქეიშა ხრეშის სივრცე; 3-ფიკერის ბეტონი, რომელსაც აწუბენ ფისების დაბეტონებთან 30-40 ღლის შემდეგ; 4-არაქლოვანი გრუნტი.



ნახ. 19-7. ბეტონის მოპირკეთების ნაკერთა კონსტრუქციები:

1-მასტია; 2-ორმუშტა რეზინის სოგმანი; 3-ფენარის შუალი; 4-თეთრშემჭიდროებადი პროფილის რეზინის სოგმანი; 5-შინაქსოვილი.

ბეტონისა და რკინაბეტონის ასაწყობი ფილებების ზომებს იღებენ მაქსიმალურს, მათი დამზადების, ტრანსპორტირებისა და მონტაჟის პირობების მიხედვით, რათა შემცირებულ იქნეს ნაკერების სივრცე. ჩვეულებრივ, ასაწყობი ფილების სისქე არ აღემატება 10 სმ-ს.

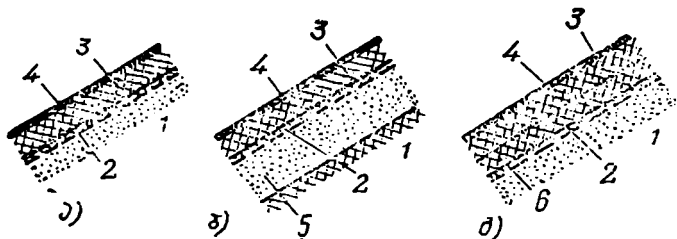
2. ახფალტბეტონით მოპირკეთებანი

ახფალტბეტონით მოპირკეთებამ საკმაოდ ფართო გავრცელება პოვა როგორც საზღვარგარეთის რიგ ქვეყნებში, რე სსრ კავშირის პილროტექნიკური მშენებლობის პრაქტიკაში. აშშ-ში, საფრანგეთსა და გერმანიის ფედერაციულ რესპუბლიკაში ახფალტბეტონით მოპირკეთება წარმატებით აძევებს ფელტრაციის საწინააღმდეგო ყველა სხვა სახის საფარს.

ახფალტბეტონით მოპირკეთებანი ხასიათდება ტექნიკური უპირატესობებით, მათგან შიიშენლოვანია: მაღალი წყალშეუღწევლობა, პლასტიკურობა, რომელიც საშუალებას იძლევა გამოყენებულ იქნეს ფი დეფორმირებად

(ბურცვად) და დაჯდომად გრუნტებში ნაქერების მოუწყობლად; მასალის თვისებების ცვლადობის შესაიღწერება საკმაოდ ფართო საზღვრებში მისი შედგენილობის ცვლილების გააო; ასფალტბეტონის დახალებისა და წყობის დროს ხვეულობიკი ასფ.ლტბეტონი დაიადგარებისა და საგზო ინჟინერების გაოყენების შესაიღწერება. ასფალტბეტონით მოპირკეთება, გარდა იისა, რომ აქეს ნალალი ტექნიკური ხახეიებლკები, აისათახეე ფოილ ეკოზომიურია. სამუშაოთა განსაზღვოული მოცულობის დროს ასფალტბეტონით მოპირკეთებათა ღირებულება 30—40%-ით უფრო ბირება, კიდრე ოკიხაბეტონის შეღახისის მოცულობის მოპირკეთება აბლოგიურ პიორბების. დიდი მოცულობის ასფალტბეტონის სამუშაოთა შესრულებისას განსხვავება ღირებულებათ უფრო არსებითი იქნება.

ასფალტბეტონით მოპირკეთებათა ტექნიკური მაჩვენებლები შეიძლება კიდევ უფრო ბიძენელოვხად გაუმჯობესდეს კონსტრუქციაში დიაბეტითი ელემენტების მეტაბით, სახელდობო, ლითონის ბადით დააოხატუების გამოყენებით. ასეთ კონსტრუქციულ ღობისძიებას ითვალისწინებენ ბლიერ დეფორბიოებადი ფუძების შეითევევაში, როდესაც იგი პრაქტიკულად შეუცვლელია.



ნახ. 19-8. :სფალტბეტონის საშისის (მოპირკეთების) კონსტრუქცია:

- 1-უშელოდ ეუძის გრუნტზე დავებლი საფარი; ბ.ივიე ფუძის ბურცვდი გრუნტის დროს;
- 2-გაბლიერებლი საფარი შვიი ფილტრის ფენაზე; 3-კრბიციტით დამუშეებლი ფუძის გრუნტის ფენა; 3-ასფალტბეტონის საფარი; 4-ზევაირული დამუშეების ფენა; 5-ქვიშოვანი მასლის საგები ფენა ბურკვილი ფუძეების შემთხვევაში;
- 6-ფოროვანი ასფალტბეტონის გარდამავალი ფენა (შვიი ფილტრი).

ასფალტბეტონით მოპირკეთება შეიძლება იყოს ერთ და მრავალფენიანი; ერთფენიანის სისქე 4—6 სმ აიღება, მრავალფენიანისა კი განისაზღვრება გაანგარიშებით. ასფალტბეტონის საფარის კონსტრუქცია დამოკიდებულია ფუძის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე და მოპირკეთებისადმი წაყენებულ მოთხოვნებზე. საფარის ყველაზე უფრო გაურკვევბული კონსტრუქცია ნაჩვენებია 148 ნახაზზე.

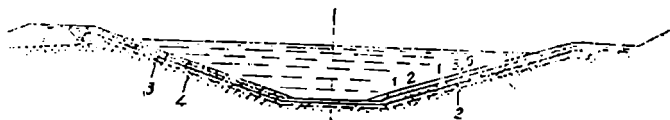
ბურცვადი გრუნტების შემთხვევაში რეკომენდებულია მოპირკეთების ქვეშ გაკეთდეს ქვიშოვანი მასალის ფენა. მცენარეულის ამოზრდისაგან საშისის დასაცავად ითვალისწინებენ გრუნტის დაუშავებას ჰერბიციდებით. მოპირკეთებისათვის იყენებენ მკვრივ ქვიშოვან და წერილმარცვლოვან, აგრეთვე ფოროვან საშელომარცვლოვან და მსხვილმარცვლოვან ასფალტბეტონებს.

8. პოლიმერული მახალბების ეკრანები

პოლიმერული მახალბები, რომლებმაც თანდათანობით პოვეს ვავრცელება არხების მშენებლობაში, მიიღება სინთეზური მალალმოლეკულური შენაერ-
184

თების საფუძველზე. ისინი ხასიათდებიან მცირე სისქით, მოქნილობით, სიმტკიცით და პრაქტიკულად სრული წყალშეუღწევადობით. სწორედ აღნიშნულმა თვისებებმა განაპირობა მათი განოყენება არხების ფელტრაციის საფინალ დეგო საფარებად. ამ წახლეების ნაკლოვანი მხარეებია არაზედგობა ისეთი შენობებებით ხასიათის ზემოქმედებებისადმი, როგორცაა მაგალითად, მღრღნელების მუშაობა, მცენარეულის ამოზრდა და სხვ. გარდა ამისა, იგი საქმოდ სწრაფად ძველდება ტემპერატურის აწევის გავლენით. გამოკვლევებმა დაადასტურა, რომ სტაბილიზებული პოლიმერული აფსკების სამსახურის ვადა ქვეყნის შუა ზოლში 40 წელს აღწევს, ხოლო სამხრეთ რაიონებში—25-30 წლამდე. საბჭოთა კავშირში (შუა აზიასა და უკრაინაში) შიდალ საარწყავ არხს ბოწობილი აქვს პოლიმერული აფსკის ეკრანები, ამასთანავე ყველაზე მეტად გამოყენებულია პოლიეთილენისა და პლასტიფიცირებული პოლივინილქლორიდის აფსკები. საზღვარგარეთის პრაქტიკაში ამ მასალების გარდა გამოიყენება ვინილისა და ბუთილის კაუჩუკის აფსკები და სხვ.

არხების აფსკოვანი საფარის დასაცავად იყენებენ ორი სახეობის (დამც-



ნახ. 19-9. არხის კვეთი პოლიმერული აფსკის ეკრანით:

1-პერმეაბლობი დანჯერული ფელტის გრუნტის ფენა; 2-პოლიმერული აფსკის ეკრანისა; 3-დამცველი ფენა გრუნტისგან მსხვილი ჩანარების გარეშე; 4-არხის საფარი სრეშის კეჭნარის ან ღორისაგან; 5-აფსკური ეკრანის კილის დასამაგრებელი ტრანშეა.

ველ ფენას—გრუნტისას და ბეტონისას (როგორც ასაწყობს, ისე მონოლითურს), გრუნტის დამცველი ფენების გამოყენება უფრო გავრცელებულია სიბაჟისა და საიმედოობის გამო, მათი გამოყენება უფრო მიზანშეწონილია არხის დამრეცი ფერდობების შემთხვევაში, როდესაც $m \geq 2.5$. ზოგჯერ დამცველი ფენის მდგრადობის გასაუმჯობესებლად არხების წყალშეუღწევად საფარად იყენებენ ხორკლიანი (ოქისი) ზედაპირის მქონე აფსკებს.

პოლიმერული აფსკით შესრულებული არხის ეკრანის კონსტრუქცია ნაჩვენებია 19-9 ნახაზზე ჩვენი და საზღვარგარეთის ქვეყნების მონაცემების თანახმად პოლიმერული მასალების ეკრანების ღირებულება მნიშვნელოვნად უფრო მცირეა, ვიდრე ბეტონის მოპირკეთებისა.

4. ქვის მახალით მოპირკეთება (სამოხეხი)

არხის მოპირკეთება შეიძლება ქვის მასალის გამოყენებითაც, რომელიც განსაკუთრებით მიზანშეწონილია მაშინ, როდესაც არხში არ არის მოსალოდნელი წყლის მნიშვნელოვანი ფელტრაციული დანაკარგები, მაგრამ საკიროა ფერდობების დაცვა წყლის ტალღური ზემოქმედებისაგან, ჩაძოკოებისაგან, ყინულითა და მსურავი სხეულებით მოსალოდნელი მექანიკური დაზიანებისაგან; გაადა ამისა, ასეთი გამაგრება მიზანშეწონილია ფერდობებზე მცენარეულის ამოზრდის პროცესის აღკვეთის ან შენელების თვალსაზრისით, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია წყალმომარაგების არხებისათვის. არხებისათვის ასეთი სამოქმედო გამოყენება ეკონომიკურად მაშინაა გამართლებული, როდესაც ქვის მასალა მოიპოვება ადვილზე.

არხების მშენებლობის პრაქტიკაში ფართოდ გამოიყენება ყველანაირი ქვის მასალა—ხრეში, ლორღა, ქვა, ბუნებრივი ქვიშა—ხრეშოვანი ნარეგებო. მასალის არჩევა ხდება მისი შედარებითი ლირებულების მიხედვით.

ქვის სამოსის ყველაზე გავრცელებული სახეობაა ხრეშითა და ლორღით გამაგრება, რომელიც შეკრულ და არასუფოზიურ გრუნტებში შეიძლება დაეწყოს მონზადების (საგების) გარეშე, ხოლო მცურავ და სუფოზიურ გრუნტებში—ქვიშის საგებზე. სამოსად ძალიან კარგია ბუნებრივი ქვიშა—ხრეშოვანი შენაზავების გამოყენება, თუ არხში სიჩქარე 1 მ/წმ-ს არ აღემატება. ნებისმიერ შემთხვევაში ეს მასალა ეწყობა უშუალოდ დასაცავ გრუნტზე.

ქვაყრილი უპირატესად გამოიყენება სანაოსნო არხების ფერდობების გამაგრებლად (ტალღური ზემოქმედების მისაღებად), ირიგაციულ და წყალმომარაგების არხებში მას იყენებენ ნაგებობებთან შერთების უბნებზე.

ქვით მოკირწყელას უკანასკნელ ხანებში იყენებენ მხოლოდ განსაკუთრებულ შემთხვევებში, რადგანაც ძალიან შრომატევადია.

ქვის სამოსის (გამაგრების) სისქე უნდა დადგინდეს არხის მუშაობის პირობების, ფუძის ხასიათის, არხის ზომების, ფერდობების დაქანების და სხვა ფაქტორების გათვალისწინებით. ხშირად ხრეშის და ლორღის საფარის სისქე არ აღემატება 20—25 სმ-ს, ქვიშა-ხრეშის საფარისა — 30—35 სმ-ს. ქვით გამაგრების სისქე განისაზღვრება აგრეთვე ქვის საანგარიშო სისხოს მიხედვით, ქვიშის ფენის სისქეს ჩვეულებრივ 10—15 სმ-ს იღებენ. მშენებლობის გასაიფებლად ზოგჯერ ცვლადი სისქის გამაგრებას აკეთებენ, ანდა ამაგრებენ არხის მხოლოდ ზედა ნაწილს. უკანასკნელ შემთხვევაში გათვალისწინებული უნდა იქნეს გამაგრების ჩამოცოცების აცილების ღონისძიებანი. ამისათვის იყენებენ თაროებს, ფერდობების გარდატეხას, ხოლო შედარებით იშვიათად—სპეციალურ მისაბჯენებს.

ქვის სამოსები (გამაგრებანი) მოქნილია, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია დეფორმირებად გრუნტებში გამავალი არხებისათვის, შესასრულებლად შარტივია (გარდა მოკირწყელისა) და საჭიროებს მცირე შრომით დანახარჯებს; მაგრამ მათი ნაკლოვანი მხარეა მალალი სიმჭის მიწის არხებთან შედარებით.

6. მოპირკეთებათა და ეკრანების სხვა სახეობანი

არხებიდან წყლის ფილტრაციის შესამცირებლად იყენებენ აგრეთვე გრუნტის ეკრანებს, ტოკრეტის საფარებს, გრუნტ-ციმენტის მოპირკეთებებს. ფილტრაციის შესამცირებლად ეფექტური საშუალებაა არხების გრუნტების უშუალო შემკიდროება—მოტკეპანი, ხელოვნური კოლმატაჟი, ბიტუმიზაცია და სხვა ხერხები.

წყალთა მეურნეობაში მშენებლობის პრაქტიკაში ყველაზე ფართოდაა გავრცელებული გრუნტის (თიხის, თიხნარის) ეკრანების მოწყობა (ტრადიციული ხერხი), რომელიც ეკონომიკურად გამართლებულია ადგილზე საჭირო რაოდენობის მასალის არსებობის შემთხვევაში; ასეთი ეკრანების უპირატესობაა სანსახურის ხანგრძლივობა.

სამამულო და საზღვარგარეთის ქვეყნების გამოცდილებით დასტურდება, რომ რბილ გრუნტებში გამავალი მოპირკეთებული არხების ლირებულება ორჯერ უკრო მეტია, ვიდრე მოუპირკეთებელი არხებისა, ამიტომ არხების მოპირკეთების საკითხის გადაწყვეტისას იგი უნდა სათანადოდ დასაბუთდეს როგორც ტექნიკურად, ისე ეკონომიკურად.

6. მოპირკეთების ღრენიერება (ღრენაე)

იმისათვის, რომ მოეხსნათ არხის მოპირკეთებაზე მოქმედი ფილტრაციული წნევა და მომიჯნავე ტერიტორია დაეიცვათ გრუნტის წყლების დონის აწევისაგან, საჭიროა გაეთვალისწინოთ მოპირკეთების (სამოსის) ღრენიერება. არხის ქვეშ მისი ლერძის გასწვრივ ათავსებენ ერთ ღრენაეს, ხოლო დიდი სიღრმის არხის შემთხვევაში — ორ ღრენაეს არხის ორივე მხარეზე ფერდობის ძირში (ნახ. 19-5). ფილტრაციული წყლების გასაყვანად არხის ტრასის დადბლებულ უბნებზე აწყობენ განივ საწრეტებს (ღრენებს). კონსტრუქციულად არხის მოპირკეთების ღრენაეი არაფრით არ განსხვავდება იმ ღრენაეებისაგან, რომელთაც აწყობენ საყრდენი კვლების უკან.

§ 19-5. არხის ტრასა და გრძივი პროფილი

არხის ტრასირება გულისხმობს ორ პუნქტს შორის არხის ლერძის ოპტიმალური მდებარეობის დადგენას როგორც გეგმაში, ისე ვერტიკალურ სიბრტყეში და ამ ლერძის გადატანას შესაბამის ადგილზე.

არხის ტრასირება არსებითადაა დამოკიდებული ტოპოგრაფიულ და საინჟინრო-გეოლოგიურ პირობებზე, აგრეთვე მის დანიშნულებაზე, დასახელებული პუნქტების, მდინარეების, ლეღების, რკინიგზებისა და საავტომობილო გზების არსებობაზე და სხვ. არხის ტრასა არ უნდა გადიოდეს შეწყვერვან უბნებზე ან ისეთ ფერდობებზე, რომლებზეც მოსალოდნელია ჩამონგრევა არხიდან მომხდარი ფილტრაციისა და გრუნტის წყლების დონის აწევის შედეგად, რადგან მათი გამაგრება დაკავშირებულია დიდ ხარჯებთან და საინჟინრო-ტექნიკურ სიძნელეებთან.

მდგრად ფერდობზე არხი შეიძლება იყოს მთლიანად თხრილში, ანდა მისი ერთი ფერდო გაკეთდეს მიწის ჯებირის ან ბეტონის კედლის სახით; ეკონომიკური თვალსაზრისით უკანასკნელი მიზანშეწონილია ციკაბო ფერდობებზე (ნახ. 19-2).

დაპროექტების საწყის სტადიაში არხის ტრასა დატანილ უნდა იქნეს ადგილმდებარეობის პორიზონტალებიან გეგმაზე შესაძლო მოკლე გზით ან მოცემული ქანობის ხაზის გასწვრივ. თუ ადგილმდებარეობის ქანობი აღემატება მოცემულს (არხის ქანობს), მაშინ იმავდროულად უნდა დაინიშნოს გრძივი პროფილის ვარიანტების (საფეხურების) ადგილები; გარდა ამისა, რელიეფის მკვეთრი ცვალებადობის ადგილებში უნდა დაინიშნოს შემოსავლელი უბნები, სხვადასხვა ხელოვნურ ნაგებობათა (მილსადენები, ვიარაბები, ღარები, ხოლო გზების, მდინარეებისა და ხეების გადაკვეთის ადგილებში — დიუქერები, აკედლუები, ხიდეები და ა. შ.) მოსათავსებელი ადგილები.

არხის გეგმისა და გრძივი პროფილის განხილვის შედეგად შეიძლება უფრო გარკვევით გამოვლინდეს ტრასის ნაკლოვანებანი, მისი ძნელი უბნები, რომლებსათვისაც შეიძლება საჭირო გახდეს დამატებითი ვარიანტების შედგენა. ცხადია, ტრასის ვარიანტები ერთმანეთთან უნდა შედარდეს ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზის მეშვეობით. არჩეული ვარიანტის ტრასას შემდგომ კვალავენ ადგილზე, უკეთებენ კორექტირებას გამოვლენილი პირობების შესაბამისად და შემდეგ ამაგრებენ ადგილზე.

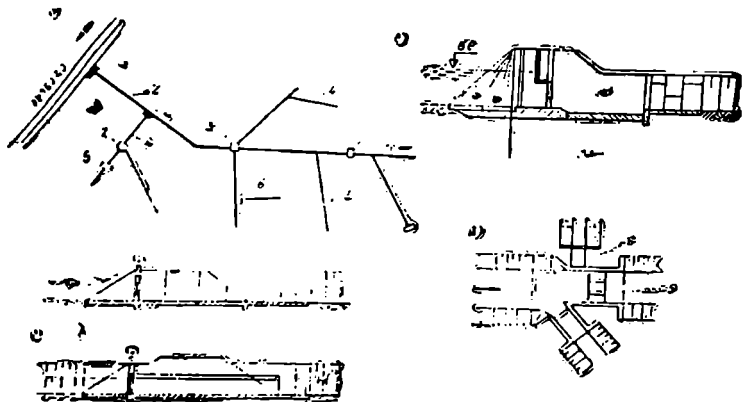
თუ არხის გრძივი პროფილში გამოვლენილია მკვეთრი ცვალებადობის

ადგილებში, მაშინ საჭიროა ამ ადგილებში გათვალისწინებულ იქნეს შემავლლებელი ნაგებობანი (უბნები)—ვარდნილები, სწრაფდენები. გარდა ამისა, ხშირად არხის ექსპლუატაციის პირობები მოითხოვს სხვა სახის ნაგებობებსაც (რეგულატორებს, წყალგამყოფებს, თოშსაგდებებს, წყალსაგდებებსა და სხვ.).

§ 19-6. არხებში მოთავსებული მარეგულირებელი ნაგებობანი

არხზე მოთავსებულ მარეგულირებელ ნაგებობათა მეშვეობით წყალს იღებენ მდინარიდან, წყალსაცავიდან, წყალსატევიდან და ა.შ. და აწოდებენ მაგისტრალურ და უმცროსი რიგის არხებში, ახდენენ წყლის დონეთა რეგულირებას, არხების ნაწილობრივ ან სრულ დაცლას, წყლის ავარიულ გადაგდებას, ნატანისაგან არხის ცალკეული უბნების გარეცხვას. დანიშნულების მიხედვით ერთმანეთისაგან განასხევენ წყალგამშვებ, შემტორავ (გადაშობ), საგდებ (შესართავ) და გადასასვლელებთან ან სწრაფდენებთან შეთავსებულ რეგულატორებს (ნახ. 19-10). კონსტრუქციული გადაწყვეტის მიხედვით მარეგულირებელი ნაგებობები შეიძლება იყოს ღია, მილისებრი (დახურული) და დიაფრაგმიანი.

რეგულატორებს უმთავრესად იყენებენ მელიორაციულ (სარწყავ, წყალ-



ნახ. 19-10. მარეგულირებელი ნაგებობები:

1-მარეგულირებელ ნაგებობათა განლაგების სქემა არხზე; 2-ღია რეგულატორი; 3-მილისებრი (დახურული) რეგულატორი; 4-დიაფრაგმიანი რეგულატორი; 5-რეგულატორების კენი; 1-წყალნიღები; 2-მაგისტრალური არხი; 3-რეგულატორების კენი; 4-უმცროსი რიგის არხები; 5-გადაშობი ნაგებობა; 6-წყალგამშვები; 7-წყალგამყოფი.

მომარაგებისა და დამშრობ) სისტემებში, ამასთან წყლის ხარჯებისა და დონეთა ნორმალური რეგულირების უზრუნველსაყოფად ამ სისტემებზე დიდი რაოდენობით აშენებენ წვრილ ჰიდროტექნიკურ ნაგებობებს რამდენიმე ასეული ლიტრიდან 10 მ³/წმ-მდე გამტარუნარიანობით. მათი განხორციელებისათვის ფართოდ იყენებენ რკინაბეტონის დეტალებისაგან შედგენილ უნიფიცირებულ ტიპობრივ გადაწყვეტებს.

კომპლექსური დანიშნულების არხებზე პროექტებში ინდივიდუალურ რეგულატორებს (მცირე რაოდენობის გამო) მონოლითური ან ასაწყობი რკინაბეტონის გამოყენებით.

წყლის ხარჯებისა და ღონეთა ნორმალური რეგულირების უზრუნველსა-
ყოფად მარეგულირებელ ნაგებობებში ექსპლუატაციის სიმარტივეთ,
მათი მშენებლობისათვის მაქსიმალურად უნდა იქნეს გამოყენებული ახალი
სამშენებლო მასალები და სამუშაოთა წარმოების პროგრესული მეთოდები.

ღ ი ა რ ე გ უ ლ ა ტ ო რ ე ბ ს (ნახ. 19-10, ბ) იყენებენ სხვადასხვა დანიშნუ-
ლებისათვის: წყალშიღებ ნაგებობებად როგორც კაშხალიანი, ისე უკაშხალო
წყლის აღების სქემების შემთხვევებში რეგულატორის წინ წყლის ღონის უმ-
ნიშვნელო ცვალებადობისას, შემტბორავე ნაგებობებად არხებში წყლის აღე-
ბისათვის საჭირო სიღრმეთა შესაქმნელად, წყალგამყოფებად ცალკეულ მომხმარ-
ებელთა შორის წყლის გასანაწილებლად, აგრეთვე უმცროსი რივის არხებ-
ში წყალგამშვებ ნაგებობებად. ღია რეგულატორები მოხერხებულია იმ არხე-
ბზე გამოსაყენებლად, რომლებიც ექსპლუატაციაშია მთელი წლის განმავლობა-
ში, აგრეთვე არხებზე, რომლებზეც უხდებთ ბრძოლა თოშისა და ყინულის
წარმოშობის წინააღმდეგ.

არხზე რეგულატორის სიმაღლითი მდებარეობა განისაზღვრება მისი
დანიშნულებით; მაგალითად, შემტბორავე რეგულატორმა ხელი არ უნდა
შეუშალოს არხის სრულ დაკლას, არ უნდა ქმნიდეს დიდ შეტბორვას ფორ-
სირებული ხარჯების ვატარებისას; ასევე, წყალგამშვებმა რეგულატორმა,
რომელსაც აწყობენ არხის ფერდოს გასწვრივ ან მასთან რაღაც კუთხით, უნ-
და უზრუნველყოს წყლის საანგარიშო ხარჯის მიწოდება უმცროს არხში რო-
დესაც ღონე უფროსში მინიმალურია.

მილისებრ რეგულატორებს (ნახ. 9-10, გ) ფართოდ იყენებენ
სარწყავ სისტემებზე დამოუკიდებელ გადასასვლელებად, რეგულატორებთან
და შემაუღლებელ ნაგებობებთან შეთავსებულ გადასასვლელებთან, როდესაც
ვარდნილის სიმაღლე 0,5 მ-ს აღემატება, აგრეთვე წყალგამშვებებად. მათი
გამოყენება მიზანშეწონილია ღრმა ნათხარში გამავალ არხებზე.

მილების განიკვეთს უფრო ხშირად წრიული ფორმისას იღებენ, შედარე-
ბით იშვიათად—მართკუთხა ფორმისას; მათ ათავსებენ უშუალოდ გრუნტზე, ბე-
ტონის საგებზე ან საძირკვლის ბალიშზე. უკანასკნელ შემთხვევაში მილსადე-
ნები უნდა გავიყვანოთ 90 120° შემოვლებით. მილისებრი რეგულატორი შეი-
ძლება შედგებოდეს ერთი ან რამდენიმე მილისაგან, ხშირად ორთავლა და
სამთავლა მილების სახით. მილების დალაგების შემდეგ მათი უკუუმოვნების
გულდასმით გასამკვრივებლად საჭიროა მილების გარე ზედაპირებს შორის
მანძილი 0,6-დან 1-მ-მდე ავილოთ. პრაქტიკაში ყველაზე ფართო ვაერცელება
პოვა ასაწყობი ელემენტებისაგან ნაგებმა მილისებრმა რეგულატორებმა.

ჰიდრაულიკური რეჟიმის მიხედვით მილისებრმა რეგულატორებმა შეი-
ძლება იმუშაოს დაწნევით, ნახევრად დაწნევით და უდაწნეოდ. ქვედა ბიფის
მხრიდან მილები შეიძლება იყოს დაუძირავი, დაძირული ან შეტბორილი.

ღ ი ა ფ რ ა გ მ ი ა ნ ი რ ე გ უ ლ ა ტ ო რ ე ბ ი (ნახ. 19-10, დ) ღია რეგულა-
ტორების სახესხვაობაა, რომელთაც იყენებენ წყალშიღებ ნაგებობებად სათა-
ვეში წყლის ღონის მნიშვნელოვანი ცვალებადობისას და საგდებ ნაგებობებად
არხებზე. ნაგებობის შესავალში დიაფრაგმის მოწყობით მნიშვნელოვნად ამ-
ცირებენ საკეტის სიმაღლეს, რომელიც ინიშნება ნაგებობის წინ წყლის მოსა-

ლოდნელი მინიმალური დონის მიხედვით. ასევე შეიძლება გაავარტივოთ მისი კონსტრუქცია იმდენად, რომ საკეტის მანევრირება განხორციელდეს მცირე სიმძლავრის აქწებებით.

მაგისტრალური არხიდან სარწყავ არხებში წყლის მისაწოდებლად აწყობენ მარეგულირებელ ნაგებობათა კვანძებს. კვანძებს უწოდებენ ერთმანეთთან ახლო განლაგებულ რამდენიმე რეგულატორს. განასხვავებენ შიდახლოებულ და დაშორებულ შეთანწყობებს. პირველ შემთხვევაში ყველა ნაგებობას ათავსებენ ერთმანეთისაგან მინიმალურად დასაშვებ მანძილებზე და უწყობენ საერთო ძირულს, რის შედეგადაც შემაუღლებელი კედლების მოკულობა მცირდება. მაგრამ წყალმიმღები წერტილების ახლოს განლაგება ამცირებს კვანძის წყალშომეღობის სიზუსტეს. დაშორებული შეთანწყობა აძვირებს კვანძის ღირებულებას, ქმნის არხის გაფართოებულ ზონას, სადაც ხდება ნატანის ინტენსიური დაღევევა, მაგრამ ამასთანავე ზრდის კვანძის წყალშომეღობის სიზუსტეს, რადგან ხარჯის ცვლილება ერთ ნაგებობაში თითქმის არაავითარ გაველენას არ ახდენს დანარჩენ ნაგებობათა გამტარუნარიანობაზე. როდესაც კვანძში მოთავსებულია საგდები ან გამრეცხი რეგულატორი და ამასთანავე ნატანთან საბრძოლველად უკანასკნელში გათვალისწინებულია მ. პორტაპოვის მიმმართველი ფარები, უპირატესობა ენიჭება დაშორებულ შეთანწყობას.

რეგულატორების ტიპობრივ გადაწყვეტებში მისი ცალკეული ელემენტები კეთდება ასაწყობი უნიფიცირებული დეტალებისაგან, რომელთაც ამზადებენ ცენტრალიზებული წესით წარმოების მაღალი მექანიზაციის საფუძველზე.

აღნიშნულ გადაწყვეტებში ძირული შესრულებულია ბეტონის ან ხრეშის საგებზე დალაგებული ფილებით ისე, რომ არ არის უზრუნველყოფილი მისი წყალშეუღწევადობა. მოუპირკეთებელი არხების შესასვლელში ასეთნაირად დალაგებული ფილებს დანიშნულებაა გრუნტის დაცვა ზედაპირული ნაკადით მოსალოდნელი გარეცხვისაგან. ასეთ ნაგებობებში ფილტრაციისაგან დაცვა ხდება პორტალური სათავისებით და ზოგჯერ საკეტის სიბრტყესთან შეთავსებული ნარანდების რიგით.

მილისებრი რეგულატორებისა და გადასასვლელების შესასვლელ სათავის ხშირად აკეთებენ ჩაყვინთული კედლის სახით მოკულობითი ბლოკებისაგან ან ცალკეული ელემენტებისაგან განვითარებულ ვერტიკალური ელემენტის გარეშე, რაც ზოგჯერ იწვევს გამჭოლი ფილტრაციული სავალის წარმოშობას მილისებრი ნაგებობის ზედაპირის გასწვრივ. კონსტრუქციის ასაწყობი რეგულატორების სუსტი ადვილია დამონოლითების ნაკერების დიდი რაოდენობა, რომელთაც უყენებენ სრული წყალშეუღწევადობის მოთხოვნებს. პირაპირების სიმტკიცის უზრუნველსაყოფად ერთმანეთთან ადუღებენ არმატურის შვერილებს ან აწყობენ პერედერის პირაპირებს, რომელთაც შემდგომ ამონოლითებენ ბეტონით. უკანასკნელ ხანებში მელიორაციულ მშენებლობაში თანდათან შემოდის სპეციალური წებოთი ბლოკების დაწვების მეთოდი.

მელიორაციულ ნაგებობათა დაპროექტება და მშენებლობა პრაქტიკულად ყველანაირ გრუნტებზე მიმდინარეობს, მათ შორის ისეთებზეც, რომლებიც ყინვის შედეგად იბურკებიან. იგი იწვევს ნაგებობათა ძლიერ დეფორმაციებს, რაც ხშირ შემთხვევაში დაუშვებელია. დასახულია ბურცვად გრუნტებზე ნაგებობათა მშენებლობის სხვადასხვა მიმართულებანი, იგივე თითქმის მა-

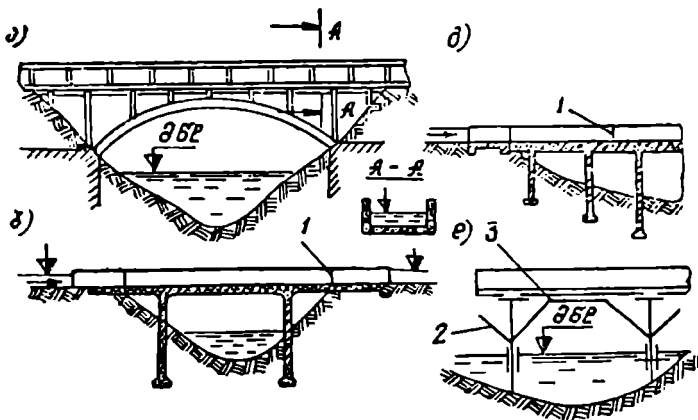
რადი გაყინულობის გრუნტებზე პილრონაგებობათა (მათ შორის რეგულატორების) მშენებლობის შესახებ, რომელსაც აწარმოებენ გარკვეული წესის დაცვით, ნაგებობათა ფუძეების ტემპერატურული რეჟიმის გაანგარიშების საფუძველზე [12].

§ 10-7. შალსატარი ნაგებობანი

1. აკვედუკები, ლვარტოფსატარები და ლარები

აკვედუკი ხიდისმაგვარი წყალსატარი ნაგებობაა, რომლის მეშვეობთაც ხდება არხის ხარჯის გადატარება მდინარის, ვხის, ხრამის, მშრალი ხევისა და სხვა ადგილების გადავლით (ნახ. 19-11). აკვედუკის ზედა ნაშენს აქვს ლარის სახე, რომელშიც წყალი მოძრაობს თანაბარი რეჟიმით. ლარს ათავსებენ კოკოვან, ჩარჩოვან ან თაღოვან ხიდურ კონსტრუქციაზე. ამგვარად ყველაზე გავრცელებულია კოკოვანი კონსტრუქციის აკვედუკები. სტატიკური მუშაობის თვალსაზრისით აკვედუკების ჩამოთვლილ კონსტრუქციებში ლარი მასში მოძრავე წყალთან ერთად ხიდის დატვირთვაა, მაგრამ აკვედუკების ზოგიერთ კონსტრუქციაში (უპირატესად ჩარჩოვანში) ლარის კედლები და ფსკერი შეიძლება თვითონ იყოს ხიდის მალის მზიდი კონსტრუქცია. ცხადია, ასეთი აკვედუკები უფრო ეკონომიურია, მაგრამ დიდი მალეებისა და ლარის დიდი კვეთების შემთხვევებში უფრო მიზანშეწონილია ხიდის მზიდი სამალო ნაგებობა მოვაწყვთ ცალკე, ხოლო ლარი მოვათავსოთ უშუალოდ მასზე ან სპეციალურ ესტაკადაზე, რომელიც იყრდნობა ხიდის მზიდ კონსტრუქციას, მაგალითად, თალს.

მასალის მიხედვით აკვედუკები შეიძლება იყოს ხის, ლითონის, რკინაბუ-



ნახ. №19-11. აკვედუკების ძირითადი კონსტრუქციული სქემები:

ა-თაღოვანი კონსტრუქციისა; ბ, გ-ჩარჩოვანი კონსტრუქციისა; დ-მისაბეჯენ-რისგულარეობისა; ე-1-ნაკერი; 2-მისაბეჯენი; 3-რისგული.

ტონის (შონოლითური ან ასაწყობი) და კომბინირებული. უფრო გავრცელებულია რკინაბეტონის აკვედუკები.

თუ აკვედუკი იგება ვიწრო ხეობაში (ხრამში), რომლის ფერდობები მტკიცე (კლდოვანი) ქანებითაა წარმოდგენილი, მაშინ მიზანშეწონილია თაღოვანი კონსტრუქციის გამოყენება (ნახ. 19-11, ა). მაგრამ როდესაც არხი კვეთს ფართო ხეობას, ვალას, მდინარეს, ვახას, მცირე სიღრმის ნათხარში გამავალ არხებს, რეკომენდებულია რკინაბეტონის ჩარჩოვანი კონსტრუქციის აკვედუკების გამოყენება (ნახ. 19-11, ბ, გ). ასეთი ჩარჩოს ზედა ერთ-ან ორკონსოლოიან რიგულს წარმოადგენს თვით ლარი, ხოლო დგარებს—მისი საყრდენები. მეზობელი ჩარჩოების პირაპირებს აკეთებენ ტემპერატურულ-დაჯდომითი წყალშეუღწვევი მოქნილი ნაკერების სახით, რომელთაც შეუძლიათ მიიღონ წოფი და კუთხური დეფორმაციები ყველა სახის დატვირთვის მოქმედებით. ხის აკვედუკებში საბალო ნაგებობას (ნაშენს) მიეკუთვნება კოჭური ან მისაბჯენ-რიგელური ტიპის ხიდები (ნახ. 19-11, დ).

წყლის მცირე ხარჯებისათვის ასაწყობი კონსტრუქციის რკინაბეტონის აკვედუკების დასაპროექტებლად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მათი ტიპური ელემენტების ალბომები, რომლებიც შედგენილია „გიპროვოდხოზისა“ და სხვა საპროექტო ორგანიზაციების მიერ. წყლის სიჩქარე აკვედუკის ღარში რამდენადმე უფრო დიდია, ვიდრე სიჩქარე მიმყვან და გამყვან არხებში, კერძოდ, 1—2,5 მ/წმ-მდე; სიჩქარის შემდგომი გაზრდა გამოიწვევდა ღარის ქანობის გაზრდას, რაც არახელსაყრელია როგორც ენერგეტიკული, ისე საარწყაი არხებისათვის. აკვედუკის საყრდენების ჩაღრმავების სიღრმეს ნიშნავენ გარეცხვის მოსალოდნელი სიღრმის (ან შესაძლო ჩაყინვის სიღრმის) გათვალისწინებით.

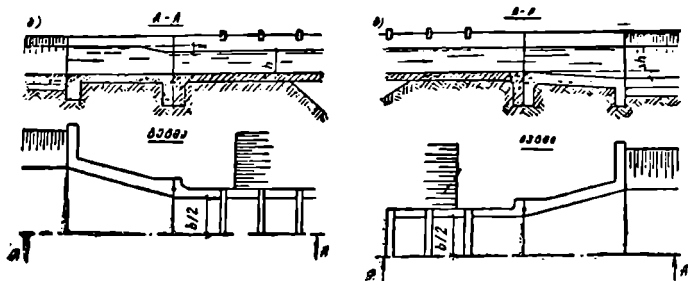
აკვედუკის კონსტრუქციამ უნდა უზრუნველყოს ნაგებობის შესასვლელი და გამოსასვლელი ნაწილების მდოვრე მიერთება არხთან როგორც გეგმაში, ისე ვერტიკალურ სიბრტყეში. ჩვეულებრივ, აღნიშნულ ნაწილებს აპროექტებენ გეგმაში კრებადი და განმალდი უბნების სახით; გამყვანი არხისა და ღარის ფსკერს აერთებენ დაბრილი გარდამავალი უბნით.

არხიდან ფილტრაციული წყლის გაყვანას ნაგებობის შემოვლით ახორციელებენ ღრენაიერ, რომელსაც აწყობენ მეუღლების ადგილებისაგან რამდენადმე დაბლა ფერდობის ქანობის მიმართულებით. ღრენაიე ფერდობებს იცავს ვარცხვისაგან, ხოლო საყრდენებს—გამორეკხვისაგან (ძირის გამოთხრისაგან). აკვედუკების ტრასას არჩევენ მეწყერი უბნების გვერდის ავლით, ხოლო მის ღერძს აპროექტებენ სწორხაზოვანს. ნაგებობის ღერძის გამრუდებას მიმართავენ მხოლოდ განსაკუთრებულ შემთხვევებში, სახელდობრ, მაშინ, როდესაც ადგილობრივი პირობები ტრასაზე არ იძლევა სწორხაზოვანი აკვედუკის გაკეთების საშუალებას.

აკვედუკის ჰიდრაულიკური გაანგარიშება შეიცავს შესასვლელი ნაწილის, ღარისა და გამოსასვლელი ნაწილის გაანგარიშებებს (ნახ. 19-12). ამასთან გაანგარიშება იწყება ღარის განიკვეთის არჩევითა და მისი ქანობის განსაზღვრით. ღარის b სიგანე ისეთი უნდა ავიღოთ, რომ მოხერხდეს ღარისა და არხების მდოვრე შეერთება გეგმაში შესასვლელი და გამოსასვლელი ნაწილების მინიმალური სიგრძის პირობებში. არხში h სიღრმეს ირჩევენ ღარში დაშვებული სიჩქარის ($v=1-2,5$ მ/წმ) მიხედვით. ღარის ქანობს განსაზღვრავენ მასში წყლის თანაბარი მოძრაობის ფორმულით, ხოლო აკვედუკის შესასვლელი ნაწილის გაანგარიშებას აწარმოებენ დაძირული ფართობზღვრულიანი წყალსასაშვების ფორმულით, რომლის საფუძველზე ადგენენ წყლის დონეთა z ვარჯილის სიდიდეს (ნახ. 19-12, ა). გამყვანი არხის ფსკერის დაწვევის Δh

სიდიდეს განსაზღვრავენ ორი კვეთისათვის, სახელდობრ, ლარის ბოლოსა და გაშყვანი არხის დასაწყისის კვეთებისათვის დაწერილი ბერნულის განტოლებიდან. შიახლოებით Δh დაწინევა შეიძლება z ვარდნილის ტოლი ავიღოთ.

აკვეღუების სტატიკური გაანგარიშებანი შესაბამისი ტიპის ბიდეების გაანგარიშებათა ანალოგიურია. თუ საყრდენები და ლარი ერთმანეთთან არაა ხისტად დაკავშირებული, მაშინ მათი გაანგარიშება უნდა მოხდეს ცალ-ცალკე, ხოლო თუ საყრდენები და ლარი მონოლითური კონსტრუქციაა (ჩარჩო), მაშინ



ნახ. 19-12. აკვეღუის ჰიდრავლიკური გაანგარიშების სქემები:
 ა-შესასვლელი ნაწილი; ბ-გამოსასვლელი ნაწილი.

გაანგარიშება უნდა ჩატარდეს რკინაბეტონის ჩარჩოს გაანგარიშების ანალოგიურად. ორივე შემთხვევაში უნდა გაანგარიშდეს საყრდენების საძირკვლები. ჩარჩოვანი კონსოლური კონსტრუქციებ ს შემთხვევებში კონსოლების ზომები ისეთი უნდა იყოს, რომ უზრუნველყოს მღუნავე მოცენტების ტოლობა საყრდენზე (კონსოლის ჩამაგრების ადგილში) და მალის შუაში. მაღალსაყრდენებიანი აკვეღუების დაპროექტებისას საჭიროა შემოწმდეს მათი მდგრადობა ძლიერი ავერდითი ქარის ზემოქმედების პირობებში როგორც დაკლილი, ისე სახვე ლარის შემთხვევებისათვის.

ღვარცოფსატარები კონსტრუქციული თვალსაზრისით ძალიან წააგავს აკვეღუებს. მათ აქვთ ლარები, რომელთა დანიშნულებაა ღვარცოფული ნაკადების გადატარება არხებზე, გზებზე, მდინარეებზე. აკვეღუისაგან განსხვავებით ღვარცოფსატარის შესასვლელი ნაწილი ძაბრია გამაგრებული ფერდობითა და ფსკერით, რომელიც უზრუნველყოფს ღვარცოფის მღოვრე მისიგლას ნაგებობასთან გამაგრებულია აგრეთვე მისი გამოსავალი ნაწილიც და ამასთანავე შემოზღუდულია ჯებირებით. გარდა ამისა, აკვეღუის როგორც შესასვლელის, ისე გამოსასვლელის მხარეზე ითვალისწინებენ ქველმიმპართველ ჯებირებს ღვარცოფული ნაკადის მღოვრე მიყვანისა და გაყვანის, აგრეთვე ნაგებობის შემოვლით არხში ან გზაში შექრის ასაცილებლად. ღვარცოფსატარის ლარს უკეთებენ მოპირკეთებას ისეთი მასალით, რომელიც კარგად უწევს წინალობას გარეცხვას (გახეხვას). გამოტანის პროექტების ნაგებობის წინ თავმოყრის ასაცილებლად საჭიროა ღვარცოფსატარის ქანობი ღვარცოფული ნაკადის კალამარის ქანობზე შეტი ავიღოთ.

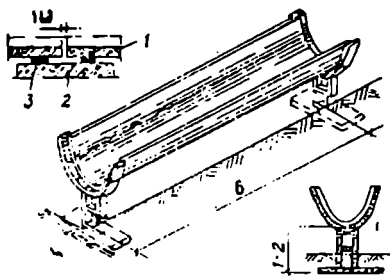
ღვარცოფის ხერჯილის წარმოშობის თავიდან ასაცილებლად ღვარცოფსატარის ლარს ტოვებენ ფილებით გადაუხურავს, ამასთანავე ნაგებობას აპროექტებენ სწორი ღერძით.

ღვარცოფსატარების დაპროექტებისას საკმაოდ რთული ამოცანაა ღვარ-

კოფის წყალდიდობის ხარჯისა და ღროში მისი ცვლილების საკმაოდ ზუსტად შეფასების დადგენა, რაც აუცილებელია იმისათვის, რათა სწორად დანიშნოს ნაგებობის საერთო ზომები და მისი კედლების სისქისა და სიმაღლის მარაგი. თუ არხი კვეთს ძალიან დიდ ღვარცოფულ ნაკადს, მაშინ უფრო მიზანშეწონილია ღვარცოფსატარის ნაცვლად გათვალისწინებული იქნეს დიუკერის მშენებლობა, რათა არხის ხარჯის გატარება მოხდეს ღვარცოფული ნაკადის კალაპოტის ქვეშ. ასეთ გადაწყვეტას მაშინ მიმართავენ, თუ იგი ტექნიკურ-ეკონომიკურადაა დასაბუთებული.

ლარებს აწყობენ არხების იმ უბნებზე, სადაც არახელსაყრელი ტოპოგრაფიული, გეოლოგიური, ჰიდროგეოლოგიური და სხვა ადგილობრივი პირობების გამო არხის მშენებლობა უფრო ძვირი ჯდება, ვიდრე ღარისა. ღარი ამა თუ იმ მასალისაგან ნაკეთები ხელოვნური კალაპოტია; ჩვეულებრივ იყენებენ ხის, ბეტონის, რკინაბეტონის და ფოლადის მასალებს. ღარებს აკეთებენ უშუალოდ მიწის ზედაპირზე ან ესტაკალებზე. სარწყავ სისტემებში არხების მაგივრად ღარებს იყენებენ მაშინ, როდესაც საჭიროა წყლის დანაკარგების შემცირება ფილტრაციებზე, რომლის სიდიდე მიწურ არხებში ზოგჯერ ფრიალ მნიშვნელოვანია, აგრეთვე ისეთ საკომანდო დონეთა შექმნა, რომლებიც უზრუნველყოფენ სათანადო ფართობის მიწის მასივების მორწყვას.

ღარებში წყლის მოძრაობა თანაბარია და ამასთანავე ნაკადის მოძრაობის დასაშვებ სიჩქარეები მნიშვნელოვნად უფრო მაღალია, ვიდრე მიწურ არხებში, ამიტომ მათი განივიკვეთის ფართობი უფრო მცირეა. ღარის განივიკვეთის



ნახ. 19-13. მრუდხაზოვანი განივიკვეთის რკინაბეტონის ღარი:
1-ღარის ხეცია; 2-საყრდენი; 3-წყალშეღწევი შეშვიდროება.

ფორმას ტრაპეციისებრს ან მართკუთხას იღებენ. მისი ფერდობები იქმნება ორი საყრდენი კედლით, ხოლო ფსკერი-ფილით. ზოგჯერ შეიძლება ღარის სხვაგვარადაც გაკეთდეს—ცალ მხარეზე მოიწყოს საყრდენი კედელი, ხოლო მეორე ფერდოს მოვალეობა შეასრულოს ფილებით გამაგრებულმა გრუნტმა.

ხის ღარების კონსტრუქცია ძალიან წააგავს ხის აქვედუკის კონსტრუქციას; მათი გამოყენება მიზანშეწონილია ხეტყით მდიდარ რაიონებში.

სარწყავ სისტემებში საკმაოდ ხშირად იყენებენ რკინაბეტონის ღარებს, მათ შორის მრუდხაზოვანი განივიკვეთის ფორმისას (ნახ. 19-13). ასეთი კონსტრუქციის მუშაობას ართულებს სექციების პირაპირების მოშლა ღარის საყრდენების არათანაბარი დაჯდომისას.

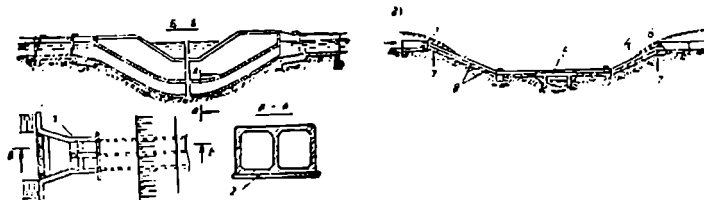
ცალკეულ შემთხვევებში იყენებენ აგრეთვე ლითონის ღარებს, რომლებიც გამოირჩევიან მაღალი წყალშეუღწევადობით, მექანიკური სიმტკიცით, შესაძლებელია მათი სწრაფად აწყობა და მონტაჟი. მცირე ზომის ღარების განივიკვეთის იღებენ ნახევარწრიული ფორმისას, ხოლო დიდი ზომისას—დატვირთვის მზილი ვერტიკალური კედლებით და მრუდხაზოვანი ძროთი (ფსკერით). ასეთი ღარების ნაკლოვანი მხარეებია ფოლადის კოროზია და ლითონის შედარებით დიდი ხარჯი.

9. დიუკერები და ღვარხაშვები მიღები

დიუკერებს იყენებენ იმ შემთხვევებში, როდესაც აკვედუკების გამოყენება მიზანშეუწონელია ან შეუძლებელი. დიუკერი სადაწნეო მილსადენია, რომელსაც ათავსებენ მდინარის, არხის ან გზის ქვეშ (დასურული-მიწისქვეშა მოთავსების სქემა) მათი გადაწყვეთი არხის წყლის გასატარებლად. თუ მათში წყლის დონეთა ნიშნულები დაახლოებით თანატოლია. დიუკერი შეიძლება მოთავსდეს აგრეთვე ღრმა ხეობის ფერდობებზე და ფსკერზე (ლია-მიწისზედა მოთავსების სქემა), თუ ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების საფუძველზე იგი აღმოჩნდება აკვედუკზე უფრო იაფი. ასეთ შემთხვევებში, ცხადია, თავიდან ვიცილებთ მაღალი საყრდენების აგების აუცილებლობას.

ვინაიდან ნათხარში მოთავსებულ დიუკერებს ზემოდან ეყრებათ გრუნტი, ისინი განიცდიან ორმხრივ წნევას—შინაგანს—წყლისაგან და გარეგანს—გრუნტისაგან. მიწის ზედაპირზე მოთავსებული დიუკერი ძირითადად განიცდის შინაგან წნევას, მაგრამ ამ შემთხვევაში მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული დიუკერის საკუთარი წონა და მისი შემსენები წყლის წონა, ამ ძალებით გამოწვეული მაქსიმალური მლუნავი მომენტი და გადაბჟვლი ძალა. ცხადია, მიწისქვეშა დიუკერები კონსტრუქციულად უფრო ხისტია.

დიუკერები შეიძლება აყოს ბეტონის, რკინაბეტონის, ფოლადის, ხის და კომპინირებული—სხვადასხვა მასალის. ბეტონის დიუკერებს იყენებენ 30 დან 50 მ მდე, ხოლო წინასწარ დაძაბული რკინაბეტონის დიუკერებს 100 მ მდე დაწნევებისას. ლითონის (ფოლადის) დიუკერები შეიძლება გამოვიყენოთ პრა-



ნახ. 19-14. რკინაბეტონის დიუკერები:

ა-ორთოლიანი მიწისქვეშა მოთავსებით; ბ-მიწის ზედაპირზე მოთავსებით ღრმა ხეობებში (ა-მონაღებებში); 1-საშინდლოე კილო; 2-მკლე ბეტონი; 3-შესასვლელი სათავისი; 4-მიღები; 5-გეტაკადა; 6-გამოსასვლელი სათავისი; 7-ნარჩაბი; 8-საყრდენები.

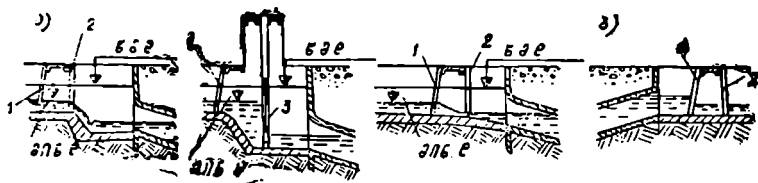
ქტივულად შესაძლო ყველანაირი დაწნევის დროს; უნდა აღვნიშნოთ, რომ ასეთი დიუკერები საკმაოდ ძვირი ჯდება და მათი აჩვენა სპეციალურად უნდა იქნეს დასაბუთებული. რაც შეეხება ხის დიუკერებს, მათ ამჟამად იშვიათად იყენებენ, რადგან ცვალებადი დაწნევის პირობებში მალე ლაბიანა.

მილსადენების რიცხვის მიხედვით დიუკერი შეიძლება აყოს ერთ- და მრავალთელიანი. გრუნტის ზედაპირზე მოთავსებული დიუკერის მილსადენები წრიული კვეთისაა, ხოლო ნათხარში მოთავსებული დიუკერისა-მართკუთხა.

დიუკერის კონსტრუქცია უნდა აკმაყოფილებდეს სათანადო მოთხოვნებს—შესაძლებელი უნდა იყოს მისი რეგულარული დათვალიერება, რემონტი და გაწმენდა, საჭიროების შემთხვევაში მისი დაცლა (ან მისგან წყლის ამოტუმბვა), წყალშეუღწევადობა ნაკერებში და სხვ. მცირე ზომის დიუკერებს აქვს შესასვლელი და გამოსასვლელი ვერტიკალური ქები, რომლებიც ერთმანეთთან შეე-

რთებულა პორიზონტალური მილით. დიდი ხარჯების გატარების შემთხვევაში დიუქერები უფრო რთული კონსტრუქციისაა (ნახ. 19-14); მათ აქვს შესასვლელი და გამოსასვლელი სათავისები, მილსადენის ორი დახრილი და ერთი პორიზონტალური უბანი.

დიუქერის მილში სიჩქარეს ნიშნავენ დაულექაობისა და დასაშვები დიფერენცის დანაკარგების პირობების მიხედვით, მაგრამ ეს სიჩქარე არ უნდა იყოს არხის წყლის სიჩქარეზე ნაკლები. წყლის სიჩქარეს დიუქერში 1,5-4 მ/წმ შუილდში იღებენ. მიმყვანი არხის გარეცხვის თავიდან ასაცილებლად რეკომენდებული არაა მასში დაცემის წირის წარმოშობა დიუქერში მაქსიმალურზე მცირე ხარჯების გატარებისას. დიუქერის მილსადენების რიცხვს ნიშნავენ ისე, რომ ხარჯის ცვალებადობისას მათი მანევრირებით ავიცილოთ დამდექ სიჩქარეთა წარმოშობა. შუალედური ხარჯების გატარებისას მილსადენში დაუშვებელია ჰიდრაულიკური ნახტომის წარმოშობა, რადგან იგი იწვევს ვიბრაციას და შედეგად პირამირების მოშლას. აქედან გამომდინარე, საჭიროა მოეწყოს დიუქერები ისეთი კონსტრუქციის შესასვლელი სათავისებით, რომლებიც უზრუნველყოფენ ნახტომის დაძირვას მილის შესასვლელ უბანზე (ნახ. 19-15).



ნახ. 19-15. დიუქერის შესასვლელი და გამოსასვლელი სათავისების კონსტრუქციები:

- ა—შესასვლელი სათავისები; ბ—გამოსასვლელი სათავისი; 1—გოსოსი; 2—საშანდორა კილი; 3—სიკეტო; 4—წიბრები (ღეროები).

წყლის ზედაპირზე ძაბრის წარმოშობის ასაცილებლად მილის შესასვლელი კვეთის ზედა ნაწიბურს აღრმავენ ზედა ბიფის დონის კვეშ გარკვეული სიღილით, რომელიც არ უნდა იყოს $1,5 \text{ ს}^2/2g$ -ზე ან $0,6D$ ზე ნაკლები (სადაც ს —წყლის სიჩქარეა მილში, g —თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, ხოლო D —მილის დიამეტრი). მხედველობაში უნდა მივიღოთ ისიც, რომ დროთა განმავლობაში ფოლადის მილსადენების სიმჭისის კოეფიციენტი იზრდება, რის შედეგადაც მათი გამტარუნარიანობა რამდენადმე მცირდება.

გამოსასვლელი უბნის დაპროექტებისას უნდა უზრუნველყოთ ჰიდრაულიკური ნახტომის დაძირვა დიუქერის ყველა შესაძლო ხარჯისა და მუშაობის რეჟიმის დროს. საჭიროების შემთხვევებში ამ მიზნით შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სხვადასხვა სახის ჩამქრობები (პირსები, შაშები და სხვ.).

ზამთრის პირობებში მუშაობისას უნდა ჩატარდეს ნაგებობის თერმული გაანგარიშება შემოყინვაზე, აგრეთვე შემოწმება გამტარუნარიანობაზე.

დიუქერის ჰიდრაულიკური გაანგარიშება ისევე ხდება, როგორც სადაწნეო მილებისა ყველა სახის დაწნევის დანაკარგის (შესვლაზე, მოსახევეებში, გამოსვლაზე და სიგრძეზე) გათვალისწინებით.

დიუქერის სტატიკური გაანგარიშებაც ისევე ხდება, როგორც შესაბამისი მასალის (ხის, რკინაბეტონის, ლითონის) მილებისა, მოქმედი ძალოვანი ფაქტორებისა და საანგარიშო სტეპის გათვალისწინებით.

ღვარსაშეები მილების დანიშნულებაა სხვადასხვა წარმოშობის

მცირე წყალდენების (ნაკადულების, ნიაღვრის წყლის, წინარი წყლის და სხვ.) გატარება არხის, ყრილზე გაყვანილი რკინიგზის ან საავტომობილო გზის ვაკისის ქვეშ. ასეთი ბილები არ გამოიყენება ღვარცოფული ნაკადების გასატარებლად.

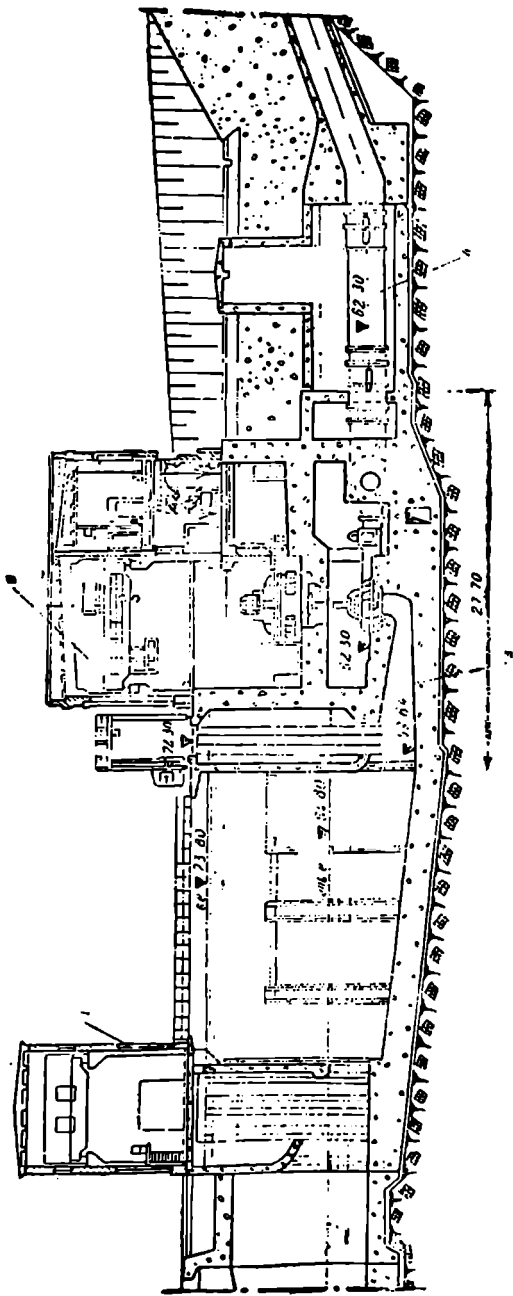
ღვარსაშვები მილები შეიძლება იყოს ბეტონის, რკინა-ბეტონის, ქვის, აგურისა და ლითონის. ყველაზე მეტად გავრცელებულია რკინაბეტონის მილები. განივკვეთში მილებს შეიძლება ჰქონდეს წრიული, ოვალური ან მართკუთხა ფორმა. წრიული კვეთის მილები მზადდება რკინაბეტონისაგან 0,5-დან 2 მ-მდე დიამეტრით, 1 მ-მდე სიგრძითა და 3 ტ-მდე წონით. ოვალური კვეთის მილებსაც რკინაბეტონისაგან ამზადებენ; გასატარებელი ხარჯის სიდიდის შესაბამისად მათ სიგრძეს 1-დან 6 მ-მდე იღებენ, ხოლო სიმაღლეს—სიგრძეზე 1,5-ჯერ მეტს. პრაქტიკაში თანდათან ვრცელდება მართკუთხა კვეთის რკინაბეტონის მილებიც, რომელთა განივკვეთის ზომები უფრო მცირეა (1,5—2 მ-მდე), ხოლო სიგრძე 1,5 მ. მათ ამზადებენ მთლიანი ან ორი გადმოყირავებული Γ-მაგვარი კონსტრუქციის ხისტად შეერთებული ნახევარი ჩარჩოების სახით, რომელთაც ზემოდან ხურავენ მოსახსნელი ფილით (სახურავით). მილები შეიძლება იყოს ერთფენიანი და მრავალფენიანი, ხშირად გამოიყენება ორ-და სამფენიანი მილები. ჰიდრაულიკური რეჟიმის მიხედვით ერთმანეთისაგან განასხვავებენ უდაწნეო, ნახევრად სადაწნეო და დაწნევით ღვარსაშვებ მილებს. ასეთი მილები რეკომენდებულია დაპროექტდეს უდაწნეო ჰიდრაულიკური რეჟიმით, მათი მუშაობა დაწნევითი ან ნახევრად დაწნევითი რეჟიმით დასაშვებია მხოლოდ დროებით, იშვიათი განმეორების წყალდიდობის ხარჯების გატარებისას. თუ მილიდან გამოსვლისას ნაკადს აქვს დიდი სიჩქარე, მაშინ გამოსასვლელში გათვალისწინებული უნდა იქნეს ჩამქრობების მოწყობა. ღვარსაშვები მილის ჰიდრაულიკური გაანგარიშება შეიცავს საკუთრივ მილის გამტარუნარიანობისა და მილიდან გამოსული ნაკადის შეუღლების გაანგარიშებებს. უკანასკნელში შედის აგრეთვე ენერჯის ჩამქრობი ელემენტების შერჩევა.

მილების სტატიკური გაანგარიშების დროს ითვალისწინებენ მუშაობას უდაწნეო ან ნახევრად სადაწნეო რეჟიმით, გარეგან დატვირთვებს ჩაყრილი გრუნტისაგან, მილის ან მისი სათავისის საკუთარ წონას. იმავდროულად გათვალისწინებულ უნდა იქნეს დატვირთვები შემესები წყლისაგან, ხოლო საჭირო შემთხვევებში —სეისმური ძალებიც, გრუნტის წყლების წნევა, მოძრავი დატვირთვა ზემოდან და ა. შ. სადაწნეო რეჟიმით მომუშავე მილებისათვის დამატებით ითვალისწინებენ წყლის შინაგან წნევას. საანგარიშო სქემასა და მეთოდს ირჩევენ მილის კონსტრუქციის მიხედვით.

8. სატუმბი ხაღვურება

არათვითმდენ სანაოსნო, წყალსადენ და სარწყავ არხებში წყლის მიწოდების უზრუნველსაყოფად აგებენ სატუმბ ხაღვურებს, რომლებიც საკმაოდ რთული, ძვირად ღირებული და ყველაზე უფრო საპასუხისმგებლო ნაგებობებია. მათ ნორმალურ მუშაობაზეა დამყარებული მომხმარებლისადმი წყლის მიწოდების საიმედოობა.

საბჭოთა კავშირში არხებზე მსხვილი სატუმბი ხაღვურები პირველად დაპროექტდა მოსკოვის სახელობის არხზე, ხოლო შემდგომ ვ. ი. ლენინის სახ. ვოლგა-დონის სანაოსნო არხის მშენებლობისას. მიღებული გამოცდილების გათვალისწინებით ორმოცდაათიანი წლებიდან მოყოლებული აშენდა მსხვილი



სპ. 19-16. სატუმბო სადგური №1 ზრდილი რიგ-ფანჯარის აბანო;
 1-სადგომიანი ნაგებობა; 2-სატუმბო სადგურის უბანი; 3-უბანი პლა; 4-სადგომიანი მუხრანის.

სატუმში სადგურები ჩრდილოეთ დონეც-დონბასის (ნახ. 19-16), დნეპრ-კრკ-
ვოი როგის, ირტიშ—ყარაგანდის, სტაეროპოლის დიდ არხზე და სხვ.

წყლის შექანიკური გადაქაჩვით მომუშავე არხების მშენებლობის დროს
ხშირად არხის ტრასაზე საჭიროა შოფწყოს მრავალი სატუმბი სადგური. მსგავს
შემთხვევებში მიზანშეწონილია დაპროექტების პროცესში მოხდეს ნაგებო-
ბათა და დანადგარების უნიფიკაცია. მაგალითად, ირტიშ—ყარაგანდის არხზე
მოწყობილია 22 სატუმბი სადგური და მათში დადგმულია ერთი ტიპის მოწყ-
ობილობანი, იცვლება მხოლოდ მათი რაოდენობა მწარმოებლობის შესაბამისად.

თითქმის ყველა განხორციელებული არხის სატუმბი სადგურები ტრადი-
ციული შეთანწყობითაა გადაწყვეტილი და აშენებულია მონოლითური რკინა-
ბეტონისაგან. ზოგიერთ არხზე კი ასეთი სადგურების მშენებლობის დროს სა-
კმაოდ ფართოდ იქნა გამოყენებული რკინაბეტონის ასაწყობი კონსტრუქციე-
ბი (დნეპრ-კრივოი როგის არხზე და სხვ.), მაგრამ მშენებლობის გამოცდილე-
ბამ აჩვენა, რომ რიგ შემთხვევებში ასეთი გადაწყვეტა აუარესებს შენობათა
მუშაობის პირობებს, იწვევს მათი სტატიკური მახასიათებლების დაქვეითებას.

საჭიროა შევნიშნოთ, რომ მსხვილ მაგისტრალურ არხებზე მოწყობილი
სატუმბი სადგურები ელექტროენერჯიის მსხვილი მომხმარებლებია, რომელთა-
თვის საჭირო სიმძლავრე აღწევს მრავალ ათეულ მეგავატს (100-350 მგვტ მდრ
და უფრო მეტსაც). ამიტომ ეკონომიკურად გამართლებულია ასეთი არხების
ვარდნილებზე ჰიდროელექტროსადგურების მოწყობა, ზოგჯერ კი ჰიდროელე-
ქტროსადგურის რეჟიმში მომუშავე სატუმბი სადგურების აგება. ასეთ სადგუ-
რებში, ცხადია, უნდა დაიდგას შექცევადი დანადგარები, რომლებიც გარკვე-
ულ პერიოდებში შეასრულებენ როგორც ტუმბოების, ისე ტურბინების ფუნ-
ქციებს.

§ 18-8. შემაუღლებელი ნაგებობანი

შემაუღლებელ ნაგებობებს იყენებენ არხის ნეზობვლ უბნებში წყლის დო-
ნეთა ნიშნულების მკვეთრი ცვალებადობის ადგილებში, მიწის ან სხვა ადგილ-
ობრივი მასალის კაშალიანი ჰიდროკვანძების გვერდითი წყალსაგდები ტრა-
ქტის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ნაგებობად, ხე-ტყის დასაცურებელ ნაგებობა-
თა-შურობის მოწყობისას და სხვ.

შემაუღლებელ ნაგებობათა ძირითადი დანიშნულებაა ნაკადის ენერჯიის
ჩაქრობა უფრო მაღალი ნიშნულებიდან დაბალ ნიშნულებამდე გადაგდებისას.
მათ მიეკუთვნება: სწრაფდენები, მილები, საფეხურებიანი და კონსოლიანი
ვარდნილები, აგრეთვე შუალედური ფორმის შემაუღლებელი ნაგებობანი: მ-
ლისებრი ვარდნილები, მილისებრ-ჩამჩიანი წყალსაგდებები, სწრაფდენი—ვარდ-
ნილები და სხვ.

1. სწრაფდენები

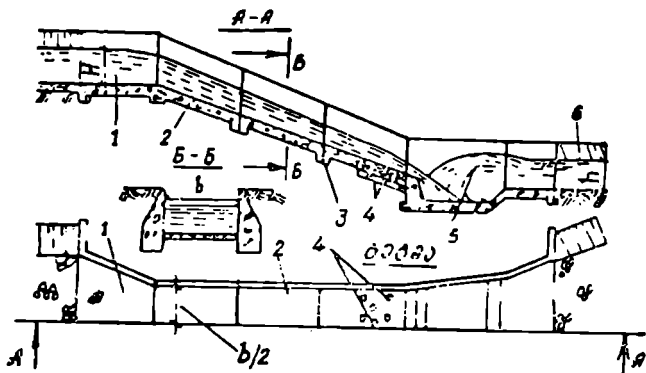
სწრაფდენი ხელოვნური ღარ-კალაპოტია, რომლის აგება შესაძლებელია
თითქმის ნებისმიერ საინჟინრო-გეოლოგიურ პირობებში. არხებზე მათ აგებენ
ბეტონის, რკინაბეტონის, ყორის ქვისა და სხვა საშენი მასალებისაგან.

კონსტრუქციულად ბეტონის სწრაფდენის შესასვლელი ნაწილი რეგულა-
ტორის ამავე ნაწილის ანალოგიურია; ჰიდრაულიკურად იგი მუშაობს როგორც
ფართოზღურბლიანი ჩაუძირავი წყალსაშვები (ნახ. 19-17).

მიწისა და კლდის სამუშაოთა შესამცირებლად სწრაფდენის ქანობს

ორჩევენ ადგილმდებარეობის ბუნებრივი ქანობის გათვალისწინებით ისე, რომ შინამალური სიგრძე ჰქონდეს. ჩვეულებრივ იხილავენ სწრაფდენის ტრასირების რამდენიმე ვარიანტს და მათგან აირჩევენ ყველაზე უფრო ეკონომიურს. ბეტონისა და რკინაბეტონის სწრაფდენებში ნაკადის სიჩქარე შეიძლება 12—13 მ/წმ და უფრო მეტიც იყოს, თუცა არხებზე მოთავსებულ მცირე ზომის სწრაფდენებში ნაკადის სიჩქარეს იღებენ 7—10 მ/წმ ფარგლებში. ასეთი სიჩქარეების დროს შეიძლება მხედველობაში არ მივიღოთ კავიტაცია და ნაკადის აერაცია.

სწრაფდენის მნიშვნელოვანი ქანობისა ($i > 0,15$) და დიდი სიგრძის შემთხვევაში სიჩქარეთა შესაძვირებლად იყენებენ ხელოვნურ ხორკლიანობას (სი-



ნახ. 19-17. ბუნების სწრაფდენი:

1—შესასვლელი ნაწილი; 2—ლარი; 3—ნაკერი; 4—ხერცები ფლაში; 5—წყალსაცემი ჰა; 6—გამოსასვლელი ნაწილი.

მქისეს), რომელსაც წარმოშობენ სხვადასხვაგვარად: სათეხურებით, მართკუთხა კვეთის განივი ძელებით, მრუდხაზოვანი ძელებით, ზიგზაგისებრი ზღურბლებით და შაშებით. ასეთი სწრაფდენების ნაკლოვანი მხარეა არადაშეკეცილობადი მუშაობა ზამთრის პირობებში, აგრეთვე მაშინ, როდესაც ნაკადს დიდი რაოდენობით მოაქვს მყარი ნატანი, რადგან ბეტონის კბილები და ზღურბლები მნიშვნელოვნად ზიანდება ან მთლიანად გამოდის მწყობრიდან.

სწრაფდენების ჰიდრაულიკურ გაანგარიშებას ახდენენ ჰიდრაულიკის სპეციალურ კურსში, აგრეთვე ჰიდრაულიკურ და ჰიდროტექნიკურ ცნობარებში მოცემული მეთოდებით.

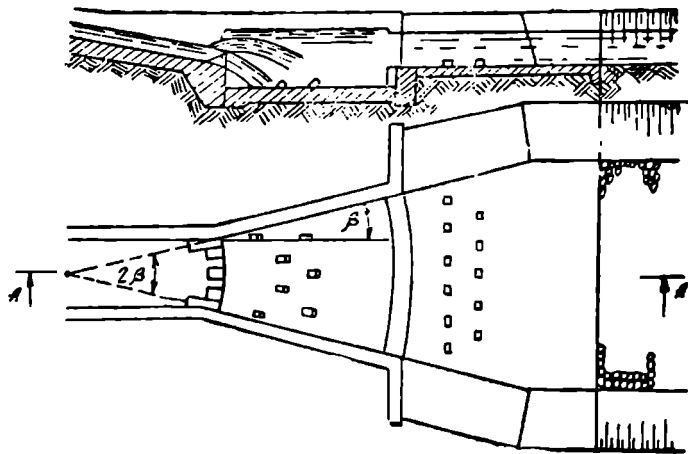
კონსტრუქციულად სწრაფდენის ცალკეული ნაწილები შეიძლება გადაწყდეს სხვადასხვაგვარად; მაგალითად, წყალსაცემი და რისბერმა, როგორც წესი, გეგმაში განშლადი უნდა იყოს, ამასთან ჰის კედლებიდან ჰავლის მოწყვეტის ასაცილებლად და ნაკადის მხარკეული დინების დასამყარებლად განშლის კუხზე უნდა განისაზღვროს $h_{გვ} = 1/7 - 1/14$ მნიშვნელობით, ანდა იმავე მიზნით ბოჭყის განმდგრელები. ჰის ბოლოში შეიძლება გაკეთდეს წყალსაცემი კედელი ან სათეხური (ნახ. 19—18). ადგილობრივი პირობების შესაბამისად სწრაფდენის ლარი შეიძლება გაკეთდეს გეგმაში სწორხაზოვანი ან მრუდხაზოვანი ღერძით. უკანასკნელ შემთხვევაში ლარის გარე ბორცს აკეთებენ მოპირდაპირეზე უფრო მაღალს მოსახვევ უბანზე ნაკადის ზედაპირის

დახრილობის შესაბამისად, ხოლო მოსახევეის შინამალურ რადიუსს იღებენ ლარის სივანეზე ათჯერ მეტს. ლარის კედლების სიმაღლის შარაგს წყლის დონის ზევით სამშენებლო ნორმებისა და წესების შესაბამისად¹ იღებენ.

გრძელი სწრაფდენების დაპროექტებისას ყურადღება უნდა მიექცეს ლარზე წყლის მოძრაობის შედეგი რეჟიმის შექმნას, თავიდან იქნეს აცილებული ე. წ. მგორაგვი ტალღების წარმოშობა. საერთოდ კი, როგორც წესი, ლარის განივკვეთი უნდა იყოს უტალღო. სწრაფდენზე წყლის ზედაპირის გვერდითი რწევის ასაცილებლად მასზე აწყობენ ნაკადის სიღრმის ტოლო სიმაღლის გრძივ კედლებს, სწრაფდენის ლარი შეიძლება იყოს როგორც მუდმივი, ისე ცვალებადი სივანისა.

ლარის ძირზე ფილტრაციული წნევის ასაცილებლად მის გასწვრივ ითვა-

А-А



ნახ. 19-18. სწრაფდენის გამოსასვლელი ნაწილი.

ლისწინებენ კედლისპირა ღრენაეს, რომელიც ბოლოში უერთდება გამყვან არხს.

საყურადღებოა შედარებით მოგვიანებით დამუშავებული მილისებრი სწრაფდენების ისეთი კონსტრუქციებიც, რომლებშიც მყარდება უდაწნეო მოძრაობა. წყლის დინების დასაშეობი სიჩქარე მათში შეიძლება მნიშვნელოვნად გადიდდეს, რადგან ნაკადის აერაციით გამოწვეული მხეფით სწრაფდენის მახლობლად გრუნტი არ სველდება.

მშენებლობის გასაიაფებლად სხვადასხვა საპროექტო ორგანოზაციის მიერ დამუშავებულია ასაწყობი სწრაფდენების ტიპობრივი კონსტრუქციები 50 მ²/წმ-მდე ხარჯებისათვის.

¹Строительные нормы и правила. Сооружения меллиоративных систем. СНиП II-52-74. М., Стройиздат, 1975.

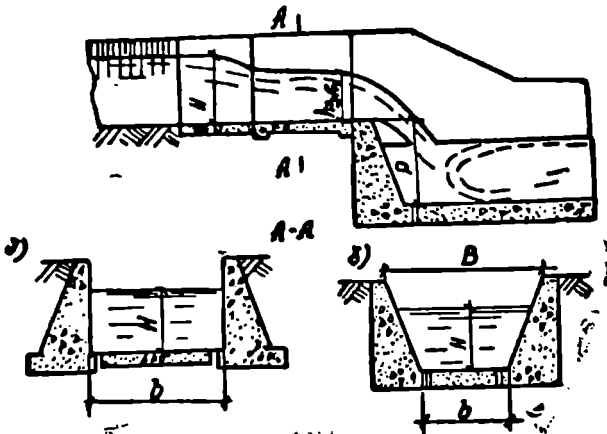
2. საფეხურებიანი ვარდნილები

საფეხურებიანი ვარდნილები ხელოვნური შეშუღლებული კალაპოტებია, რომელთა ფსკერი იქმნება ვერტიკალური ან რამდენიმე დაბრილი ვარდნის კედლებითა და პორიზონტალური უბნებით (საფეხურებით), ხოლო ნაპირბივერტიკალური ან დაბრილი კედლებით. ასეთი ვარდნილების მოწყობას შიშართავენ ადგილმდებარეობის შედარებით დიდი ქანობების დროს ($i > 0,15 - 0,2$), როდესაც სწრაფდენის მოწყობა მიზანშეუწონელია. რადგან ვარდნილი ნაკადის კარბი ენერჯიის შთანთქვა უნდა მოხდეს ნაგებობის საზღვრებში, საჭიროა არაკლდოვანი ფერდობების შემთხვევაში ნაგებობის კონსტრუქციული ელემენტები (ვარდნის კედლები, საფეხურების ფილები, სანაპირო კედლები) სათანადო ზომების იყოს.

ვარდნის სიმაღლის მიხედვით აპროექტებენ ერთსაფეხურიან ან შრავალ-საფეხურიან ვარდნილებს. მათ აშენებენ ბეტონით, რკინაბეტონით, ყორე ქვით ან აგურით. ერთსაფეხურიან ვარდნილებს ჩვეულებრივ იყენებენ მცირე (5 მ-მდე) ვარდნის სიმაღლეთა დროს, იშვიათად დიდი ვარდნის სიმაღლის შემთხვევაშიც, თუ ფერდობი მნიშვნელოვანი სიგრძისაა და სწრაფდენის გამოყენება მიზანშეუწონელია.

ერთმანეთისაგან განარჩევენ საფეხურიანი ვარდნილების სამ სახეს: ღი - ას, ნახევრად დაწნევიტს და დაწნევიტს.

ღია ვარდნილებს შესასვლელში შეიძლება ჰქონდეს სხვადასხვა ფორმის განივი კვეთი (ნახ. 19-19): მართკუთხა, ტრაპეციისებრი ან სავარცხლისე-



ნახ. 19-19. ვარდნილის შესავალი ნაწილი:
 —სწორკუთხოვანი კვეთით; ბ—ტრაპეციული კვეთით.

ბრი კვეთით. ყველაზე მარტივია მართკუთხა განივი კვეთი, მაგრამ მისი გამოყენებით რამდენიმე უარესდება მიმყვანი არხის მუშაობის პირობები წყლის ხარჯების კლების დროს. ასეთ პერიოდებში არხში წარმოიშობა დაცემის წირო, რასაც ხშირად მოსდევს არასასურველი შედეგები. ამ მოვლენის ასაცილებლად მიზანშეუწონელია ვარდნილის შესასვლელში მოეწყოს საკეტი. ასეთი ნაკლოვანებანი თავიდანაა აცილებული ტრაპეციისებრი და სავარცხლისებრი შესასვლელი კვეთების შემთხვევებში.

განსახილველი ტიპის ვარდნილებში საფეხურები ანუ ვარდნის კედლები კეთდება ვერტიკალური, ან ნაკადის დინების სიმაართელებით ოდნავ გადახრილი კედლების სახით, ზოგჯერ დახრილი (დაწოლილი) ფილების სახით. უკანასკნელის გამოყენება დაჯდომად გრუნტებზე რეკომენდებული არაა.

ბეტონის ან სხვა მასიური ვარდნილებისაგან განსხვავებით რკინა-ბეტონის ერთსაფეხურიანი ვარდნილები ჩარჩოსებრი წიბოვანი კონსტრუქციისაა ხისტად შეერთებული კედლებითა და ძრითი (ფლიუტბეტით). 13-9 ნახაზზე ნაჩვენებია ღია ტიპის ბეტონის მრავალსაფეხურიანი ვარდნილის გრძივი და განივი კრილები, გეგმა და ხელი.

ნახევრად დაწნევივით ვარდნილებს აქვს დაწნევეთი მოძრაობის უბნები, რომლებიც იქმნება გრძივ კედლებს შორის ჩადგმული რკინაბეტონის დიამფრაგმებით (ზარადებით). ამ ტიპის ვარდნილებში ქვედა საფეხურზე დაკუმამდნე ნაკადის ქველი დეკმა ზარადს, ამასთანავე ზოგჯერ ზარადის კოჭით ქვემოთ ვარდნილი ნაკადი განშრეველება. ცხადია, ორივე შემთხვევაში ვარდნილი ნაკადის განშრეველისა და გაღუნვის შემდეგ ხდება მისი ენერჯის ინტენსიური შთანთქმა. ზარადის კოჭებს შეიძლება ჰქონდეს შანდორების სახე, რაც გააადვილებს მათ ამოღებას ყინულისა და თოშის გატარებისას.

დაწნევივით მილსებრ ვარდნილებს იყენებენ მცირეხარჯიან სარწყავ არხებზე. მათი უპირატესობა ისაა, რომ სადაწნეო რეჟიმით მუშაობისას აქვს დიდი გამტარუნარიანობა, ამასთანავე მათში გაადვილებულია ნაკადის ენერჯის შთანთქმა ქვედა ბიფში და გადასასვლელების მოწყობა.

მრავალსაფეხურიანი ვარდნილის (ნახ. 13-9) ჰიდრაულიკური გაანგარიშება ხდება სათანადო მეთოდის მიხედვით, რომელიც მოცემულია სპეციალურ ლიტერატურაში¹. დაგეგმარების დროს გათვალისწინებული უნდა იქნეს კონსტრუქციული ხასიათის მოთხოვნები, სახელდობრ, საფეხურების რიცხვის არჩევისას მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული ის გარემოება, რომ საფეხურის სიმაღლის გაზრდით (ე. ი. მათი რიცხვის შემცირებით) ენერჯის ჩაქრობის ეფექტიკ მნიშვნელოვნად იზრდება. იმასთან დაკავშირებით, რომ დაპროექტებისას ნაკებობა მოხერხებულად უნდა იყოს ჩახაზული ადგილმდებარეობის ფერდობში, ე. ი. ღრმა ნათხარებისა და მაღალი ყრილების გარეშე, ჩვეულებრივ განიხილავენ მისი ტრასის რამდენიმე ვარიანტს და მათგან აირჩევენ ყველაზე უფრო ეკონომიურს.

საფეხურთა რიცხვის არჩევის შემდეგ გადადიან ჯერ პირველი, ხოლო შემდეგ მეორე, მესამე და ა. შ. საფეხურების ჰიდრაულიკურ გაანგარიშებებზე. გამოსასვლელი ნაწილის გაანგარიშებას ახდენენ იმ მოსაზრებათა შესაბამისად, რომ ვარდნილი აქ უნდა შეუღლდეს გამყვან არხთან და ამასთანავე ნახტომი ჩაიძიროს.

ვარდნილის გარსმდენი ფილტრაციული ნაკადით გამოწვეული წნევის შოსახსნელად, რომელიც განსაკუთრებით საგარძნობია ვარდნილის სივრცის ქვედა შესამდღში, გათვალისწინებული უნდა იქნეს კედლისპირა დრენაჟი ორივე კედლის უკან, მის გასწვრივ. სადრენაჟო მილებით შეკრებილი ფილტრაციული ნაკადი გაიყვანება წყალსაცემის კედელში ან გამყვან არხში. კედლისპირა დრენაჟის მოწყობა განსაკუთრებით მიზანშეწონილია იმ შემთხვევებში, როდესაც ვარდნილის შესასვლელში გათვალისწინებულია საკეტი.

¹ Замаря Е. А. Проектирование гидротехнических сооружений. М., Сельхозгиз, 1961.

3. კონსოლური ვარდნილები

კონსოლური ვარდნილი სწრაფდენია კონსოლური ღარით დაბოლოებული ნაწილით, საიდანაც ქველი თავისუფლად ვარდება გამყვან არხში (ნახ 13-10). კონსოლურ ვარდნილებს იყენებენ არა მარტო შემთხვევებულ ნაგებობებში და სანაპირო წყალსაგდებთა ელემენტებად, არამედ წყალსაცავების შესასვლელად გაყვანილი არხების ბოლოებში მოწყობილ საგდებებადაც. რიგ შემთხვევებში ტექნიკურ-ეკონომიკური თვალსაზრისით კონსოლური ვარდნილები უფრო ხელსაყრელია, ვიდრე საფეხურიანი ვარდნილები და სწრაფდენები.

კონსოლური ვარდნილი შედგება შემდეგი ნაწილებისაგან: შესასვლელი, სწრაფდენი, საყრდენზე მოთავსებული კონსოლური ღარი და ფერდოს გამაგრებული ნაწილი საყრდენის ზონაში. შესასვლელი ნაწილისა და სწრაფდენის გაანგარიშება ხდება ჩვეულებრივი სწრაფდენის გაანგარიშებათა ანალოგიურად. კონსოლური ვარდნილის გაანგარიშების მნიშვნელოვანი ნაწილია გარე-ცხვის ძაბრის (ორმოს) სიღრმის განსაზღვრა და შემდეგ მის საფუძველზე საყრდენის ისეთი ჩაღრმავების დანიშვნა, რომელიც უზრუნველყოფს ნაგებობის მდგრადობას.

კონსოლის საყრდენი თავში განივი კოკით (ან ჩარჩოთი) ხისტად შეერთებული დგარების სისტემაა. თუ ეს საყრდენები ძალიან მაღალია, მაშინ მათი მოთავსება ღია ქვაბულში მიზანშეუწონელია. ასეთ შემთხვევებში იყენებენ რკინაბეტონის ხიშინჯებს ან ჩასაშვები ქვების გამოყენებით ამოყვანილ საყრდენებს.

უკანასკნელ ხანებში დამუშავდა ასაწყობ-მონოლითური კონსტრუქციის კონსოლური ვარდნილების ტიპობრივი პროექტები, მათგან საყურადღებოა „ლენინპროფდბოის“ ვარიანტი, რომელშიც კონსოლი მოთავსებულია ხიშინჯებზე.

გარდა ზემოაღნიშნულისა, მითითებანი კონსოლიანი ვარდნილების ჰიდრაულიკურ გაანგარიშებათა შესახებ §13—3-შიც იყო მოყვანილი; უფრო დაწვრილებით ისეთი გაანგარიშებანი მოცემულია ჰიდრაულიკის სპეციალურ კურსში და სათანადო ცნობარებში.

საკიროა აღინიშნოს, რომ ფერდობების ძალიან დიდი ქანობების ($i \geq 1$) და ზრამებიანი რელიეფის პირობებში, გარდა კონსოლური ვარდნილებისა, მიზანშეუწონელია შახტური ვარდნილების, ხოლო ზოგჯერ მილისებრ-ჩაშჩინის წყალსაგდებების გამოყენება.

4. გადასახვევლები

არხის ტრასაზე ტოპოგრაფიული და გეოლოგიური პირობების ცვლილების შესაბამისად არხის განიკვეთის ფორმებიც იცვლება, ამიტომ არხის სხვადასხვა განიკვეთის მქონე მეზობელი უბნების შეერთების ადგილებში (მაგალითად, რბილი გრუნტებიდან შვერივ გრუნტებში ან კლდოვან ქანებში გადასვლის ადგილებში), აგრეთვე ღარების, მილების, გვირაბების მისასვლელებში და სხვ. უნდა მოეწყოს გადასახვევლები, ანუ ე. წ. გარდამავალი უბნები. ამ უბნების ფარგლებში კალაპოტის ფერდობები იცვლება მდოვრედ და თანდათანობით, იშვდროულად იცვლება ფსიკერის სიგანეც და ნიშნულიც. ცალკეულ შემთხვევებში შეიძლება ასეთ ადგილებში საკირო გახდეს ბეტონისა და რკინაბეტონის კედლების მოწყობა.

ჰიდროტექნიკური გვირაბები

§ 20-1. ზოგადი ცნობები და კლასიფიკაცია

ჰიდროტექნიკურ გვირაბებს უწოდებენ მიწისქვეშა წყალსატარ ნაგებობებს, რომელთა მეშვეობით მომხმარებლისადმი წყლის მიწოდება ხდება უმოკლესი გზით და შესაძლო სწორხაზოვანი ტრასით. მათ იყენებენ მთიან პირობებში ციცაბო და ძლიერ დანაკლებული რელიეფის დროს, აგრეთვე მაშინ, როდესაც ღია წყალსატარის (არხის) ტრასაზე გვხვდება მალლობები ან მეწყეროვანი ადგილები, რომელთა შემოვლა გაუმართლებელია ტექნიკურ-ეკონომიკური თვალსაზრისით. გვირაბების გამოყენებას მაშინაც მიმართავენ, როდესაც წყალსატარის ტრასა გადის განაშენიანებულ და მკიდროდ დასახლებულ ადგილებში და როდესაც წყალსატარის ღერძი ისე ღრმად არის მოთავსებული მიწის ზედაპირიდან, რომ შეუძლებელი ან ეკონომიურად გაუმართლებელია ღია ნათხარის ან შემომვლები წყალსატარის მოწყობა.

საბჭოთა კავშირში ჰიდროტექნიკური გვირაბების მშენებლობას ხშირად მიმართავენ მდინარეთა სამთო და მთისწინა უბნებზე მსხვილი ჰიდროტექნიკური კვანძების მშენებლობასთან დაკავშირებით. მდინარეთა ხამშენებლო ხარჯების გასატარებლად, აგრეთვე დერივაციულ წყალსატარებლად დიდი კვეთის გრძელი გვირაბები გაყვანილ იქნა: ენგურის, ტოტოგულის, ჩერვაკის, ნურეკის და სხვა ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობისას; მალე დაშთავრდება 48,2 კმ საერთო სიგრძის გვირაბის მშენებლობა სომხეთში მდ. არპას ჩაშონადენის სევანის ტბაში გადასადგებლად. საბჭოთა კავშირის დახმარებით ეგვიპტეში აშენდა ასუანის მაღლივი კაშხალის სადაწნეო გვირაბები 15 მ დიამეტრით.

წყალსამურნეო დანიშნულების მიხედვით ჰიდროტექნიკური გვირაბები შეიძლება იყოს: 1) ენერგეტიკული (ჰიდროელექტროსადგურებთან წყლის მიშყვანი ან მათგან წყლის გამყვანი); 2) ირიგაციული და გამაწყლოვანებელი; 3) წყალსადენი და საკანალიზაციო; 4) სანაოსნო და ხე-ტყის დასაცურებელი; 5) წყალსადგები; 6) სამშენებლო (ჰიდროკვანძის მშენებლობის დროს მდინარის წყლის გადამგდები) და 7) კომპლექსური გვირაბები, რომელთაც ეკისრებათ ერთდროულად სხვადასხვა წყალსამურნეო ამოცანის შესრულება.

საბჭოთა კავშირში არსებული ჰიდროტექნიკური გვირაბების დიდი ნაწილი ენერგეტიკული და ირიგაციული დანიშნულებისაა.

ჰიდრაულიკური რეჟიმის მიხედვით ჰიდროტექნიკური გვირაბებს ყოფენ სადაწნეო და უდაწნეო გვირაბებად; პირველნი მუშაობენ მთლიანად შევსებული კვეთით და წყლის ჰარბი შინაგანი წნევით, ხოლო მეორენი — ნაწილობრივ შევსებული კვეთით მათში წყლის დონის თავისუფალი ზედაპირის პირობებში.

ღერძის მდებარეობისა და სამთო გამონამუშევრის ხასიათის მიხედვით ერთმანეთისაგან განასხვავებენ ჰიდროტექნიკური გვირაბების შემდეგ სახეობებს: ა) საკუთრივ გვირაბებს, რომელთა გამონამუშევრის ღერძი პორიზონტალურია ან ოდნავ დაბრილი; ბ) შახტებს, როდესაც გამონამუშევრის

ლერძი ვერტიკალურია ან ძალიან დახრილი; გ) შტოლნებს, როდესაც გამოწონაშუვეერის განივკვეთი მკირე ზომისაა ან აქვს დამხმარე მნიშვნელობა დ) შტრეკებს — სასამსახურო დანიშნულების მოკლე გამოწონაშუვეერებს.

ჰიდროტექნიკური გვირაბების განივკვეთის ზომებს აღგენენ ჰიდრაულიკის ფორმულების გამოყენებით მათში წყლის თანაბარი მოძრაობის პირობების მიხედვით, ამასთან წყლის მოძრაობის საშუალო სიჩქარე ინიშნება წყალსამეურნეო და ეკონომიკურ მოთხოვნილებათა გათვალისწინებით. ენერგეტიკულ გვირაბების ოპტიმალური კვეთების დადგენა, როგორც წესი, წარმოებს ტექნიკურ—ეკონომიკური გაანგარიშებებით; სახელდობრ, ანალიზური ან გრაფიკული მეთოდების გამოყენებით რიგი ვარიანტების შედარების საფუძველზე. ასეთი გაანგარიშებისას ითვალისწინებენ გვირაბის ჰიდრაულიკურ მახასიათებლებს, კაპიტალდაბანდებას, ყოველწლიურ ანარაჩებებს, აგრეთვე ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებს მონაცემე ჰიდროელექტროსადგურებზე.

ჰიდროელექტროსადგურებისა და მელიორაციული სისტემების ნაგებობათა შედგენილობაში შემავალი გვირაბების კლასიფიკაცია უნდა მოხდეს სიერთო-საკავშირო სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით, ხოლო წყალმომარაგების მიზნებისათვის გათვალისწინებული ჰიდროტექნიკური გვირაბების კლასები უნდა შეესაბამებოდეს წყლის მიწოდების საიმედოობის კატეგორიებს, რომელთაც წყალმომარაგების დაგეგმარების საერთო საკავშირო სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით აღგენენ.

დანიშნულების მიხედვით ჰიდროტექნიკური გვირაბები შეიძლება იყოს ძირითადი, მეორეხარისხოვანი და დროებითი. ძირითადი ის გვირაბები, რომლებითაც წყალი მუდმივად მიეწოდება ჰიდროელექტროსადგურებს, მელიორაციულ და წყალმომარაგების სისტემებს. მეორეხარისხოვანი — გვირაბები წყლის დროებით გასატარებლად, ხოლო დროებითი — გვირაბები, რომელთაც იყენებენ ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა მშენებლობის ან რემონტის დროს. ცალკეულ შემთხვევებში (მსხვილი ჰიდროკვანძების მშენებლობისას) სამშენებლო გვირაბები შეიძლება მიეკუთვნოს მეორეხარისხოვან ნაგებობებს, თუ მშენებლობის ხანგრძლივობის ვადა ღიღი.

ჰიდროტექნიკური გვირაბის განივკვეთის ფორმა შეიძლება იყოს სხვადასხვანაირი; იგი დამოკიდებულია ჰიდრაულიკურ, სტატიკურ და სამშენებლო—საწარმოო პირობებზე. გვირაბის გაყვანის შედეგად იცვლება გამოწონაშუვეერის გარემომცველი ქანების დაძაბული მდგომარეობა, რომელიც განაპირობებს მასში გამჭიმო ძაბვების წარმოშობასა და ქანების დეფორმაციას. არასაკმარისი სიმტკიცის ქანების შემთხვევაში მათ დეფორმაციას შეიძლება მოჰყვეს გვირაბის ჰერმეტიზაცია და გვერდითი კედლების გამობურცვა. აღნიშნული მოვლენის ასაცილებლად გვირაბის კონსტრუქციის გასწვრივ აკეთებენ მოკეთებას, რომელიც უნდა გაანგარიშდეს დეფორმირებადი ქანების წნევაზე (დაწოლაზე), ანუ ე. წ. სამთო წნევაზე.

§ 20-2. საშტო შენაბ

იმ ძალებს, რომლებიც გვირაბის გამოწონაშუვეერის გარემომცველ ქანებში იწვევენ ძაბვითი მდგომარეობის შეცვლას და დეფორმაციებს, ხოლო მათ შედეგად ბზარების წარმოშობას და ქანების ნატეხების გამოცვენას, ეწოდება სამთო წნევა. იგი უფრო ხშირად ვლინდება გვირაბის ჰერმეტიზაციაში (თაღში) და აქვს ვერტიკალური ან დაახლოებით ვერტიკალური მიმართულება.

სუსტ არამდგრად ქანებში გვირაბის კედლებზეც წარმოიშობა გვერდითი სამთო წნევები. ასეთი წნევები განსაკუთრებით ხშირად შეინიშნება ფხვიერ გრუნტებში — ქვიშებში, ბრეშში, კენკნარში, აგრეთვე პლასტიკურ ქანებში — თიხებში. სიდიდის მიხედვითა გვერდითი წნევები უფრო მცირეა, ვიდრე ვერტიკალური წნევები.

სამთო წნევა წარმოშობის მომენტიდან თანდათანობით იზრდება დროის გარკვეულ შუალედში; ზრდის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია საინჟინრო-გეოლოგიურ პირობებზე და გვირაბის სამუშაოთა წარმოების მეთოდებზე. გვირაბის გახსნის შეიძლე პირველ ხანებში სამთო წნევა უფრო ინტენსიურად იზრდება, ვიდრე შემდგომ პერიოდში, რომლის განმავლობაში ხდება წნევის შენელებული ზრდა ან მისი სტაბილიზაცია.

სამთო წნევის სიდიდე დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, რომელთაგან უმნიშვნელოვანესია: სამთო ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები და განლაგების პირობები, გვირაბის გამოწვეული წნევის განიკვეთის ზომები და ფორმა, მისი გაყვანისა და გამაგრების ხერხები, გვირაბის მოკეთების კონსტრუქცია და სხვ.

მტკიცე კლდოვან ქანებში სამთო წნევა ვლინდება მხოლოდ გეოლოგიურ დარღვევათა (ნახსლტების, ძვრების, დანაკეების) ზონებში, რომლებიც ხასიათდებათ ძლიერი ბზაროვნებით და ქანების შესუსტებული სიმტკიცით. ამასთანავე ცხადია, რომ რაც უფრო სუსტია ქანის ნაწილაკებს შორის კავშირი, მით მეტ წნევას ახდენს იგი გვირაბის სამაგრზე.

პლასტიკურ ქანებში (თიხები, მერგელები, ფიქლების ზოგიერთი სახეობა) სამთო წნევა ვლინდება როგორც ზემოდან, ისე გვერდებიდან, ხოლო ზოგჯერ ქვემოდანაც. სამთო წნევა მნიშვნელოვან სიდიდეს აღწევს აგრეთვე ფხვიერ (დაუკავშირებელ) ქანებშიც. ასეთი ქანებისათვის დამახასიათებელია სამთო წნევის სწრაფი ზრდა სამაგრის ღრეობებიდან ფხვიერი გრუნტის სულ მცირე გამოშეებისას, რადგან მას მოსდევს გრუნტის გადაადგილება გამოწვეული პერში და გვერდებში. ეს მოვლენა კიდევ უფრო მძიმდება მაშინ, როდესაც გვირაბის გამოწვეული შეშლის წყალი, რომელსაც გამოჰქვს გამოარეცხილი ქვიშა. ასეთ პირობებში გვირაბების გაყვანისას საჭიროა განსაკუთრებული სიფრთხილე (რაც შემთხვევაში ფხვიერი ქანების ქიმიური გამაგრების, ჩაყინვის და სხვა ხერხების გამოყენება).

გვირაბების გაყვანისათვის ყველაზე უფრო არახელსაყრელია მცურავი ქანები, რომლებშიც სამთო წნევა აღწევს ძალიან მნიშვნელოვან სიდიდეს, გაცილებით უფრო მეტს, ვიდრე ქვიშებში. ამ შემთხვევაში წნევის სიდიდე დამოკიდებულია მცურავი ქანის ფენის სისქეზე, აგრეთვე მის თავზე ისეთი მტკიცე ქანების არსებობაზე, რომელთაც შეუძლიათ მიიღონ მის ზევით მოთავსებული ქანების წონით წარმოშობილი დატვირთვა.

სამთო წნევის სიდიდე მნიშვნელოვანადაა დამოკიდებული გვირაბის გაყვანისა და მშენებლობის წარმოების ხერხზეც, სახელდობრ, მუდმივი მოკეთების ამოყვანის სისწრაფეზე, დროებითი სამაგრების კონსტრუქციის სიხისტესა და მისი გაქედვის (გასოღვის) ხარისხზე. რაც უფრო ხისტია სამაგრი და მჭიდროდაა გამართული, მით უფრო ნაკლებია ქანების გადაადგილება და შედეგად მით უფრო მცირეა სამთო წნევის საბოლოო სიდიდე.

სამთო წნევის სიდიდის ზუსტ განსაზღვრას ძალიან დიდი მნიშვნელობა აქვს გვირაბებისა და სხვა მიწისქვეშა ნაგებობების მოკეთებათა სწორი დაპროექტებისათვის; ეს ფრიად რთული ამოცანაა, რადგან მის სიდიდეზე გავ-

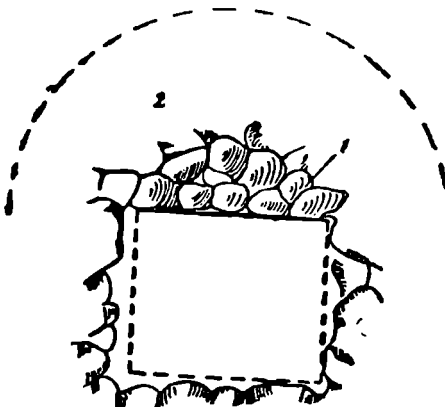
დენას იხდენს ძნელად გასათვალისწინებელი სხვადასხვა ფაქტორი. სწორედ იღნიშნულმა გარემოებამ განაპირობა სამთო წნევის განსაზღვრის სხვადასხვა მეთოდების დამუშავება.

დღეისათვის არსებობს სამთო წნევის კვლევის სამი მიმართულება: ანალიზური (თეორიული მეთოდები), ლაბორატორიული და ნატურული კვლევის.

სამთო წნევის სიდიდის თეორიული განსაზღვრა ემყარება გვირაბის გამონამუშევრის გარემომცველი ქანების გადაადგილებებისა და დეფორმაციების, აგრეთვე მათი ძაბვითი მდგომარეობის შესწავლას. ამასთანავე ქანები განიხილება როგორც შეუკავშირებელი (ფხვიერი) ან როგორც მყარი იზოტროპული სხეულები, რომლებიც ემორჩილებიან ღრგვადობისა და პლასტიკურობის თეორიის კანონებს. პრაქტიკული მნიშვნელობის მქონე ამონახსნების მისაღებად რიგ შემთხვევებში შემოაქვთ გვირაბის გაყვანით გამოწვეულ მოვლენათა ხასიათის შესაფერისი დამატებითი პიპოთეზები.

სამთო წნევის განსაზღვრის მიახლოებითი თეორიული მეთოდები დაამუშავა პრავალმა მკვლევარმა, მათ შორის: რუსმა ინჟინერმა გ. პეროტმა (1860 წ.), რომლის წარმოდგენის თანახმად გვირაბის გამონამუშევრის თავზე იქმნება მთის მასივიდან გამოყოფილი ქანების სოლი, რომელიც თავისი წონით აწევბა გვირაბის სამაგრს ან მოკეთებას; შვეიცარიელმა პროფესორმა გეიმმა, რომლის პიპოთეზის მიხედვით დიდ სიღრმეზე მოთავსებული ქანები იმყოფება მალულ პლასტიკურ მდგომარეობაში, რის შედეგად გვირაბის გაყვანისას იწყებენ რა დენადობას, ავითარებენ ჰიდროსტატიკურ წნევას, რომელიც ეტოლება ქანების სვეტის სრულ წონას გამონამუშევრის თავზე (ე. წ. სრული წონის პიპოთეზა). ამ პიპოთეზის საფუძვლიანობას აბათილებს ის ფაქტი, რომ ძალიან ღრმად გაყვანილი გვირაბები წარმატებით მუშაობენ.

ფხვიერი გრუნტებისათვის წამოყენებული იყო ჩამონგრევის პრიზმის პიპოთეზა, რომელიც გულისხმობს, რომ გვირაბის გამონამუშევრის ზემოთ იქმნება მისი სივანის ტოლი გრუნტის ვერტიკალური პრიზმა, რომელიც ცდილობს ჩამოცოცდეს ძირს. პრიზმის ჩამოცოცებას წინააღობას უწევს ხახუნის ძალები გვერდით სიბრტყეებში, ამიტომ ამ შემთხვევაში სამთო წნევა განისაზღვრება როგორც პრიზმის წონისა და ხახუნის ძალების სხვაობა, მაგრამ ამ პიპოთე-



ქ. ნახ. 20-1. ბუნებრივი თბილ გაუმჯობესებელ გვირაბში:

1—ქანის ჩამოსაცენი ნაგებობა; 2—განმტვირთავი თბილი.

ზის სიხუსტე არ დასტურდება ცდებით. მისი გამოყენება მიზანშეწონილია მაშინ, როდესაც გვირაბის ცალკეული უბნები გაყავთ ღია წესით (ნათხარში), ხოლო მოკეთების შემდეგ ნათხარი ივსება გრუნტის ყრილით.

შეუპყრელ გრუნტებში გამავალი გვირაბებისათვის უფრო სწორი აღმოჩნდა ე. წ. განმტვირთავი თბილის პიპოთეზა, რომლის საფუძველი

გახდა ბუნებრივი თაღების წარმოშობა გაუზარებელ ჯეირაბებში. ამ ჰიპოთეზის თანახმად გეირაბის გამონამუშევრის შემთხვევა ბუნებრივი განმტკიცებადი თალი, რომელიც ქანების ზედა ფენების დაწოლას გადასცენ გეირაბის გვერდების ქანებს; გეირაბის სამაგარს კერში მხოლოდ ქანის მასივიდან გამოყოფილი მოცულობის, — ე. წ. ჩამონგრევის თალის წონა გადაეცემა (ნახ. 20 1).

განმტვირთავი თალის ჰიპოთეზაზე დაყრდნობით შემუშავებულ იქნა ვერტიკალური სამთო წნევის განსაზღვრის სხვადასხვა ხერხი, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან თალის h სიმაღლის (ისრის) განსაზღვრის პრინციპით. საბჭოთა კავშირში ყველაზე ფართოდ გავრცელდა სამთო საქმის დიდი სპეციალისტის პროფ. მ. პროტოდიაკონოვის ხერხი, რომელიც მან დაამუშავა ჯერ კიდევ 1908 წელს. იგი განიხილავს სამთო წნევის განსაზღვრის ორ სქემას: 1) საკმაოდ მტკიცე ქანებისათვის, როდესაც გვერდითი წნევა პრაქტიკულად არ არსებობს ან ძალიან მცირეა და 2) რბილი ქანებისათვის, როდესაც გარდა ვერტიკალური წნევისა არსებობს გვერდითი წნევა. გამოკვლევებში გამოყენებულია ფხეიერი სხეულების თეორია, რისთვისაც ნამდვილის ნაცვლად შემოტანილია მოჩვენებითი ხახუნის კოეფიციენტი, რომელიც, გარდა ხახუნის ძალებისა, ითვალისწინებს ნაწილაკებს შორის შეკიდულობას. მას ქანის სიმაგრის კოეფიციენტი (μ) ეწოდა და მისი მნიშვნელობა აიღება ქანების კატეგორიის მიხედვით მ. პროტოდიაკონოვის მიერ შედგენილი ცხრილიდან.

§ 20-3. სამთო წნევის განსაზღვრა მ. პროტოდიაკონოვის ხერხით

1. ვერტიკალური სამთო წნევის განსაზღვრა პირველი სქემის მიხედვით

მ. პროტოდიაკონოვის მიხედვით ვერტიკალური სამთო წნევის განსაზღვრისათვის განიხილება h სიგანის მართკუთხა გეირაბული გამონამუშევარი; რომლის ზემოთ ქანების დეფორმაციით წარმოშობილი ჩამონგრევის მოცულობის ზედა საზღვარია h ს-მაღლის AOB თალი. შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ აღნიშნულ თალში გამკიმი ძაბვები არ არსებობს, ხოლო მკუთხავი ძაბვები დასაშვების ფარგლებშია. წინა პარაგრაფში გამოთქმულ მოსახრება. თა თანახმად ცხადია, რომ AOB მოცულობაში არსებული ქანების წონა განსაზღვრავს ვერტიკალური სამთო წნევის საძიებელ სიდიდეს (ნახ. 20-2).

AOB თალის ფორმა შეიძლება მიახლოებით განისაზღვროს მისი წონასწორობის განხილვით იმ დაშვების საფუძველზე, რომ ზემოთ მდებარე ქანების p თანაბარი დატვირთვის პირობებში მასში არ არსებობს მღუნავი მომენტები (ე. ი. არც გამკიმი ძაბვები) და ადგილი აქვს მხოლოდ ცენტრალურ კუმშვას N ძალით.

თუ თალიდან გამოვყოფთ ნებისმიერ OC უბანს (ნახ. 20-2) და მოშორებული ნაწილების გავლენას შევცვალოთ H განმბჯენითა და N გრძივი ძალით, მაშინ $C(x, y)$ წერტილის მიმართ ყველა ძალის მომენტის ჯამის ნულთან გატოლებით მივიღებთ წონასწორობის განტოლებას

$$Hy - p \frac{x^2}{2} = 0,$$

$$y = \frac{px^2}{2H} \quad (20-1)$$

ამგვარად, AOB მრუდი კვადრატული პარაბოლაა.

განმზეჯენის სიდიდის განსაზღვრისათვის განიხილება თალის ქუსლების სიმტკიცის პირობა. ასე, B ქუსლს გადაეცემა H განმზეჯენი და გვირაბის b

მალზე მოსული ქანის დატვირთვის ნახევარი — $P = 0,5pb$. თალის მდგრადობის უზრუნველსაყოფად დაცული უნდა იქნეს პირობა

$$H \leq f_k P \text{ ან } H \leq 0,5pb f_k.$$

სადაც f_k არის ქანის ე. წ. სიმაგრის კოეფიციენტი მ. პროტოდიაკონოვის მიხედვით. სიმტკიცის ორმაგი მარაგის შემთხვევაში

$$H = 0,5 \cdot 0,5pb f_k = 0,25pb f_k. \quad (20-2)$$

თუ (20-1) გამოსახულებაში H სიდიდეს შევცვლით (20-2) მნიშვნელობით, მივიღებთ

$$y = \frac{2x^2}{f_k b}. \quad (20-3)$$

ნახ. 20-2. ვერტიკალური სამთო წნევის საზღვარიშო სქემა მ. პროტოდიაკონოვის მიხედვით.

როდესაც $x = 0,5b$ და $y = h$, (20-3) განტოლებიდან ვღებულობთ პარაბოლური მოხაზულობის ჩამონგრევის თალის საძიებელ სიმაღლეს

$$h = \frac{b}{2f_k}. \quad (20-4)$$

ამგვარად, ჩამონგრევის თალის ფართობი იქნება $\omega = \frac{2}{3}bh$, ხოლო გვირაბის 1 გრძ. მ პორიზონტალურ სამაგრზე მოსული ვერტიკალური სამთო წნევის სიდიდე

$$Q = \gamma_1 \omega = \gamma_1 \frac{2}{3}bh = \frac{\gamma_1 b^2}{3f_k}, \quad (20-5)$$

სადაც γ_1 არის ქანის მოცულობითი წონა ტ/მ³-ით.

თანაბრად განაწილებული კუთრი ვერტიკალური სამთო წნევის საშუალო მნიშვნელობა

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{\gamma_1 b}{3f_k}. \quad (20-6)$$

CH 238-73-ის თანახმად ხვედრითი ვერტიკალური სამთო წნევის სიდიდე აიღება შემდეგი მნიშვნელობით

$$q = \beta \frac{\gamma_1 b}{2f_1} = \beta \gamma_1 h, \quad (20-7)$$

სადაც β არის კოეფიციენტი, რომელიც 0.7 აიღება მაშინ, როდესაც გვირაბის სიგანე $b < 6$ მ, ხოლო, როდესაც $b \geq 6$ მ, მას იღებენ 1-ის ტოლს; h — ჩამონგრევის თალის სიმაღლე.

2. გვერდითი სამთო წნევის განსაზღვრა მეორე ხქემის მიხედვით

რბილი ქანების პირობებში, როდესაც შესაძლებელია გვერდითი ჩამონგრევის პრიზმების წარმოქმნა, 20-3 ნახაზზე ნაჩვენებია სქემის თანახმად ჩამონგრევის თალის ზომები იზრდება. კერძოდ, მისი მალე გვირაბის მალზე უფრო დიდია და იმავე CH 238-73 თანახმად, როდესაც ქანის სიმაგრის კოეფიციენტი $f_1 \leq 4$, შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი დამოკიდებულებით

$$b_0 = b + 2h_0 \operatorname{tg}(45^\circ - \varphi_1/2), \quad (20-8)$$

სადაც b არის გვირაბის სიგანე; h_0 — გვირაბის სიმაღლე სიოში; φ_1 — გრუნტის შიგა ხახუნის კუთხე, რომელიც განისაზღვრება $\operatorname{tg} \varphi_1 = f_1$ დამოკიდებულებით მიხედვით ($\varphi = \operatorname{arc} \operatorname{tg} f_1$).

ამ შემთხვევაში ჩამონგრევის თალის სიმაღლე

$$h' = \frac{b_0}{2f_1}, \quad (20-9)$$

შედეგად გვირაბის გამონამუშევრის პორიზონტალურ სამაგრზე მოსული ქანის წნევა გვირაბის 1 გრძ. მ-ზე განისაზღვრება $AA'B'B$ მოცულობაში არსებული ქანის წონით. რაც შეეხება $Ad'C$

და $BB'D$ ქანის მოცულობათა წონას, მას ითვალისწინებენ გვერდითი სამთო წნევის განაგარიშების დროს როგორც ჩამონგრევის პრიზმებზე მოქმედ თანაბრად განაწილებულ დატვირთვას.

ამგვარად, გვირაბის პორიზონტალურ სამაგრზე ან საერთოდ მოკვებების ზედა ნაწილზე მოქმედი ვერტიკალური დატვირთვა

$$Q' = \frac{2}{3} \gamma_1 b h + \gamma_1 b (h' - h).$$

თუ გავითვალისწინებთ (20-8) და (20-9) გამოსახულებებს, მაშინ შეიძლება დავწეროთ

$$Q' = \frac{2}{3} \gamma_1 b h + \frac{\gamma_1 b h_0 \operatorname{tg}(45^\circ - \varphi_1/2)}{f_1}. \quad (20-10)$$

მოქმედი საშუენებლო ნორმების (CH 238-73) თანახმად მიღებული

ვერტიკალური სამთო წნევის სიდიდე მალში თანაბრად განაწილებულად უნდა ჩავთვალოთ, აქედან გამოდინარე, დატვირთვის ინტენსიურობა

$$q = \frac{Q'}{b} = \frac{2}{3} \gamma_1 h + \frac{\gamma_1 h_0 \operatorname{tg}(45^\circ - \varphi_1/2)}{f_1} \quad (20.11)$$

ჩამონგრევის პროზებზე მოქმედი ვერტიკალური დატვირთვის ინტენსიურობა მიახლოებით ტოლი აიღება — $\gamma_1 h_0 \approx \gamma_1 h'$; მაშინ ფხვიერი სხეულების თეორიის გამოყენებით გვერდითი წნევის ინტენსიურობა გვირაბის გამონაშუშევრის ზედის დონეზე შეიძლება განისაზღვროს გამოსახულებით

$$e_1 = \gamma_1 h_0 \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi_1/2), \quad (20.12)$$

ხოლო ძირში, ანალოგიური გამოსახულებით, რომელიც დამატებით ითვალისწინებს $\gamma_1 h_0$ ინტენსიურობას

$$e_2 = \gamma_1 (h_0 + h_0) \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi_1/2). \quad (20.13)$$

ცხადია, რომ გვერდითი სამთო წნევაც მიჩნეული უნდა იქნეს h_0 სიმაღლის ვერტიკალურ კედელზე მოქმედ თანაბრად განაწილებულ დატვირთვად. ამ წნევის გასაშუალოებული ინტენსიურობა

$$e = \frac{1}{2} \gamma_1 (2h_0 + h_0) \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi_1/2). \quad (20.14)$$

სამთო წნევის სიდიდე ისეთ ქანებში, რომელთა $f_1 \geq 4$, აღებული უნდა იქნეს ქანების დაშლილი ზონის მოცულობის წონის ტოლი.

ისეთ ქანებში, რომელთა $f_1 > 4$, ჰორიზონტალურ სამთო წნევას, როგორც წესი, არ ითვალისწინებენ. როდესაც გვირაბის კედლის სიმაღლე h მ-ზე მეტია, ჰორიზონტალური სამთო წნევა განისაზღვრება ქანის ჩამონგრევის პრიზმის ზღვრული წონასწორობის პირობის მიხედვით.

ნებისმიერი სიმტკიცის ქანებში გამავალი გვირაბების მოკეთებაზე მოქმედი სამთო წნევა მხედველობაში არ უნდა მივიღოთ მაშინ, როდესაც ითვალისწინებთ გამონაშუშევრის ქანების დამაგრებას რკინაბეტონის ანკერებითა და ნაშხეფ-ბეტონის საფარით ან მოკეთებაში ჩასატოვებელი ლითონის თალებით.

მოქმედი სამშენებლო ნორმების თანახმად I კლასის უდაწნეო და I და II კლასის სადაწნეო გვირაბებისათვის მოკეთებაზე ან სამაგრზე მოქმედი სამთო წნევის სიდიდე უნდა განისაზღვროს ნატურული გამოკვლევებით. გვირაბების დანარჩენი კლასებისათვის იგი შეიძლება განისაზღვროს ზემოაღწერილ მეთოდით.

მიწისქვეშა წყლების წნევის სიდიდე განსაზღვრული უნდა იქნეს წყალსაცავის დამყარებული დონის პირობებისათვის, ამასთან გათვალისწინებული უნდა იქნეს ამ წყლების დონის დაწევა სადრენაჟო მოწყობილობებითა და ცემენტაციური ფარდებით.

ომისათვის, რათა წარმოადგენა ვიქონიოთ ქანის სიმაგრის f_1 კოეფიციენტის რიცხვით მნიშვნელობებზე, მოგვყავს მათი სიდიდეები სხვადასხვა ქანებისათვის: ქვიშების, ქვიშარების, მცენარეული გრუნტისა და ტორფისათვის — 0,5—0,6; მძიმე თიხის, მორენიანი თიხის, ფიქლოვანი თიხის, მსხვილი კენკნარის, გამაგრებული ლიოზისათვის — 1,0—1,5; ტუფის, სპეზის, რბილი კირქვების, საშუალო სიმაგრის ფიქალების, საშუალო სიმაგრის მერგელებისა—

თვის — 2—4; კონგლომერატების, თიხოვანი ქვიშაქვების, შავარი შერგელბის, შავარი ფიქლებისათვის — 4—6; სხვადასხვა სიმპტიკის გრანიტების, გნეისების, სიენიტების, შერგელოვანი კირქვების, ქვიშაქვებისათვის — 6—10; დოლომიტების, შავარი კირქვების, მკვრივი ქვიშაქვების, მსხვილმარცვლოვანი გრანიტებისათვის — 10—14; ანდეზიტის, ბაზალტის, გნეისების, დიაბაზების, პორფირიტების, კენჭოვანი კონგლომერატების, საშუალომარცვლოვანი გრანიტებისათვის — 14—18; წვრილმარცვლოვანი გრანიტების, დიორიტების, შავარი პორფირიტების, ანდეზიტების, გაბროსისთვის და სხვ. 18—25; ლაბრადორიანი ბაზალტების, გაბროდიბაზების, განსაკუთრებით შტიკიეკვარციტების და პორფირიტებისათვის — 25-ზე მეტი.

სიმაგრის f_1 კოეფიციენტთა უფრო დაწვრილებითი მნიშვნელობანი, ქანების მოცულობითი წონებისა და კატეგორიების ჩვენებით, აგრეთვე მათი დამუშავების ხერხების მითითებებით მოცემულია მ. პროტოლიაკონოვის მიერ შედგენილ ცხრილში [22].

8. სამთო წნევის განხაზღვრა ლაბორატორიული და ნატურული გამოკვლევებით

ლაბორატორიულ გამოკვლევათა მიზანია ქანების ქცევის შესწავლა მოდელზე გვირაბის გამონამუშევრის ზონაში და სამუშაო პირობებისა და საანკარიშო ფორმულების შემოწმება. ექსპერიმენტები შეიძლება ჩატარდეს ბუნებრივი ქანებისაგან (მარმარილო, ქვიშაქვა და სხვ.) დამზადებულ მოდელზე, რისთვისაც მათში იბურლება სხვადასხვა ფორმის ხერცები. წნეხის ქვეშ მოდელების დარღვევაზე გამოცდით შეიძლება მიახლოებით დადგინდეს გვირაბის განივკვეთის ყველაზე რაციონალური ფორმა გეობატონებულ ვერტიკალურ სამთო წნევის პირობებში.

ლაბორატორიული გამოკვლევებით შეიძლება ცალ-ცალკე იქნეს შემოწმებული ისეთი ფაქტორების გავლენა, როგორცაა ქანების თვისებები, გვირაბის გამონამუშევრის ზომები და ფორმა, დროებითი სამაგრებისა და მოკეთების სიხისტე და სხვ. ასევე შეიძლება შევამოწმოთ და სათანადო დამატებანი შევიტანოთ თეორიული გზით მიღებულ დასკვნებში. მაგრამ ამასთანავე უნდა შევინშნოთ, რომ ბუნებრივი მასალებისაგან დამზადებულ მცირე ზომის მოდელზე ჩატარებულ ცდებს აქვს ნაკლოვანებანიც: სახელდობრ, საკუთარი წონისაგან შეუძლებელია საკმაოდ მაღალი ძაბვების მიღება და, მაშასადამე, მოდელზე იმ მოვლენათა აღწარმოება, რომელთაც ადგილი აქვს ნატურაში; ასევე შეუძლებელია წნეხის მეშვეობით მოდელის დამატებითი შტრეკით მიღწეულ იქნეს რეალურ მიწისქვეშა ნაგებობაზე მოქმედ მოცულობით ძალთა (სამთო წნევის) აღქმა.

სამთო წნევის მიმართ გამოყენებული მოცულობითი ძალების მოდელირების ამოცანა ვადწყვეტილ იქნა ცენტრიდანული მოდელირების მეთოდით. საბჭოთა კავშირში ეს მეთოდი დაამუშავეს ნ. დავიდენკოვმა და გ. პოკროვსკიმ, მისი იდეა დაახლოებით იმავე დროს იქნა წამოყენებული აშშ-ში ინჟინერ ბეკის მიერ, რომელიც დაქანაყოფილდა ცენტრიფუგში უმარტივესი მოდელების გამოცდით.

სამთო წნევის სიდიდის რეალური მნიშვნელობის დასადგენად, აგრეთვე რეალურ პირობებში გვირაბის მოკეთების მუშაობის შესასწავლად, მიზანშეწონილია ნატურული გამოკვლევების ჩატარება უშუალოდ გვირაბულ გამონამუშევრებში.

სამთო წნევის გამოკვლევები შეიძლება ჩავატაროთ გვირაბის მშენებლობის ორ სტადიაში და განვსაზღვროთ:

1) გვირაბის გამონამუშევრის ჰორიზონტალურ სამაგრზე მოქმედი სამთო წნევა, და

2) გვირაბის მუდმივ მოკეთებაზე მოქმედი სამთო წნევის სიდიდე.

ამასთანავე, სამთო წნევის სიდიდის განსაზღვრა შეიძლება ვაწარმოოთ ორი მეთოდით:

ა) მოკეთების (სამაგრის) ელემენტებში ძაბვების (ძაღვების) და კონსტრუქციის საერთო დეფორმაციის გაზომვის გზით, და

ბ) მოკეთების (სამაგრის) ცალკეულ ელემენტებზე კონტაქტური წნეგების უშუალო გაზომვით.

ცხადია, ერთი ცდის ჩატარებისას შესაძლებელია ორივე მეთოდის გამოყენება. ექსპერიმენტის დროს გამოიყენება სხვადასხვა დანიშნულების გაზომვი აპარატურა: ტენზომეტრები, კომპენსატორები, დინამომეტრები, ინვარის საზომი ლენტები და სხვ. მიწისქვეშა ნაგებობების ლაბორატორიულ და ნატურულ გამოკვლევათა უფრო დაწვრილებით აღწერა მოცემულია სპეციალურ ლიტერატურაში [22].

§ 20-4. სამთო ძანების უკუწნევა

გვირაბის გარემომცველი სამთო ქანების უკუწნევა ეწოდება მათ უნარს წინაღობა გაუწიოს გვირაბის მოკეთების დეფორმაციებს ქანის მიმართულეობით. ამ უნარის გამო გვირაბის მოკეთებაზე დატვირთვების მოქმედებისას სტატიკურ მუშაობაში ჩართულია გარემომცველი ქანებიც.

გამოკვლევებით დადგენილია, რომ რიგ შეითხვევაში სადაწნეო გვირაბებში გარემოსცველი ქანები თავისთავზე ლებულობს მთელი დატვირთვის (დაწნევის) ნახევარს და უფრო მეტსაც. აქედან გამომდინარე, გვირაბის მოკეთების ზომების შესამცირებლად არსებითი მნიშვნელობა აქვს ქანების უკუწნევის გავლენის სწორ შეფასებას. ფრიალ საყურადღებოა ის გარემოება, რომ განსაკუთრებით მტკიცე ქანების შემთხვევაში, რომელთაც უნარი შესწევთ მიიღონ გვირაბის მთელი შინაგანი წნევა, მისთვის მოკეთების, როგორც მუშა კონსტრუქციის საპირობება, შეიძლება საერთოდ მოისინას.

გვირაბის მოკეთების დეფორმაციებისადმი სამთო ქანების წინააღობის უნარს ითვალისწინებენ უკუწნევის k კოეფიციენტი, რომელიც გვირაბის კონტურის ნებისმიერ წერტილში მოქმედ p (კგძ/სმ²) ძაბვასა და ამავე წერტილის δ (სმ) გადაადგილებას შორის პროპორციულობის კოეფიციენტია

$$p = k \delta.$$

(20-15)

ამ ფორმულიდან ჩანს, რომ k კოეფიციენტი არის გვირაბის კონტურის გარემომცველი ქანების 1 სმ² ფართობზე მოდებული ისეთი დატვირთვა კოლოგრაფობით, რომელიც r წევს მის გადაადგილებას ძალის მიმართულეობით 1 სმ-ით. k იზომება კგძ/სმ²-ობით.

ქანების უკუწნევის კოეფიციენტის სიდიდე დამოკიდებულია მათ ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე და განლაგების ხასიათზე, გვირაბული გამონამუშევრის ზომებზე, ხოლო ზოგიერთ ქანებში გამონამუშევრის კონტურზე მოქმედ წნევასა და სხვა ფაქტორებზე. ცდებით დადგენილია, რომ განლაგე-

ბის გასწვრივ ქანების დატვირთვით ოგი უფრო მეტი შიიღება, ვიდრე განლაგების მართობულად დატვირთვისას. ასევე დაღვნილია, რომ გვირაბის განივკვეთის ზომების გაზრდით ქანების უკუწნევის კოეფიციენტი მცირდება.

ფრიალ საყურადღებოა აკადემიკოს ბ. გალიორკინის მიერ წრფივ-ღეფორმირებად არეში ცილინდრული მილის მუშაობის განხილის შედეგად მიღებული ქანების უკუწნევის კოეფიციენტის ზღვრული მნიშვნელობის ფორმულა

$$k = \frac{E}{r(1+\mu)}, \quad (20-16)$$

სადაც E და μ შესაბამისად არის დრეკადობის მოდული და პუასონის კოეფიციენტი;

r — ცილინდრული მილის რადიუსი.

მაშასადამე, წრფიული გვირაბების შემთხვევაში ქანების უკუწნევის კოეფიციენტი გამონამუშევრის რადიუსის უკუპროპორციულია.

პრაქტიკული გამაყენებისათვის უფრო მიზანშეწონილია ე. წ. k_0 კუთრი უკუწნევის კოეფიციენტით სარგებლობა, რომელიც ქანების უკუწნევა $r_0 = 1$ მ რადიუსიან ცილინდრულ გამონამუშევარში. კუთრი უკუწნევის k_0 კოეფიციენტიდან r რადიუსიანი გამონამუშევრისათვის საანგარიშო k კოეფიციენტზე გადასვლა შეიძლება შემდეგი დამოკიდებულებით

$$k = \frac{k_0}{r}. \quad (20-17)$$

(20-16) ფორმულის თანახმად,

$$k_0 = \frac{E}{(1+\mu)100}, \quad (\text{კგდ/სმ}^2) \quad (20-18)$$

სადაც E არის ქანის დრეკადობის მოდული კგდ/სმ²-ობით.

ამგვარად, კუთრი უკუწნევის კოეფიციენტით შეიძლება გამონამუშევრის რადიუსისაგან დამოუკიდებლად იქნეს დახასიათებული სამთო ქანების დრეკადი უკუწნევის უნარიანობა.

მოქმედი სამშენებლო ნორმებისა და წესების შესაბამისად I კლასის უდაწნეო და I და II კლასის სადაწნეო გვირაბების დაპროექტებისას აუცილებელია, რომ სამთო ქანების k უკუწნევის კოეფიციენტი ცდებით განისაზღვროს უშუალოდ გვირაბებში. მიზანშეწონილია ცდები ჩატარდეს დამახასიათებელ ქანებში გვირაბის საცდელი უბნების გამოყოფით. სად.წნეო გვირაბების გამოცდა უნდა ჩატარდეს წყლის შინაგანი წნევით როგორც მოუკეთებელი, ისე მოკეთებული გვირაბის დამთავრებულ უბნებზე.

უდაწნეო და ნაკლებადსაპასუხისმგებლო სადაწნეო გვირაბების დაპროექტების დროს უკუწნევის კოეფიციენტის განსაზღვრისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ შტამპების მეთოდი.

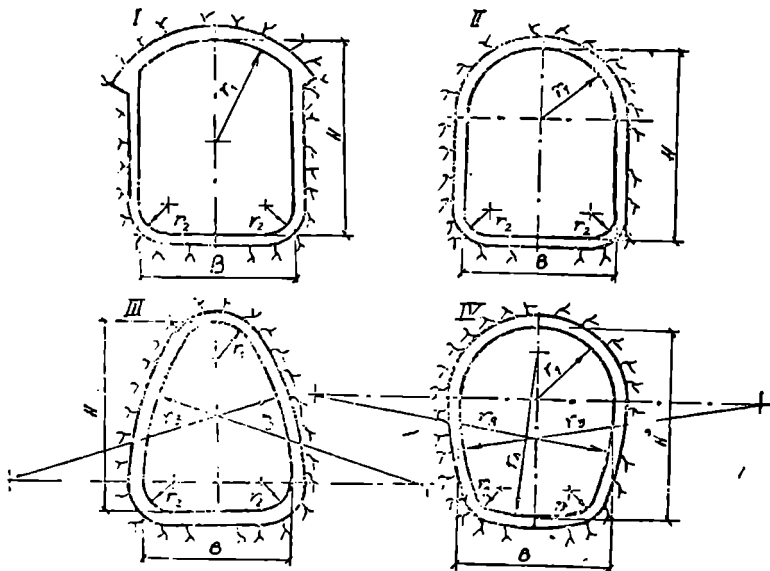
ქანების უკუწნევის სიდიდის წინასწარ დასადგენად იყენებენ გვირაბის ტრასაზე მცირე კვეთის შურფების წყლის წნევით ან შეკუმშული ჰაერით გამოცდის მეთოდსაც.

წინასწარი განგარიშებების დროს ბზაროვანი ქანებისათვის k_0 კუთრი უკუწნევის კოეფიციენტი შეიძლება განისაზღვროს f_2 სიმაგრის კოეფიციენტის მიხედვით სათანადო გრაფიკიდან [45]. აღნიშნული გრაფიკის თანახმად, როდესაც $f_2 = 4$, მაშინ $k_0 = 200$ კგდ/სმ², $f_2 = 8 - k_0 = 450$ კგდ/სმ²; $f_2 = 12 - k_0 = 850$ კგდ/სმ² და $f_2 = 15 - k_0 = 1600$ კგდ/სმ².

1. მუშაობის პირობები და განივკვეთის ფორმები

წყალთა მეურნეობის სხვადასხვა დარგში, მათ შორის ჰიდროენერგომშენებლობაში, უდაწნეო ჰიდროტექნიკური გვირაბების გამოყენებას მაშინ მიზართავენ, როდესაც წყლის დონე მცირედ ცვალებადობს გვირაბის დასაწყისში და ჰიდრაულიკური და წყალსაგურნეო პირობებით მათში შესაძლებელია წყლის უდაწნეო რეჟიმით მოძრაობა.

უდაწნეო გვირაბების გამტარუნარიანობა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, რომელთაგან მნიშვნელოვანია განივკვეთის ფორმა. სხვა ერთნაირ პირობებში (ერთნაირი სიმაღლის კოეფიციენტი, ცოცხალი კვეთის ფართობი და ქანობი) მაქსიმალური გამტარუნარიანობით ხასიათდებიან ის გვირაბები,



ნ.ბ. 70-4. უდაწნეო გვირაბების განივკვეთის ტიპები:

- I — სწორკუთხეონი დამრეცი თალით; II — ვარცხლილბარი ნახევარწრული თალით;
- III — შენადღებული ნრცღსაზოვანი კვლებით; IV — ნალისებრი (მრავალცენტრიანი).

რომელთაც წყლით შევსებულ ნაწილში აქვთ წრიული ან მართკუთხა კვეთი მომრგვალებული კუთხეებით.

გვირაბის განივკვეთის ფორმაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ტრასის საინჟინრო-გეოლოგიური პირობები და სამუშაოთა წარმოების ხერხი.

მოქმედი სამშენებლო ნორმებით [45] უდაწნეო ჰიდროტექნიკური გვირაბებისათვის რეკომენდებულია შემდეგი ტიპის განივკვეთები (ნახ. 20-4):

I — მართკუთხა, ბრტყელი კეჩით ან დამრეცი თალით მტკიცე კლდოვან ქანებში, რომელთა სიმაგრის კოეფიციენტი $f_k \geq 8$ და ამასთან სამთო წნევას არა აქვს ადგილი;

II — ვარცლისებრი, ნახევარწრიული თალით, როდესაც $2 > f_1 > 4$ და მოკმედებს მხოლოდ ვერტიკალური სამთო წნევა;

III — შემაღლებული, მრუდხაზოვანი კედლებით და მცირე რადიუსიანი ზედა თალით ($4 \geq f_1 \geq 2$) ვერტიკალური და ჰორიზონტალური სამთო წნევების პირობებში, როდესაც ამასთანავე გვირაბში წყლის დონე წინაშენელოვნად მერყეობს;

IV — ნალისებრი (მრავალკენტრიანი), მნიშვნელოვანი ვერტიკალური და ჰორიზონტალური სამთო წნევების დროს ($f_1 \leq 2$), როდესაც ამასთანავე არსებობს ქანების წნევა ქვემო.დანაც.

სათანადო და აბუთების შემთხვევაში უდაწნეო ჰიდროტექნიკური გვირაბებისათვის დასაწვებია სხვა ფორმის განივკვეთების გამოყენებაც. მაგალითად, წრიული კვეთის გვირაბები რეკომენდებულია ისეთი უდაწნეო გვირაბებისათვის, რომელთა ტრასა გადის გეოლოგიურად არახელსაყრელად განლაგებულ და ჯირჯეზებად ქანებში, აგრეთვე გრუნტის წყლების დიდი დაწნევების პირობებში. ასეთი კვეთი რეკომენდებულია აგრეთვე მაშინ, როდესაც გვირაბის გაყვანის სამუშაოები წარმოებს ფარის წესის გამოყენებით.

შიწისქვეშა წყლების წინაშენელოვანი წნევების პირობებში, გარდა წრიული კვეთისა, ნებადართულია აგრეთვე I—IV ფორმის განივკვეთების გამოყენებაც, ხოლო ამისათვის საჭიროა დამატებით კონსტრუქციულ ღონისძიებათა გათვალისწინება.

ზემოხსენებული ნორმების თანახმად, უდაწნეო გვირაბებისათვის განივ კვეთების ზონების თანაფარდობანი აიღება 20-1 ცხრილის მიხედვით.

ცხრილი 20-1

კვეთის ფორმა (ხაზ. 20 4-ის მხ.)	კვეთის ზომების თანაფარდობანი				
	$\frac{H}{B}$	$\frac{r_1}{B}$	$\frac{r_2}{B}$	$\frac{r_3}{B}$	$\frac{r_4}{B}$
I	1	0,71	0,1 დან 0,15-მდე	—	—
	1,5	0,71	0,1-დან 0 15-მდე	—	—
II	1	0,5	0,1-დან 0,15-მდე	—	—
	1,5	0,5	0,1-დან 0 15-მდე	—	—
III	1	0,25	0,2—0,25	0,98—0,88	—
	1,5	0,25	0,2—0,25	0,58—2,38	—
IV	1	0,5	0,1-დან 0 15-მდე	1-დან 1,5-მდე	1-დან 1,5-მდე
	1,5	0,5	0,1-დან 0,15-მდე	2-დან 4-მდე	1-დან 1,5-მდე

ხსენებული ცხრილის თანახმად, გვირაბის H სიმაღლის ფარდობა მის B სივანესთან აიღება 1—1,5 შუალედში. წყლის დონის მნიშვნელოვანი რყევის დროს, სახელდობრ, როდესაც რყევის ამპლიტუდის სიდიდე $0,3H$ აღემატება, უპირატესობა ენიჭება ამ ფარდობის დიდ მნიშვნელობებს და პირობით, როდესაც წყლის დონის რყევის ამპლიტუდა $0,3H$ -ზე ნაკლებია, ზომების ფარდობანი უნდა ავიღოთ 20-1 ცხრილის ზედა სტრიქონების მიხედვით;

გვირახის III ტიპის კვეთის ფორმისათვის $\frac{r_2}{B}$ ფარდობის მცირე (დღ) მნიშვნელობანი შეესაბამება $\frac{r_1}{B}$ ფარდობის მცირე (დიდ) მნიშვნელობებს.

თუ შესაბამისად იქნება დასაბუთებული, დასაშვებია ფარდობა $\frac{H}{B}$ 1,5-ზე მეტი ავილოთ.

სამუშაოთა წარმოების პირობების მიხედვით I—IV ტიპის მოუკეთებელი გვირახების მინიმალური სიგანე არანაკლებ 2 მ-ია, სიმაღლე — 2,5 მ, ხოლო მოკეთებული გვირახის მინიმალური სიგანესა და სიმაღლეს არანაკლებ 2 მ-ს იღებენ. მოუკეთებელი წრიული კვეთის გვირახის დიამეტრის მინიმალური ზომა 2,5 მ-ია, ხოლო მოკეთებულისა — 2 მ. აქ მოყვანილი მინიმალური ზომების რამდენადმე შემცირება დასაშვებია მაშინ, თუ მიწისქვეშა ნაგებობათა მშენებლობისას დაცული იქნება უსაფრთხოების წესები.

ულაწნეო ჰიდროტექნიკური გვირახის ნორმალური ჰიდრავლიკური მუშაობის უზრუნველსაყოფად მასში წყლის დონის ზემოთ სიმაღლის მარაგი უნდა იყოს არანაკლებ 0,4 მ ან 0,15H, რათა აცილებულ იქნეს გვირახის დაშობა მის საპერო ზონაში ქაერის მიყვანით.

3. ულაწნეო გვირახების მოკეთებანი

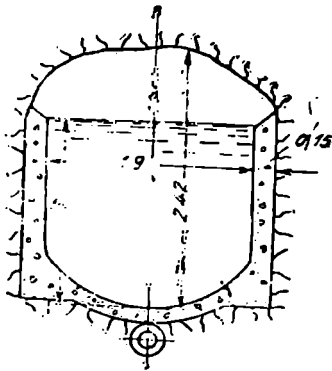
გვირახის მოკეთება შეიძლება ასრულებდეს ერთ ან რამდენიმე ფუნქციას, რაც დამოკიდებულია მისი გარემომცველი ქანების ხასიათზე. მაგალითად, მცირეზაროვან მტკიცე და მდგრად ქანებში მან გვირახის კედლების სიმაღლე უნდა შეამციროს გამტარუნარიანობის გასაზრდელად; ბზაროვან ქანებში უზრუნველყოს წყალშუღლწეობა, ხოლო სუსტ ქანებში — გვირახის გამონაშუღვრის ქერისა და კედლების დაცვა მოსალოდნელი ჩამონგრევისაგან ან ქანების საშიში დეფორმაციებისაგან.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, განასხვავებენ მასწორებელ და მზიდ მოკეთებებს. პირველმა უნდა უზრუნველყოს გვირახის ჰიდრავლიკური მახასიათებლების გაუმჯობესება, გვირახიდან წყლის ფილტრაციული დანაკარგების შემცირება და ქანების გამოფიტვის აღკვეთა. მეორე სახეობის მოკეთებამ (მზიდმა), გარდა მასწორებელი მოკეთების ფუნქციის შესრულებისა, უნდა შეიღოს დატვირთვები გვირახის სამშენებლო და საექსპლუატაციო პერიოდებში.

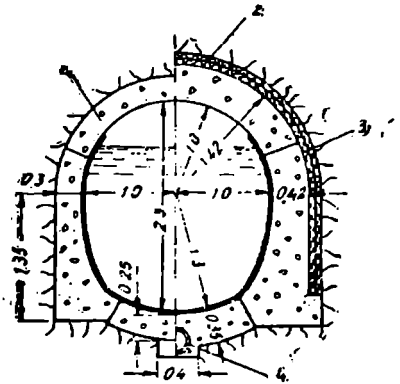
ქანების ხასიათისა და გვირახის გაყვანის ზეობის შესაბამისად მასწორებელი მოკეთებანი შეიძლება დაპროექტდეს. მონოლითური ბეტონის, შპრიც-ბეტონის, ტორკრეტ-ბეტონისა ანუ ნაშხეფ-ბეტონისაგან (ლითონის ბადეზე ან მის გარეშე) სველი პერიმეტრის ფარგლებში (ნახ. 20-5).

ნაშხეფ-ბეტონის მოკეთებანი მათი ზედაპირის მოუსწორებლად და მოუგლუვებლად შეიძლება გამოვიყენოთ მაშინ, როდესაც წყლის მოძრაობის სიჩქარე გვირახში არ აღემატება 10 მ/წმ-ს; უფრო დიდი სიჩქარეების პირობებში ასეთ მოკეთებათა გამოყენება დასაბუთებული უნდა იქნეს ლაბორატორიული გამოკვლევებით.

ულაწნეო ჰიდროტექნიკური გვირახებისათვის რეკომენდებულია მზიდი მოკეთების შემდეგი სახეობანი: მონოლითური ბეტონის (ნახ. 20-6), ნაშხეფ-ბეტონის, დაწნეხილი ბეტონის, მონოლითური რკინაბეტონის, არმატურაინი



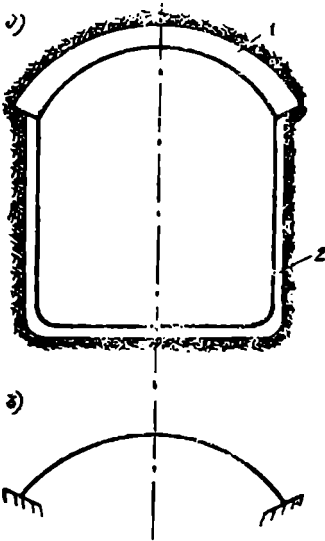
ნახ. 20-5. გვირაბის მისწორებელი მოკეთება.



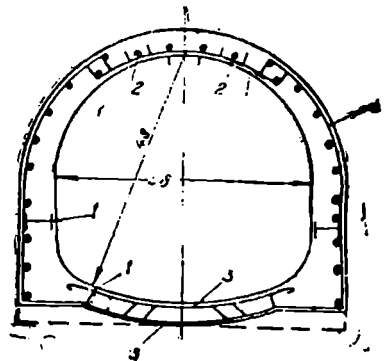
ნახ. 20-6. ბეტონის შიდა მოკეთება: 1—მოკეთება კვარცოვან ქანებში; 2—მოკეთება კირქვიან ქანებში; 3—ამოყოფა; 4—ღრუნაფი.

ნაშხეფ-ბეტონის, ასაწყობი რკინაბეტონის შთლიანი რგოლების ან ცალკეულ ბლოკების.

მკირე და საშუალო სიმაგრის ქანების შემთხვევაში აკეთებენ ბეტონის მოკეთებას მთელ კვეთში ან მხოლოდ ზედა თაღში; უკანასკნელ შემთხვევაში, რომელსაც მიმართავენ მტკიცე ქანების პირობებში, გვირაბის ცოცხალ კვეთის ფარგლებში აკეთებენ მისწორებელ მოკეთებას (ნახ. 20-7). არახელსაყრელ გეოლოგიურ პირობებში დიდი კვეთის გვირაბების გაყვანის დროს უმთავრესად იყენებენ მონოლითური რკინაბეტონის მოკეთებას (ნახ. 20-8), ხოლო წრიულ



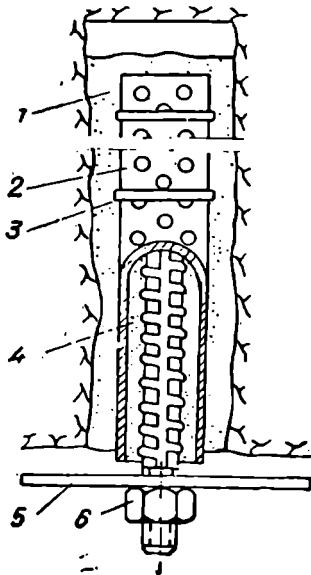
ნახ. 20-7. ბეტონის კომპონირებული მოკეთება: 1—მოკეთების კონსტრუქციული სქემა; 2—შიდა მოკეთება ზედა თაღში; 3—გეარდებისა და ფსკერის მისწორებელი მოკეთება; 4—მოკეთების საინჟინერო სქემა ღრუნაფის სისხთ.



ნახ. 20-8. რკინაბეტონის მოკეთება: 1—შემა ნაყრის; 2—გამანაწილებელი არმატურა; 3—შემა არმატურა.

კეთის უდაწნეო გვირაბებისათვის — რკინაბეტონის ასაწყობ შოკეთებას. რკინაბეტონის შოკეთების დაპროექტებისა და გაანგარიშებისას გათვალისწინებული უნდა იქნეს ლითონის სამაგრი, რომელსაც ტრეებზე მოკეთებაში. ცხადია, ასეთი გადაწყვეტა იძლევა. მუშა არმატურის შემცირების საშუალებას.

რკინაბეტონის შოკეთების დაპროექტების დროს ხშირად საჭიროა დაარმატურება კლიტეში შიგა ზედაპირის მხარეზე. ასევე შეიძლება საჭირო გახდეს შოკეთების გვერდითი კედლების გარე ზედაპირის დაარმატურებაც. როდესაც გვირაბი გაიყვანება ძალიან სუსტ ქანებში და, მაშასადამე, დიდი სამართო წნევების პირობებში, აუცილებელი ხდება იარტა არმატურის მოწყობა შოკეთების მთელ კონტურზე.



ახ. 20-9. რკინაბეტონის („პერფო“-ს ტიპის)

ინკერა:

- 1—ცემენტის ხსნარი; 2—პერფორცილინდრი; 3—ცალულა; 4—ზაარმატურებელი ლერო; 5—საურდენი ფილა; 6—ქანის (ანუ შლის-ტი).

როდესაც გვირაბის დროებით სამაგრად გამოყენებულია რკინაბეტონის ანკერები, შოკეთების გაანგარიშებისას გათვალისწინებული უნდა იქნეს მათ მიერ წარმოქმნილი ქანების თალის განმტვირთავი გავლენა, რაც რამდენადმე შეამსუბუქებს შოკეთებას.

შესაბამის საინჟინრო-გეოლოგიურ პირობებში საქმოდ საიმედო და პერსპექტიული კონსტრუქციის რკინაბეტონის ანკერებთან (ახ. 20-9) შეხამებული ნაშბეფ ბეტონის მოკეთება ლითონის ბადეზე.

სუსტ გრუნტებში უდაწნეო გვირაბების ფარის წესით გაყვანისას მიზანშეწონილია მონოლითურ-დაწნეხილი შოკეთების გამოყენება, რომლის შექმნის ხერხი საბჭოთა კავშირში პირველად საქართველოში დამუშავდა და გამოყენებულ იქნა სიონჰესის მიმდებარე სადაწნეო გვირაბის მშენებლობისას (გვირაბის სიგრძეა 86 მ, დიამეტრი 2,9 მ და შოკეთების სისქე 52 სმ). შემდგომში მონოლითურ-დაწნეხილი შოკეთებანი გამოიყენეს მდ. ნეგლინაძის და სადგურ ბირიულევოს (მოსკოვთან) გვირაბ-კოლექტორების მშენებლობისას.

ამჟამად მონოლითურ-დაწნეხილი შოკეთების მშენებლობა წარმოებს ეინვალის პიდროკვანძის გამყვანი გვირაბის უბანზე, რომლის სიგრძეა 2,8 კმ, ხოლო დიამეტრი 7,2 მ. ასეთ შოკეთებათა განხორციელება მომავლისთვისაცაა ნაგარაუდელი.

მონოლითურ-დაწნეხილ შოკეთებებს აქვთ გლუვი ზედაპირი განივი ნაკერების გარეშე, რომელიც არ მოითხოვს დამატებით დამუშავებას. მათი გამოყენების შემთხვევაში სრულიად აღარ არის საჭირო შემვსები ცემენტაციის ჩატარება. შოკეთების ეს ტიპი შეიძლება ჩაითვალოს ფრიად პერსპექტიულად როგორც სადაწნეო, ისე უდაწნეო გვირაბებისათვის.

თუ უდაწნეო გვირაბის მშენებლობა გათვალისწინებულია მტკიცე კლდო-

ვან არაბზაროვან ქანებში, შეიძლება საერთოდ უარიც ვთქვათ მოკეთების მოწყობაზე. ეს განსაკუთრებით შესაძლებელია დროებითი დანიშნულების გვირაბებში, მაგალითად, სამშენებლო გვირაბებში, რომელთა ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა განისაზღვრება მუდმივ წყალსაგდებ ნაგებობათა მშენებლობის დროით. ასეთ გვირაბებში წყლის დინების ჰიდრაულიკური პირობების გაუმჯობესების საჭიროების შემთხვევებში გვირაბის კლდოვანი გამონამუშევრის უსწორმასწორო ზედაპირი შეიძლება მოგლუვდეს ნაშხეფ-ბეტონის ფენით.

მონოლითურ მოკეთებებში ითვისავენ ორი სახის ნაკერს — განივსა და გრძივს. განივს, ანუ მუშა ნაკერებს აწყობენ ყოველ 6—8 მ.ში. ნაკერების წყალშეუღწევადობას, ჩვეულებრივ, აღწევენ არმატურის კავშირით და განვრცობადი და შეუკლებადი ცემენტით. მოკეთების სიმქისეს ამცირებენ ლაქებისა და შევრილების ვახეხვით, ხოლო წყალშეუღწევადობას აღწევენ ცემენტის ხსნარით გაღვსვის შედეგად ან აღნიშნული ხსნარის მიწხეფებით და შემდგომ მოხეხვით.

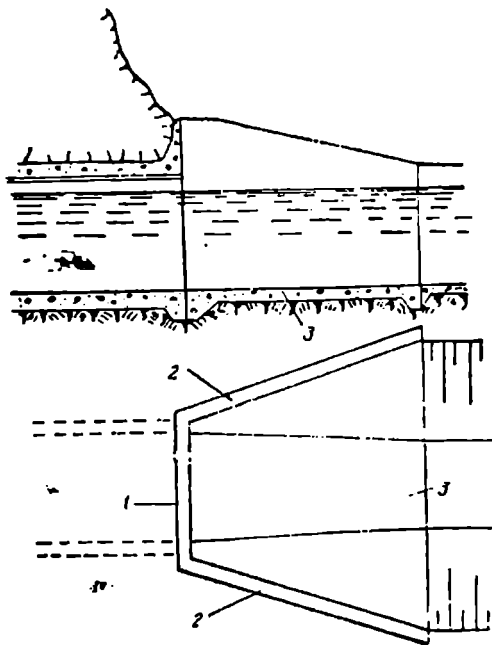
მოკეთებაზე მიწისქვეშა წყლების წნევის მოქმედების შესამცირებლად იყენებენ გვირაბის გარემომცველი ქანების ღრენაქს, რომელიც შედგება გვირაბის ქვეშ მოწყობილი ერთი ან ორი გრძივი ღრენისაგან (ნახ. 20-5 და 20-6). მათ მოქმედებას აძლიერებენ განივი ღრენებით. გრძივ ღრენებს აწყობენ კერამიკული ან ფოროვანი ბეტონის მილების, ხოლო განივს — მოკეთების გარე ზედაპირის ქვეშ მოწყობილი ხრეშისა და ლორღის ფენის სახით. თუ არსებული მიწისქვეშა წყლები საზიანო არაა მოკეთებისათვის, მაშინ ისინი შეიძლება შევიყვანოთ გვირაბში მოკეთებაში დატანებული მილაკების მეშვეობით.

აგრესიული მიწისქვეშა წყლების შემთხვევაში მოკეთების დასაცავად აწარმოებენ მისი გარემომცველი ქანების ცემენტაციას, ხოლო მოკეთებასა და ქანებს შორის აწყობენ ასფალტის კლებემასისა და სხვა შედგენილობათა ფენებს. ცხადია, ცემენტაცია უნდა ჩატარდეს აგრეთვე გვირაბის მოკეთებასა და ქანებს შორის წარმოქმნილი ღრეჩოს ამოსავებად, რათა განხორციელდეს მათი ღრეკადი ურთიერთქმედება, ცემენტაციისათვის იყენებენ თიხოვან ცემენტისა და თიხოვან ხსნარებს, რომლებიც ქვიშაცემენტოვან ხსნარზე უფრო ეკონომიურია.

3. გვირაბების პორტალები

უდაწნეო გვირაბების შესასვლელ და გამოსასვლელ ნაწილებს კონსტრუქციულად აფორმებენ ე. წ. პორტალებით, რომელთა დანიშნულებაა გვირაბში წყლის მდოვრე მიღებისა და გვირაბიდან წყალსატარის შემდგომ უბანზე ასევე მდოვრე გადასვლის უზრუნველყოფა, მოკეთების დაბოლოებათა დამაგრება, საჭიროების შემთხვევაში გვირაბიდან გამოშავალი ნაკადის კარბი ენერჯის ჩაქრობა, ზოგჯერ ხარჯის რეგულირება საკეტების მეშვეობით და სხვ. პორტალის კონსტრუქცია იქმნება პორტალური კედლით, ფრთებით და ქვედა ფილით (ნახ. 20-10). პორტალური კედელი ვასქელებული მოკეთებაა, რომელიც შემოსაზღვრულია გვირაბის ღერძის მართობული ვერტიკალური სიბრტყით. გვერდებში იგი უერთდება ვერტიკალური ან სხვაგვარი კონსტრუქციის ფრთებს, რომლებიც თანდათანობით გადადიან არხის ფერდობებში. ძირში პორტალურ კედელზე მიდგმულია ფილა. ამ კედლის თავზე მთის ფერ-

დობის ძირში აწყობენ დრენაჟს. საჭიროების შემთხვევაში გვირაბის გამოსასვლელი პორტალის ქვედა ფილაზე ან უშუალოდ გამოსასვლელ კვეთში აწყობენ ამა თუ იმ ტიპის ნაკადის ენერჯის ჩამქრობს.



ნახ. 20-10. უღაწნეო გვირაბის გამოსავალი პორტალის კონსტრუქცია:

1 — პორტალური კედელი; 2 — ფრთა; 3 — ქვედა ფილა.

§ 20-8. უღაწნეო გვირაბების მოკეთებათა სტატიკური გაანგარიშება

უღაწნეო გვირაბის კვეთის ფორმასა და ზომებს წინასწარ ადგენენ ტექნიკურ-ეკონომიკურ და ჰიდრავლიკურ გაანგარიშებათა საფუძველზე — ღია კალაპოტებში წყლის თანაბარი მოძრაობის გაანგარიშების ინალოგიურად; ამასთან ერთად ენერგეტიკულ გვირაბებში გათვალისწინებული უნდა იქნეს წყლის არაღამყარებული მოძრაობა და შემოწმდეს იგი სათანადო გაანგარიშებებით.

რაც შეეხება მოკეთების ზომებს (სისქეებს), მათ წინასწარ ნიშნავენ მოკმედი სამშენებლო ნორმების (CH 238—73) „მითითებათა“ შესაბამისად, ხოლო შემდეგ ამოწმებენ სტატიკურ გაანგარიშებათა საფუძველზე.

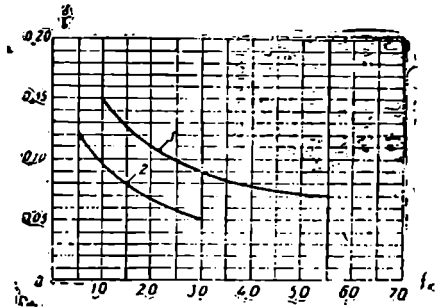
გვირაბის მოკეთებაზე მოკმედი დატვირთვები იყოფა მუდმივ და დროებით (ხანგრძლივ, ხანმოკლე და განსაკუთრებულ) დატვირთვებად. ეს დატვირთვებია: 1) სამთო წნევა (იხ. § 20-2 და § 20-3); 2) მოკეთების საკუთარი წონა, რომელიც განისაზღვრება მისი წინასწარ დანიშნული სისქის მიხედვით; 3) წინასწარი დაძაბვის ზემოქმედება; 4) გრუნტის წყლების წნევა და მყარებული ფილტრაციული რეჟიმის დროს, რომელიც

განსახლებობა მათ დონეთა მდებარეობის მიხედვით; 5) წყლის წნევა გვირაბის შიგნიდან ნორმალური შეტბორვის დონის დროს ან ნორმალური წყალდიდობის ვატარებისას (სამშენებლო და წყალსაცდები გვირაბებისათვის); 6) ტემპერატურული ზემოქმედებანი იმ გვირაბებში, რომელთაც აპროექტებენ მარადი გაყინულობის რაიონებისათვის.

ზემოაღნიშნულიდან პირველი სამი სახეობის დატვირთვა მუდმივია, ხოლო მეოთხე, მეხუთე და მეექვსე — დროებითი ხანგრძლივი. ხანმოკლე დატვირთვებს მიეკუთვნება: წყლის ნაკადის პულსაციური წნევა, ჰიდრაულიკური დარტყმით წარმოშობილი შინაგანი წნევა, მოკეთების უკანა მხარეზე შეწეხილი ხსნარის წნევა, ბეტონის ტემპერატურულ — შეკლებითი მოვლენების შედეგად წარმოშობილი ძალები; მექანიზმებისაგან გადაცემული დატვირთვები სამუშაოთა წარმოების დროს და სხვ.

განსაკუთრებულ დატვირთვებსა და ზემოქმედებებს მიეკუთვნება: სეისმური და აფეთქებით გამოწვეული ზემოქმედებანი; ტემპერატურის ცვლილების, ბეტონის გაჯირჯებისა და შეკლების, ქანების ცოცვალობის შედეგად წარმოშობილი ძალები.

დატვირთვები და ზემოქმედებანი აღებული უნდა იქნეს ძირითადი და განსაკუთრებული შეხაშებით. ძირითად შეხაშებას ქმნიან მუდმივი, დროებითი ხანგრძლივი და ხანმოკლე დატვირთვები და ზემოქმედებანი; განსაკუთრებულ შეხაშებას — მუდმივი, დროებითი ხანგრძლივი, ზოგიერთი ხანმოკლე და ერთერთი განსაკუთრებული დატვირთვა (ზემოქმედება) ამასთან, დატვირთვები და ზემოქმედებანი უნდა ავიღოთ ყველაზე უფრო არახელსაყრელი, მაგრამ შესაძლო შეხაშებით საექსპლუატაციო და სამშენებლო შემთხვევებისათვის — ცალცალკე.



ნახ. 20-11. უდაწნეო გვირაბის მოკეთების დარღობათა სისქის წინასწარ განსაზღვრის გრაფიკი:
1 — ბეტონის მოკეთებისათვის; 2 — კინებეტონის მოკეთებისათვის.

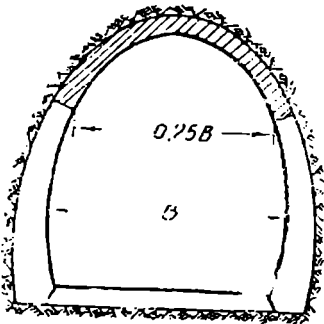
უდაწნეო გვირაბების მოკეთებათა სისქის წინასწარი გაანგარიშებისათვის შეიძლება ვისარგებლოთ გ. ზურაბოვისა და ო. ბუგაევის მიერ შედგენილი გრაფიკით (ნახ. 20-11).

გვირაბის მოკეთების სტრუქტურული გაანგარიშების დროს გათვალისწინებული უნდა იქნეს გარემომცველი ქანების დრეკადი უქუწნევა (იხ. § 20-4) მოკეთების კონტურის იმ ნაწილზე, რომელიც ძალთა მოცემული კომბინაციის (შეხაშების) მოქმედებისას ქანებისაკენ გადაადგილდება.

თუ მოკეთების გვერდები გადაადგილდებიან გვირაბის შიგნით, მაშინ გაანგარიშება უნდა ჩატარდეს დრეკადი უქუწნევის გათვალისწინებულად და ქანის აქტიური გვერდითი წნევის გათვალისწინებით.

1. მოკეთებათა ხანგარიშო სქემების დადგენა

ზოგად შემთხვევაში გვირაბების მოკეთებათა ძირითადი ელემენტია თალი და კედლები, ხოლო შედარებით მძიმე გეოლოგიურ პირობებში — აგრეთვე უკუთალი. მტკიცე და მდგრად ქანებში ($f_x > 4$) გამავალი უდაწნეო გვირაბების მოკეთებათა გაანგარიშებისას გვერდითი წნევების არარსებობის გამო შეიძლება დავეუშვათ, რომ ვერტიკალურ დატვირთვებს (სამთო წნეეასა და მოკეთების საკუთარ წონას) ითვისებს მოკეთების მხოლოდ ზედა ნაწილი — უშუალოდ ქანებზე დაყრდნობილი თალი. მსგავს შემთხვევებში გვირაბის გვერდითი კედლები და ფსკერი იფარება მასწორებელი მოკეთებით (ნახ. 20-7, ა) ასეთი მოკეთების საანგარიშო სქემა ქანებში ღრეკადად ჩამაგრებული დამრეცი თალი (ნახ. 20-7, ბ).



ნახ. 20-12. მუშა თალის სქემა.

თუ იმავე კლდეანი ქანების პირობებში (გვერდითი წნევების არარსებობისას) გვირაბის მთელ კონტურზე გაკეთებულია დაახლოებით მუდმივი სისქის მოკეთება (ნახ. 20-12), მაშინ მისი მიახლოებითი გაანგარიშება შეიძლება ჩატარდეს დანაწევრებული სქემით, რომლის თანახმად ვერტიკალურ დატვირთვის მიიღებს მოკეთების ზედა ნაწილი — ე. წ. „მუშა თალი“ (იგი ნახ. 20-12, ა).

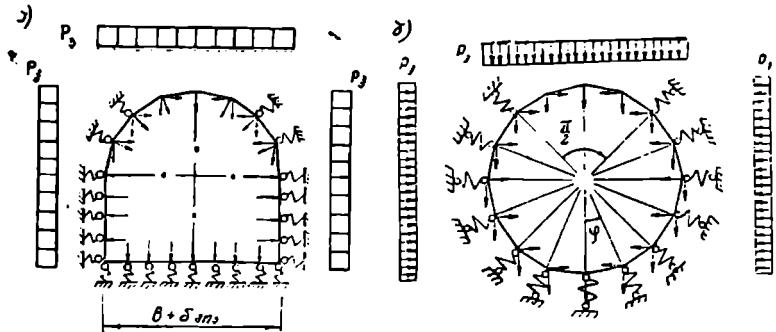
ბაზზე დაშტრიხულია). ამ თალის ქუსლები პორიზონტთან დახრილია $25-30^\circ$ კუთხით, ხოლო მისი მალი სიღრმე არის $0,75B$. რაც შეეხება მოკეთების კედლებს, იგი შეიძლება გაანგარიშდეს დამოუკიდებლად, თავის დატვირთვებზე და მუშა თალიდან გადაცემულ წნეეაზე. მუშა თალის გამოყოფის პრინციპი ემყარება დაკვირვებებით დადგენილი მოკეთების დანგრევის სქემას, რომლის თანახმად თალი კლიტეში ილუნება ქვემოთ, ხოლო ქუსლებში — ქანების მიმართულებით.

როდესაც საშუალო სიმაგრის ქანებში გამავალი უდაწნეო ან მცირედაწნეიანი გვირაბი მოკეთებულია შემალბებული თალით, რომელიც მდგრად უერთდება გვირაბის ძირში ჩაღრმავებულ კედლებს (შედარებით თხელი უკუთალი ამ სქემაში გათვალისწინებულია მხოლოდ წყლის გაეონვის აღსაქვეთად და გვირაბის გლუვი ფსკერის შესაქმნელად), აგრეთვე, როდესაც გვირაბის მოკეთება ქმნის ჩაკეტილ მრუდხაზოვან კონტურს, მოქმედ „მითითებათა“ (CH 238—73) შესაბამისად მათი საანგარიშო სქემის მისაღებად მოკეთების მრუდხაზოვანი ლერძი უნდა შეიცვალოს ტეხილით, ხოლო ქანების უკუწნევა — ცალკეული ღრეკადი საყრდენების რეაქციებით. ეს საყრდენები უნდა მოთავსდეს მოკეთების ლერძის გარდატეხის ადგილებში, აგრეთვე სწორ უბნებზე, თუკი განიხილება გვირაბის მართკუთხა (I) ან ვარცლისებრი (II) კვეთები (ნახ. 20-13, ა). ცხადია, ამავე პრინციპით უნდა იქნეს შედგენილი წრიული განივკვეთის უდაწნეო გვირაბის საანგარიშო სქემა (ნახ. 20-13, ბ).

მოკეთებაზე მოქმედი ყველა ძალოვანი ფაქტორი უნდა მოვლით შეეყრასული ძალების სახით ჩახაზული მრავალკუთხედის წვეროებში. ამასთან, ღრეკადი არის (გარემომცველი ქანების) გავლენა მრავალკუთხედის გვერდის მთელ

სიკრძეზე უნდა შეიცვალოს შესაბამისი ექვივალენტური დრეკადი საყრდენით. დრეკადი არის პასიური უკუწინევის ძალის წინართულება უნდა დაეთხევს ნამდვილი მრუდის სიმრუდის რადიუსის წინართულებას განსახილველ წერტილში, თუ მხედველობაში არ მიიღება ხახუნის მოკეთებასა და ქანებს შორის. მაგრამ სინამდვილეში მოკეთების უკანა ზედაპირზე წარმოიშობა ხახუნის ძალები, რომლებიც მნიშვნელოვნად ანსუბუქებენ მის მუშაობას (ამცირებენ მლუნავ მომენტებს), ამიტომ დრეკადი საყრდენების ღრძები უნდა შებუზუნდეს რაღაც β კუთხით, რომელიც არ უნდა იყოს მოკეთებასა და ქანებს შორის ხახუნის კუთხის ნახევარიც მეტი [6]. მაგრამ დრეკადი საყრდენების ღრძების შებრუნებით მნიშვნელოვნად რთულდება გაანგარიშებები.

ფუძეებისა და მრწინსქვეშა ნაგებობათა სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში („ნიოსპ“) კ. რუპენიტიისა და ა. ფოტიევას მიერ დაქვეყნებულ იქნა გვირაბის მოკეთების გაანგარიშების მეთოდოლოგია, რომელიც ითვალისწინებს



ნახ. 23-13. უღმწერო გვირაბების მოკეთებათა საანგარიშო სქემები:
 ა — ყველა (I—IV) ტანის კვეთებისათვის; ბ — წრული კვეთის მოკეთებისათვის.

ტანგენციური ძალებს მის ზედაპირზე, სახელობრ, ქანების მასივთან მოკეთების შეჭიდულობის ძალების გავლენას. როგორც მოსალოდნელი იყო, ამ ფაქტორის გათვალისწინება ფრიად ეფექტური აღმოჩნდა — იგი მკვეთრად ამცირებს ნორმალური ძალებისა და ძლუნავი მომენტების მნიშვნელობებს, რის შედეგად მსუბუქდება მოკეთება და არსებითად მცირდება არმატურის რაოდენობა [14].

აღნიშნული ფაქტორის გასათვალისწინებლად შემოხსენებულ საანგარიშო სქემაში შეტანილი უნდა იქნეს სათანადო კორექტივი. შეჭიდულობის ძალების გავლენა საანგარიშო სქემაში წარმოდგენილი უნდა იქნეს მრავალკუთხედის წვერობებში ძოდებული რეაქტიული ტანგენციური ძალების ან მათი ექვივალენტური. ტანგენციური მიმართულებით განლაგებულ, დამატებითი დრეკადი საყრდენების სახით.

განსახილველი სქემის საფუძველზე ჩატარებულ გაანგარიშებათა შედეგები მით უფრო უახლოვდება ზუსტი მეთოდების შედეგებს, რაც მეტია მოცემულ მრუდში ჩახახული მრავალკუთხედის გვერდები. მრავალრიცხოვანი პრაქტიკული გაანგარიშებებით დადგენილია, რომ წრიული ფორმის კვეთებისათვის სავსებით მისაღებია გვირაბის მოკეთების ღრძის მონახულობა შეიცვალოს თაქვსმეტკუთხედით, ამასთან, დრეკადი საყრდენები მოათავსდეს მრავალკუთხედის ყველა წვეროში, გარდა ე. წ. „მიწების ზონაში“ მოქცეული

სამი წვეროსი, სადაც მოკეთება არ განიცდის ღრეკად უქუწუნევას. მართკუთხა, ვარცლისებრი და სხვა უფრო რთული ბოხაზულობის კვეთების შემთხვევაში მიზანშეწონილია მრავალკუთხედის გვერდების რაოდენობის გაზრდა (მაგალითად, ოცდაოთხამდე).

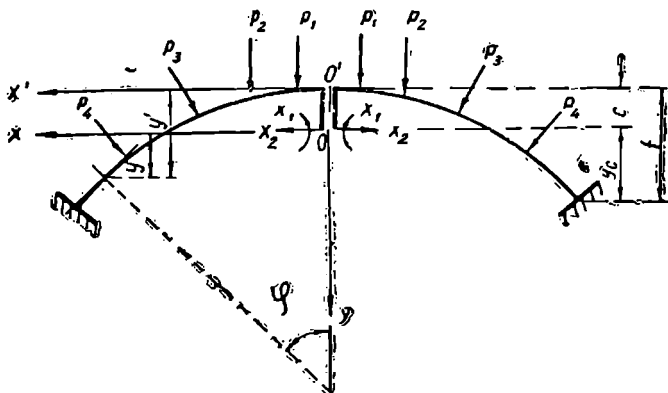
განსახილველი სისტემების (ნახ. 20-13, ა, ბ) გაანგარიშებისათვის ყველაზე უფრო რაციონალურია სამშენებლო მექანიკის ძალთა მეთოდის საფუძველზე ელექტრონული ციფრული გაჭიმთვლელი მანქანების გამოყენება. სწორედ უახლეს გამოთვლით საშუალებათა ფართო დანერგვამ უზრუნველყო ამგვარი შრომატევადი, მაგრამ ზოგადი (ერთიანი) გაანგარიშების მეთოდების უპირატესი გამოყენება ნაგებობათა დაპროექტებისა და გაანგარიშების თანამედროვე პრაქტიკაში.

მოქმედი ნორმებით რეკომენდებული ზოგადი მეთოდის გარდა დამუშავებულია სხვა კერძო მეთოდებიც, რომლებმაც მნიშვნელოვანი როლი შეასრულეს განხორციელებული უდაწნეო ჰიდროტექნიკური გვირაბების დაპროექტებისა და გაანგარიშების საქმეში. მათ რიცხვში, პირველ რიგში, უნდა აღინიშნოს გ. ზურაბოვისა და ო. ბუგაევის გამოკვლევები [22].

2. დამრეცი თაღგანი მოკეთების გაანგარიშება

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ცალკეულ შემთხვევებში გვირაბების მოკეთებათა გაანგარიშება დაიყვანება მხოლოდ ზედა დამრეცი თაღის (ნახ. 20-7) ან გამოყოფილი მუშა თაღის (ნახ. 20-12) გაანგარიშებაზე. ასეთ შემთხვევაში იგი განიხილება, როგორც ქანებში ქუსლებით ღრეკადად ჩამაგრებული თაღი ვერტიკალური სამთო წნევისა და საკუთარი წონის მოქმედებით ქანების ღრეკადი უქუწუნევისა და ხახუნის ძალების გაუთვალისწინებლად.

უსახსრო თაღი სამჯერ სტატიკურად ურკვევი სისტემაა, მაგრამ დატვირთვისა და თვით თაღის სიმეტრიულობის შექმნევაში, როდესაც ამას-

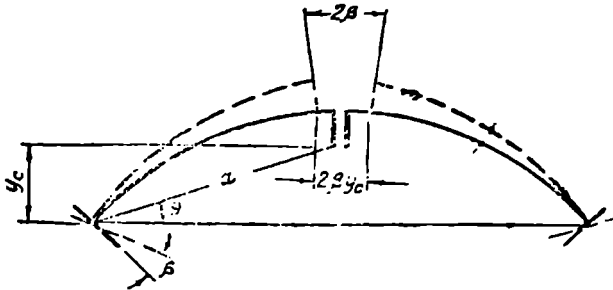


ნახ. 20-14. ქუსლებით ღრეკადად ჩამაგრებული დამრეცი თაღის ძირითადი სისტემა და ძალთა მოქმედების სქემა.

თანავე მისი შესაბამისი ძირითადი სისტემაც სიმეტრიულია, იგი ორჯერ სტატიკურად ურკვევია (იხ. [32], § 8-5).

კლიტეში პირობითი გაკვეთის შემდეგ გვირაბის სიმეტრიული თაღის

ძირითადი სისტემა უნდა წარმოვადგინოთ ორი მრუდხაზოვანი კონსოლის სახით (ნახ, 20-14). გაკრის ადგილზე მოცილებული კავშირების გაკენა იცელება ორი ტოლი და ურთიერთსაწინააღმდეგოდ მიმართული ზედმეტი უცნობი



ნახ. 20-15. ქუსლების მობრუნების სქემა.

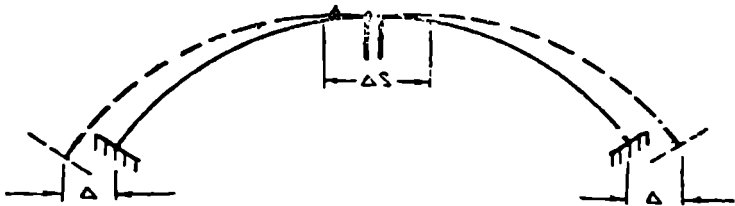
ბით: X_1 — მომენტი; ბით და X_2 — ნორმალური ძალებით. სრული სიმეტრიული ულობის გამო სიმეტრიის კვეთში გადაშვრელი ძალები $X_3 = 0$.

ზედმეტი უცნობთა განსაზღვრისათვის ვწერთ ძალთა მეთოდის კანონიკურ განტოლებებს:

$$\left. \begin{aligned} X_1 \delta_{11} + X_2 \delta_{12} + \Delta_{1r} + \Delta_{1\beta} + \Delta_{1\Delta} &= 0; \\ X_1 \delta_{21} + X_2 \delta_{22} + \Delta_{2r} + \Delta_{2\beta} + \Delta_{2\Delta} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (20-19)$$

სადაც $\Delta_{1\beta}$ და $\Delta_{2\beta}$ არის შესაბამისად თალის ქუსლების β კუთხით მობრუნებით გამოწვეული ხისტი კონსოლების ურთიერთმობრუნების კუთხე და ურთიერთპორიზონტალური გადაადგილება;

$\Delta_{1\Delta}$ და $\Delta_{2\Delta}$ — შესაბამისად თალის ქუსლების Δ სიღიღით პორიზონტალური გადაადგილებით გამოწვეული ხისტი კონსოლების ბოლოების ურთიერთმობრუნების კუთხე და ურთიერთპორიზონტალური გადაადგილება.



ნახ. 20-16. ქუსლების პორიზონტალური გადაადგილების სქემა.

ქუსლების კუთხური და პორიზონტალური გადაადგილებებით გამოწვეული $\Delta_{1\beta}$, $\Delta_{2\beta}$, $\Delta_{1\Delta}$ და $\Delta_{2\Delta}$ გადაადგილებანი შეიძლება განისაზღვროს 20-15 და 20-16 ნახაზებზე ნაჩვენებ კინემატიკური სქემების მიხედვით: $\Delta_{1\Delta} = 0$; $\Delta_{2\Delta} = 2\Delta$; $\Delta_{1\beta} = 2\beta$; $\Delta_{2\beta} = 2\beta \sin \theta = 2\beta y_c$.

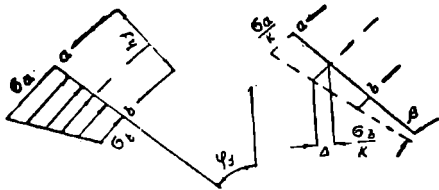
თუ გავითვალისწინებთ გადაადგილებათა მიღებულ მნიშვნელობებს, აგრეთვე იმ გარემოებას, რომ თალისა და დატვირთვის სიმეტრიულობის გამო

განიხილება მხოლოდ ერთი ნახევართალი, მაშინ (20-19) კანონიკური განტო-
ლებები მიიღებს სახეს:

$$\left. \begin{aligned} X_1 \delta_{11} + X_2 \delta_{12} + \Delta_{1p} + \beta &= 0; \\ X_1 \delta_{21} + X_2 \delta_{22} + \Delta_{2p} + \beta y_c + \Delta &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (20-20)$$

ამ განტოლებათა შემდგომი გამარტივება ხდება ცნობილი წესის გამო-
ყენებით: სახელდობრ, აბსოლუტურად ხისტა კონსოლებისათვის სათანადო
სიგრძის არჩევით და მათ ბოლოებში (ი. წ. თალის „დრეკად ცენტრში“) X_1
და X_2 ზედმეტ უცნობთა გადატანით. მაგრამ (20-20) განტოლებათა გამარ-
ტივებამდე საჭიროა განისაზღვროს თალის ქუსლების β მობრუნების კუთხისა
და Δ ჰორიზონტალური გადაადგილების სიდიდეები ქუსლის ქვეშ ქანის დე-
ფორმაციის განხილვის საფუძველზე.

თუ აღვნიშნავთ თალის ქუსლის a და b განაპირა წერტილებში მოქმედ
ნორმალურ ძაბვებს შესაბამისად σ_a და σ_b -თი, ხოლო ქუსლის ქვეშ განლაგე-



ნახ. 20-17. ძაბვები და გადაადგილებანი თალის ქუსლის
ქვეშ.

ბული ქანების დრეკადი უკუ-
წნევის კოეფიციენტს k -თი,
მაშინ ძაბვებსა და გადაად-
გილებებს შორის პირდა-
პირპროპორციული დამოკი-
დებულების ჰიპოთეზის თა-
ნახმად ადვილად ვიპოვი-
თ იმავე წერტილების გადაად-
გილებებს $\frac{\sigma_a}{k}$ და $\frac{\sigma_b}{k}$ (ნახ.

20-17). აქედან გამომდინარე, საძიებელი β და Δ გადაადგილებანი განისა-
ზღვრება ფორმულებით:

$$\beta = \frac{\sigma_a - \sigma_b}{h_3 k} \quad (20-21)$$

$$\Delta = \frac{\sigma_a + \sigma_b}{2k} \cos \varphi_3, \quad (20-22)$$

სადაც h_3 არის სისქე ქუსლში;

φ_3 — ქუსლის დახრილობის კუთხე ვერტიკალთან.

თუ განიხილება ერთი გრძივი მეტრი მოკეთების ზოლი, მაშინ σ_a და σ_b
ძაბვები შეიძლება გამოვსახოთ ქუსლებში მოქმედ M_3 მომენტითა და N_3 ნორ-
მალური ძალით:

$$\sigma_a = \frac{N_3}{h_3} + \frac{M_3 h_3}{2I_3};$$

$$\sigma_b = \frac{N_3}{h_3} - \frac{M_3 h_3}{2I_3}.$$

შევიტანოთ ეს მნიშვნელობანი (20-21) და (20-22) გამოსახულებებში,
მივიღებთ:

$$\beta = \frac{M_3}{I_3 k}, \quad (20-23)$$

$$\Delta = \frac{N_3}{h_3 k} \cos \varphi_3. \quad (20-24)$$

ამ ფორმულებში შემავალი M_j მომენტი და N_j ნორმალური ძალა კუსლ-ში დამოკიდებულია როგორც უშუალოდ მოქმედ დატვირთვაზე, ისე უცნობ X_1 და X_2 სიდიდეებზე; ამიტომ ძალთა მოქმედების დამოუკიდებლობის პრინციპის საფუძველზე β და Δ სიდიდეებისათვის შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\beta = \beta_p + X_1 \beta_1 + X_2 \beta_2; \quad (20-25)$$

$$\Delta = \Delta_p + X_1 \Delta_1 + X_2 \Delta_2, \quad (20-26)$$

სადაც β_p და Δ_p არის შესაბამისად ვარე დატვირთვით გამოწვეული კუსლის მობრუნების კუთხე და ჰორიზონტალური გადაადგილება ძირითად სისტემაში;

β_1 და Δ_1 — იგივე გადაადგილებანი, $X_1=1$ ძალისაგან, ხოლო β_2 და Δ_2 — $X_2=1$ ძალისაგან.

თუ ძირითად სისტემას (ნახევართალს) მიმდევრობით დავტვირთავთ $X_1=1$, $X_2=1$ და ვარე ძალებით, ამასთანავე გამოვიყენებთ (20-23) და (20-24) ფორმულებს, ადვილად შეიძლება დავადგინოთ, რომ $X_1=1$ მოქმედების დროს $M_j=1$ და $N_j=0$, შედეგად

$$\left. \begin{aligned} \beta_1 &= \frac{1}{I_j \cdot k} \\ \Delta_1 &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (20-27)$$

ასევე, $X_2=1$ მოქმედებისას $M_j=1 \cdot y_e$, $N_j=1 \cdot \cos \varphi_j$; შესაბამისად:

$$\left. \begin{aligned} \beta_2 &= \frac{y_e}{I_j k} = \beta_1 y_e \\ \Delta_2 &= \frac{1}{h_j k} \cos^3 \varphi_j. \end{aligned} \right\} \quad (20-28)$$

ნებისმიერად მიმართული ვარე დატვირთვის მოქმედებისას

$$\left. \begin{aligned} M_j' &= -\sum P_i a_i - \sum Q_i b_i \\ N_j' &= \sin \varphi_j \sum P_i - \cos \varphi_j \sum Q_i \end{aligned} \right\} \quad (20-29)$$

სადაც P_i არის დატვირთვის ვერტიკალური მდგენელი;

Q_i — დატვირთვის ჰორიზონტალური მდგენელი;

a_i და b_i — შესაბამისად ძალთა მხრები.

β_p კუთხისა და Δ_p ჰორიზონტალური გადაადგილების მნიშვნელობებია:

$$\left. \begin{aligned} \beta_p &= \frac{M_j'}{I_j k}, \\ \Delta_p &= \frac{N_j'}{h_j k} \cos \varphi_j. \end{aligned} \right\} \quad (20-30)$$

თუ ჩავსვამთ (20-25) და (20-26) ფორმულებით განსაზღვრულ β და Δ მნიშვნელობებს (20-20) განტოლებებში და გავითვალისწინებთ (20-27) და (20-28) დამოკიდებულებებს, შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\left. \begin{aligned} X_1 (\delta_{11} + \beta_1) + X_2 (\delta_{12} + \beta_1 y_e) + \Delta_{1p} + \beta_p &= 0 \\ X_1 (\delta_{21} + \beta_1 y_e) + X_2 (\delta_{22} + \beta_1 y_e^2 + \Delta_2) + \Delta_{2p} + \beta_p y_e + \Delta_p &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (20-31)$$

ამ განტოლებათა გასამარტივებლად ხისტი კონსოლების ϵ სიგრძე ისე

უნდა შევარჩიოთ, რომ თითოეულ განტოლებაში დარჩეს მხოლოდ ერთი უცნობი. ამას მივაღწევთ მაშინ, თუ დავუშვებთ, რომ

$$\delta_{11} + \beta_1 y_c = \delta_{21} + \beta_1 y_c = 0.$$

მაქსველ-შორის ფორმულით გამოთვლილ $\delta_{11} = \delta_{21}$ გადაადგილების მნიშვნელობის შეტანის შემდეგ აღნიშნული პირობა ლებულობს სახეს

$$\int_0^{s/2} \frac{y ds^2}{EI} + \beta_1 y_c = 0. \quad (20-32)$$

თუ y და y_c ორდინატებს შევცვლით შესაბამისად $y = y' - c$ და $y_c = -f - c$ მნიშვნელობებით (ნახ. 20-14), მივიღებთ

$$\int_0^{s/2} \frac{y' ds}{EI} - c \int_0^{s/2} \frac{ds}{EI} + \beta_1 (f - c) = 0,$$

აქედან ხსენი კონსოლის საძიებელი სიგრძე

$$c = \frac{\int_0^{s/2} \frac{y' ds}{EI} + \beta_1 f}{\int_0^{s/2} \frac{ds}{EI} + \beta_1}, \quad (20-33)$$

სადაც y' არის თალის ღერძის ორდინატები, რომელთაც კლიტის ცენტრში გამავალი პორიზონტალური ღერძიდან აითვლიან.

ამგვარად, (20-31) განტოლებები ლებულობს სახეს:

$$\left. \begin{aligned} X_1 (\delta_{11} + \beta_1) + \Delta_{1r} + \beta_p = 0, \\ X_2 (\delta_{22} + \beta_1 y_c^2 + \Delta_2) + \Delta_{2r} + \beta_p y_c + \Delta_p = 0, \end{aligned} \right\} \quad (20-34)$$

საიდანაც

$$X_1 = - \frac{\Delta_{1r} + \beta_p}{\delta_{11} + \beta_1}, \quad (20-35)$$

$$X_2 = - \frac{\Delta_{2r} + \beta_1 y_c + \Delta_p}{\delta_{22} + \beta_1 y_c^2 + \Delta_2}. \quad (20-36)$$

ზედმეტ უცნობთა განსაზღვრის შემდეგ მღუნავი მომენტები და ნორმალური ძალები თალის კვეთებში განისაზღვრება ფორმულებით:

$$M = M_p + X_1 + X_2 y, \quad (20-37)$$

$$N = N_p + X_2 \cos \varphi, \quad (20-38)$$

სადაც M_p და N_p არის შესაბამისად გარე ძალებით გამოწვეული მღუნავი მომენტი და ნორმალური ძალა ძირითად სისტემაში;

φ — კვეთის დახრილობის კუთხე ვერტიკალთან.

ა) მუდმივი სისქის წრიული თაღი

ვერტიკალთან თაღის ქუსლის კვეთის დახრილობის კუთხე $\varphi_3 = 60^\circ$ -ია, მასზე მოქმედებს თანაბრად განაწილებული ვერტიკალური დატვირთვა. (20-35) და (20-36) ფორმულების გამოყენებით თაღის ღრეკად ცენტრში მოღებული X_1 და X_2 ზედმეტი უცნობებისათვის ვლებულობთ გამოსახულებებს:

$$X_1 = M_c = \frac{qr^2 [d(0.2310 + 0.3667i + 0.0440d + 0.1136di) + 0.2165i]}{d(1.6302 + 1.0019i + 0.3001d + 0.7750di) + 0.250i}; \quad (20-39)$$

$$X_2 = H_c = \frac{qr [d(1.1632 - 0.6092i + 0.2354d - 0.2267di) - 0.375i]}{d(1.6302 + 1.0019i + 0.3001d + 0.7750di) + 0.250i}; \quad (20-40)$$

სადაც $d = \frac{k \cdot r}{E};$

$$i = \left(\frac{h}{r}\right)^2;$$

r — მოკეთების ღრძის რადიუსია;

h — თაღის სისქე;

k — ქანის უკუწნევის კოეფიციენტი;

E — მოკეთების მასალის ღრეკადობის მოდული.

თაღის კვეთებში მოქმედი მღუნაეი მომენტები და ნორმალური ძალები განისაზღვრება (20-37) და (20-38) ფორმულებით; მათში შემაჯალ M_p , y , N_p და $\cos \varphi$ სიდიდეთა მნიშვნელობანი ხუთი დამახასიათებელი კვეთისათვის მოცემულია 20-2 ცხრილში.

ცხრილი 20-2

φ°	M_p	y	N_p	$\cos \varphi$
0°	0	-0.173r	0	1.0000
15°	-0.0335qr	-0.139r	0.0671qr	0.9659
30°	-0.1250qr	-0.039r	0.2500qr	0.8660
45°	-0.2500qr	0.120r	0.5000qr	0.7071
60°	-0.3750qr	0.327r	0.7500qr	0.5000

მაგალითად, კლიტის კვეთისათვის

$$\left. \begin{aligned} M_{კლ} &= M_c - 0.173rH_c \\ N_{კლ} &= H_c \end{aligned} \right\} \quad (20-41)$$

ქუსლისათვის

$$\left. \begin{aligned} M_3 &= M_c + 0.327rH_c - 0.375qr \\ N_3 &= 0.5H_c + 0.75qr \end{aligned} \right\} \quad (20-42)$$

M -ისა და N -ის მიღებულ მნიშვნელობათა შესაბამისად ნორმალური ძაბვები თაღის კვეთებში შეიძლება განისაზღვროს არათანაბარი კუმშვის ფორმულის გამოყენებით.

ბ) ცვალებადი სისქის წრიული თაღი

ვერტიკალთან თაღის ქუსლის დახრილობის კუთხე $\varphi_2 = 60^\circ$ -ს, ხოლო თაღის სისქე ცვალებადობს კოსინუსის კანონით

$$h_x = \frac{h}{\cos \varphi_x}, \quad (20-43)$$

სადაც h არის თაღის სისქე კლიტეში.

თაღზე მოქმედებს თანაბრად განაწილებული ვერტიკალური დატვირთვა.

თაღის დრეკად ცენტრში მოღებული ზედმეტი უცნობებისათვის მიღებულია შემდეგი დამოკიდებულებანი:

$$X_1 = M_x = \frac{qr^3 [d(0,9419 + 2,9254i + 0,4C05d + 2,4773di) + 0,9650i]}{d(10,6168 + 10,3915i + 4,3646d + 26,9958di) + i}; \quad (20-44)$$

$$X_2 = H_x = \frac{qr [d(7,6760 - 9,0574i + 3,5466d - 6,5645di) - 1,5i]}{d(10,6168 + 10,3915i + 4,646d + 26,9958di) + i}. \quad (20-45)$$

M მლუნავი მომენტი და N ნორმალური ძალა თაღის ნებისმიერ რადიალურ კვეთში განისაზღვრება (20-37) და (20-38) ფორმულებით; ამასთან M_p , N_p და $\cos \varphi$ მნიშვნელობანი აიღება 20-2 ცხრილიდან, ხოლო y სიდიდეები გამოითვლება ფორმულით

$$y = r(0,896 - \cos \varphi). \quad (20-46)$$

3. უდაწნეო გვირაბების რგოლურ, ვარცლისებრ, შემალლებულ მრუდხაზოვან და წრავალცენტრიან მოკეთებათა გაანგარიშება

გვირაბის მოკეთებათა გაანგარიშების ზემოაღნიშნული ზოგადი მეთოდის (იხ. პ. 1) შესაბამისად რგოლური, ვარცლისებრი, შემალლებული მრუდხაზოვანი და მრავალცენტრიანი მოკეთებების გაანგარიშებისათვის მათი მრუდხაზოვანი ღერძი უნდა შეიცვალოს ტეხილით, ხოლო ქანების უკუწნევა—მრავალკუთხედის წვეროებში, აგრეთვე მოკეთების სწორ უბნებზე განლაგებული დრეკადი საყრდენებით.

გაანგარიშების მეთოდის საილუსტრაციოდ განვიხილოთ რგოლური კონსტრუქციის მოკეთება. აღვიღად შეიძლება დავრწმუნდეთ, რომ სხვა კონსტრუქციის მოკეთებათა გაანგარიშებაც იდენტურად ჩატარდება იმ განსხვავებით, რომ ცალკეულ შეიძვევებში მათთვის შეიძლება საჭირო გახდეს მოკეთების მრუდხაზოვან ღერძში ჩახაზული წრავალკუთხედის გვერდების რიცხვის გაზრდა დაახლოებით ოცდაათხამდე.

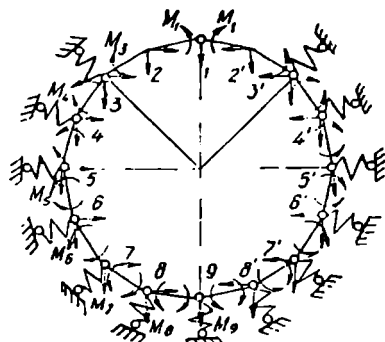
რგოლური მოკეთების საანგარიშო სქემა თქვენს მტკიცებულებიანი მრავალკუთხედის სახით წარმოდგენილია 20-13, ბ ნახაზზე, მასში დრეკადი საყრდენები განლაგებულია სათანადო წესით—მრავალკუთხედის წვეროებში, მიწებების ზონაში მოქცეული ზედა სამი წვეროს გამოკლებით. გვირაბის არაუკუწნევიანი ზონა დაახლოებით შეიძლება განისაზღვროს $\pm \frac{\pi}{4}$ კუთხით დახრი-

ლი რადიალური სიბრტყეებით. ამ საზღვრების დაზუსტება შეიძლება თანდათანობითი მიახლოებით. მრავალკუთხედის წვეროებში მოდებულია აქტიური დატვირთვები შეუურსული ძალების სახით. მიღებული აღნიშვნების თანახმად

P_{10} და P_{11} -ურ წერტილში მოდებულ შეყურსულ ძალთა ტოლქმედების ვერტიკალური და ჰორიზონტალური მდგენელებია.

განსახილველი მეთოდი ვრცელდება როგორც მონოლითური ბეტონისა და რკინაბეტონის, ისე თუჯის ტიუბინგებით გაკეთებულ მოკეთებებზე. ეს უკანასკნელი განიხილებიან, როგორც ხისტი მონოლითური კონსტრუქციები. მეთოდის ილუსტრაციის დროს გათვალისწინებული არაა ზახუნის ძალები, რომლებიც წარმოიშობიან გვირაბის მოკეთებისა და გარემომცველი ქანების კონტაქტის ზედაპირზე. მათი გათვალისწინება არ ცვლის გაანგარიშების მეთოდის ზოგად მსვლელობას, მაგრამ მას რამდენადმე ართულებს.

რგოლური მოკეთების, როგორც სტატიკურად მრავალჯერ ურკვევი სისტემის (ნახ. 20-13, ბ) შესაბამისი ძირითადი სისტემა, შეიძლება წარმოვადგინოთ სახსრული მრავალკუთხედის სახით, რომელშიც სახსრები მოწყობილია მრავალკუთხედის იმ წვეროებში, სადაც გათვალისწინებულია დრეკადი საყრდენები. სახსარს სვაპენ აგრეთვე არაუქუწნევიანი ზონის ცენტრში.



ნახ. 20-18. რგოლური მოკეთების ძირითადი სისტემა.

უცნობებად მიიღება წყვილი კვანძური მომენტები, რომლებსაც მოსდებენ სახსროვანი ჯაჭვის გვერდების (ღერობების) ერთმანეთის მიმართ მობრუნების (ნახ. 20-18) თავიდან ასაცილებლად.

გაანგარიშების მოხერხებულობის მიზნით გვირაბის რგოლური მოკეთების ძირითადი სისტემა წარმოდგენილია 3—1—3' სამსახსროვანი თალითა და ქანებზე დრეკადი საყრდენებით მიმაგრებული 3—9—3' სახსროვანი ჯაჭვით.

ზედმეტი უცნობების განსაზღვრისათვის უნდა შედგეს ძალთა მეთოდის კანონიკურ განტოლებათა შემდეგი სისტემა:

$$\left. \begin{aligned} M_1 \delta_{11} + M_3 \delta_{13} + M_4 \delta_{14} + \dots + M_n \delta_{1n} + \Delta_{1p} &= 0 \\ M_1 \delta_{21} + M_3 \delta_{23} + M_4 \delta_{24} + \dots + M_n \delta_{2n} + \Delta_{2p} &= 0 \\ \vdots & \\ M_1 \delta_{n1} + M_3 \delta_{n3} + M_4 \delta_{n4} + \dots + M_n \delta_{nn} + \Delta_{np} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (20-47)$$

ამ სისტემის თითოეული განტოლება გამოსახავს განსახილველი კვანძის ორი ელემენტის ერთმანეთის მიმართ მობრუნების კუთხის ნულთან ტოლობას, ძირითად სისტემაზე ყველა უცნობი ძალვისა და გარე ძალების მოქმედებისას.

δ_{ik} , M_k მიმართულებით მოქმედი ერთეული მომენტი ($M_k=1$) გამოწვეული გადაადგილებაა (მობრუნების კუთხე) M_i მიმართულებით ძირითად სისტემაში; Δ_{ip} — ანალოგიური გადაადგილება გარე ძალების მოქმედებით. ეს გადაადგილებანი განისაზღვრება შორის ცნობილი ფორმულის გამოყენებით განივი ძალების გათვალისწინებლად:

$$\delta_{ik} = \sum_0^k \int \frac{\bar{M}_i \bar{M}_k}{EI_k} ds + \sum -\frac{N_i \bar{N}_k}{EF} s + \sum \frac{\bar{R}_i \bar{R}_k}{D}, \quad (20.48)$$

სადაც \bar{M}_i , \bar{M}_k და \bar{N}_i , \bar{N}_k არის შესაბამისად მღუნავი მოშენებები და ნორმალური ძალები ძირითად სისტემაში;

R_i , R_k — დრეკადი საყრდენების რეაქციები;

s — მრავალკუთხედის გვერდის სიგრძე;

D — თითოეული დრეკადი საყრდენის (გარდა განაპირათა) სიხისტის მახასიათებელი, $D = ksb$;

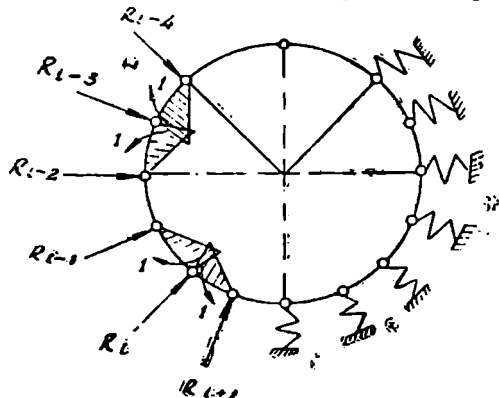
k — ქანის დრეკადი უკუწნევის კოეფიციენტი;

b — გვირაბის მოკეთების გაანგარიშებისათვის მიღებული სივანე (ზვირად $b=1$).

კანონიკურ განტოლებათა (20.47) სისტემის ამოხსნამდე საჭიროა წინასწარ ჩატარდეს საკმაოდ შრომატევადი საბუშაოები ამ სისტემის δ_{ik} და Δ_{ik}

კოეფიციენტთა (გადაადგილებათა) გამოსათვლელად, მაგრამ გამოთვლები რამდენადმე ერთფეროვანია და მათი შესრულება არაა ძნელი.

მოხერხებული ძირითადი სისტემის არჩევის შედეგად რიგი დამხმარე გადაადგილებები ნულის ტოლი ხდება, რადგან სახსროვანი ჯაჭვის რომელიმე კვანძში მოღებულ ერთეული მოშენებების, აგრეთვე გარე ძალების გავლენით ძალები წარმოიშობა მხოლოდ ამ კვანძში თავმოყრი-



ნახ. 20-19. ძირითადი სისტემის დატვირთვა ერთეული მოშენებებით.

ლი ჯაჭვების ორ ღეროში და სამ დრეკად საყრდენში (ნახ. 20-19).

შიწებების ზონაში მოქცეული სამსახსროვანი თალის გავლენა ძირითად სისტემის დანარჩენ ნაწილზე (სახსროვან ჯაჭვზე) გადაეცემა H განხმრჯენისა და V ვერტიკალური წნევის სახით (ნახ. 20-20). აღნიშნულ V და H საყრდენ რეაქციებს განიხილავენ როგორც აქტიურ ძალებს და საყრდენ კვანძზე მოქმედ შეუურსულ დატვირთვისთან ერთად შლიან ორი ღეროს მიმართულუბით, რომელთაგან ერთი საყრდენი ღეროა (დრეკადი საყრდენი), ხოლო მეორე — 3—4 (3'—4') ღერო.

რაც შეეხება ძალებს სახსროვან ჯაჭვში, მათ განსაზღვრავენ კვანძების მიმდევრობითი ამოკრით. წრიული მოხაზულობის მოკეთებისათვის მოქმედ ძალებათა შორის არსებობს მარტივი დამოკიდებულებანი.

კანონიკურ განტოლებათა (20.47) სისტემის ამოხსნით უცნობი მოშენებების განსაზღვრის შემდეგ ნორმალური ძალების საბოლოო მნიშვნელობებს

მრავალკუთხედის გვერდებში და ქანების საყრდენ რეაქციებს ბოლოებზე ფორმულებით:

$$\left. \begin{aligned} N_i &= N_{i\rho} + \Sigma M_k \bar{N}_{ik} \\ R_i &= R_{i\rho} + \Sigma M_k \bar{R}_{ik} \end{aligned} \right\}, \quad (20-49)$$

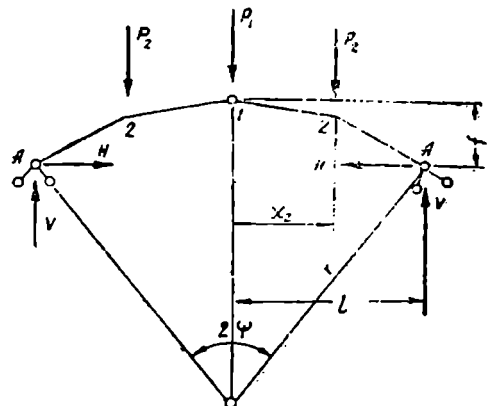
სადაც $N_{i\rho}$ და \bar{N}_{ik} არის მრავალკუთხედის i -ურ გვერდში (ღეროში) არსებული ნორმალური ძალები, წარმოშობილი შესაბამისად გარე დატვირთვისა და k წერტილში მოდებული ერთეული მღუნავი მომენტისაგან ძირითად სისტემაში;

$R_{i\rho}$ და \bar{R}_{ik} — დრეკადი ფუძის შეყურსული რეაქციები i -ურ წერტილში, შესაბამისად გარე დატვირთვისა და k წერტილში მოდებული ერთეული მღუნავი მომენტისაგან ძირითად სისტემაში;

M_k — ზემოთ მოცემულ (20-47) განტოლებათა სისტემის ამოხსნით მიღებული მღუნავი მომენტის მნიშვნელობა k წერტილში.

გაანგარიშებათა გასამარტივებლად შეიძლება ვისარგებლოთ იმ დამხმარე ცხრილებითა და სათანადო საილუსტრაციო მაგალითის ამოხსნის მიმდევრობით, რომელიც ვ. ვოლკოვის ზემოხსენებულ წიგნშია მოცემული [6].

აღწერილი ზოგადი მეთოდი შეიძლება გამოვიყენოთ არა მარტო ნებისმიერი მოხაზულობის მონოლითურ მოკეთებათა გასაანგარიშებლად, არამედ ზოგიერთი ტიპის ასაწყობი მოკეთებებისათვისაც. გაანგარიშებათა ჩასატარებლად მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ ელექტრონული ციფრული გამოძველები მანქანები.



ნახ. 20-20. სამახსრისანი თილის სააჯარიშო სკემა.

4. გვირაბების მოკეთებათა გაანგარიშების პრინციპები ზღვრულ მდგომარეობის მიხედვით

თანახმად პილროტექნიკური გვირაბების დაპროექტებისათვის მოქმედებს „მითითებებისა“ (CH 238—73), პილროტექნიკური გვირაბების მოკეთებათა გაანგარიშებები რეკომენდებულია ჩატარდეს ზღვრული მდგომარეობის მეთოდით. ზღვრული ეწოდება ნაგებობისა და კონსტრუქციის ისეთ მდგომარეობას, როდესაც მისი შემდგომი ნორმალური ექსპლუატაცია შეუძლებელია.

გვირაბების მოკეთებათა გაანგარიშება უნდა ჩატარდეს:

- ა) ზიდვის უნარიანობის მიხედვით სიმტკიცეზე, საჭიროების შემთხვევაში

კონსტრუქციის ფორმის მდგრადობაზე შემოწმებასთან ერთად (პირველი ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობანი);

ბ) ბზარმდგობაზე (თუ ბზარები არ დაიშვება), ან ბზარების გახსნაზე, თუ მათი გახსნა დასაშვებია გვირაბის ხანგამძლეობის და მასივის დაკულობის პირობებით, აგრეთვე გვირაბიდან გამავალი ფილტრაციული ხარჯის სიდიდით (სეორე ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობანი).

გვირაბის მოკეთების პირველი ზღვრული მდგომარეობა ელინდება ისეთ შემთხვევებში, როდესაც ქანების სამთო წნევა ან წყლის შიგა წნევა კარბობს მის ზიდვის უნარიანობას და იწყება მოკეთების დანგრევა.

მოკეთების მეორე ზღვრული მდგომარეობა ხასიათდება ნაქერების შეტისმეტო გახსნით ან ისეთი ბზარების გაჩენით, რომელთა ზომები ნაგებობას უპარგავს საჭირო წყალშეუღწევადობას. ცალკეულ შემთხვევებში მეორე ზღვრული მდგომარეობით გაანგარიშებისას ბზარების ზომები შეიძლება იმდენად შევზღუდოთ, რომ მოკეთებიდან წარმოებული ფილტრაცია დარჩეს დასაშვების ფარგლებში. ასეთ შემთხვევაში შეიძლება ზოგჯერ აუცილებელი იყოს მოკეთების სრული ბზარმდგობა.

ზღვრული მდგომარეობის მიხედვით გაანგარიშება მიზნად ისახავს მთლიანად კონსტრუქციაში და მის ცალკეულ ნაწილებში ზემოხსენებულ ზღვრულ მდგომარეობათა დადგომის აცილების გარანტიის შექმნას ექსპლუატაციის დროს.

ზღვრული მდგომარეობის მიხედვით გაანგარიშება დასაშვებ ძაბვათა მეთოდისაგან ძირითადად იმით განსხვავდება, რომ მასში უფრო ფართოდაა გამოყენებული ექსპერიმენტული მონაცემები, განზოგადებულია მშენებლობის გამოცდილება და გათვალისწინებულია მასალების პლასტიკური ზღვრული მდგომარეობა.

გვირაბის მოკეთების ამა თუ იმ ზღვრულ მდგომარეობამდე შიღწევის შესაძლებლობა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, რომელთაგან უმთავრესია:

1) გარე დატვირთვები — სამთო, წყლის შინაგანი და ინექციური წნევები, მიწისქვეშა წყლების დაწნევა;

2) მოკეთების მასალის თვისებები და ხარისხი;

3) მოკეთების მუშაობის საერთო პირობები და არის გავლენა — ტემპერატურის, აგრესიული წყლების, მიწისქვეშა აირების და სხვ.

ზღვრული მდგომარეობის მიხედვით გაანგარიშებისას სარგებლობენ ე. წ. ნორმატიული დატვირთვით და სხვადასხვა კოეფიციენტით. ეს კოეფიციენტებია:

ა) გადატვირთვის კოეფიციენტი n , რომელსაც იღებენ CH 238—73-ის მიხედვით, მე-11 ცხრილიდან;

ბ) კაპიტალურობისა და შეხამების კოეფიციენტი m_1 ბეტონისა და რკინბეტონის მოკეთებებისათვის, რომელსაც იღებენ იმავე „მითითებებს“ მიხედვით მე-12 ცხრილიდან, ან შეხამების კოეფიციენტი — m_2 , ფოლადის გარსებისათვის (სადაწნეო გვირაბებში), რომლის მნიშვნელობა იღებენ მე-13 ცხრილიდან;

გ) მუშაობის პირობების კოეფიციენტი m_3 , რომელიც იღებენ „მითითებების“ მე-14 ცხრილიდან ზღვრული მდგომარეობის მიხედვით გაანგარიშების ჯგუფის შესაბამისად.

ნორმატიულ დატვირთვებს უწოდებენ ნორმებით დადგენილ გარე ზემოქმედებათა მაქსიმალურ მნიშვნელობებს, რომლებიც დასაშვებია ნაგებობის ნორმალური ექსპლუატაციის დროს.

ნორმატიული დატვირთვისა და გადატვირთვის კოეფიციენტის ნამრავლს

უწოდებენ საანგარიშო დატვირთვის; მის შესაბამისად საანგარიშო ძალვა

$$N = N^{\epsilon} n,$$

სადაც N^{ϵ} არის ნორმატიული დატვირთვისაგან წარმოქმნილი ძალვა.

მხედველობაშია მისაღები ის გარემოებაც, რომ საშუენი მასალების თვიო სტრუქტურები ხასიათდება გარკვეული ცვალებადობით — სიმტკიცის მაჩვენებლების განზნუნულობით. აქედან გამომდინარე, დატვირთვების მსგავსად, საშუენი მასალებისათვისაც აღდგენენ R^{ϵ} ნორმატიული წინალოის ცნებას და k ერთგვაროვნობის კოეფიციენტს.

ცხადია, რომ ნორმატიული წინალოის ერთგვაროვნობის კოეფიციენტზე გამრავლებით მიიღება საანგარიშო წინალოა

$$R^{\epsilon} k = R \text{ კგძ/სმ}^2.$$

გვირახის მოკეთების გაანგარიშებისას უნდა დადგინდეს ზიღვის უნარის მინიმალური მნიშვნულობა, რომელიც ზოგადად შეიძლება შემდგენაირად იქნას წარმოდგენილი

$$\Phi(k_1 R_1^{\epsilon}; k_2 R_2^{\epsilon}; \dots, s),$$

სადაც Φ არის ძალვის სახეობის (კუმშვა, გაკიშვა, ლუნვა და ა. შ.) შესაბამისი ფუნქცია;

k_1, k_2 — იმ მასალების ერთგვარობის კოეფიციენტები, რომლებითაც დამზადებულია კონსტრუქცია;

$R_1^{\epsilon}, R_2^{\epsilon}$ — აღნიშნული მასალების ნორმატიული წინალობანი;

s — კონსტრუქციის გეომეტრიული მახასიათებელი.

ამგვარად, თუ გავითვალისწინებთ ყველა ზემოაღნიშნულს, პირველი ზღვრული მდგომარეობის მიხედვით მოკეთებთა საანგარიშო ფორმულა მიიღებს სახეს

$$N = \sum n m_{\alpha} N^{\epsilon} \leq \Phi(k, R^{\epsilon}, m, s). \quad (20-50)$$

როგორც ამ ფორმულიდან ჩანს, ზღვრული მდგომარეობის მეთოლით გაანგარიშებების დროს სიმტკიცის მარაგის კოეფიციენტი იცვლება ოთხი კოეფიციენტიო: n — გადატვირთვის, k — მასალის ერთგვარობის; m_{α} — კაპიტალურობისა და შეხამების და m — მუშაობის პირობების კოეფიციენტებით. თითოეულ ამ კოეფიციენტს შეიძლება კონდეს ერთი ან რამდენიმე მნიშვნულობა. მაგალითად, n გადატვირთვის კოეფიციენტს მოკეთების საკუთარი წონის, სამოო წნევისა და წყლის შინაგანი წნევისათვის ექნება ერთმანეთისაგან ფრიად განსხვავებული მნიშვნულობანი (იხ. ზემოხსენებული ცხრილი 11). ასევე ითქმის ყველა სხვა კოეფიციენტზე, რომელთა მნიშვნულობანი სათანადო ცხრილებშია მოცემული ან გამოითვლება სპეციალური ფორმულით (მაგალითად, k ერთგვარობის კოეფიციენტი).

მეორე ზღვრული მდგომარეობის მიხედვით, რომლის თანახმად უნდა უზრუნველყოთ ბზარმდეგობა ან დასაშვები ბზაროვნება, გაანგარიშება უნდა ჩატარდეს ნორმატიული დატვირთვების შეხამების საფუძველზე გადატვირთვის კოეფიციენტის გაუთვალისწინებლად და მოკეთების მასალის ნორმატიული მახასიათებლების გამოყენებით.

ცხადია, გვირახების მოკეთებთა ზიღვის უნარის მიხედვით გაანგარიშება უნდა ჩატარდეს საანგარიშო დატვირთვების შესაძლო ყველაზე არახელსაყრელ ძირითად და განსაკუთრებულ შეხამებაზე.

1. მუშაობის პირობები და კვეთის ფორმა

სადაწნეო გვირაბების გამოყენებას მიმართავენ სხვადასხვა შემთხვევებში, უპირატესად კი მაშინ, როდესაც: ა) წყალსაცავში ან ტბაში, საიდანაც უნდა აიღონ წყალი, წყლის დონე მნიშვნელოვნად იცვლება; ბ) არსებული ტაპოგრაფიული და გეოლოგიური პირობები არ იძლევა უდაწნეო გვირაბის ეკონომიურად დასაბუთებულ ტრასირების საშუალებას; გ) დანადგარის (მაგალიცად, ჰიდროელექტროსადგურის) რთული მიდრავლიკური პირობებით აუცილებელია სადაწნეო რეჟიმით მომუშავე წყალსატარების (გვირაბების) აშენება და სხვ.

მნიშვნელოვან შინაგან ჰიდროსტატიკურ წნევაზე მუშაობისას სტატიკური, აგრეთვე ჰიდრავლიკური თვალსაზრისითაც სადაწნეო გვირაბებისათვის მძნანშეწონილია წრითული ფორმის მოკეთებათა გამოყენება, თუმცა სამუშაოთა წარმოების თავისებურებათა გამო ასეთი ფორმის განივკვეთები მართკუთხა ან დაახლოებით მართკუთხა კვეთებზე უფრო ნაკლებად მოხერხებულია (განსაკუთრებით მცირე განივკვეთების შემთხვევებში). თანამედროვე პირობებში, ცხადია, ამ ნაკლოვან მხარეს უკვე აღარ აქვს არსებითი მნიშვნელობა, რადგან გვირაბმშენებლობაში ფართოდ დანიერგა გაყვანის მ. წ. „ფარის ხერხი“. საყურადღებოა წინადადებანი (ს. შანშიევის, ნ. ბურძგლას და სხვ.) გარკვეულ პირობებში გვირაბებისათვის ოვალური ფორმის კვეთებისა და მოკეთებათა მოწყობის შესახებ. ასეთი მოკეთებანი რამდენადმე უკეთ მუშაობენ შიგა და გარე ჯამურ დატვირთვაზე, მაგრამ სამუშაოთა წარმოების თვალსაზრისით ოვალური ფორმის კვეთები მოუხერხებელია.

2. გვირაბების მოკეთებათა მუშაობის ხასიათი და კონსტრუქციები

სადაწნეო გვირაბების მოკეთებანი მუშაობენ სხვადასხვა დატვირთვის პირობებში, მაგრამ ამა თუ იმ კონსტრუქციის მოკეთების ძაბვითი მდგომარეობის სურათი ყალიბდება ძირითადი დატვირთვის, სახელდობრ, შიგა ჰიდროსტატიკური წნევის გავლენით. როდესაც გვირაბის ექსპლუატაციის პერიოდში მოკეთებაზე მოქმედი შიგა ჰიდროსტატიკური წნევა აღემატება გარე წნევას, მაშინ მოკეთება მუშაობს გაჭიმვაზე, ხოლო გვირაბის დაკლის, მშენებლობის ან რემონტის პერიოდში — უპირატესად კუმშვაზე. მოკეთების მუშაობაზე არსებით გავლენას ახდენს გარემომცველი ქანების ხასიათი და თვისებები, სახელდობრ: ქანის სიმკვარე (f_1) და ღრეკადობა (დამყოლობა), რომელიც ხასიათდება k უკუწნევის კოეფიციენტით. მაგარი ქანების შემთხვევაში, ე. ი. f_1 და k კოეფიციენტთა დიდი მნიშვნელობების დროს, წყლის შიგა წნევა შეიძლება მთლიანად მიიღოს გარემომცველმა ქანებმა. ამ შემთხვევაში, ცხადია, მოკეთება საჭიროა მხოლოდ გვირაბის ზედაპირის მოსასწორებლად (სიმქისის შესამცირებლად) და მისი კედლების წყალშეუღწევადობის უზრუნველსაყოფად.

როგორც ვხედავთ, შიგა ჰიდროსტატიკური წნევის მოქმედებისას, გვირაბის მოკეთების რგოლი განიცდის გაჭიმვის დეფორმაციას, რის შედეგად ამ წნევის ნაწილი გადაეცემა ქანებს, რომლებიც აგრეთვე დეფორმირდებიან. თუ ქანების რადიალური დეფორმაციები დილია (0,5 — 1 მმ), მაშინ წნევის მთლიანად ასათვისებლად საჭიროა რკინატორკრეტის ან ფოლადის გარისის (შიგა რგოლის) გამოყენება.

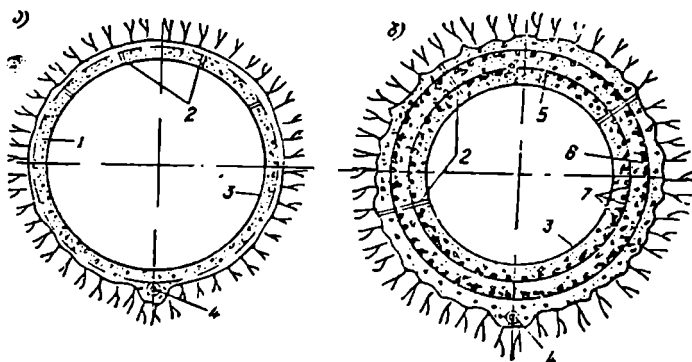
ქანების ღრეკადი უკუწნევის უნარის ეფექტური გამოყენებისათვის უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს მოკეთების დეფორმაციების გადაეცემა მათზე.

ამ მიზნით რეკომენდებულია მოკეთებისა და ქანებს შორის კონტაქტში გაკეთ-
 დეს ცემენტაცია დაწნევიით. ასეთი ცემენტაციით იმედროულად ხდება გვი-
 რაბის მოკეთების წინასწარი კუმშვა, რაც აუშჯობესებს მის მუშაობას წყლის
 შიგა წნევაზე. ქანების განმტკიცებისა და ღრეკადი უკუწნევის გაზრდისათვის
 ზოგჯერ მიმართავენ მათ ღრმა ცეხებტაციას.

სადაწნეო გვირაბების მოკეთებანი შეიძლება დაკვოთ შემდეგ გგუ-
 ფებად:

1) მასწორებელი და ფილტრაციის საწინააღმდეგო მო-
 კეთებანი 60 მ-მდე დაწნევისათვის ისეთ მაგარ (მკვირვ და მდგრად) ქა-
 ნებში, რომელთა $f_z > 14$; კონსტრუქციულად ისინი უდაწნეო გვირაბების
 მოკეთებათა ანალოგიურია;

2) ერთფენიანი მონოლითურა მოკეთებანი (ნახ. 20-21),
 რომელთაც იყენებენ მაგარ ქანებში 60 მ-მდე დაწნევისა და შვირე სამთო

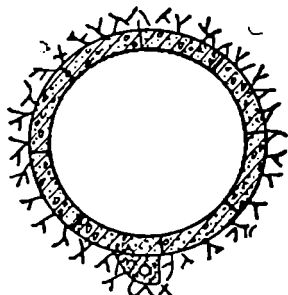


ნახ. 20-21. სადაწნეო გვირაბის ერთფენიანი მონოლითურა მოკეთება:

- ა — ბეტონის; ბ — რკინაბეტონის; 1 — ბეტონი; 2 — სინიექტო მილაკები; 3 — ტოკრეტის;
 4 — ღრეხაი; 5 — წრიული არმატურა; 6 — რკინაბეტონი; 7 — გამანწილებელი არმა-
 ტურა.

წნეებისას, ხოლო თუ გვირაბი გაიყვანება ისეთ ქანებში, რომლებიც ხასიათ-
 დებიან დიდი სამთო წნევებით ($f_z < 1$) და შვირე ღრეკადი უკუწნევის კოე-
 ფიციენი ებები, ამასთანავე დაწნევა ცვალობადობს 30-დან 100 მ-მდე, იყენ-
 ბენ რკინაბეტონის მოკეთებას ერთფა ან
 ორფა არმატურით; მოკეთებათა წყალშეუღ-
 წევალობის უზრუნველსაყოფად მათ ზედაპირს
 ფარავენ ტოკრეტის 2—4 სმ სისქის ფენით
 ან (შვირე სისქის მოკეთების შემთხვევაში)
 შპრიცბეტონით; მოკეთებათა გაანგარიშები-
 სის შეიძლება დაეფუძვთ ბზარების წარმო-
 შობის შესაძლებლობა, თუ ისინი საშიში არ
 არიან მათი ხანგამძლეობისა და ქანების
 სიმტკიცისათვის გვირაბიდან მფილტრავი
 წყლის მოქმედებისას;

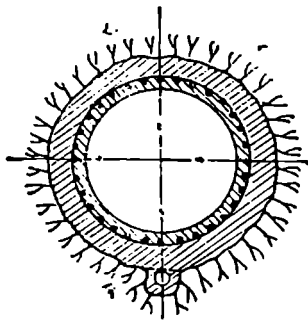
3) ასაწყობი ერთფენიანი მო-
 კეთებანი (ნახ. 20-22), რომლებიც კეთ-
 დება თავისუფალი ელემენტებისაგან ან ცალ-
 კეული ბლოკებისაგან შემდგარი ჩაკტილი
 რგოლების სახით; ასეთ მოკეთებებს, რომელთა წყალშეუღწევალობა უზრუნ-



ნახ. 20-22. გვირაბის ერთფენიანი ახა-
 წყობი მოკეთება.

ველყოფილია ტოროკრეტი, იყენებენ დიდ დაწნევათა პირობებში; როგორც წესი, მოკეთებათა პირამირებს ამონოლითებენ, მაგრამ დამონოლითებამდე მებობელი ბლოკების არმატურას ერთმანეთთან ადუღებენ; ასეთი კონსტრუქციის მოკეთებებიდან ძალიან ეფექტურია წინასწარ დაძაბული მოკეთებანი;

4) კომბინირებული მოკეთებანი კონსტრუქციულად თითქმის ყოველთვის ორფენიანი შეიძლება იყოს ან ორივე მონოლითური რგოლით,



ნახ. 20-23. გვირაბის ორფენიანი (კომბინირებული) მოკეთება გარე ბეტონის და შიგა რკინაბეტონის რგოლით.

ან ასაწყობი გარე რგოლის გამოყენებით; ამასთან შიგა რგოლი შეიძლება გაკეთდეს ბეტონის (მცირე დაწნევისას), რკინატოროკრეტის, რკინაბეტონის ან ზოგჯერ ფოლადისაგან, ხოლო გარე რგოლი — ბეტონის, რკინაბეტონის ან ლითონის ტიუბინგებისაგან (ნახ. 20-23).

გვირაბის მოკეთების ამოყვანისას პირველ რიგში აკეთებენ გარე რგოლს, რომელიც იღებს საშტო წნევას, ხოლო შიგა რგოლს აწყობენ გარე რგოლის დამთავრების შემდეგ; იგი ძირითადად მუშაობს შიგა პიდროსტატიკურ წნევაზე და ითვისებს მას გარე რგოლთან და გარემომცველ ქანებთან ერთად. ყველაზე უფრო მიზანშეწონილია შიგა რგოლი შესრულდეს რკინატოროკრეტისა-

გან, რომელიც არ მოითხოვს ყალიბების დაყენებას და ამასთანავე ხასიათდება მაღალი სიმტკიცით და დიდი წყალშეუღწევადობით. რკინატოროკრეტის რგოლის მინიმალური სისქე 5 სმ-ის ტოლი აიღება, რკინაბეტონისა — 12 სმ, ხოლო ბეტონისა — 20 სმ. გარე რგოლის მინიმალური საშუალო სისქეა 20—25 სმ. ძალიან მაღალი დაწნევისას, როდესაც აუცილებელია სრული წყალშეუღწევადობის უზრუნველყოფა, შიგა რგოლი შეიძლება შესრულდეს ფოლადის გარსით.

ორფენიან (კომბინირებულ) მოკეთებებში ასაწყობ გარე რგოლს აკეთებენ ბეტონის ბლოკების ან ლითონის ტიუბინგებისაგან, რომელთაც იყენებენ გვირაბის ფარის წესით გაყვანისას.

სადაწნეო გვირაბების იზოლაციას და დრენაჟს ახორციელებენ უდაწნეო გვირაბების ანალოგიურად.

მოკეთებების ზემოაღნიშნულ ძირითად კონსტრუქციათა გარდა პიდროტექნიკური გვირაბების მშენებლობაში გამოყენება პოვა მათმა ახალმა სახესხვაობებმა, რომელთა შესახებ საუბარი ქვემოთ გვექნება.

მოკეთებანი ღრმა სამაგრებელი ცემენტაციით. ასეთი ტიპის მოკეთება ბეტონის რგოლია, რომლის ირგვლივ შექმნილია ცემენტაციით გამოგრებული ქანების ზონა (ნახ. 20-24); ბეტონის რგოლის სისქე განისაზღვრება პირველ ეტაპზე ინექტირებული ხსნარის დაწნევის მიხედვით, ე. ი. კუმშვაზე მისი მუშაობის მიხედვით. აქედან გამომდინარე, შესაბამისად უნდა იქნეს დანიშნული პირველი ეტაპის ბურღილების სიღრმე. ბურღილებს განალაგებენ მოკეთების პერიმეტრის გასწვრივ თანატოლ მანძილებზე. ბეტონის რგოლის თანაბარი მოკუმშვის უზრუნველსაყოფად რეკომენდებულია ხსნარის შეწინებვა ყველა ბურღილში ერთდროულად ვაჭარმოთ.

ცემენტაციის მეორე ეტაპის განსახორციელებლად უნდა გაკეთდეს უფ-

რო ღრმა — დაახლოებით 0,7D სიღრმის ბურღილები (სადაც D გვირახბის დიამეტრია). საბოლოოდ ბურღილების სიღრმისა და ცემენტაციური წნევის სიდიდის დადგენა ხდება საინჟინრო-გეოლოგიური პირობებისა და გვირახბის საექსპლუატაციო წნევის გათვალისწინებით. ცხადია, შორეულ ეტაპის ღრმა ბურღილებში ცემენტაცია ხსნარის დიდი წნევით შეწნების დროს კუბურებზე იმუშავებს არა მარტო ბეტონის რგოლი, არამედ ცემენტაციის პირველი ეტაპის ჩატარებით გაშვებული ქანის რგოლიც.

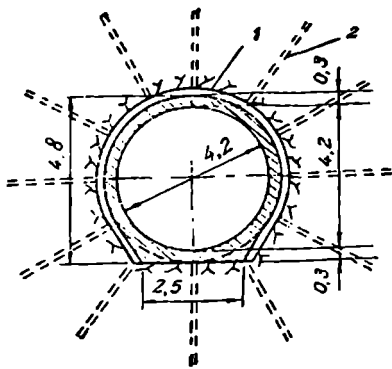
ბურღილებში მაღალი წნევით (40 ატმ და უფრო მეტი) ხსნარის შეწნებით აღწევენ ყველანაირი მსხვილი ბზარების ცემენტაციას და ძალიან წვრილი ბზარების დახურვას, ხოლო საბოლოოდ ქანების მოკუმშვას. ძაბვითა რელაქსაციის შემდეგ ნარჩენი მოკუმშვის სიდიდე საკმარისი უნდა იყოს იმისათვის, რათა ექსპლუატაციის დროს წყლის შიგა წნევის მოქმედებისას გამოირიკხულ იქნეს ბზარების წარმოშობა ქანებში.

ღრმა ცემენტაციით განხორციელებული მოკეთების მაგალითთა ენგურჰესის დერივაციული სადაწნო გვირახბის მოკეთება, რომელიც არსებითად მასწორებელია, რადგან მთელ დატვირთვას ლებულობენ გარემომცველი ქანები, რომელთა თვისებები გაუმჯობესებულია ღრმა ცემენტაციით. ასეთი ტიპის მოკეთება თანდათან ვრცელდება საზღვარგარეთის ქვეყნებში; ამ მხრივ საყურადღებოა გერმანიის ფედერაციული რესპუბლიკის, საფრანგეთის, იუგოსლავიისა და ავსტრიის გვირახბშენებლობის გამოცდილება. თავისი ტექნიკურ-კონსტრუქციური მაჩვენებლებით ამ ტიპის მოკეთება „ტრადიციულ“ მოკეთებებზე მნიშვნელოვნად უფრო უკეთესია.

ექონომიკური ეფექტიანობის გარდა მოკეთება ღრმა სამაგრებელი ცემენტაციით ამკირებს წყლის ფილტრაციას გვირახბიდან, უზრუნველყოფს ბეტონის მოკეთების დაცულობას და ქანების არაწარცხვადობას. პროექტის მიხედვით, ენგურჰესის მთელი გვირახბისათვის, წყლის დანაკარგმა ფილტრაციაზე უნდა შეადგინოს დაახლოებით 2,5—3,5 მ³/წმ (საერთოდ 1 ატმ დაწნევისას მოკეთების 1000 კვ მ ფართობზე მოსული ხვედრითი ფილტრაციის სიდიდე არ უნდა აღემატებოდეს 0,4—0,6 ლიტრს (წამში). რა თქმა უნდა, ეს მაჩვენებლები არ არის ზღვრული, ცემენტაციის შედეგად ფილტრაცია შეიძლება კიდევ უფრო შემცირდეს.

მთავარი მაინც ის არის, რომ ღრმა სამაგრებელი ცემენტაციის შედეგად იზრდება ქანების სიმტკიცე და უმჯობესდება მათი დრეკადი მახასიათებლები, ხოლო საბოლოო ჯამში—ბეტონის რგოლის მუშაობის პირობები, რომელიც არაერთხელ ასრულებს მასწორებელი მოკეთების როლს.

მოკეთებანი მოქნილი წყალშეუღწევადი მუშაობის დროს არახელსაყრელი გეოლოგიური პირობების შემთხვევებში ზოგჯერ შეუძლებელია.



ნახ. 20-24. მოკეთება ღრმა სამაგრებელი ცემენტაციით:
1 — ბეტონის მოკეთება; 2 — ცემენტაციური ბურღილები.

ლია გვირაბის ირგვლივ მთლიანად წყალშეუღწევი ქანების ზონის შექმნა ცემენტაციით. ასეთი შემთხვევებისათვის რეკომენდებულია მოკეთებაში მოეწყოს წყალშეუღწევადი შუასადები. ამ მიზნით უკანასკნელ წლებში საზღვარგარეთ იყენებენ ბიტუმიტ დაფარულ 0,1—0,2 მმ სისქის გაფორირებულ სპილენძის კლიტას.

საქართველოს ენერგეტიკისა და ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში („გრუნზნიიფს“) დამუშავდა ახალი ტიპის მოკეთება ფილა-გარსებით, რომელთაც შიგნით აქვთ ლითონპლასტიკის მოქნილი ტალღოვანი შუასადები. უკანასკნელი მკერენახშირბადიანი ფურცლოვანი ფოლადია, რომელსაც კოროზიისაგან იცავს ორჯერ მხრიდან მიწებებული პოლივინილქლორიდის აფსკები. ფილა-გარსებს კრებენ ქარგილებზე, ისინი მოკეთების დაბეტონების დროს ასრულებენ ყალიბების როლს. შუასადების სპეციალური ფორმა უზრუნველყოფს ფილა-გარსების კავშირს ბეტონთან. გვირაბის დაკლისას გარსებზე გრუნტის წყლების წნევის აცილებისათვის ბეტონის მოკეთების შიგნით აწყობენ სადრენაჟო მილებს. სათანადო აპრობაციის შემდეგ მოკეთების ეს სახეობა შეიძლება რეკომენდებულ იქნეს მაღალდაწნევიანი ჰიდროტექნიკური გვირაბების მშენებლობის პრაქტიკაში დასაინერგად.

წინასწარ დაძაბული მოკეთებანი. განსახილველი ტიპის მოკეთებებში წინასწარ ხელოვნურად ქმნიან ისეთ მკუმშავ ძაბვებს, რომლებიც სიდიდით დაახლოებით საექსპლუატაციო დარვირთვების მოქმედებით წარმოშობილ გაშვებულ ძაბვებს ეტოლება. ასეთი ღონისძიების შედეგად აღწევენ ჰიდროტექნიკური გვირაბების მოკეთებათა სისქის შემცირებას, მათ ბზარმდეგობას, წყალშეუღწევადობას და სამსახურის ხანგრძლივობის გაზრდას.

წინასწარ დაძაბული მოკეთების გამოყენება განსაკუთრებით მიზანშეწონილია მაშინ, როდესაც მოქმედი ძირითადი დარვირთვა—წყლის შიგა წნევა—იწვევს მოკეთების თითქმის თანაბარ გაჭიმვას. მოკეთებათა წინასწარი მოკუმშვის ოპერაცია მნიშვნელოვნადაა გამარტივებული მათი წრიული ფორმის შემთხვევაში, რომელიც სადაწნეო გვირაბებისათვის მიზანშეწონილია მრავალი სხვა მოსახრებითაც.

საწყისი დაძაბული მდგომარეობის შექმნის ხერხის მიხედვით წინასწარ დაძაბული მოკეთებები შეიძლება დაყოს ორ ჯგუფად:

ა) დაძაბულ-დაარმატურებული და დაარტახებული (დაბანდაქებული) მოკეთებანი;

ბ) მოკუმშული მოკეთებანი, რომლებშიც საწყისი დაძაბული მდგომარეობა იქმნება არმატურის გამოუყენებლად.

დაძაბულ-დაარმატურებულ და დაარტახებულ მოკეთებებში საწყისი მკუმშავი ძაბვები იქმნება არმატურის, ან მოკეთების გარე ზედაპირზე განლაგებული არტახების ნიკშირით. დაძაბულ-დაარმატურებულ მოკეთებებში გამოყენება პოვენ საზღვარგარეთის ქვეყნების პრაქტიკაში, ძირითადად კი იტალიაში, შედარებით მცირე დიამეტრის (4,0 მ-მდე) გვირაბებისათვის. ასეთი მოკეთების გულარი რკინაბეტონის მილია, რომელზედაც დახეულია მაღალი სიმტკიცის წინასწარდაძაბული მავთულის არმატურა. გვირაბში გულარის მოთავსების შემდეგ ქანსა და გულარს შორის არსებულ ღრეჩოს ავსებენ ბეტონით ან ცემენტ-კვიშოვანი ხსნარით, დიდი ზომის მილების ტრანსპორტირება გვირაბში დაკავშირებულია მნიშვნელოვან სიძნელეებთან, რაც ზოლდავს ამ ტიპის მოკეთებათა გამოყენებას.

დაარტახებული მოკეთებანი შეიძლება გამოვიყენოთ კლდოვან ქანებში. არტახების მოკიშვა ხდება უშუალოდ გვირაბში ასაწყობი ან მონოლითური კონსტრუქციის გულარის მოთავსების შედეგ. იმასთან დაკავშირებით, რომ არტახების მოკიშვის ოპერაცია საკმაოდ რთული და შრომატევადია, ამასთანავე მოკიშვის დროს არტახსა და გულარს შორის წარმოშობილი ხახუნის გამო არ ხერხდება გულარის თანაბრი მოკუშვა (განსაკუთრებით დიდი დიამეტრების დროს), ასეთი, აგრეთვე დაძაბულ დაარმატურებული მოკეთებანი ნაკლებ პერსპექტიულია დიდი დიამეტრის სადაწნეო გვირაბებისათვის.

მოკუშული მოკეთებანი გამოიყენება ისეთ კლდოვან ქანებში, რომლებსაც აქვს წნიშენლოვანი დრეკადი თვისებები. მოკუშვა შეიძლება განხორციელდეს მოკეთებასა (გულარსა) და ბეტონის მასწორებელ ფენას შორის არსებულ სპეციალურ ლეჩოში ცენტრის ხსნარის კირხნით ან ქანებში მოკუშვის ჩაწნევით. ხსნარით მოკუშულმა მოკეთებებმა საკმაოდ ფართო გავრცელება პოვა საზღვარგარეთ.

დაძუშავებული და ათვისებულია ცემენტის ხსნარით მოკეთებათა მოკუშვის ახალი ხერხი, რომლის მიხედვით გულარის მოკუშვა ხდება ბეტონის მასწორებელი ფენის ზედაპირზე დაყენებულ პლასტმასის პერფორირებულ მილაკებში ხსნარის კირხნით.

საბჭოთა კავშირში შემუშავდა ხერხი კლდოვან ქანებში ისეთი მოკუშული მონოლითური მოკეთების შესაქმნელად, როგორც აქვს დატამპონებული ბზარები. ასეთი მოკეთება უნდა გაეთდეს შემდეგნაირად: ჯერ ჩვეულებრივი წესით მოეწყოს ბეტონის თხელი მონოლითური მოკეთება, ხოლო შემდეგ მ—10 სმ-ით უფრო ნაკლები დიამეტრის იქნენ ლითონის ყალიბსა და მოკეთებას შორის ლეჩოში ძალაღიწვევით დაქრხნოს ძალაღიწვევის სიმეტრიის ცემენტის კოლოიდური ხსნარი. ამის შედეგად ბეტონის მოკეთებაში წარმოშობილი რადიალური ბზარები იცემა (ტამპონირდება) ცემენტის ხსნარით, რომელიც მათში მავრდება. განყოფილების შემდეგ მოკეთებას არ შეუძლია დაუბრუნდეს თავის საწყის მდგომარეობას და იგი მოკუშული რჩება ქანების უკუწნევის ძალებით. ცხადია, ასეთი მოკეთების ზედაპირი გლუვი და უნაკეროა. დატამპონებულ ბზარებიან მოკეთებათა ეკონომიკური ეფექტიანობის გამოსავლინებლად უნდა მოხდეს მისი აპრობაცია სხვადასხვა საცნებრო-გეოლოგიურ პირობებში.

წინასწარ დაძაბულ ქანებში მოკუშული მოკეთებანი შეიძლება იყოს მონოლითური და ასაწყობი. ბეტონის მონოლითური მოკეთების ქანებით მოკუშვა ხდება დაბეტონების პოცესში, ბეტონის ნარევის წნებისას ქანებზე განვითარებული რადიალური წნევის შედეგად. დაბეტონების ასეთი წესის გამოყენებით ბეტონის გამაგრების შემდეგ მიიღება ქანებით მოკუშული მოკეთება (მონოლითური წნეხილი მოკეთება). ბეტონის წნეხის მეთოდის გამოყენება იმითაცაა მიზანშეწონილი, რომ ცალკეულ შემთხვევებში აღწევენ მოკეთების გარემომცველი ქანების დრეკადი უკუწნევის კოეფიციენტის გაზრდას. საყურადღებოა, რომ აღრეულ ასაკში დაწნეხილი ბეტონის სიმეტრიის მახასიათებლები უფრო ძალაღიწვევით, ვიდრე იმავე მარკის ჩვეულებრივი ბეტონისა, რადგან ქმნის ბეტონის გამაგრების პროცესის დაჩქარებისათვის ხელსაყრელ პირობებს და უფრო აღრე სამარკო სიმეტრიის მიღწევის შესაძლებლობას. ამასთან ერთად იგი უზრუნველყოფს უფრო წყალშეუღწევია მოკეთების მიღებას.

მონოლითურ-დაწინებულ მოკეთებებს აქვს გლუვი შიგა ზედაპირი განივი ნაკერების გარეშე, რის გამო აუცილებელი არაა მისი დამატებითი დამუშავების ჩატარება. ასეთი მოკეთებების გამოყენების შემთხვევაში თავიდან არის აცილებული შემსვები ცემენტაციის საპირობა.

ქანებში მოკუმშული ასაწყობი მოკეთებანი შეიძლება გამოიყენონ მაშინ, როდესაც გვირაბი გაკაყავთ შექანიკური ფარებით ან გვირაბგამყვანი მანქანებით, რომლებიც უზრუნველყოფენ გვირაბის ზუსტ მოკონტურებას. ბლოკებისაგან აწყობილი გვირაბს მოკეთების რგოლის მოკუმშვისათვის არსებობს სხვადასხვა ხერხი: ფარის ღომკარტების მეშვეობით მოკეთებაში სოლისებური ბლოკების შეწნების, მოკეთებებში დროებით დაყენებული ღომკარტების საშუალებით რგოლის პერიმეტრის გადიდების და სხვ.

იმასთან დაკავშირებით, რომ ასაწყობ მოკუმშულ მოკეთებებში შიგა ზედაპირი უსწოროა, იქმნება შიგა რინატორკრეტის რგოლის მოწყობის აუცილებლობა. ასეთი მოკეთებანი შეიძლება ჩაითვალოს რაციონალურ კონსტრუქციებად რბილ და ნახევრადკლდოვან ქანებში მშენებარე შედარებით მცირე დიამეტრის სადაწნეო გვირაბებისათვის. მაგრამ მათი მოწყობისას გათვალისწინებული უნდა იქნეს მოკეთების ბეტონის ხსნარის შეკლების, აგრეთვე ბეტონისა და გარემომცველი ქანების ცოცვადობის გამო მათში საწყისი მოკუმშვის შემცირება. ამ საკითხების გათვალისწინება შესაძლებელია სათანადო ექსპერიმენტულ გამოკვლევათა ჩატარებით.

ნახეფბეტონის მოკეთებანი. ჩვეულებრივ ბეტონთან შედარებით ნახეფბეტონს აქვს რიგი უპირატესობანი — გაზრდილი სიმტკიცე გავიშვავზე, კლდის ზედაპირთან კარგი შექიდულობის უნარი, რაც უზრუნველყოფს მათ ერთობლივ მუშაობას, დიდი სიმკვრივე და, მაშასადამე, გაზრდილი წყალშეუღწევადობა. ნახეფბეტონის მოკეთებათა მოწყობისას აუცილებელი არაა ყალიბების გამოყენება, აგრეთვე შემსვები ინექციის გაკეთება. ყოველივე ეს იძლევა მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ეფექტს და ამასთანავე ზრდის გვირაბების მშენებლობის ტემპს.

დაბალმოდულიანი და საფართოებელი ბეტონის მოკეთებანი. ჩვეულებრივი ბეტონების გარდა, სადაწნეო გვირაბების მოკეთებისათვის გამოიყენება ე. წ. დაბალმოდულიანი და საფართოებელი ბეტონები. დაბალმოდულიანი ბეტონის გამოყენება ეფექტურია უპირატესად მტკიცე ბზაროვან ქანებში, რადგან ამ შემთხვევაში გარემომცველი კლდოვანი ქანები უფრო მეტადაა ჩართული მუშაობაში. ამასთანავე ერთნაირი მარკის დაბალმოდულიანი და ჩვეულებრივი ბეტონის მოკეთებებიდან დაბალმოდულიანი ბეტონის მოკეთების სისქე შეიძლება შემცირდეს 30—50% მდე, ხოლო ერთნაირი სისქის შემთხვევაში მისი გამოყენება შესაძლებელია უფრო სუსტ ქანებში.

თავდაღობილი სპეციალური ცემენტების ათვისების შემდეგ საკმაოდ პერსპექტიულია აგრეთვე საფართოებელი ბეტონისაგან დამზადებული მოკეთებები. ასეთ მოკეთებებში კუმშვით წარმოშობილი ძაბვები დამოკიდებულია ბეტონის გაფართოების კოეფიციენტზე დრეკად არეში გამაგრებისას. გვირაბთმშენებლობაში ასეთ მოკეთებათა პრაქტიკაში დანერგვამდე საჭიროა ჩატარდეს ექსპერიმენტული გამოკვლევები საწარმოო პირობებში.

პოლიმერული მასალები მოკეთებანი. უკანასკნელ ხანებში გვირაბთმშენებლობის პრაქტიკაში ისახება პოლიმერული მასალების მოკეთებათა გამოყენების პერსპექტივა. ასეთი მასალების გამოყენება უფრო ეფექტურ

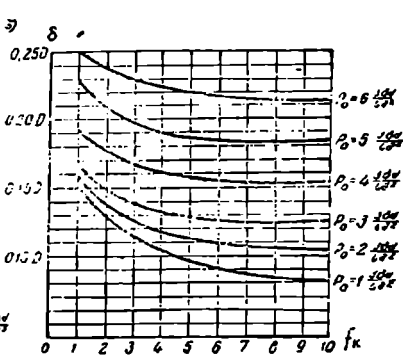
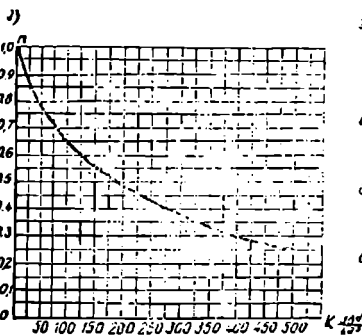
რია ისეთ კონსტრუქციებში; რომლებიც მუშაობენ გაკიმვანზე და ლუნვანზე აგრეთვე ნაგებობათა იმ ნაწილებში, რომლებიც განიცილიან კავიტაციას და გარეცხვას. ამის გამო ყურადღებას იქცევს ისეთი ახალი მასალები, როგორებიცაა პოლიმერბეტონები, სილიკატური ბეტონი სინთეტური ფისების (ლატექსების, ემულსიების) დანამატით; პლატიფიცირებული ხსნარები; გაკიმვანზე მაღალი წინაღობის ბეტონები, რომელთა მიღება შეიძლება სინთეტური ან სილიკატური ბოჭკოვანი მასალების დამატებით.

ამეხმად საკმაოდ საფუძვლიანად იკვლევენ პლასტიკური ბეტონის სამგარებს, აგრეთვე ბეტონისა და ნაშენებუბეტონის მოკეთებათა შიგა ზედაპირების ჰიდროსაიზოლაციო დაფარულობისათვის პოლიმერბეტონისა და პლასტიკური ბეტონის გამოყენების შესაძლებლობას. ასეთ მოკეთებათა და დაფარულობათა გამოყენებით აღწევენ სიმკვრივის მნიშვნელოვან შემცირებას, ცვეთაზე შედეგობისა და წყალშეუღწევადობის გაზრდას.

§ 20-8. საღაწნეო გვირაბების მოკმთმებათა სტატისტიკური მანანბარიშება

1. მოკეთების სისქის წინასწარი გაანგარიშება

სტატისტიკური მუშაობის თვალსაზრისით საღაწნეო გვირაბის მოკეთება ღრეკად არეზი მოთაგებუბი ღრეკადი რგოლია, რომელიც განიცილის შიგა ჰიდროსტატიკურ წნევასა და გარე ძალების მოკმედებას. გვირაბის მოკეთებისა და გარემომცველი ქანების ერთობლივი მუშაობის უზრუნველსაყოფად და მოკეთებაში შიგა წყლის წნევით წარწონობილი გამკვიბი ძაბეების შესამ-



ნახ. 20-25. საღაწნეო გვირაბის მოკეთების სისქის წინასწარი განსაზღვრისათვის განოსაყენებელი გრაფიკები.

ცირებლად უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს მათი მკვიდრო კონტაქტი. ცხადია, რომდესაც ეს პირობა დაცულია, მოკეთების გაანგარიშება შეიძლება ჩატარდეს გარემომცველი ქანების ღრეკადი უკუწნევის გათვალისწინებით. ეს ფაქტორი არსებით როლს ასრულებს გვირაბის მოკეთების მუშაობაში, თუ მისი ჩაღრმავების სიღიდე დღისეული ზედაპირიდან გვირაბის დიამეტრზე არანაკლებ სამგერ მეტია, ხოლო ქანების სიმგერის კოეფიციენტი $f_a \geq 1.5$.

ერთფენიანი მოკეთების სისქის წინასწარი განსაზღვრისათვის შეიძლება ვისარგებლოთ გ. ზურაბოვისა და ო. ბუგაევის მიერ შედგენილი გრაფიკე-

ბით. პირველი გრაფიკით (ნახ. 20—25, ა) ქანების დრეკადი უკუწნევის k კოეფიციენტის შესაბამისად განსაზღვრავენ p შიგა წნევის იმ p_0 ნაწილს ($p_0 = \mu p$), რომელსაც თავის თავზე ღებულაზს მოკეთება. ამ სიდიდისა და ქანის სიმაგრის f_k კოეფიციენტის შესაბამისად ბეორე გრაფიკით (ნახ. 20—25, ბ) განისაზღვრება მოკეთების საძებელი δ სისქე გვირაბის D დიამეტრის ნაწილებში.

ერთდენიანი მოკეთების სისქის გასანგარიშებლად ამგვარად დამუშავებულია მრავალი საკმაოდ ზუსტი მეთოდი, მაგრამ იმის გამო, რომ მთლიანად ნათელი არ არის ქანების რეკტივის განაწილების ხასიათი მოკეთების ირგვლივ, იგი შესამჩნევ გავლენას ახდენს გაანგარიშებათა საერთო სიზუსტეზე. კიდევ უფრო რთულია კომბინირებულ (ორდენიან) მოკეთებათა მუშაობის პირობები.

2. ერთდენიანი მოკეთების ხიხქ-ხ გაანგარიშება

ერთდენიანი მოკეთების სისქის გაანგარიშება ჩაატარა აკად. ბ. გალიორკინმა 1929 წელს დრეკადობის თეორიის მეთოდის გამოყენებით. გვირაბის მოკეთება ხან განხილვა, როგორც დრეკ. დ არეში მოთავსებული ცილინდრული ილი შიგა ჰიდროსტატიკური წნევის მოქმედების ქვეშ.

ბ. გალიორკინის მიხედვით ნორმალური ძაბვა მოკეთების ნებისმიერ წერტილში, რომელიც გვირაბის ცენტრიდან r მანძილითაა დაშორებული ($r_0 \leq r \leq r_0$), განისაზღვრება ფორმულით

$$\sigma = p \cdot \frac{1 - N + \frac{r_0^2}{r^2} [1 + N(1 - 2\mu)]}{t^2 - 1 + N[t^2(1 - 2\mu) + 1]} \quad (20-51)$$

სადაც p შიგა წნევის ინტენსივობაა;

$$t = \frac{r_0}{r_1}; \quad N = \frac{k r_0 (1 + \mu)}{E};$$

აქ r_0 და r_1 მოკეთების შიგა და გარე რადიუსებია;

μ და E — მოკეთების მასალის პუასონის კოეფიციენტი და შისი დრეკადობის შიღული;

k — დრეკადი უკუწნევის კოეფიციენტი (კგდ/სმ²).

სუსტი ქანებისათვის რეკომენდებულია, რომ k და N სიდიდეები ნულის ტოლი ავიღოთ ($k = 0$ და $N = 0$).

ს. შანშიევის წინა აღების შესაბამისად¹, თუ (20-51) ფორმულაში r_0 რადიუსიანი გვირაბის ქანების მასვის k დრეკადი უკუწნევის კოეფიციენტს შევცვლით $r_0 = 100$ სმ რადიუსიანი გვირაბის ქანების მასვის k_0 კუთრი უკუწნევის კოეფიციენტით, მაშინ $k = 100 k_0$, r_0 დამოკიდებულების მიხედვით (20-51) გამოსახულება გადაიწერება შემდეგი სახით

$$\sigma = \frac{(r_0/r_1)^2 + A}{(r_0/r_1)^2 - A} \quad (20-52)$$

სადაც შიღებულია აღნიშვნა

$$A = \frac{0,01 E - (1 + \mu) k_0}{0,01 E + (1 + \mu)(1 - 2\mu) k_0} \quad (20-53)$$

¹ С. К. Шаншиев. Однослойные обделки вапорных туннелей. Над. Тбилид-
ана, Тбилиси, 1951.

შილებული (20-52) გამოსახულებიდან აღვილად შეიძლება განისაზღვროს გარე რადიუსის სიღიბე

$$r_0 = r_2 \sqrt{A \frac{\sigma + \rho}{\sigma - \rho}} \quad (20-54)$$

და მოკეთების საძიებელი სისქე

$$\delta = r_0 - r_2 = r_2 \left(\sqrt{A \frac{\sigma + \rho}{\sigma - \rho}} - 1 \right). \quad (20-55)$$

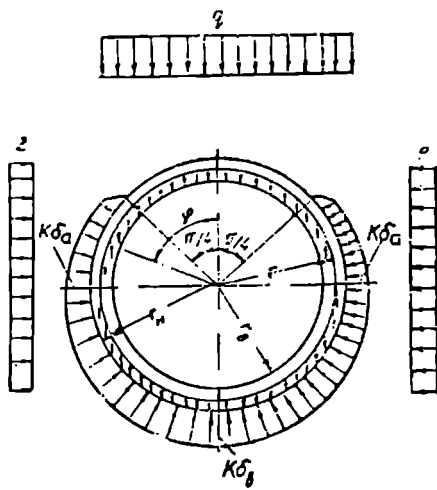
ისეთი ქანებისათვის, რომელთა სიმბარის კოეფიციენტი f_k იცვლება 1,5-დან 12-მდე, k_0 კუთრი უქუწნევის კოეფიციენტს განსაზღვრავენ ვ. სლო-ვინსკის შემდეგი ფორმულის მიხედვით: $k_0 = 50 f_k$, სადაც α აიღება 0,8—1,2 ფარგლებში, აძასთან მას ქანების მნიშვნელოვანი ბზაროვნების შემთხვევაში უმცირესი მნიშვნელობით იღებენ, ხოლო მცირე ბზაროვნებისას — უდიდესი მნიშვნელობით.

3. მოკეთების გაანგარიშება ვერტიკალურ სამთო წნევაზე

მოკმედი ტექნიკური პირობებისა და ნორმების შესაბამისად ისეთი სა-დაწნეო გვირაბების მოკეთებები, რომელთა დიამეტრი არ აღემატება 6 მ-ს, შეიძლება არ გაანგარიშდეს სამთო წნევაზე, თუ მათი გარემომცველი ქანე-

ბის სიმ-გოს კოეფიციენტი $f_k > 6$. სხვა შემთხვევებში ვერტიკალურ სამთო წნევაზე გაანგარიშება შეიძლება ჩატარდეს ო. ბუგაევის ან სამშენებლო მექანიკის მე-თოდით, რომელიც რეკომენდებულია მოკმედი ნორმატიული დოკუმენტით [42].

ო. ბუგაევის მეთოდით გვირაბის მოკეთების ვერტიკალურ სამთო წნევაზე (აგრეთვე სხვა დატვირთვებზე) გაანგარიშებისას გაითვალისწინება ქანების დრეკადი უქუწნევა, მაგრამ მხედველობაში არ მიიღება ხახუნი მოკეთებასა და ქანებს შორის. ქანების დრეკადი უქუწნევა მოკმედებს მოკეთების ნაწილზე, რომლის ცენტრალური კუთხე 270° -ია



ნახ. 20-26. წრეული მოხაზულობის გვირაბის მოკეთებაზე მოკმედი დატვირთვები.

(ნახ 20 26), და განაწილებულია შესაბამისი კანონით, სახელდობრ: ჰორიზონტალური დიამეტრის დონეზე იგი უდრის $k_{\delta\phi}$, $45^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$ ფარგლებში — $k_{\delta\phi} \cos 2\phi$, ხოლო $90^\circ \leq \phi \leq 180^\circ$ — $k_{\delta\phi} \sin^2 \phi + k_{\delta\gamma} \cos^2 \phi$, სადაც ϕ არის რადიალური კვეთის დახრის კუთხე ვერტიკალთან; $k_{\delta\phi}$ და $k_{\delta\gamma}$ — უქუწნევის

ეპიურის ორდინატები მოკეთების ჰორიზონტალური და ვერტიკალური დია-
მეტრების ღონეზე.

დაშვებულია, რომ ვერტიკალური სამთო წნევა მოქმედებს გვირაბის
მოკეთების ზედა ნახევარზე თანაბრად განაწილებული დატვირთვის სახით
(ნახ. 20 26).

მოკეთების კვეთებში მღუნავ მომენტებსა და ნორმალურ ძალებს გან-
საზღვრავენ ფორმულებით:

$$M = q r_0 r [Aa + B + Cn(1+a)]; \quad (20\ 56)$$

$$N = q r^2 [Da + E + Fn(1+a)], \quad (20\ 57)$$

სადაც q თანაბრად განაწილებული ვერტიკალური სამთო წნევის ინტენსიუ-
რობაა; r — მოკეთების ღერძული ხაზის რადიუსი; $a = 2 - r_0/r$;

$$n = \frac{1}{0,06416 + EI/r^3 r_0 kb};$$

b — მოკეთების კვ: თის საანგარიშო ზოლის სიგანე;

I — მოკეთების კვეთის ინერციის მომენტი;

A, B, C, D, E და F — სიდიდეები, რომელთა მნიშვნელობანი მოცემულია
20-3 ცხრილში.

ც ხ რ ი ლ ი 20-3

კუთხო	A	B	C	D	E	F
$\varphi = 0$	0,1628	0,0872	-0,00700	0,2122	-0,2122	0,02100
$\varphi = \pi/4$	-0,0250	0,0250	-0,00084	0 1500	0,3500	0,01485
$\varphi = \pi/2$	-0,1250	-0,1250	0,00025	0,0000	1 0000	0,00575
$\varphi = 3\pi/4$	0,0250	-0,0250	0,00022	-0,1500	0,9000	0,01380
$\varphi = \pi$	0,0872	0,1628	-0,00837	-0,2122	0,7122	0,022 0

4. მოკეთების განგარიშება საკუთარ წონაზე

განგარიშებისას დაშვებულია, რომ გვირაბის მოკეთება მუდმივი სისქი-
საა და ეტოლება $r_0 - r_2$. მღუნავი მომენტები და ნორმალური ძალები მოკე-
თების კვეთებში განისაზღვრება შენდევნი გამოსახულებებით:

$$M = gr^3 (A_1 + B_1 n), \quad (20-58)$$

$$N = gr (C_1 + D_1 n), \quad (20\ 59)$$

სადაც g არის 1 კვ. მ მოკეთების წონა; A_1, B_1, C_1 და D_1 — კოეფიციენტე-
ბი, რომელთა მნიშვნელობანი მოცემულია 20-4 ცხრილში.

ც ხ რ ი ლ ი 20-4

კუთხო	A ₁	B ₁	C ₁	D ₁
$\varphi = 0$	0,3 47	-0,02198	-0,1667	0,06592
$\varphi = \pi/4$	0,0334	-0,00267	0,3375	0,04661
$\varphi = \pi/2$	-0,3928	0,02589	1,5708	0,01801
$\varphi = 3\pi/4$	-0,0335	0,00067	1,9186	0,04220
$\varphi = \pi$	0,4.05	-0,02620	1,7375	0,07010

**5. გვირაბის მოკეთების გაანგარიშება უდაწნოდ შემცვბი
წყლის წნევაზე**

გაანგარიშების დროს იყულის შემება, რომ წყლის წნევა მიმართულია რა-
დიალურად და იზრდება ნუმიდან (კლექში) შიგ სიდიდენდე (გვირაბის
ძირში).

მლუნავი მოწინტები და ნორმალური ძალები მოკეთების კვეთებში გა-
ნისაზღვრება ფორმულებით:

$$M = (A_2 + B_2 n) \gamma r_2^2 r; \quad (20-60)$$

$$N = (C_2 + D_2 n) \gamma r_2^2; \quad (20-61)$$

სადაც γ არის წყლის ზოჯლობითი წონა; A_2, B_2, C_2 და D_2 — კოეფიციენ-
ტები, რომელთა მნიშვნელობანი აილება 20.5 ცხრილიდან.

ცხრილი 20-5

კუთები	A_2	B_2	C_2	D_2
$\varphi = 0$	0.172 0	-0.01097	-0,58385	0.03294
$\varphi = \pi/4$	0.01673	-0.00132	-0.42771	0.02329
$\varphi = \pi/2$	-0.19638	0,01294	-0.21460	0,009 3
$\varphi = 3\pi/4$	-0.01679	0,00016	-0,39413	0,02161
$\varphi = \pi$	0,22027	-0,01312	-0,63125	0,03509

**6. გვირაბის მოკეთების გაანგარიშება გრუნტის წყლების,
გარე წნევაზე**

გაანგარიშებისას შეიძლება ვისარგებლოთ 20.5 ცხრილში მოცემული
კოეფიციენტების მნიშვნელობებით, თუ დაჯულია პირობა

$$\pi r_2^2 \gamma < 2(q r_0 + \pi r g).$$

მლუნავი მომენტებისა და ნორმალური ძალების განსაზღვრისათვის ვი-
ყენებთ ფორმულებს:

$$M = -(A_2 + B_2 n) \gamma r_2^2 r; \quad (20-62)$$

$$N = -(C_2 + D_2 n) \gamma r_2^2 + \gamma h r_2; \quad (20-63)$$

სადაც h არის პიეზომეტრული ხაზის (გრუნტის წყლების დონის) სიმაღლე
თალის კლიტის თავზე.

როდესაც $\pi r_2^2 \gamma \geq 2(q r_0 + \pi r g)$, გრუნტის წყლების გარე წნევით გამო-
წვეული მლუნავი მომენტები და ნორმალური ძალები განისაზღვრება 20.6
ცხრილში მოცემული ფორმულებით.

მოკეთების გაანგარიშებას დრეკადი უკუწნევის გაუთვალისწინებლად
აწარმოებენ იმავე 20.6 ცხრილში მოცემული შესაბამისი ფორმულებით.

როდესაც მონაცემები გვერდითი სამთო წნევის არსებობის შესახებ
სარწმუნოა, მაშინ მისი გათვალისწინება 20-6 ცხრილის მიხედვით მოკეთე-
ბის გაანგარიშების დროს სავალდებულოა.

მლენავე მომენტები და ნორმალური ძალები მოკეთების კვებებში

დატერთვები	საანგარიშო ფორმულები	
	M	N
ვერტიკალური საწითო წნევა	$qr_r (A_1a + B_1)$	$qr_r (C_1a + D_1)$
გვერდითი საწითო წნევა	$cr_r r A_1 a$	$er_r C_1$
მოკ თების საკუთარი წონა	$gr^2 A_1$	$gr C_1$
გვირაბის უდაწნეოდ შენესები წყლის წნევა	$rr_r^2 r A_1$	$rr_r^2 C_1$
გრუნტის წყლების გარე წნევა:		
როდესაც $\pi r r_r^2 < 2 (gr_r + \pi rg)$	$-r r_r^2 r A_1$	$-C_1 r_r^2 r + h r r_r$
როდესაც $\pi r r_r^2 > 2 (gr_r + \pi rg)$	$r r_r^2 r A_1$	$C_1 r_r^2 r + h r r_r$

M და N გამოსახულებებში შემავალი (ცხრ. 20-6) $A_1, B_1, A_1, A_1, A_1, C_1, D_1, C_1, C_1, C_1$ და C_1 კოეფიციენტთა მნიშვნელობანი მოცენულია 20-7 ცხრილში

კვებები	$\varphi=0$	$\varphi=\frac{\pi}{4}$	$\varphi=\frac{\pi}{2}$	$\varphi=\frac{3}{4}\pi$	$\varphi=\pi$
A_1	0.1628	-0.0250	-0.1250	0.0250	0.0872
B_1	0.0644	0.0178	-0.0947	-0.0109	0.0096
A_1	-0.2500	0.0000	0.2500	0.0000	-0.2500
A_1	0.2732	0.0107	-0.2976	0.0107	0.2732
A_1	0.1366	0.0054	-0.1488	0.0054	0.1366
C_1	0.2122	0.1500	0.0000	-0.1500	-0.2122
D_1	-0.1591	0.3875	1.0000	1.6282	0.7957
C_1	1.0000	0.5000	0.0000	0.5000	1.0000
C_1	0.0000	0.5554	1.5708	1.9696	2.0000
C_1	0.5000	-0.3688	-0.2146	-0.3688	-0.5000
C_1	1.5000	1.6312	1.7854	1.6312	1.5000

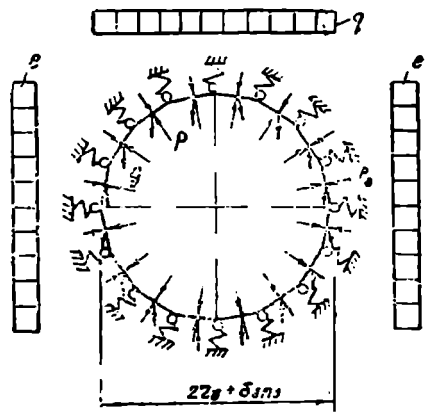
გაანგარიშებათა ჩატარების შემდეგ სხვადასხვა დატერთვებით წარმოშობილ ძაბვებს აჯამებენ. ყველა იმ შემთხვევაში, როდესაც მოკეთებას აწყობენ ისეთ კანებში, რომლებშიც არ შეიძლება დრეკადი უკუწნევის გათვალისწინება, ზემოთ მოყვანილ ფორმულებში ჩასმული უნდა იქნეს $k=0$ და $n=0$.

უნდა აღინიშნოს, რომ საწითო წნევის, საკუთარი წონისა და შიგა ჰიდროსტატიკური წნევის ზემოქმედებით სუსტ გრუნტებში გამავალი წრიული კვეთის გვირაბის მოკეთების კლიტეში წარმოიშობა გამჭიმვი ძაბვები. მათი კომპენსაციის მიზნით ს. შანშიევმა წამოაყენა წინადადება იმის შესახებ, რომ გვირაბის წრიული მოხაზულობის მოკეთებას გაუკეთდეს სწორი ჰორიზონტი. ლური ჩასადგმელი, რომელშიც შიგა ჰიდროსტატიკური წნევისაგან წარმოშობილ მლენავე მომენტს აქვს საწითო წნევისა და საკუთარი წონისაგან წარ-

შოშობილი მომენტის შებრუნებული ნიშანი. პორიზონტალური ჩასადგმელის სივანეს არჩევენ ისე, რომ აღნიშნული მომენტები გაწოხასწორდეს და მის შედეგად შემცირდეს მოკეთების სისქე. მაგრამ უნდა შევინიშნოთ, რომ ასეთ მოკეთებებს ახასიათებს საშუალოთა წარმოების ერთგვარი სირთულე, ამიტომ მათ უკარ კიდევ ვერ პოვეს გავრცელება გვირახბამშენებლობაში (ასეთი კონსტრუქციის მოკეთებებს საქართველოს სსრ-ში იკვლევდნენ ს. შანშივეი და ნ. ბურძგლა).

7. სადაწნეო გვირახბის ერთფენიანი წრიული მოკეთების გაანგარიშება დისკრეტული საანგარიშო მოდელის გამოყენებით

სადაწნეო გვირახბების მოკეთებათა ანალოგიურად სადაწნეო გვირახბის ერთფენიანი წრიული მოკეთება შეიძლება შეიცვალოს მასში ჩახაზული ტეხილი (პოლიგონური) მიხაზულბი) მოკეთებით, ხოლო გარემომცველი ქანებით წარმოდგენილი ღრეკადი არე — მრავალკუთხედის წვეროებში განლაგებული ღრეკადი საყრდენებით (ნახ. 20-27). ასეთი საანგარიშო სქემის შემთხვევაში მოკეთებაზე მოქმედი ყველა ძალოვანი ფაქტორი მოდებული უნდა იქნეს ბრავალკუთხედის წვეროებში შეუტრსული ძალების სახით. აქ ნაგულისხმებია, რომ ღრეკადი არის პასიური უკუწნევის ძალის მიმართულება ემთხვევა წრის რადიუსის მიმართულებას განსახილველ წერტილში, თუ მხედველობაში არ მიიღება ხახუნის ან შეჭიდულობის ძალები მოკეთებასა და ქანებს შორის. მაგრამ უდაწნეო გვირახბების განხილვისას აღინიშნა, რომ ამ ფაქტორების გათვალისწინებით მნიშვნელოვნად მცირდება მდუნავი მომენტები და ნორმალური ძალები, რაც საბოლოო ჯამში ამსუბუქებს მოკეთების კონსტრუქციას. ასეთი ძალების გავლენა საანგარიშო სქემაში წარმოდგენილი უნდა იქნეს მრავალკუთხედის წვეროებში მოდებული რეაქციული ტანგენციური ძალების სახით ან ტანგენციური მიმართულებით განლაგებული ღრეკადი საყრდენებით.



ნახ. 20-27. წრიული კეთის სედაწნეო გვირახბის მოკეთების დისკრეტული საანგარიშო სქემა.

პრაქტიკულად მისაღები სიზუსტით გაანგარიშებისათვის სავსებით საკმარისია წრიული ფორმის სადაწნეო გვირახბის მოკეთების ლერძის მოხაზულობა შეიცვალოს თექვსმეტგვერდიანი მრავალკუთხედით და გაანგარიშება ჩატარდეს სამკენებლო ექვსკუთხედის ძალთა მეთოდის საფუძველზე. ციფრულ გამოთვლელი მანქანების გამოყენებით. ძირითადი სისტემა წარმოდგენილი უნდა იქნეს ქანებზე ღრეკადი საყრდენებით მიმაკრებული სახსროვანი ჯაჭვის სახით. უცნობ სიდიდეებად უნდა მივიჩნიოთ წყვილი კვანძური მომენტები, რომლებსაც მოსდებენ სახსროვანი ჯაჭვის გვერდების (ღეროების) ერთმანე-

თის მიმართ გადაადგილების თავიდან ასაცილებლად. გაანგარიშების მსკლე-
ლობა ისეთივე თანმიმდევრობით ხდება, როგორც ეს უდაწნეო გვირაბის მო-
კეთების გაანგარიშებისას (იხ. § 20.6. პ. 3^ა).

8. ორფენიან (კომპინირებულ) მოკეთებათა გაანგარიშება

ორფენიანი მოკეთების გაანგარიშება რამდენადმე უფრო შრომატევა-
ლია, ვიდრე ერთფენიანისა. იგი მიმდინარეობს ორ ეტაპად: 1) ბეტონის ან
რკინაბეტონის გარე რგოლის გაანგარიშება გარე წნევაზე და 2) ორფენიანი
მოკეთების გაანგარიშება შიგა ჰიდროსტატიკურ წნევაზე.

კომპინირებულ მოკეთებათა გაანგარიშების ხერხები დამუშავებული აქვს
სხვადასხვა ავტორს, მაგალითად ს. შანშიევს განხილული აქვს მოკეთებები
ბეტონის გარე რგოლითა და შიგა რკინაბეტონის, აგრეთვე ბეტონის გარე
რგოლითა და ფოლადის შიგა გარსით, ბეტონის რგოლში ბზარების დაშ-
ვების საფუძველზე. ხოლო ალ. ლოსაბერიძეს — მოკეთებები როგორც ბეტონ-
ის, ისე რკინაბეტონის გარე და რკინაბეტონის შიგა რგოლებით ან ფო-
ლადის გარსით, გარე რგოლში ბზარების წარმოშობის დაუშვებლობის სა-
ფუძველზე. დანუშავებულია აგრეთვე გაანგარიშება განვრცობად ცემენტზე
დამზადებული ერთფენიანი ბეტონის მოკეთებისა, რომელიც თავისი მუშაო-
ბის ხასიათით შეიძლება მიეკუთვნოს წინასწარდაძებულ კონსტრუქციითა
ჯგუფს, თუმცა მათგან განსხვავებით მოკეთების წინასწარი მოკუმწევა ხდება
აღნიშნული ახალი სახეობის ცემენტის განსაკუთრებული თვისებების საფუ-
ძველზე [27].

ორფენიანი მოკეთების პირველი მიახლოებითი გაანგარიშების ჩასატე-
რებლად შეიძლება ვისარგებლოთ (20-55) — (20-59) ფორმულებით, რომლე-
ბიც მიღებულია ერთფენიანი მოკეთებებისათვის.

§ 20-9. სადაწნეო გვირაბების მოკეთებათა გაანგარიშება ზღვარული მდგომარეობის მართლით

პირველი და მეორე ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობის მიხედვით სა-
დაწნეო გვირაბების მოკეთებათა მხოლოდ გარე დარკირთვებზე, აგრეთვე
ბზარმდებლობის მიხედვით წყლის შიგა წნევაზე გაანგარიშებისას უნდა გავი-
თვალისწინოთ ბეტონის კვეთის სიხისტე.

პირველი ზღვრული მდგომარეობის მიხედვით სადაწნეო გვირაბების მო-
კეთებათა წყლის შიგა წნევაზე გაანგარიშებისას კი გათვალისწინებული უნდა
იქნეს მხოლოდ არმატურის სიხისტე.

1. რკინაბეტონის ან ფოლადის შიგაგარსიანი რკინაბეტონის მოკეთების გაანგარიშება სიმტკიცეზე წყლის შიგა წნევის მოქმედებისას

ჰიდროტექნიკური გვირაბების დაპროექტებისათვის ამჟამად მოქმედი
მითითებების შესაბამისად [42], იმ შემთხვევაში, როდესაც დატულია პირობა

$$H' \geq \frac{100k_0 r_0 R_0 \text{ mm}^2}{r_0 \gamma_3 E_0} \quad (20-64)$$

მუშა არმატურის ფართობი F_a , სმ², გვირაბის 1 სმ სიგრძეზე განისაზღვრება ფორმულით

$$F_a = \frac{p r_a}{R_{a, \text{მმ}, 3}} - \frac{F_g R}{R_a} - \frac{100 k_p r_a}{E_a}, \quad (20.65)$$

ხოლო როდესაც აღნიშნული (20.64) პირობა არ არის დატული, ფორმულით

$$F_a = \frac{p r_a}{R_{a, \text{მმ}, 3}} - \frac{F_g R}{R_a} - \frac{\gamma_3 H' r_g}{R_{a, \text{მმ}, 3}}. \quad (20.66)$$

აქ მოცემულ ფორმულებში:

- p — არის წყლის საანგარიშო შიგა წნევა ჰიდრაულიკური დარტყმის გათვალისწინებით, კგძ/სმ²;
- H' — მანძილი გვირაბის თალის კლიტიდან მიწის ზედაპირამდე, სმ;
- R_a და E_a — არმატურის საანგარიშო წინაღობა გაკეიმვაზე და მისი დრეკადობის მოდული, კგძ/სმ²;
- r_a — მოკეთების შიგა რადიუსი;
- r_g — მოკეთების გარე რადიუსი;
- F_g — ფოლადის გარსის კვეთის ფართობი გვირაბის 1 სმ სიგრძეზე, სმ²;
- R — ფოლადის გარსის საანგარიშო წინაღობა, რომელიც აიღება სათანადო ცხრილიდან (იხ. [42], ცხრ. 5);
- γ_3 — ქანის მოცულობითი წონა კგძ/სმ³;
- m — მუშაობის პირობების კოეფიციენტი;

ზემოთ მოცემული (20.65) და (20.66) ფორმულებით შეიძლება ვისარგებლოთ ფოლადის შიგაგარსიანი გვირაბების განშტოებათა რკინაბეტონის კონსტრუქციებისათვისაც.

2. ზეტონის გატე რგოლისა და ფოლადის შიგაგარსიანი კომბინირებული მოკეთების გაანგარიშება ხიმტიკიცეზე და მდგრადობაზე

ზემოთ აღნიშნულ „მითითებათა“ [42] შესაბამისად ფოლადის გარსს სიმტკიცეზე ამოწმებენ ფორმულით

$$\sigma = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_r + \sigma_r^2} \leq R_1. \quad (20.67)$$

ამასთან დატული უნდა იყოს პირობები: $\sigma_x \leq R_1$ და $\sigma_r \leq R_1$, სადაც σ_x და σ_r ნორმალური ძაბვებია შესაბამისად გარსის განივ და გრძივ კვეთებში, კგძ/სმ²; R_1 — საანგარიშო წინაღობა, რომელიც შიგა წნევაზე გაანგარიშების დროს $m m_a R_a$ -ის ტოლი აიღება, ხოლო გარე წნევაზე გაანგარიშებისას — $m m_a R$ ტოლი; აქ R_a და R ფოლადის საანგარიშო წინაღობებია (იხ. [42], ცხრ. 5); m_a და m — შესაბამისად შეხამებისა და მუშაობის პირობების კოეფიციენტები ([42], ცხრ. 13 და 14).

წყლის შიგა წნევისაგან წარმომობილი ნორმალური ძაბვები გარსის გრძივ კვეთებში განისაზღვრება შემდეგი ფორმულებით:

ა) ქანის უკუწნევისას

$$\sigma_x = \frac{p r + 100 \phi k'_g}{\delta + 4,33 \cdot 10^{-5} r k'_g}, \quad (20.68)$$

სადაც p არის წყლის საანგარიშო შიგა წნევა ჰიდრაულიკური დარტყმის გათვალისწინებით, კგძ/სმ²;

- r — გარსის საშუალო რადიუსი, სმ;
- δ — ფოლადის გარსის სისქე, სმ;
- ψ — საანგარიშო რადიალური ღრეზო ფოლადის გარსსა და ბეტონის შორის, სმ;
- k_0 — ქანის დაყვანილი კუთრი უკუწნევის კოეფიციენტი, კგძ/სმ², რომელიც აიღება k_0 -ის ტოლი, როდესაც $k_0 \ln \frac{r_0}{r} \leq 100$

ხოლო, როდესაც $k_0 \ln \frac{r_0}{r} > 100$, გამოითვლება ფორმულით

$$k_0' = \frac{1}{\frac{100}{E_s} \ln \frac{r_0}{r} + \frac{1}{k_0}}, \quad (20.69)$$

სადაც r_0 ბეტონის რგოლის გარე რადიუსია, სმ;
 E_s — ბეტონის ღრეკადობის მოდული, კგძ/სმ²;

ბ) როდესაც ქანის უკუწნევის არა აქვს ადგილი ან როდესაც $\psi \geq 4,33 \cdot 10^{-7} \frac{Pr}{\delta}$, მას ანგარიშობენ ფორმულით

$$\sigma_r = \frac{Pr}{\delta}. \quad (20.70)$$

საანგარიშო რადიალური ღრეზო განისაზღვრება, როგორც ჯამი

$$\psi = \psi_1 + \psi_2 + \psi_3. \quad (20.71)$$

სადაც ψ_1 , ψ_2 და ψ_3 რადიალური ღრეზოს მდგენელებია შესაბამისად ტემპერატურის ზემოქმედების, ბეტონის შეკლებისა და ქანის ცოცვალობის შედეგად, სმ.

ღრეზოს ტემპერატურული მდგენელი განისაზღვრება ფორმულით

$$\psi_1 = 15,6 \cdot 10^{-6} r (t_0^e - t_{0,0}^e), \quad (20.72)$$

სადაც t_0^e არის მაქსიმალური ტემპერატურა გვირაბში შემვსები ცემენტაციის დროს;

$t_{0,0}^e$ — წყლის ან ჰაერის მინიმალური ტემპერატურა გვირაბში.

ღრეზოს ψ_2 და ψ_3 მდგენელები, შესაბამისად ბეტონის შეკლებისა და ქანის ცოცვალობისა, რომლებიც განისაზღვრება გამოკვლევითა მონაცემების მიხედვით და გაითვალისწინება მხოლოდ ძალთა განსაკუთრებული შეხამებისას.

წინასწარი გაანგარიშებების დროს დასაშვებია შემდეგი ფორმულის გამოყენება

$$\psi = 3 \cdot 10^{-4} r. \quad (20.73)$$

გარე წნევისაგან წარმოშობილი ნორმალური ძაბვები გარსის გრძივ კვეთებში განისაზღვრება ფორმულით

$$\sigma_r = p_0 \frac{r}{\delta}, \quad (20.74)$$

სადაც p_0 არის საანგარიშო გარე წნევა, კგძ/სმ².

ნორმალური ძაბვები გარსის განივკვეთებში ტემპერატურული ზემოქმედების შედეგად

$$\sigma_{x1} = -25,2T^{\circ}, \quad (20-75)$$

სადაც T° არის ტემპერატურათა სანაგარიშო ვარდნილი (სხვაობა); ნორმალური ძაბვები დეფორმაციის შეზღუდვის შედეგად

$$\sigma_{x1} = 0,3\sigma_1. \quad (20-76)$$

ფოლადის გარსის მდგრადობის შემოწმებას გარე წნევის მოქმედებისას ახდენენ ფორმულით

$$p_0 < m m a p_{კან}, \quad (20-77)$$

სადაც $p_{კან}$ არის გარე დატვირთვის კრიტიკული მნიშვნელობა, კგძ/სმ²;
 m — კოეფიციენტი, რომლის მნიშვნელობა განისაზღვრება 20-8 ცხრილის მიხედვით.

ცხრილი 20-8

$p_{კან}/\sigma_{კან}$	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5
ξ	1	0,9	0,8	0,6	0,5	0,4

უნდა აღენიშნოთ, რომ, როდესაც $p_{კან}/\sigma_{კან}$ მნიშვნელობანი აღემატება 2,5, მაშინ ξ კოეფიციენტის განსაზღვრისათვის შეიძლება ვისარგებლოთ დამოკიდებულებით — $p_{კან} \xi = \sigma_{კან} \xi / r$, სადაც $\sigma_{კან}$ არის ფოლადის ნორმატიული დენადობის ზღვარი გაკეპვისას, კგძ/სმ².

თუ ფოლადის გარსზე გათვალისწინებულია სიხისტის რგოლები, მაშინ კრიტიკული გარე წნევა უნდა განისაზღვროს შესაბამისი ფორმულებით, ხოლო მათი სიმტკიცე შემოწმდეს სათანადო დამოკიდებულების მიხედვით [42].

3. ბეტონისა და რკინაბეტონის მოკეთებებისა და რკინატორკრეტის გასხვების გაანგარიშება მზარმედეგობაზე წყლის შიგა წნევის მოქმედებისას

ისეთი ქანების პირობებში, რომელთა $k_0 \leq 200$ კგძ/სმ², მოკეთების ან გარსის სისქე უნდა განისაზღვროს ფორმულით

$$\delta = \frac{r_0}{1 + \mu} \frac{300}{R_0^2} \left(\frac{p^5}{m m_{კან} R_0^5} - \frac{100 k_0}{E_{კან}} \right), \quad (20-78)$$

სადაც p^5 არის წყლის ნორმატიული შიგა წნევა, კგძ/სმ²;

$E_{კან}$ — მოკეთების ან გარსის დრეკადობის მოდული, რომელსაც იღებენ სათანადო მითითებათა შესაბამისად [42];

R_0^2 — მოკეთების ან გარსის მასალის ნორმატიული წინააღობა გაკეპვაზე, რომელიც აიღება მოქმედი ნორმების მიხედვით, ხოლო ტორკრეტისა და ნაშხეფბეტონისათვის სათანადო ცხრილიდან (იხ. ცხრ. 3 [42]-ში);

μ — კვეთის დაარმატურების კოეფიციენტი.

სუსტად დაბზარულ ქანებში გამოვლილი გვირაბის მოკეთების სისქე, როდესაც $k_0 > 200$ კგ/სმ², უნდა განისაზღვროს ფორმულით

$$\delta = \frac{r_0(p^5 - 100k_0 \epsilon)}{mm_0 R_0^5 \left(1 + \mu \frac{300}{k_0^5}\right) + 100k_0 \epsilon}, \quad (20-79)$$

სადაც

$$\epsilon = 0,25 \cdot 10^{-4} mm_0 R_0^5 [g(0,5k_0 + 10)].$$

4. ბზარების გახსნის სიდიდის გაანგარიშება მოკეთებებში წყლის შიგა წნევის მოქმედებისას

სადაწნეო გვირაბის ისეთ მოკეთებაში, რომელიც გეგმარდება ერთგვაროვანი ბზაროვანი ქანებისათვის ან ცემენტაციით გამაგრებული სხვა ქანებისათვის, ბზარების გახსნის სიდიდე a_0 განისაზღვრება ფორმულით

$$a_0 = C_0 \frac{p^5}{k_0} \text{ სმ}, \quad (20-80)$$

სადაც კოეფიციენტი

$$C_0 = 0,28 + 6,25 \frac{p^5}{k_0} \leq 1.$$

სადაწნეო გვირაბის რკინაბეტონის ისეთ მოკეთებაში, რომელიც გეგმარდება ნებისმიერი საინჟინრო-გეოლოგიური პირობებისათვის, ბზარების გახსნის სიდიდეს ანგარიშობენ ფორმულით

$$a_0 = \left(\frac{\sigma_0 - \sigma_{0\epsilon}}{E_0} \psi_0 - \epsilon_0 \right) l_0, \quad (20-81)$$

სადაც σ_0 არის ძაბვა არმატურაში, კგ/სმ² და განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით

$$\sigma_0 = \frac{p^5 r_0}{F_0 + \frac{100k_0 r_0}{E_0}} \quad (20-82)$$

$\sigma_{0\epsilon}$ — საწყისი გამჭიმვი ძაბვა არმატურაში, რომელიც ტენიან ქანებში არსებული მოკეთებებისათვის დასაშვებია ავილოთ

$$\sigma_{0\epsilon} = 200 \text{ კგ/სმ}^2;$$

E_0 — არმატურის დრეკადობის მოდული, კგ/სმ²;

ψ_0 — კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ბზარებს შორის გაკეტილი ბეტონის მუშაობას და აიღება შეაბამისი ნორმების მიხედვით [42];

ϵ_0 — ბეტონის საშუალო ნარჩენი დეფორმაცია ბზარებს შორის გაკეტივისას, რომელიც შიიღება $1,10^{-4}$ ტოლი;

l_0 — მოკეთებაში წარმოშობილ ბზარებს შორის მანძილი; სმ; ისეთი გვირაბებისათვის, რომლებიც გადიან ერთგვაროვან ქანებში და დაარქატურების პარკენტი ნებისპირია ან არაერთგვაროვან ქანებში, რომელთა $f_0 \leq 4$ და დაარქატურების პროცენტი

$\mu \geq 0,02$, $k_s = \beta_s \frac{d}{4\mu}$; ცემენტაციით გაშვებული იარაღთვგა-
როვანი ქანების შემთხვევაში, როდესაც $\mu < 0,02$, აღნიშნული
მანძილი $k_s = 1,5\beta_s \frac{d}{4\mu}$;

β_s — კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია არმატურის სახე-
ბაზე; გლუვი ღეროებისათვის $\beta_s = 1$, ხოლო პერიოდული პრო-
ფილის ღეროებისათვის $\beta_s = 0,5$;

d — არმატურის დიამეტრი, სმ;

F_s — არმატურის კვეთის ფართობი, სმ², გვირახის 1 სმ სიგრძეზე.
ზემოთ მოცემული ფორმულებით გამოთვლილი ბზარების განხნის m_s სი-
დიდე ირ უნდა აღემატებოდეს დასაშვებ მნიშვნელობებს (იხ. [42], ცხრ. 15).

**ნ. ხაღანეთ გვირახის მოკეთებაში გამავალი წყლის ფილტრაციული
ხარჯის სიდიდის გაანგარიშება**

მოქმედი ნორმების თანახმად, საღაწნეთ გვირახის მოკეთებაში გამავა-
ლი წყლის ფილტრაციული ხარჯის სიდიდე განისაზღვრება ფორმულით

$$Q_{\text{ფ}} = \frac{p^{\text{ფ}}}{\frac{\delta}{k_{\text{აზ}}} + \frac{1}{k_{\text{ფ}}}} \leq Q_{\text{ფ}}^{\text{დ}}, \quad (20-83)$$

სადაც δ არის მოკეთების სისქე, სმ;

$k_{\text{ა}}$ — მოკეთების ბზარების წყალშეუღწევადობის კოეფიციენტი
(წყლის ხარჯი, სმ³.ობით, ბზარის 1 სმ სიგრძეზე, როდესაც
დაწნევის გრადიენტი ერთობა 1);

$m_{\text{ა}}$ — ბზარების რაოდენობა მოკეთებაში;

$k_{\text{ფ}}$ — ქანის ფილტრაციის კოეფიციენტი, სმ/წმ;

ϕ — ფორმის მოდული, რომლითაც ხასიათდება ფილტრაციის ზონის
ფორმენტებს შორის გეომეტრიული თანფარდობა;

$Q_{\text{ფ}}^{\text{დ}}$ — წყლის დასაშვები ფილტრაციული ხარჯი, რომელიც აიღება
ტექნიკურ-ეკონომიკური, გაანგარიშების საფუძველზე; წინასწარ
გაანგარიშებათა დროს 100 მ-ზე მეტი დაწნევისას გვირახის
მოკეთების 1000 მ² ფართობზე იგი შეიძლება ავიღოთ 0,3—0,5
ლ/წმ-ში ყოველ 10 მ შიგა წნევაზე, ხოლო 100 მ-ზე ნაკლები
დაწნევისას — $Q_{\text{ფ}}^{\text{დ}} = 1$ ლ/წმ.

ზემოთ განმარტებულ $k_{\text{ა}}$, $m_{\text{ა}}$, $k_{\text{ფ}}$ და ϕ სიდიდეთა დასადგენად ჰიდრო-
ტექნიკური გვირახების დაპროექტებისა და გაანგარიშებებისათვის მოქმედ მი-
თითებებში [42] მოცემულია სათანადო ფორმულები და განმარტებები.

§ 20-10. ჰიდროტექნიკური გვირახების დაპროექტება

1. გვირახის დიამეტრის განსაზღვრა

გვირახის დიამეტრს (მალს) განსაზღვრავენ მისი დანიშნულების შესა-
ბამისად ტექნიკურ-ეკონომიკური გაანგარიშების საფუძველზე. ასეთი გაანგარ-
იშებით განისაზღვრება გვირახის ეკონომიკურად უხელსაყრელესი დიამეტრი
17. ნ. მოწონელიძე

(ზალი), რომელსაც ადარებენ გვირაბის კვეთების (სტანდარტული დიამეტრების) პარამეტრულ მწკრივს. ჰიდროელექტროსადგურების მიმყვანი და გამყვანი გვირაბებისათვის აღნიშნულ მწკრივს წარმოადგენენ შემდეგი თანმიმდევრობით: 2; 2,5; 3; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13,5 და 15 მ.

განგარიშებით მიღებული დიამეტრი მოთავსდება მწკრივის რომელიმე ორ სტანდარტულ დიამეტრს შორის, რომელთაგან ერთ-ერთს აირჩევენ გვირაბის საანგარიშო დიამეტრად. არჩევას ითვალისწინებენ მიწისქვეშა სამუშაოთა ორგანიზაციის ყველაზე უფრო მიზანშეწონილ სქემას და სამთო-გამყვან და ბეტონის მოწყობილობათა კომპლექსებს.

ჰიდროელექტროსადგურების მიმყვანი და გამყვანი გვირაბების კვეთების ეკონომიკურად ხელსაყრელი ზომების შემთხვევაში წყლის მოძრაობის სიჩქარე წლის საშუალო ენერგეტიკული ხარჯების გატარებისას მიიღება 3-4,5 მ/წმ.

2. სეისმური ზემოქმედების გავლენის გათვალისწინება

საბჭოთა კავშირის ჰიდროტექნიკური მშენებლობის გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ მიწისქვეშა ნაგებობათა მშენებლობა მიმდინარეობს სეისმურად აქტიურ რაიონებშიც. ამას ადასტურებს ნურეის, ჩაჩუკის, ჩირკეის, ტოკტოგულის და სხვა ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობის პრაქტიკა. საყურადღებოა, რომ ზოგიერთი მათგანის, მაგალითად, ტოკტოგულქისის გვირაბები აშენდა უშუალოდ ეპიცენტრულ ზონაში, რაც დაკავშირებული იყო მთელი რიგი რთული საინჟინრო საკითხების გადაწყვეტასთან და სპეციალურ გამოკვლევებთან.

მიწისძვრების რაიონებში აშენებულ გვირაბებში სეისმური ტალღების მოქმედება ვლინდება სხვადასხვა ხასიათის დაზიანების-მცირე ზომის ბზარების, ხოლო ზოგჯერ მნიშვნელოვანი ნარჩენი დეფორმაციების (განიფეკციის საწყისი მდებარეობის ცვლილების ან ჩამოქცევების) სახით. ასეთი მაგალითები საკმაოდ მრავლადაა რეგისტრირებული, რაც იმაზე მიგვითითებს, რომ გვირაბები მიწისძვრებისადმი საკმაოდ მგრძობიარე ნაგებობებია.

გვირაბების სეისმომდებლობაზე შემოწმება ხდება როგორც სტატიკური, ისე დინამიკური თეორიის საფუძველზე. დადგენილია, რომ გრძივი სეისმური ტალღების მოქმედებისას ქანებში წარმოიშობა ძაბვითი მდგომარეობა, რომელიც დამოკიდებულია სეისმურობის კოეფიციენტზე, ქანის მოცულობით მასაზე (წონაზე), ქანებში გრძივი და განივი სეისმური ტალღების გავრცელების სიჩქარეებზე და ქანის ნაწილაკთა რხევის მოპარბებულ პერიოდზე. რომელიც შეიძლება განსაზღვრულ იქნეს საინჟინრო-სტეისმოლოგიურ გამოკვლევათა მონაცემების მიხედვით (საორიენტაციოდ იგი 0,5 წმ აღემატება).

როდესაც გვირაბი გამაგრებულია მოკეთებით, მაშინ მასზე მოქმედი სეისმური სამთო წნევა შეიძლება განისაზღვროს ხერხით დასუსტებული და რგოლით გამაგრებული გაკიმული (შეკუმშული) ფილის ძაბვითი მდგომარეობის ამოცანის გადაწყვეტის საფუძველზე.

ლაბორატორიულ და ნატურულ გამოკვლევათა არსებული მონაცემების არასაკმარისობის გამო საჭიროა შემდგომში გათვლიერდეს ასეთი გამოკვლევები, რათა უფრო საიმედოდ იქნეს შეფასებული სეისმური რაიონებისათვის დასაპრო-

ექტრემული მიწისქვეშა ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა მუშაობა. საცდელ-ექსპერიმენტულმა გამოკვლევებმა უნდა გაითვალისწინოს ჰიდროტექნიკური გვირაბებისა და სხვა მიწისქვეშა ნაგებობათა კონსტრუქციული ფორმები, სხვადასხვა საინჟინერო-გეოლოგიური და ტოპოგრაფიული პირობები და სხე.

მიწისქვეშა ნაგებობებისათვის შეიძლება მნიშვნელოვანი საშიშროება წარმოშვას დი.ჟი აფეთქებებით გამოწვეულმა სეისმურმა ზემოქმედებამ, ამიტომ ასეთ დაზიანებათა ასაცილებლად საჭიროა ჩატარდეს სათანადო ღონისძიებანი (აფეთქებათა წარმოება შესაბამისი წესის დაკვირვებით).

მ. გვირაბის მოკეთების ცვეთაზე შედეგობისა და მასში მოხალაღწევა ტემპერატურული ძაბვების გათვალისწინება

დაკვირვებებით დადგენილია, რომ ჰიდროტექნიკური გვირაბების მოკეთებანი განიცდიან ცვეთას და დაშლას მათში სწრაფად მოძრავი ნატანქმეცვლი წყლისაგან, რის შედეგად მკვეთრად მცირდება მათი ხანგამძლეობა. აღნიშნული არსებითი ფაქტორის მხედველობაში მისაღებად საჭიროა გავითვალისწინოთ ესა თუ ის ღონისძიება ცვეთაზე მოკეთებათა მედეგობის უზრუნველსაყოფად. ამ თვალსაზრისით გარკვეულ ეფექტს იძლევა ცვეთაზე შედეგი ბეტონის გამოყენება, რომელიც მზადდება სათანადო ტექნოლოგიით. მოკეთებთა მოსაპირკეთებლად ძვირად ღირებული ქვის მასალის (მაგალითად, გრანიტის) ან ლითონის გამოყენება მკვეთრად აძვირებს სამშენებლო სამუშაოთა ღირებულებას.

ექსპლუატაციის პერიოდში გვირაბის მოკეთების სტრატეჯიკურ მუშაობაზე გავლენას ახდენს მასში მოძრავი წყლის ტემპერატურა. ჩატარებული გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ტემპერატურული ძაბვები ფრიად არსებითია და მათ შეუძლია გამოიწვიონ ბზარები ბეტონის მოკეთებაში ჯერ კიდევ მაშინ, როდესაც იგი ცივდება 15-20°C. აქედან გამომდინარე ცხადი ხდება, რომ მოკეთებათა სტრატეჯიკური გაანგარიშებების დროს უნდა გაითვალისწინოთ გვირაბში მოძრავი წყლის ტემპერატურის ცვლებადობით წარმოშობილი ძაბვები. ეს საკითხები გაცილებით უფრო აქტუალურად და რთულად დგას გვირაბებისათვის რომელთა მშენებლობა გათვალისწინებულია მრავალწლიანი გაყინულობის პირობებში. საკმე ისაა, რომ მარად გაყინული გრუნტები ხასიათდებიან სპეციფიკური თვისებებით, რომლებიც განიცდიან ცვლებადობას ტემპერატურის რყევისა და სხვა ფაქტორების გავლენის შედეგად.

ჩატარებული გამოკვლევების თანახმად გაყინული არის ვალდობის ზონის საბოლოო სიღრმე და ფორმა დამოკიდებულია გაყინული ქანებისა და გვირაბში გამავალი წყლის ტემპერატურაზე, გვირაბის განიკვეთის ზომებზე, მისი მოთავსების სიღრმესა და მუშაობის რეჟიმზე, აგრეთვე სხვა ფაქტორებზე. ამასთან ერთად ცხადია, რომ გაყინული სამთო ქანების ვალდობისას მცირდება მათი მდგრადობა და ზიდვის უნარიანობა. რაც იწვევს სამთო წნევის გაზრდას. ასეთ პირობებში საკმაოდ გართულებულია მოკეთებათა დაბეტონებისა და სხვა სამუშაოები.

მრავალწლიანი (მარადი) გაყინულობის პირობებში ჰიდროტექნიკური გვირაბების ოაკონალური დაპროექტების უზრუნველსაყოფად საჭიროა შემდგომშიც გაგრძელდეს სათანადო მეცნიერული გამოკვლევები.

1. გვირახების გაყვანის ხერხების კლასიფიკაცია

გვირახის გაყვანის სამუშაოთა წარმოების ხერხების არჩევასა და გათვალისწინებული უნდა იქნეს მისი ტრასის საინჟინრო-გეოლოგიური პირობები, გამონამუშევრის მოთაფსების სიღრმე, გვირახის სიგრძე და მისი განივკვეთის ზომები.

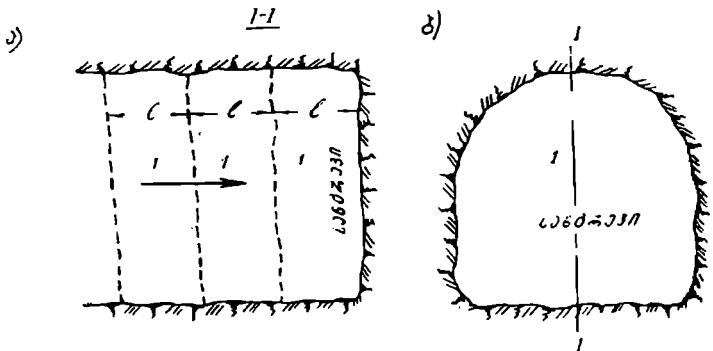
ერთმანეთისაგან განასხვავებენ გვირახების გაყვანის ხერხების ორ დიდ ჯგუფს:

1) სამთო ხერხებს, რომელთა გამოყენებისას, საჭიროების შემთხვევაში, მოკეთების ამოყვანამდე გვირახს ამაგრებენ დროებითი სამაგრით;

2) მექანიკურ ხერხებს, რომლებიც ემყარებიან ფარებისა და გვირახების გაყვანის მანქანების გამოყენებას. ფარის ხერხი რეკომენდებულია სუსტ ქანებში გამოსაყენებლად მისი იმ დიდი უპირატესობის გამო, რომ გვირახის გაყვანისას ჩვეულებრივი დროებითი სამაგრების ნაცვლად იდგმება ლითონის მექანიკური ინვენტარული ფარები.

უმრავლეს შემთხვევებში ჰიდროტექნიკური გვირახები გაჰყავთ კლდოვან ქანებში სამთო ხერხების გამოყენებით, რომელთაგან საკმაოდ ფართოდ გავრცელებულია შ. შ. მთლიანი სანგრევით, ქვედა საფეხურით და დაყრდნობილი თაღით გაყვანის ხერხები.

მთლიანი სანგრევით (ანუ მთლიანი კვეთით) გაყვანის ხერხი ფართოდ გამოიყენება როგორც მცირე, ისე დიდი კვეთის გვირახების გასა-



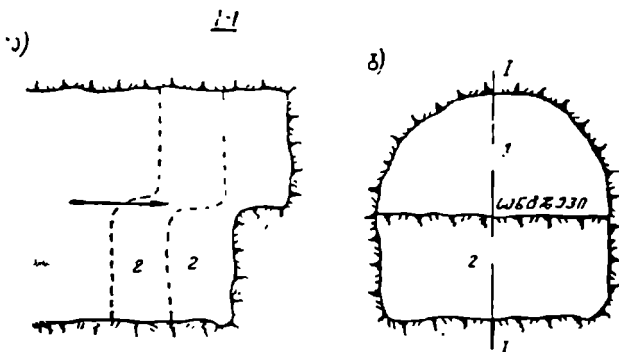
ნახ. 20-28. ვერტიკალური სანგრევის გადაძრავების (წაწევის) სქემა: ა—გრძივი კვეთი; ბ—განვივი კვეთი.

ყვანად. არსებობს ამ ხერხის ორი სახესხვაობა—ბრტყელი ვერტიკალური სანგრევით და საფეხუროვანი სანგრევით გაყვანა. პირველი ხერხის გამოყენებისას ქანების ყოველი აფეთქების შემდეგ სანგრევი ლებულობს სიბრტყის სახეს, რომელსაც დაახლოებით გვირახის გრძივი ღერძის ნორმალური მიმართულება აქვს (ნახ. 20-28).

ბრტყელი სანგრევით სრული კვეთით გავლის ხერხი განსაკუთრებით დიდ ეფექტს იძლევა კლდოვან ქანებში, რომელთა დასამუშავებლად გამოიყუ-

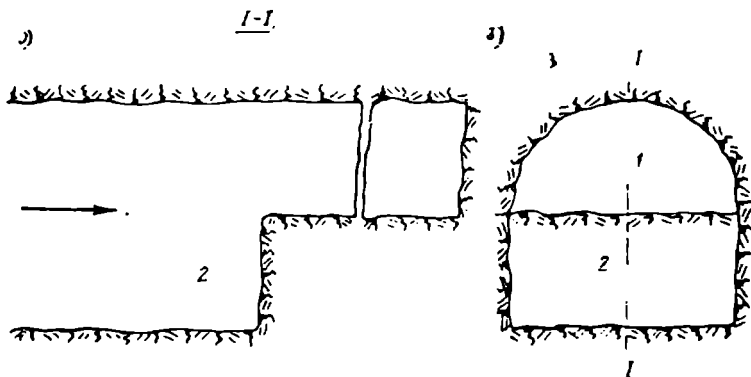
ნება აფეთქება. იგი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს საშუალო სიბტკიცის ქანებშიც. ამ შემთხვევაში გვირაბის გამაგრება ხდება მრავალკუთხა ან ანკერული საშაგრით, რომლის მეშვეობით გვირაბის კვეთი რჩება თავისუფალი და იქმნება სანუშაოთა ფართო მექანიზაციის შესაძლებლობა.

საფეხუროვანი სანგრევის ხერხით სრული კვეთით გავლისას გვირაბის სიმაღლე ჰორიზონტალური მოედნით აყოფა ორ (ან მეტ) ნაწილად (ნახ. 20-29). წინა სანგრევი თავსდება ზედა სასვლელში და მისი სიმაღლე ინიშნება



ნახ. 20-29 საფეხუროვანი სანგრევის გადაძრავების სქემა:
 ა—გრძივი კვეთი; ბ—განივი კვეთი.

მასში გვირაბამყვანთა კმუშაობისათვის მოხერხებული პირობების შექმნის შესაბამისად, გამოსაყენებელ საბურღ და სხვა მოწყობილობათა ზომების გათვალისწინებით. ერთი ჰორიზონტალური მოედნის შენთხვევაში საფეხურის სიმაღლე განისაზღვრება ამ მოედნიდან გვირაბის ქირაზღე დარჩენილი გვირაბის



ნახ. 20-30. ქვედა საფეხურის ხერხი:
 ა—გრძივი კვეთი; ბ—განივი კვეთი.

სიმაღლის ნაწილით. როდესაც გვირაბი მნიშვნელოვანი სიმაღლისაა, შეიძლება ავიღოთ ორი, უფრო იშვიათად კი სამი საფეხური. საშუალოთა წარმოების მოხერხებულობისათვის საფეხურის სიგანეს დაახლოებით 2—3,5 მ-მდე იღებენ.

საფეხუროვანი სანგრევის ბერხით გვირაბის წინ გადაძრავება წარმოებს ზედა სასვლელისა და ქვედა საფეხურის შპურების ერთდროული აფეთქებით ასეთი ბერხის გამოყენება მიზანშეწონილია ისეთი გვირაბების გასაყვანად, რომელთაც აქვთ მაღალი კვეთი და აასთან დაძვშავება წარმოებს აფეთქების ბერხით ან მონგრევით. ამ ბერხში თავიდან არის აცილებული ხარაჩოების გამოყენების აუცილებლობა, ამასთან შესაძლებელია შირითად სამუშაოთა წარმოება (ბურღვა და მონგრეული ქანების აწივდა) პარალელურად. არსებობს საფეხუროვანი სანგრევის ბერხით გვირაბის დამუშავების რამდენიმე სახესხვაობა, რომელთაგან უფრო გავრცელებულია შემოსხენებული ქვედა საფეხურის ბერხი.

ქვედა საფეხურის ბერხით გვირაბის გაყვანის ზოგადი სქემა წარმოდგინება გვირაბის ზედა და ქვედა ნახევრის ორი ურთიერთდამოუკიდებელი გასასვლელით (ნახ. 20-30). სანგრეებს შორის შანძილი გვირაბის სიგრძეზე ინიშნება სამუშაოთა ორგანიზაციის გათვალისწინებით 30-50 მ-მდე. მტკიცე ქანებში, როდესაც არ არსებობს სამთო წნევა, ზოგჯერ უფრო მიზანშეწონილად მიაჩნიათ საფეხურის დამუშავება დაიწყონ გვირაბის მთელ სიგრძეზე მისი ზედა ნაწილის გაყვანის დამთავრების შემდეგ. არაპირობეა, რომ გვირაბების მშენებლობის პრაქტიკაში გამოყენება პოვა ზედა საფეხურის ბერხმაც (კლდოვან ქანებში, დროებითი სამაგრების გამოყენებულად). მისი ერთ-ერთი ნაკლია ზედა საფეხურის აფეთქების შედეგ ქვედა სანგრეულთან ქანების დაყრა და მისასვლელის ჩახერგვის შესაძლებლობა.

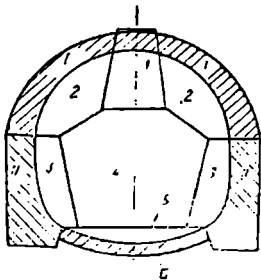
გარდა ზემოაღწერილი ბერხებისა, რომლებითაც გვირაბები გაჰყავთ მთელი კვეთით („მთლიანი სანგრევით“), დაწუნაეზღია ისეთი საწით ბერხებიც, რომელთა გამოყენებით გვირაბის საპროექტო განიცდეთი ძილება გვირაბის განივი გაფართოებით. გაფართოებამდე გვირაბში გაჰყავთ ერთი ან ორი შტოლნი მის ქვედა ან ზედა ღონეზე, ზოგჯერ კი ორივე ღონეზე, სიმეტრიის ვერტიკალურ ღერძის ან გვირაბის გვერდების გასწვრივ. ამის შემდეგ დასამუშავებელი ქანების სიმაგრის, მათი ძღვრადობისა და წულოვანების, გამონამუშევრის განივი ზომების, გვირაბის სიგრძის, გამოსაყენებელი ძიწყობილობის ტიპის და სხვა ფაქტორების შესაბამისად ნიშნავენ გვირაბის ცალკეული ნაწილების განლაგებას, ზომებს და მათი დაწუნაეზღების, აგრეთვე მოკეთების ამოყვანის თანმიმდევრობას. სწორედ საწით ბერხებში ამ გჯუფს მიეკუთვნება „დაყრდნობილი თალით“ გვირაბის გაყვანის ბერხი, რომელიც საკმაოდ გავრცეულა პირობეებში გვირაბების მშენებლობის პრაქტიკაში.

დაყრდნობილი თალის ბერხი (ბელგიური) უპირატესად გამოიყენება საწით სიმაგრის მდგრად ქანებში შედარებით მცირე სამთო წნეებში. ამ ბერხის თავისებურება ისაა, რომ ზედა მიმართველი შტოლნისა და მისი გვერდების შე ხები გვირაბის დანაყოფების (კალოტების) დამუშავებისთანავე ამოჰყავთ თალი, რომელიც თავისი ქუსლებით ეყრდნობა გვირაბის ქვედა დამუშავებელი ნაწილის ქანებს. ამის შემდეგ გარკვეული თანამიმდევრობით ამუშავებენ ქვედა ნაწილს და ამოჰყავთ კედლები თალის ქვეშ.

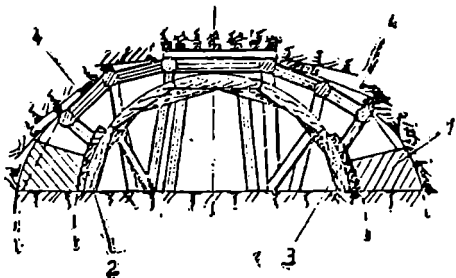
არსებობს დაყრდნობილი თალის ბერხის ორი სახეობა—ერთშტოლნიანი, რომელიც უფრო გავრცელებულია (ნახ. 20-31), და ორშტოლნიანი, რომლის გამოყენებას მიმართავენ ცალკეულ შემთხვევებში, სახელდობრ, გრძელი გვირაბების გაყვანისას. ასეთ შემთხვევების დროს ხბოლოდ ზედა მიმართველი შტოლნის პირობებში ძნელდება ქანების ტრანსპორტირება, მასალების მიზი-

ღვა და სხვ. დამატებითი ქვედა მიმმართველი შტოლნის გაყვანის შედეგად ეს სიძნელეები მსუბუქდება და ამავე დროს უმჯობესდება გვირაბის დრენაჟის პირობები. ზაგრამ ამასთანავე ხედელობაში უნდა მივიღოთ ეს გარემოება, რომ ქვედა მიმმართველი შტოლნის გამონგრევით შეიძლება გაუარესდეს მთის მასივის საერთო ბღვრადობა, განვითარდეს ქანების ფენების ჩალუნვები და დეფორმაციები, რაც საბოლოო ჯამში შეიძლება ვახდეს სამთო წნევის ინტენსიურობის გაზრდის დამატებითი მიზეზი.

ერთშტოლნიანი დაყრდნობილი თალის ხერხით გვირაბის გაყვანისას მი-



ნახ. 20-31. დაყრდნობილი თალის ერთშტოლნიანი ხერხი: 1-2-3-4-5 — ქანების დანუშაჯ მის თანამიმდევრობა; I II III მოკეთების ამოყვანის მიმდევრობა.



ნახ. 20-32. თალის გამაგრებისა და დაბეტონების სქემა: 1—ბეტონი; 2—ყალიბი; 3—ჭარბილი; 4—დღვარ-კოროტიშები.

სი დამუშავებისა და მოკეთების ამოყვანის თანამიმდევრობა ნაჩვენებია 20-31 ნახაზზე, ხოლო თალის გამაგრებისა და დაყრდნობილი თალის დაბეტონების სქემა—20-32 ნახაზზე.

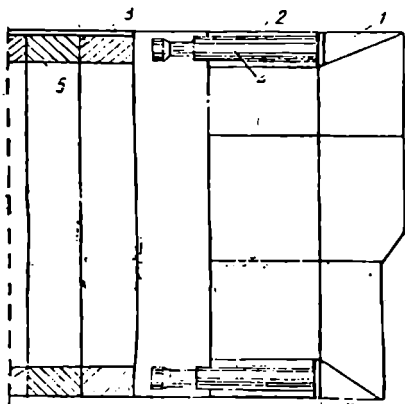
ამავე ჯგუფს მიეკუთვნება აგრეთვე შემდეგი ხერხები: ორშტოლნიანი მთლიანად ვახსნილი განიეკეთის (ავსტრიული), საყრდენი გულის (გერმანული), ცენტრალური მიმმართველი შტოლნის გაყვანის და თალქვედა ქრილის ხერხი—მიოლოდ მაგარ ქანებში გამოსაყენებლად. მაგრამ მათ ვერ მოყვება ჰიდროტექნიკური გვირაბების მშენებლობის პრაქტიკაში, რადგან მექანიზაციის გამოყენება ძნელია.

გვირაბების გაყვანის ხე-ხეების მეორე ჯგუფს (სახეობას) კმნიან მექანიკური ხერხები, რომლებიც ემყარებიან მექანიზებული ფარებისა და გვირაბასაყვანი მანქანების გამოყენებას.

ფარის ხერხი ყველაზე რაციონალურია რბილ გრუნტებში და შექილულ ქანებში გამოსაყენებლად, რადგან ისინი არ მოითხოვენ ასაფეთქებელი სამუშაოების წარმოებას. ეს ხერხი უზურნველყოფს გაყვანის ღილ სიჩქარესა და სამუშაოთა უსაფრთხოებას. ამ ხერხის გამოყენება რამდენადღე შეზღუდულია ჰიდრომშენებლობაში, რადგან ჰიდროტექნიკურ გვირაბებს უშირატესა აგებენ კლდოვან ქანებში, სადაც სამთო ხერხების გამოყენება უფრო რაციონალურია. მიუხედავად ამისა, სარკავშირში რიგი მნიშვნელოვანი ჰიდროტექნიკური გვირაბების აგებულია ფარის ხერხით. ასეთმა ხერხმა ფართო გავრცელება პოვა საქალაქო მიწისქვეშა რკინიგზების (მეტროპოლიტენების) გვირაბებისა და სადგურების მშენებლობაში როგორც ჩვენში, ისე საზღვარ-

გარეთ. ამჟამად გვირაბების ფარის ხერხით გაყვანა შიშისქვეშა ტექნიკის დამოუკიდებელი დარგია.

ფარი ლითონის მოძრავი სამაგრია, რომლის წინა ნაწილში მიმდინარეობს ქანების დამუშავება სანგრევში, ხოლო უკანა ნაწილში—მოკეთების ამოყვანა გარსის საფარით. ფარის კონსტრუქცია სხვადასხვაგვარია და დამოუკიდებელია გვირაბის განივიკვეთის ზომებზე, მისი ტრასის საინჟინრო-გეოლოგიურ პირობებზე და სხვა ფაქტორებზე. მაგრამ მიუხედავად ამისა, ფარების პრინციპული სქემა ერთნაირია. ფარი შედგება სამი ძირითადი ნაწილისაგან (ნახ. 20-33): დანა, ანუ დანის რგოლი-1; საყრდენი რგოლი-2 და გარსი-3. დანით



ნახ. 20-33. ფარის სქემა:

1 — დანა; 2—საყრდენი რგოლი; 3—გარსი; 4—პილ-რაულიკური დომკრატა; 5—მოკეთება.

შემდეგ ფარი გადაძრავდება მძლავრი ჰიდრავლიკური დომკრატების (4) მეშვეობით, რომლებიც ერთი ბოლოთი საყრდენ რგოლს ებჯინებიან, ხოლო მეორით—გვირაბის მოკეთებას. ასეთი ხერხით გაყვანისას უფრო ხშირად იყენებენ ასაწყობ მოკეთებებს ბეტონის ბლოკების ან ტიუბინგების სახით. დიდ უპირატესობათა გამო ფარის ფორმას თითქმის ყოველთვის წრიულს იღებენ. სხვა ფორმის ფარებს მაგალითად, ელიფსურს ან ნალისებურს იყენებენ გამოწვევის შემთხვევებში.

გვირაბების გაყვანის სამუშაოთა წარმოებაში ფართო გავრცელება პოვა აგრეთვე სხვადასხვა ტიპის გვირაბგასაყვანმა მანქანებმა, რომლებიც უფრო ხშირად გადაადგილებიან მუხლუხებით.

გვირაბის შექანიზებული გაყვანისას ქანების დამუშავებას აწარმოებს სპეციალური მუშა ორგანო, რომელიც მოთავსებულია მანქანის ან მექანიზებული ფარის წინა ნაწილში. მუშა ორგანოს კონსტრუქციას ძირითადად განაპირობებს ქანების ნგრევის არჩეული ხერხი, რომელიც მათი სიმაგრის შესაბამისად შეიძლება ემყარებოდეს ბურღვის, ისტრეცის, ჭრის, ალფვის ან მათი შეხამების პრინციპს. უმეტესად გავრცელებულია ქრის პრინციპზე მოხუჯე მანქანები და მექანიზებული ფარები. ასეთი წესით გვირაბების გაყვანა მოითხოვს ენერჯის უფრო ნაკლებ დანახარჯს და იძლევა შედაჩებით ერთნაირ ნათალს (ბურბუშელას), რომლის ტრანსპორტირება საკმაოდ გაადვილებულია.

გვირახების მექანიზებული გაყვანის უპირატესობაა გაყვანის დიდი სიჩქარე, მუშის მძიმე შრომის სრული გამორიცხვა და გვირახის ღირებულების შემცირება. ამასთან ერთად არსებითია ის ფაქტიც, რომ გაყვანის სიჩქარის გაზრდით იქმნება საშობო წნევის მნიშვნელოვანი მატების აცილების ხელსაყრელი პირობები, რადგან გვირახის სწრაფი გამაგრება აჩერებს საშობო ქანების დისლოკაციის პროცესებს. მექანიზებული გაყვანა განსაკუთრებით მიზანშეწონილია ისეთნაირი სიმაგრის ქანებში, რომლებშიც სანგრევის დამუშავება შესაძლებელია მუშა ორგანოს ერთი და იგივე მკრელი მექანიზებით. მექანიზებული ფარებისაგან განსხვავებით გვირახგასაყვანი მანქანების გამოყენებით წარმატებით იქნა გაყვანილი მრავალი გვირახი კლდოვან ქანებში. საგვირაბო მანქანებისა და მექანიზებული ფარების უმრავლესობაში მუშა ორგანო ასრულებს ბრუნვით მოძრაობას და ქმნის წრიული მოხაზულობის გვირახს. სწორედ ამიტომ მექანიზებული გაყვანა უპირატესად წრიული მოხაზულობის გვირახებისას გამოიყენება.

მექანიზებული ფარებითა და გვირახგასაყვანი მანქანებით გვირახების მშენებლობის უპირატესობაა წესიერი ფორმის გვირახის წარმოქმნა მეტნაღების გარეშე. ეს იძლევა მოკეთების ბეტონისა და შემდგომი ცემენტაციის ხსნარის მნიშვნელოვან ეკონომიას; გარდა ამისა, გვირახის წესიერი ფორმა საშუალებას იძლევა გამოყენებულ იქნეს წინასწარ მოკუმშულ ზოკეთებათა ახალი ტიპები.

საზღვარგარეთის ქვეყნების გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ გვირახგასაყვანი მანქანების გამოყენება ეფექტურია ისეთ ქანებში, როგორც სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე არ აღემატება 1400 კგ/სმ². ძალიან მაგარ ქანებში უფრო ეკონომიურია ბურღვა-აფეთქებითი ხერხების გამოყენება.

უკანასკნელი ორი-სამი ათეული წლის მანძილზე პილარტექნიკური გვირახების მშენებლობის გამოცდილების საფუძველზე შემუშავებულია სათანადო რეკომენდაციები გვირახების კვეთის ფართობისა და ქანების ხასიათის შესაბამისად გაყვანის ხერხისა და სათანადო გვირახგასაყვანი მოწყობილობის შესარჩევად. ამ რეკომენდაციების თანახმად განსაკუთრებით მკირე კვეთის (8 მ²-მდე) გვირახების გაყვანა უნდა განხორციელდეს საშობო ხერხით სანგრევის მთელი პროფილის დამუშავებით. სატრანსპორტო საშუალებად ყველაზე უფრო მოხერხებულია ბუნებრივი მატარებელი.

მკირე კვეთის გვირახები, 8-დან 20 მ²-მდე ფართობით, მუშავდება აგრეთვე მთელი კვეთით უფრო მწარმოებლურ მოწყობილობათა გამოყენებით. სანგრევის საბურღავად გამოიყენება ვიწრო ლიანდაგზე მოძრავი თვითმავალი საბურღი ურიკა.

საშუალო კვეთის გვირახი (20-დან 60 მ²-მდე ფართობით) მუშავდება აგრეთვე ერთხაზად მთელი კვეთით „მთლიანი სანგრევის ხერხით“. სანგრევის საბურღავად ფართოდ გამოიყენება მანიპულატორებიანი თვითმავალი საბურღი დანადგარები ბრუნვა-დარტყმითი მოქმედების საბურღი მანქანებით. ამავე მიზნით გამოიყენება საბურღი ჩაჩოებიც.

დიდი კვეთის გვირახებს, 100 მ²-მდე ფართობით ამუშავებენ სრული პროფილით, მთლიანი სანგრევის ხერხით. როდესაც გვირახის განივიკვეთის ფართობი აღემატება 100 მ²-ს, მიზანშეწონილია ქვედა საფეხურის ხერხის გამოყენება, რომელიც უზრუნველყოფს სამუშაოთა უსაფრთხო წარმოებას და ქმნის კომპლექსური მექანიზაციის გამოყენების შესაძლებლობას. ასეთი კვე-

თის გვირაბებიდან მონგრეული ქანების ტრანსპორტირებისათვის იყენებენ დიდი ტვირთშიდაობის თვითმცლელ ავტომობილებს, რომელთა დასატვირთად გამოიყენება 1-4 მ³ ტევადობის ჩამიანი ექსკავატორები.

2. ხაზო ქანების დაშლის ახალი მეთოდები

აფეთქებისა და მექანიკური ზემოქმედების გარეშე კლდოვანი ქანების დაშლის ახალ მეთოდებს მიეკუთვნება ცეცხლოვანი მეთოდი, ზემალაღი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ტალღების, ლაზერისა და ელექტრონული სხივების მეშვეობით დაშლის მეთოდები, პილარავლკური მეთოდები და სხვ ამ მეთოდებმა ჯერ კიდევ ვერ პოვა პრაქტიკული გამოყენება; მათი დიდი ნაწილი ჯერჯერობით გამოყვლევის სტადიაშია, თუმცა ზოგ მათგანს, მაგალითად, ცეცხლოვანს ნაწილობრივ უკვე იყენებენ კარიერებში არაგაბარირტული ზომის შორტბილი ქანების მეორეული დაქსხვერვისას. შექმნილია სხვადასხვა ტიპის „ელექტრონული ზარბაზნები“, რომლებშიც სამთო ქანების დასაშლელად გამოყენებულა ელექტრონული ან ლაზერის სხივები. ყველაზე უფრო პერსპექტიულად შეიძლება მივიჩნიოთ ტალღური მეთოდები იმ პირობით, თუ ვადაწყვედმა ზემალაღი სიხშირის გაბოსხივებისაგან ადამიანის დაცვის საკითხი. დიდი მომავალი აქვს აგრეთვე იმ მეთოდებს, რომლებიც ემყარებიან ელექტრონული და ლაზერული სხივების გამოყენებას.

3. დროებითი სამაგრის გამოყენება

გვირაბების დროებითი სამაგრების დანიშნულებაა მათი კერისა და გვერდების ქანების გამონგრევის შეკავება გვირაბის გაყვანის პროცესში, აგრეთვე გვირაბში მომუშავეთა დაცვა ქანების შემთხვევითი გამონარგვისა ან გაფოცევისასგან. დროებითი სამაგრი უხდა ივოს საკმაოდ მტკიცე და მდგრადი სხვადასხვა დატვირთების მოქმედებისას, ამასთანავე მას უხდა გააჩნდეს საკირო სიხისტე—არ უხდა განიცადოს მნიშვნელოვანი დეფორმაციები და არ დაზიანდეს.

გვირაბმშენებლობის პრაქტიკაში ფართოდ ირის გავრცელებული ხის დროებითი სამაგრები, აგრეთვე ლითონისა და რკინაბეტონის წინასწარ დაძაბული სამაგრები. მაგრამ ამასთანავე უხდა აღინიშნოს, რომ უკანასკნელ ხანს მნიშვნელოვანად იკლო ტრადიციული დროებითი სამაგრების გამოყენებაშ, რადგან გვირაბმშენებლობაში ფართოდ იწერგება მათი ახალი პროგრესული ტიპები, რომელთაც მიეკუთვნება ანკერული, აგრეთვე კომბინირებული სამაგრები—ანკერული სამაგრისა და ლითონის ბადის ან ნახეფბეტონის შეხამებით. ანკერული სამაგრი საიმედოდ აკავენს ქანს გვირაბის მთელ პერიმეტრზე და მის ირგვლივ ქმნის დამცველ ფენას არმოქვის თალის სახით, რომელიც მიმაგრებულა მის ზემოთ მოთავსებული მდგრადი და დაუზიანებელი კლდის მასივზე.

თანდათანობით ფართოდ იყენებენ დროებითი სამაგრის საკმაოდ ეფექტურ სახეობას—ნახეფბეტონს, რომელსაც კარგად უხერხდება სამუშაოთა შექანიზაცია და ამასთანავე ხასიათდება მაღალი ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლებით. გვირაბის კლდოვან ზედაპირთან ნახეფბეტონის კარგი შეკიდულობის გამო, მისი საფარი და გამაგრებული და დამონოლითებული კლდოვანი ქანები შეიძლება განხილულ იქნეს როგორც ერთი მთლიანი. ნახეფბეტონის საფარი რაიმე დამატებით გაძლიერების გარეშე რეკომენდებულია

გაპოფიტულ და ბზაროვან მდგრად კლდოვან ქანებში გამოსაყენებლად მათს დამონოლითებისათვის; ამასთახავე იგი ახორციელებს ჰიდროიზოლაციას, ე. ი. გვირაბიდან წყლის გაუონვის თავიდან აცილების ღონისძიებას.

ანკერული სამაგრები ლითონის ბადესთან ან ნაწიხეხეტონთან შეხამებით წარმატებით იქნა გამოყენებული ნურეკის, ტოკტოგჯლის, ჩარეკის, ენგურის, ვილიუს, ხანტაის და კაპჩაგანის ჰიდროელექტროსადგურების გვირაბების გაყვანისას 5-დან 25 მ-მდე მალის შემთხვევაში.

წინასწარადაბული ღრმა ანკერების განოყენებით აღწევენ დიდი კეთის გვირაბებისა და მიწისქვეშა კამერების ბზიდი კონსტრუქციების შემსუბუქებას. საზღვარგარეთ აშენებულ რიგ მიწისქვეშა ჰიდროელექტროსადგურებში გამაგრების ეს სახეობა ძირითადია, მათში ანკერების სიღრმე 10—30 მ-მდე აღწევს. ამჟამად გარკვეული მუშაობა წარმოებს ისეთი ანკერული სამაგრების დასანერგად, რომელთა ანკერებს პოლიესტერის ან ეპოქსიდის ფისით ამაგრებენ შპურებში. უკანასკნელის სიმტკიცის სწრაფი ზრდა საშუალებას იძლევა კარგად გამაგრდეს გამონაშუშევიარი სუსტ და გაწყლოვანებულ ქანებში.

გვირაბების პორტალებთან მდებარე უბნებზე დროებით სამაგრებად რეკომენდებულია ლითონის თაღოვანი სამაგრები; განსაკუთრებულ შემთხვევებში მათი გამოყენება დასაშვებია ისეთ ქანებშიც, რომელთა სიმაგრის კოეფიციენტი პროტოდიკონოვის მიხედვით ოთხზე ნაკლებია.

გამაგრების სამუშაოთა დასაჩქარებლად გათვალისწინებულია ისეთი მექანიზებული კომპლექსების შექმნა, რომელთა შედგენილობაში შეშავალ სექციალური მანქანები ერთდროულად განახორციელებენ საანკერო შპურების ბურღვას, ანკერების დაყენებას და ნაწიხეხეტონის დატანას. ამასთან ერთად უნდა დაშუშავდეს სამაგრის ახალი კონსტრუქციები, მათ შორის ისეთი სამაგრებისა, რომლებშიც მასივების დასამაგრებლად და ანკერების დასამონოლითებლად გამოყენებული იქნება სინთეზური მასალები.

4. გვირაბის ტრასირებისა და სამუშაოთა ორგანიზაციის ხაკითხები

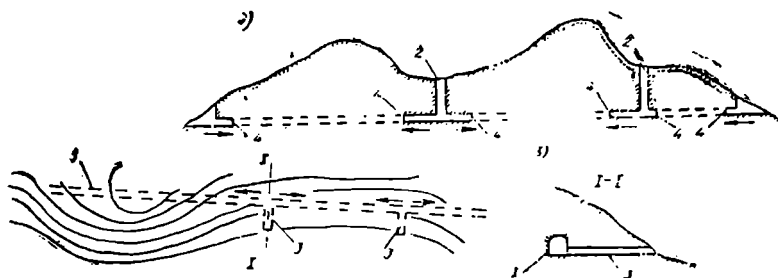
ჰიდროტექნიკური გვირაბის ტრასირების საკითხის გადაწყვეტა, რომელიც შეიცავს მისი მიმართულებისა და სიმაღლითი მდებარეობის გულდასმით დასაბუთებას, გვირაბის დაპროექტების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი და საპასუხისმგებლო სამუშაოა. ამ საკითხის სწორი გადაწყვეტა განაპირობებს გვირაბის ეკონომიურობასა და საიმედოობას ექსპლუატაციის დროს.

გვირაბის სიმაღლით მდებარეობას განსაზღვრავს სხვადასხვა პირობები, რომელთაგან უმთავრესია მთელი წყალსადები (წყალსატარი) ტრაქტის გაყვანის პირობები, წყალსაცავის მდებარეობა და მისგან მომავალი გვირაბიდან წყლის გადაგდების (გატარების) ხასიათი. რაც შეეხება სადაწნო გვირაბებში მოქმედ დაწნევას, იგი შეიძლება ვცვალოთ ისე, რომ გვირაბის საკეპის (კლოტის) თავზე იგი არ დაეცეს 1,5—2 მ-ზე დაბლა. გვირაბის ღერძის ოპტიმალური სიმაღლითი მდებარეობის დადგენისას გათვალისწინებულ უნდა იქნეს გეოლოგიური, საწარმოო და ეკონომიკური პირობები და შედარდეს ტრასირების სხვადასხვა ვარიანტი.

გვირაბის ტრასის გეგმური მდებარეობის დადგენისას თვალისწინებენ იმ გარემოებას, რომ ტრასა უნდა იყოს სწორხაზოვანი მიმართულებისა და

უმოკლესი, მაგრამ არახელსაყრელი გეოლოგიური პირობები (დიდი საშთო წნევები, ტექტონიკური დარღვევები, ქანების ძლიერი გამოფიტულობა, გრუნტის წყლების უხვი დინების ზონები და სხვ.) ხშირად აიძულებს დამპროექტებლებს გვირაბის ტრასა გაიტანონ არახელსაყრელი ადგილებიდან.

საწარმოო თვალსაზრისით მიზანშეწონილია გვირაბის ტრასაზე დაინიშნოს იმდენი სანგრევი, რამდენიც უზრუნველყოფს გვირაბის საშუალოთა დაჩქარებას, ვენტილაციის გაუმჯობესებას და დაშლილი ქანების გამოტანას. აღნიშნული მოთხოვნები შეიძლება მთლიანად დაკმაყოფილდეს, თუ ერთი სანგრევიდან გვირაბის არაუეტეს 2-3 კმ სიგრძის უბანს დავაშუშავებთ, თუმცა უკახსკენელი წლების გვირაბმშენებლობის გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ სანგრევების სიგრძე შეიძლება უფრო მნიშვნელოვნად გაიზარდოს. მაგრამ გრძე-



ნახ. 20-34. სანგრევების სქემები გვირაბების დრეჟაჟებისას:

ა—გრძივი კრილი გვირაბის ტრასაზე; ბ—კრილი I-I-ზე; 1—გვირაბი; 2—შატა; 3—შტოლი; 4—სანგრევი.

ლი გვირაბების გაყვანისას უძჯობესია მოეწყოს დამატებითი სანგრევები შატებშიდან ან პორიზონტალური შტოლებიდან—ფანჯრებიდან (ნახ. 20-34). მოსახვევ უბანზე ტრასის ღერძის რადიუსი უნდა იყოს არანაკლებ 5ბ, სადაც ბ არის გვირაბის სივანე ან დიამეტრი, ხოლო მობრუნების შიგა კუთხე—არანაკლებ 120°. ტრასის მოსახვევი უბნის დასაწყისში და ბოლოში აწყობენ არანაკლებ 10ბ სიგრძის სწორხაზოვან ჩასადგმელებს. გვირაბის პორტალების მოსათავსებელი ადგილების არჩევისას გათვალისწინებული უნდა იქნეს მათი საწარმოო მოხერხებულობა და გეოლოგიური საიმედოობა. პორტალის მდებარეობა ტრასაზე განისაზღვრება ისე, რომ მის მომიჯნავე უბანზე გაყვანილი არხის 1 გრძ. მ ღირებულება გვირაბის 1 გრძ. მ ღირებულებას უახლოვდებოდეს.

ჰიდროტექნიკური გვირაბების მშენებლობა დაკავშირებულია ფრიალ შრომატევად საშუალოთა შესრულებასთან, სხვადასხვა კვალიფიკაციის მუშების შრომისა და რთულ მექანიკურ მოწყობილობათა გამოყენებასთან, აგრეთვე საშუალოთა შესრულების ხანგრძლივობასთან. ამ უკანასკნელი გარემოების გამო გვირაბების აგებისას ფრიალ აქტუალურია საკითხი მისი გაყვანის დაჩქარების ორგანიზაციის შესახებ. ამას კი მაშინ ენიჭება განსაკუთრებული მნიშვნელობა, როდესაც მოცემულ პირობებში დამატებითი სანგრევების გახსნა ვერადითი შტრეკების (შტოლების) ან შატების მეშვეობით არარენტაბელური და ძნელად განსახორციელებულია დიდი წინასწარი დანახარჯების ან ადგილის რელიეფის რთული პირობების გამო. გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ

გვირაბის სანგრევი სამუშაოთა წარმოების ორგანიზაცია მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული სამუშაოთა ინდუსტრიალიზაციაზე და მათ კომპლექსურ მექანიზაციაზე. უკანასკნელი კი გულისხმობს ყველა იმ პროცესის მექანიზაციას, რომლებზეც დამოკიდებულია ციკლის ხანგრძლივობა და გვირაბის გაყვანის საერთო სიჩქარე. კომპლექსურ მექანიზაციას, ცხადია, თან უნდა ახლდეს გვირაბის გაყვანის შესაბამისი მეთოდი, რომელიც უზრუნველყოფს გაყვანის მაქსიმალურ სიჩქარეს მოცემულ პირობებში. გვირაბის ყველა სახის სამუშაოთა კომპლექსურმა მექანიზაციამ უნდა უზრუნველყოს 300 მ/თვეში და გაყვანის უფრო მეტი სიჩქარე.

კალაპოტის სარეზულაციო (გამასწორებელი)
ნაგებობანი

თაგო XXI

კალაპოტის პროცესები და მათი რეზულირება

§ 21-1. ნაკადისა და კალაპოტის ურთიერთშედეგა და ნატანის
ტრანსპორტირება

წყლის ყოველგვარი ნაკადი, დიდი იქნება ის, თუ მცირე, მრავალგვარ ზემოქმედებას ახდენს კალაპოტზე და, პირიქით არსებული კალაპოტიც გარკვეულ გავლენას ახდენს ნაკადის დინების ხასიათზე კალაპოტში წარმოშობილი მოვლენების, ანუ კალაპოტის პროცესის ცნებაში ვგულისხმობთ მიმდინარე წყლის მოქმედებით ბუნებრივი კალაპოტებისა და ქალების წარმოქმნას და შემდგომ გადაფორმირებას. განარჩევენ კალაპოტებისა და ქალების დეფორმაციის ორ სახეს: 1) შეუქცევადს, როდესაც დეფორმაციები შეუქცევად ვითარდება ერთი მიმართულებით და ქნის მდინარის საუკუნეობრივი განვითარების სურათს, და 2) შექცევადს, ნიშანცვლადს, სწრაფად მიმდინარეობს და ადვილად გამოსამუქავენგელს.

განიხილება მდინარის კალაპოტის სამი ურთავრესი ფორმა: 1) სწორბაზოვანი ან ოდნავ მოღუნული (კალატატა), რომლებშიც ნაპირებს მიერთებული ნატანის მასივები განლაგებულია კადრაკულად, ხან მარცხენა, ხან მარჯვენა ნაპირთან; 2) კლაკნილი, ანუ მენდრირებადი კალაპოტები და 3) განშტოებული კალაპოტები.

მენდრირებადი კალაპოტების თავისებურებაა დაბალი დონის კალაპოტის კლაკნილების განვითარებისა და კედომის პროცესი. ეს კალაპოტები შეიძლება იყოს თავისუფალი, არასრული და შეზღუდული მენდრირებისა. თავისუფალი კალაპოტის კლაკნილების განვითარების, მათი გარღვევის და გასწორების პროცესი საკმაოდ სწრაფად მიმდინარეობს მდინარის ფართო ხეობებში. არასრული მენდრირების კალაპოტებში აღნიშნული პროცესი უფრო ნელად ხდება; მათში კლაკნილმა შეიძლება ძალიან იმვითად დაიკავოს თავისი ზღვრული მდებარეობა. შეზღუდული მენდრირების კალაპოტები იქმნება ვიწრო ხეობებში და მათში მარყუევები (კლაკნილები) კი არ ირღვევა, არამედ გეგმაში სინუსოიდალური ფორმის კალაპოტი ნელ-ნელა გადაადგილდება ქვემოთ მდინარის დინების მიმართულებით ისე, რომ თითქმის არ იცვლის ფორმას.

განშტოებული კალაპოტებიდან გამოყოფენ ქალურ და მდინარის მრავალტოტიან კალაპოტებს. პირველი მათგანი წარმოიშობა ქალის დანაწევრებით, რაც არაერთხელ მენდრირების დამახასიათებელ პირობებში (ქალის ძლიერი დატბორვისა და მისი ზედაპირის გადარეცხვის დროს) ხდება. თუ დაახლო

დონის ფართო კალაპოტი მოიცავს აკუმულაციური წარმოშობის კუნძულებსა და კალაქებს, მაშინ საქმე გვაქვს კუნძულოვანი და კალაქური ქვესახეობის კალაპოტურ მრავალრტინანობასთან. ძალიან ხშირად მდინარის ერთსა და იმავე უბანზე შეიძლება იყოს ორი ან სამი ტიპის კალაპოტური პროცესის კომბინაცია.

როგორც ჰიდროლოგიის კურსიდან ვიცით, ნაკადში არსებობს ორი სახეობის მყარი ნატანი: 1) ფსკერულ — უფრო მსხვილი და მძიმე ნაწილაკები, რომლებიც ფსკერის გაყოლებით გრებილების სახით გადაადგილდება ფსკერულ ფენაში წარმოშობილი ჰიდროდინამიკური ძალების მოქმედებით, და 2) შეწონილი ნატანი — წვრილი ნაწილაკები ნაკადის სხვადასხვა დონეზე, რომელიც გადაიტანება დიდ მანძილზე. შეწონილი ნატანი ან ერევა ფსკერულს, ან ილექება კალაპოტის ფსკერზე სუსტი დინების არეებში და შეგუბების ზონებში.

მდინარეებში ნატანს წარმოშობს წყლისმიერი ეროზია, რომელიც შეიძლება იყოს ორი სახეობის: 1) ფერდობული — წყალშეჰერების ზედაპირზე, რომელიც თავის მხრივ იყოფა ორ ქვესახეობად — სობრტყითი ჩამორეცხვა და წრფივი ეროზია; 2) კალაპოტური, რომლის დროს ნატანი მდინარეში შედის კალაპოტში ნაკადის მოქმედების შედეგად (კალაპოტის ნაპირებისა და ფსკერის წარეცხვა, ნაპირების ჩამონგრევა მათი გამორეცხვის შედეგად, კალის ზედაპირის წარეცხვა და ა. შ.). ნატანის დანალექები და მოძრავი ნატანი სხვადასხვა ზომის ნაწილაკების ნარევიბია მოცემულ ნარევიში, რომლის მოცულობითი მასა აიღება 2,65 ტ/მ³-ის ტოლი; სხვადასხვა სიდიდის ნაწილაკების შეცულობა ხასიათდება მისი გრანულომეტრიული შედგენილობის მრუდით.

შეწონილი ნატანის ზემოქმედება კალაპოტზე პრაქტიკულად შეუმჩნეველია, მაგრამ იგი დიდ გავლენას ახდენს კალის დეფორმაციებზე ასევე ძალიან მნიშვნელოვანია ფსკერული ნატანის როლი კალაპოტის ჩამოყალიბებაში. აქედან გამომდინარე, მდინარეთა კალაპოტების ფორმირების პროგნოზირებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს მათი ჩამონადენის დადგენას, რაც სხვადასხვა ავტორის მიერ (ი. ლევი, ვ. გონჩაროვი, გ. ლოპაინი, ი. ეგიაზაროვი, ე. ზამარინი, ა. კარაუშევი, ლ. გველესიანი და სხვ.) შემუშავებული ფორმულებით ან საველე გამოკვლევების საფუძველზე ხდება.

§ 21-2. მდინარის კალაპოტების ჩამოყალიბება და მათი მდგომარეობა

ა. კოზმენკოს მიერ რელიეფის ეროზიული ფორმების შემუშავებული ტიპიზაციის თანახმად, რომელშიც გარეგანი ნიშნების მიხედვით რელიეფის ეროზიული ფორმები დაკავშირებულია მის გეოლოგიურ აგებულებასთან და ნაკადის წყლოვანებასთან¹, შეიძლება გამოყოფილი იქნეს ჰიდროგრაფიული ქსელისა და ძველი ეროზიული ფორმების შემდეგი ძირითადი რგოლები: ლარტაფები, ხევეები, მშრალი ხევეები და მდინარის ხეობები. ლარტაფი სუსტად გამოსახული ვაკიმიული ღრმულია (ტაფობი) მობელტილი დამრეცი ფერდობებითა და სუსტად ამოზნექილი ფსკერით, რომლის ლერძის გასწვრივ შეიმჩნევა ძველი ეროზიული თხრილი. ლარტაფები დამახასიათებელია საბჭოთა კავშირის ევროპულ ნაწილისათვის, მათი წყალშეჰერების ფართობი 0,1—0,15-

¹ А. С. Козмеев, Основы гидрографии. М., Сельхозгиз, 1954.

დან 0,5კმ²-მდეა. მცირეფართობიანი მიეკუთვნება სუსტად დანაწევრებულს, ხოლო დიდფართობიანი — ღრმად დანაწევრებულ რელიეფებს. ხევე პიდროგრაფიული ქსელის რგოლია, რომელიც თავსდება წყალშემკრები აუზის უფრო დაბალ ნიშნულებზე. მისი ფერდობებიც სიმეტრიულია, მაგრამ უფრო პალაია და ციცაბო, ფსკერი აქვს ბრტყელი განიგრო და მობელტილი, ხშირად იგო გაქირილია დატოტვილი დროებითი ნაკადის კალაპოტით, რომელსაც აქვს საფებზროვანი გრძივი პროფილი და ფსკერული წანარეცხები. წყალშემკრების ფართობი 0, 15-დან 10-15 კმ²-მდეა სუსტად დანაწევრებული რელიეფის მქონე რაიონებისათვის და 0,5-დან 20—25 კმ²-მდე — ღრმად დანაწევრებული რელიეფისათვის (ასეთი რელიეფია საბჭოთა კავშირის ევროპულ ნაწილში). შორალ ხევეს აქვს ბრტყელი ფართო ფსკერი, დროებითი ნაკადის ძლიერ ჩაღრმავებული კალაპოტი და მისში ფერდობების ფუძებამდე მისული თხრილებს მიმგავსებული, ფართო ტოტები. კალაპოტს აქვს მდოვრე გრძივი პროფილი, რის შედეგად წყალშემკრები ფართობის გადიდებით იგო უფრო კლაკნილი ხდება. ფერდობების სანაპირო წარეცხვა ინტენსიურია. კალაპოტში გარდა ჩანაკერისა, აღინიშნება გეგმური დეფორმაციები. ადგილმდებარეობის მნიშვნელოვანი საერთო დაქანების დროს, წყალშემკრები ფართობი 5—6 კმ²-ია; ტყე-ტრამალისა და ტრამალის ღრმად დანაწევრებულ ტერიტორიებზე — 10-15 კმ², ხოლო სუსტად დანაწევრებულ ტერიტორიებზე 20—25 კმ². მდინარის ხეობას აქვს შედარებით ვიწრო და სიგრძეზე გაქიმული რელიეფის ფორმა მდინარის დინებით მიმართული საერთო ქანობით. მდინარის ხეობის ფერდობების ნაწილებს, რომლებსაც საფებზრების სახე აქვს, ტერასებს უწოდებენ. ცხადია, მდინარის კალაპოტი მიპყვება ხეობის ყველაზე დადაბლებულ ნაწილს. ა. კოზმენკო მდინარის ხეობებს ყოფს ორ ძირითად ტიპად. პირველ ტიპს მიაკუთვნებს ისეთს, რომელშიც ერთმანეთთან მონაცვლეობენ ციცაბო ჩანექალი და დაშრეცი ამობურცული ფერდობები. მასში კლაკნილი კალაპოტი გადაადგილდება ერთი ფერდობიდან მეორისაკენ. ძირეული (მკვიდრი) ქანებს გაშიშვლებულია ციცაბო ფერდობზე, დამრეცი ფერდობები კი დაფარულია ვადსახური ქანების სქელი ფენით, რომელიც ზოგჯერ შეიცავს მდინარის ქვემოთ მდებარე კალაზე. ღრმად დანაწევრებული რელიეფის პირობებში ასეთი ხეობის წყალშემკრები აუზის ფართობი აღემატება 50—60 კმ². ასეთი ხეობები გვხვდება შუა რუსეთის მაღლობის მდინარეთა უმრავლესობაში და უკრაინის მდინარეთა ნაწილში. მეორე ტიპის ხეობას მნიშვნელოვან ნაწილში აქვს ფერდობის ერთფეროვანი ასიმეტრიულობა, ფართო (1—2 კმ სიგანის) კალა და ძალიან კლაკნილი კალაპოტი.

მდინარის ხეობის გრძივი პროფილის ხასიათი განისაზღვრება რელიეფის პირვანდელი ფორმებით, გეოლოგიური აგებულებით და ტერიტორიის გეომორფოლოგიით, დინების მიმართულებით მდინარის წყლოვანების ცვლილებით და მისი კალაპოტის გრუნტების წინალობის უნარით გარეცხვისადმი.

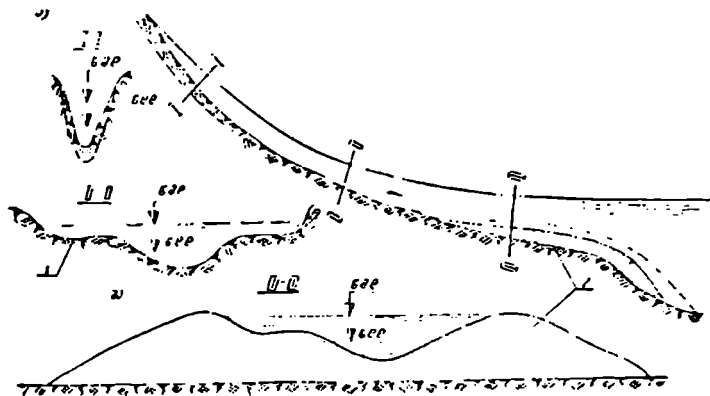
მდინარის ხეობის გრძივ პროფილს აქვს მდოვრე მრუდის სახე, რომლის ქანობი დინების გასწვრივ მცირდება. შესაბამისად მცირდება დინების საშუალო სიჩქარე და მდინარის მიერ გადატანილი ნატანის საშუალო დიამეტრი.

ზედა დინებაში, სადაც კალაპოტის ფსკერის ქანობი და ნაკადის სიჩქარეები უდადესია, ქარბობს სიღრმული (კალაპოტის ფსკერის) ეროზია. მდინარის შუა დინებაში ძირითადად შეიმჩნევა გვერდითი (ნაპირების) ეროზია, ხოლო ქვედა დინებაში გვერდითი (ნაპირების) ეროზია, მაგრამ იქ, სადაც ქანობები და სიჩქარეები შედარებით მცირეა, ძირითადად ხდება ნატანის აკუმულა-

ცია (დალექვა). დროთა განმავლობაში, ცხადია, მდინარის ხეობის გრძივი პროფილი იცვლება (ნახ. 21-1, ა).

მდინარის კალაპოტის განივკვეთის ფორმები სხვადასხვა უბანზე სხვადასხვანაირია. ზედა დინებაში განივი პროფილი ხეობის ფორმისაა და აქვს შედარებით მკირე სიგანე; შუა დინებაში მდინარეთა უმრავლესობას ძირითად კალაპოტთან აქვს კარგად განვითარებული ქალა; ქვედა დინებაში მდინარეები თვითონ ქმნიან თავიანთ კალაპოტებს საკუთარ დანალექებში (ნახ. 21-1, ბ).

მდინარეთა ძირითად კალაპოტებს გეგმაში აქვს კლაკნილი ფორმა, რაც



თ.ე. XXI

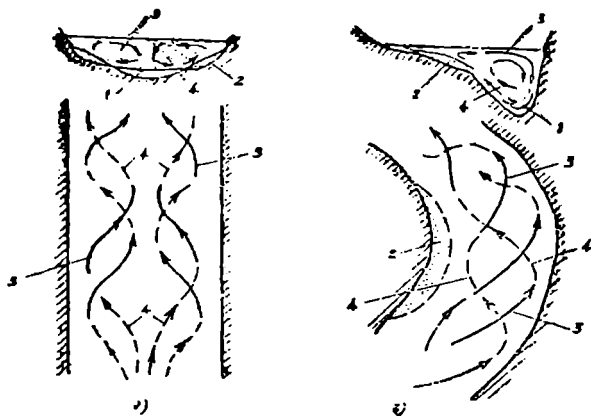
ნახ. 21-1. მდინარის ტიპური გრძივი და განივი პროფილები:

ა- მდინარის კალაპოტის ვრცელი პროფილი; ბ- მდინარის კალაპოტის განივი პროფილი ქვედა დინებაში (დელტაში); 1-1-ზედა დინებაში; II-II- შუა დინებაში; III-III- ქვედა დინებაში და მდინარეთა დელტაში. 1- ქალა; 2- ნ. ტანის დახალქვა.

გვერდითი ეროზიის შედეგია. გვერდითი ეროზიის გამონიწევი მიზეზებია: განივი ცირკულაცია, რომელიც დაზახასიათებელია სითხის ყოველგვარი გადატანითი მოძრაობისათვის; ცენტრიდანული ძალები, რომლებიც წარმოიშობიან კალაპოტის გაღუნვის ადგილებში; კორიოლისის ძალების მოქმედება, რომელიც დაკავშირებულია დედამიწის სფეროს ბრუნვასთან; სხვადასხვა შემთხვევითი გარემოებანი- ნაპირების ჩამოქცევა, კალაპოტის დანაგვიანება, ტალღური მოვლენები და ს.ვ. გვერდით ეროზიაზე ყველაზე უფრო მეტად მოქმედებს კალაპოტის მოსახვევებში წარმოქმნილი ცენტრიდანული ძალები.

განივი ცირკულაციის მოვლენები მდინარის სწორ უბანზე და მოსახვევებზე სქემატურად ნაჩვენებია 21-2 ნახაზზე. სწორ უბანზე კალაპოტის ფსკერი ირეცხება მის შუაში, ე. ი. ადგილი აქვს სიღრმულ ეროზიას, ხოლო გარეცხვის პროდუქტები გადაიტანება ნაპირებთან ფსკერული ქაელებით (ნახ. 21-2, ა); მოსახვევებზე ზედაპირული ქაელები რეცხენ ჩაზნექილ ნაპირს (გვერდითი ეროზია), ხოლო ფსკერულ ქაელებს გაჩერების პროდუქტები გადააქვს ამოზნექილი ნაპირისაკენ (ნახ. 21 2, ბ). ასეთი პროცესების შედეგად მდინარის კალაპოტი სწორხაზოვანი აღარაა, გეგმაში იგი აუცილებლად იღებს მრუდხაზოვან ფორმას. ამასთანავე ცხადია, რომ სიღრმეები არათანაბრად იქნება

განაწილებული როგორც განივკვეთში, ისე მდინარის გრძივი პროფილის გასწვრივ. კალაპოტის გვერდითი და სიღრმული ეროზიების მიზეზით აღვილი აქვს მდინარის ნაპირების განუღმებულ რღვევას, მისი კალაპოტის ხეტიას, თავთხელების (რიყეების) და ცელების (ისრების) წარმოქმნას. ეს მოვლენები განსაკუთრებით ძლიერდება წყალდიდობისა და წყალმოვარდნის პერიოდებში. კალაპოტის ზედაპირის ფართობის ერთეულზე მოსული ნაკადის ზემოქ-



ნახ. 21-2. ნაკადში განივი ცირკულაციის სქემები:
 ა—სწორ უბანზე; ბ—შრულწრიულ უბანზე; 1—გარეცხვის ზონა; 2—ნატანის დანალექი; 3—ზედაპირული ქველები; 4—ფსკერული ქველები;

მედების, ანუ წატაცების ძალა ზოგადად პროპორციულია ნაკადის I ქანობისა და მისი h სიღრმის

$$S = \gamma h I, \quad (21-1)$$

ხოლო კალაპოტის ზედაპირის ერთეულზე მოსული მისი დაუქავშირებელი გრუნტის გარეცხვის წინალობის ძალა

$$R = d(\gamma_1 - \gamma)(f \pm i), \quad (21-2)$$

სადაც d არის კალაპოტის გრუნტის ნაწილაკების დიამეტრი;

γ_1 — ნაწილაკების მოცულობითი წონა;

f — ნაწილაკებს შორის ხახუნის კოეფიციენტი;

i — ნაკადის ფსკერის ქანობი.

გარეცხვას მაშინ ექნება აღვილი, როდესაც $S > R$, ანუ

$$\gamma h I > d(\gamma_1 - \gamma)(f \pm i). \quad (21-3)$$

მდინარის კალაპოტის რეალურ პირობებში მისი გარეცხვა და ნატანის მოძრაობა რთული პროცესია. ქვიშის ნაწილაკებს აქვს რა სხვადასხვა დიამეტრი, შათი ვადაადგილება ხდება ქვიშის ტალღების (გრეხილის) სახით ნაწილაკების გორავით ან ფსკერზე სრიალით, ხოლო ზოგჯერ შეწონილ მდგომარეობაში.

შეჭიდულგრუნტიან კალაპოტებში ეროზიის პროცესები ანალოგიურია, მაგრამ გარეცხვისადმი გრუნტის წინალობაში მონაწილეობს შეჭიდულობის

ძალეები. შვერივ ქანებში ეს ძალები მნიშვნელოვანი სიდიდისაა, რის გამოც შექიდიული გრუნტები უფრო ძნელად ირეცხება.

ეროზიული პროცესების შედეგ დ დროთა განმავლობაში ჰდინარის ხეობის გრძივი პროფილი სახეს იცვლის: მის ზედა ნაწილში ფსკერი დაბლდება, ხოლო ქვედა ნაწილში—შაღდება მოქარბებული დაღეჭვის გამო. ყველაფერი ეს იწვევს მდინარის კალაპოტის ქანობის შემცირებას. დინების ზემოთ სიღრმითი ეროზიის გაცრელების პროცესი დაკავ ირებულია ეროზიის ბაზისთან, რომელიც ყოვილ მდინარეს თავისი აქვს. ეროზიის ბაზისი ის დონეა, რომელზე დაბლა მდინარის დონემ არ შეიძლება დაიწიოს. მოცემული მდინარისათვის ეროზიის ბაზისად მიჩნეული უნდა იქნეს იმ ტბის, ზღვის, ოკეანის ან მეორე მდინარის დონე, რომელსაც ის უერთდება.

ისე როგორც გრძივი, მდინარის ხეობის განივი პროფილიც ყალიბდება მრავალი ფაქტორის ზემოქმედებით და მას შეიძლება ჰქონდეს ფერდობებისა და ფსკერის სხვადასხვანაირი მოხაზულობა. ხეობის ფერდობები შეიძლება აყოს სწორხაზოვანი, ამოხნეილი ან ჩანაქეილი, ხოლო ფსკერი—ვიწრო და განიერი.

ნაკადის გეგმურ ელემენტებსა და კალაპოტური რეჟიმის ფაქტორებს შორის დამოკიდებულებათა დასამყარებლად უქანასკნელ ათწლეულებში მნიშვნელოვანი თეორიული და ექსპერიმენტული გამოკვლევები იქნა ჩატარებული როგორც საბჭოთა. ისე საზღვარგარეთელი სპეციალისტების მიერ. მართლუთხა განივეყეთის მქონე კალაპოტის ღუნვის თეორიული სქემის განხილვისას ნაკადის დინამიკური ღერძის რადიუსისათვის n , რეანციონისა ზიილო ნენდგეო დამოკიდებულება

$$R = \frac{Q\sqrt{k_0}}{v_*\sqrt{w(\pi-\theta)}} \quad (21-4)$$

სადაც $k_0 = \frac{IR\epsilon}{BC^2h}$ არის ღუნვის მორფოლოგიური პარამეტრი (აქ I

- კლაკნილის უბნის მრუდის სიგრძეა, მ);
- ϵ — თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, მ/წმ²;
- B — კალაპოტის სიგანე, მ;
- C — შეზის სიჩქარითი კოეფიციენტი;
- h — საშუალო სიღრმე, მ;
- Q — წყლის ხარჯი, მ³/წმ;
- $v_* = \sqrt{gHI}$ — დინამიკური სიჩქარე, მ/წმ;
- w — განივეყეთის ფართობი; მ²;
- θ — ღუნვის გარე კუთხე, რად.

დაპროექტების პრაქტიკაში გამოიყენება სხვა მკვლევართა მიერ მიღებული დამოკიდებულებებიც.

კალაპოტი ითვლება მდგრადად, თუ მისი განივი ზომები და მღებარეობა გეგმაში ხანგრძლივი დროის განმავლობაში არსებითად არ იცვლება. კალაპოტის არამდგრადობის ხარისხი განისაზღვრება მისი დეფორმაციების სიჩქარით. ნაკადისა და კალაპოტის ხანგრძლივი ურთიერთქმედების შედეგად შეიძლება შეიქმმას კალაპოტის ისეთი ფორმა, რომელიც რამდენადმე მდგრადია.

გასული საუკუნის ბოლოს ვ. ლობტინს მიაჩნდა, რომ კალაპოტური პრო-

ცესების მსვლელობა განისაზღვრება არა მარტო ნაკადით, არაზედ გეომორფოლოგიური და გეოლოგიური მდგომარეობითაც. ამ ფაქტორების გათვალისწინებით შან მდინარეთა კალაპოტების მდგრადობის შესაფასებლად შემოიღო მდგრადობის კოეფიციენტი, რომელსაც შენდევო სახე აქვს:

$$k = \frac{d}{I}, \quad (21-5)$$

სადაც d არის იმ ნაწილაკების საშუალო დიამეტრი, რომლებითაც წარმოდგენილია მდინარის კალაპოტი, მმ;

I — მდინარის ფსკერის ვარდნა 1 კმ-ზე, მ.

სათანადო გამოკვლევათა მონაცემების საფუძველზე ამ ფორმულით ვ. ლობტინმა რაოდენობრივად შეაფასა ევროპის მრ.ვალი მდინარის (ნემანი, დასავლეთ დვინა, პრიპიატი, დასავლეთ ბუგი, დნეპრი, ოკა; ვოლგა, ვისლა, გარონი და სხვა) კალაპოტის მდგრადობა. მოგვიანებით აღნიშნული კოეფიციენტი გაავრცელეს შუა აზიის, ციმბირისა და შორეული აღმოსავლეთის მდინარეთა კალაპოტებზეც. ვ. ლობტინის კოეფიციენტი გამოსადეგია მხოლოდ დიდი მდინარეებისათვის.

კალაპოტების მდგრადობის ხარისხის მიხედვით ს. ალტუნინი მდინარეებს ყოფს სამ ჯგუფად [1]: 1) მოხეტიალე, 2) არამდგრად და 3) მდგრად მდინარეებად. მოხეტიალე მდინარეები ხასიათდებიან კალაპოტის დიდი ცვალებადობით, რაც გამოიხატება როგორც გეგმაში მდებარეობის, ისე მუხლებში და ჩქერებში სიღრმეთა ცვლილებით. ჩქერებისა და მუხლების გადაადგილება დინების მიმართულებით შეიძლება მოხდეს 200-1000 მ მანძილზე. ამ ჯგუფს მიეკუთვნება შუა აზიის ბარის, ჩრდილოეთ კავკასიისა და ამიერკავკასიის მდინარეები. არამდგრად მდინარეებში კალაპოტი შედარებით ნაკლებად იცვლება; მათში კალაპოტის დეფორმაციები ვითარდება შედარებით ნელა, ჩქერების წამატება და მუხლების ჩაღრმავება ხდება წყალმოვარდნისას; დაბალი დონის დროს პროცესი მიმდინარეობს საწინააღმდეგო მიმართულებით; ამ ჯგუფს მიეკუთვნება მდინარეების: ვოლგის, დონის, დნეპრის და ვისლის ქვედა დინებანი. მდგრადი მდინარეები მიედიანებიან ნაკლებად წარცხვად გრუნტებში ისეთი სიჩქარეებით. რომლებიც უზრუნველყოფენ კალაპოტის გაურეცხაობას, ასეთ მდინარეებს მოაქვს ნატანის მცირე რაოდენობა. მათ მიეკუთვნება სვირი, ვოლხოვი, ნევა, ენისეი. ზემოთ მოცემული კლასიფიკაციის ნაკლია ის, რომ მასში არ არის მოცემული მდინარეთა კალაპოტების მდგრადობის რაოდენობრივი შეფასება. რაგი მდინარეებისა ამ კლასიფიკაციას არ ემორჩილება, მათ უჭირავთ შეუაღედური მდგომარეობა.

მდგრადი კალაპოტის სიგანისათვის ს. ალტუნინი გეთავაზობს დამოკიდებულებას

$$B = A \frac{Q^{0.5}}{I^{0.2}}, \quad (21-6)$$

სადაც B არის მდგრადი კალაპოტის სიგანე წყლის კიდზე, მ;

A — მდგრადობის პარამეტრი, რომლითაც ხასიათდება კალაპოტის განივკვეთის ფორმა; იგი აიღება 0,5—1,1-მდე კალაპოტებისათვის, რომელთა ფსკერი წარეცხვადია, ხოლო ნაპირები—არაწარეცხვადი და 0,75—1,7-მდე კალაპოტებისათვის, რომელთა ნაპირებიც და ფსკერიც წარეცხვადია (უფრო დაწვრილებით A მნიშვნელობანი მოცემულია სათანადო ცხრილში [1, 12]);

Q — კალაპოტჩამოწყალიბებელი ხარჯი;

I — წყლის ზედაპირის გრძივი ქანობი.

მდგრადი კალაპოტის სიგანის დასადგენად არსებობს სხვა კრეტერიუმებიც.

ს. ალტუნინის (აგრეთვე მ. ველიკანოვის) წინადადების თანახმად მდინარეთა ცალკეული უბნების მდგრადობა უნდა დახასიათდეს როგორც ზემოთ მოყვანილი მაჩვენებლებით, ისე კინეტიკურობის პარამეტრით (ფრუდის რიცხვით)

$$Fr = \frac{uV^3}{gH}, \quad (21-7)$$

სადაც u არის კვეთში სიჩქარეთა განაწილების კოეფიციენტი;

V და H შესაბამისად სიჩქარე და საშუალო სიღრმე კალაპოტჩამოწყალიბებელი ხარჯის დროს;

g — თავისუფალი ვარდნის აჩქარება.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარეობს, რომ მდინარის თითოეული უბნის მდგრადობა უნდა შეფასდეს ოთხ-ოთხი მაჩვენებლით: 1) დინების ხასიათით (ქანობი, უბნის ტიპი), 2) ვ. ლობტინის მდგრადობის კოეფიციენტით, რომელიც განსაზღვრავს კალაპოტის გრძივი პროფილის მდგრადობას, 3) Fr კინეტიკურობის პარამეტრით, რომლითაც ხასიათდება ნაკადის ენერგეტიკული სტრუქტურა და 4) განივი პროფილის მდგრადობის Δ პარამეტრით.

§ 21-3. მდინარეების სათავითა კავშლიჩება

1. წყალშემკრები აუზის ფერდობების ეროზიასა და დაშლასთან ბრძოლა

წყალშემკრები აუზებში ზამთარში დიდი რაოდენობით თოვლის დაგროვება და გაზაფხულზე მისი დნობა იწვევს პირველადი (ელემენტარული) ჩამონადენის ინტენსიურ პროცესს, რომელიც განსაკუთრებით სწრაფად მიმდინარეობს დიდქანობებიან წყალშემკრებ ფართობებზე. ასეთივე ხასიათის პირველადი ჩამონადენი წარმოიშობა უხვი წვიმიანობის პერიოდში. პირველადი ჩამონადენის ასეთი სწრაფი პროცესი მდინარეებში იწვევს წყალმოვარდნას, ხოლო წყალშემკრები აუზში — არასასურველ მოვლენებს — ნიადაგის საფარის დაშლას; ნიადაგისა და ზოგჯერ გრუნტის ზედა ფენის ჩამორეცხვას; ნიადაგის გამოტუტვას; რელიეფის ცვლილებებს (ღრანტების, ხრამების, ხეობების წარმოქმნას და სხვა); ჩამორეცხილი გრუნტის გატანას მდინარეთა ხეობებში ან წყალსაცავებში; მდინარეთა გამეჩვიანებას; წყალსაცავების დაღამებას; მდინარეთა კვების შემცირებას დაბალი დონის პერიოდში.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, წყალშემკრები აუზში უნდა ჩატარდეს რიგი სარეგულაციო ღონისძიებებისა, რათა პირველადი ზედაპირული ჩამონადენი გადანაწილდეს გრუნტში წყლის გაფონვის გაძლიერების გზით, მისი ნაწილის მიწისქვეშა გზებით გასატარებლად, შენელდეს ჩამოდინების პროცესი და დამაგრდეს წყალშემკრების ზედაპირი. განასხვავებენ სარეგულაციო ღონისძიებათა სამ სახეობას: აგროტექნიკურს, კულტურტექნიკურს და პიდროტექნიკურს.

აგროტექნიკური ღონისძიებებია: ნიადაგის სტრუქტურის შექმნა და შენარჩუნება (მისი წყალშეღწეადობის გაზრდა) სათანადო დამუშავებითა და თესლბრუნვის გამოყენებით; ჩამოდინებადი წყლის შესაკავებლად

ფერდობის განივად (ჰორიზონტალების ვა წვრივ) მოხვნა; ჰორიზონტალების გასწვრივ განიერი და ღრია ჩაუდინარი კვლების ჩაქრა; ფარების დაყენება და ტყის ზოლების ორგანიზაცია (მიზანშეწობილია თოვლის შესაკავებლად).

კულტურტექნიკური ღონისძიებები ითვლისწინებს წყალშემკრები ფართობების ზედაპირის კულტურული მდგომარეობის შეხარჩურებას—სადოვრებზე პირუტყვის ბალახობისას თხელი მცენარეული საფარის დაძლისაგან (ძოთელვისაგან) დაცვა, გაშიწვებული ფერდობების შენოსვა, ფერდობების გატყიანება.

პილოტურტექნიკურ ღონისძიებებში შედის ფერდობებზე სათავის წყლსაცავების შექმნა, რაც განსაკუთრებით საჭიროა ნაკლებად გტყიანებულ ზონებში სწრაფი ზედაპირული ჩამონადენის შეაკავებლად და გაძლიერებული ეროზიული მოვლენების ასაცილებლად; წყალშემკავებელი ზეინულების ამოყვანა, რომელთა შორის მანძილები უნდა განისაზღვროს წყალშემკრების ზედაპირის ეროზიის აცილებისა და მოსული ხალქების მოცულობის რენარჩუნების პირობების მიხედვით [30]; ფერდობების დეტრასება საფეხურების მოწყობით ან ზეინულების ჰეჭევობით; უქანობო არხების მოწყობა და მათ გაყოლებით ხეებისა და ბუჩქების დარგვა. ფერდობის ჩამონადენის შემკრები თხრილები (არხები) შეიძლება იყოს ჩაუდინარი და ჩამდინარე. ჩაუდინარი თხრილის ტევადობა უზღა იყოს მესობელ თხრილებს შორის ფართობიდან ერთი კოკისპირული წვიმის (თავსხმის) დროს ჩამოდინებული H სისქის ფენის ატმოსფერული ხალქის მოცულობის ტოლი; განმარტების თანახმად, თხრილის ტევადობა მის 1 მსიგრძეზე ტოლი იქნება $a = HB \cdot 1$. სადაც B არის თხრილების ლერძებს შორის მანძილი ფერდობს დაქანების მიძართულეებით, მ-ით, ჩამდინარე თხრილებს, ცხადია, აქვთ უფრო მცირე განივკვეთი და გრძივი ქანობი; მათ განაგარიშებას აწარმოებენ დასაშვები არაწარბრეცი სიჩქარით მაქსინალური ნიაღვრის ჩამონადენის გატარებაზე. თხრილებს აუღლებენ ღარ-სწრაფდენებთან, რომელთა მეშვეობით წყალი გაიყვანება დაბლობ ადგილებში.

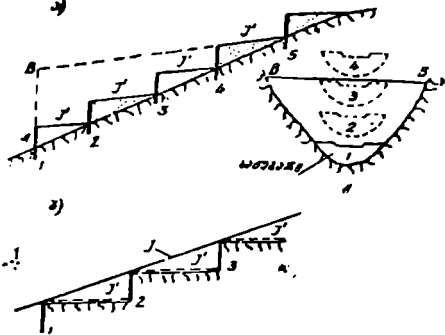
მ. ხრამების წარმოქმნასა და დვარცოფულ (სელურ) ნაკადებთან ბრძოლა

მდინარის სათავის ზონებში ზედაპირული (თოვლისა და წვიმის) წყლების ინტენსიური ეროზიული ზემოქმედების შედეგად შეიძლება წარმოიშვას ხრამები, რომლებიც მდინარეში ნატანის შესვლის ძთავარი წყაროა, ხრამს უწოდებენ დიდი ზომის ნალვარევეს, რომელსაც აქვს გასავალი გახშობება. ყველაზე მეტად ხრამები გვხვდება იმ რაიონებში. სადაც წამოდგენილია ფხვიერი ადვილწარეცხვადი დანალექები (ლიოსები, თიხნარები და სხვა). ხრამებისათვის დამახასიათებელია ციკლობოფერდობებიანი v -სტეპური განივკვეთები.

ხრამების ზრდის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა: პირველადი ჩამონადენის რეგულირება წყალშემკრებ ფართობზე; ზედა მხარის თხრილების გაყვანა ხრამისაკენ მიძართული ზედაპირული ჩამონადენის დასაქურად და შემავლდებელ ნაგებობათა (მოკირწყლული დარების, სწრაფდენების, საფეხუროვანი ან კონსოლური ვარდნილები) მოწყობა აღნიშნული წყლის ხრამის ფსკერზე უსაფრთხო დაშვებისათვის; ხრამის ფსკერით გამდინარე წყალდენის კალაპორტის დამაგრება სხვადასხვა კონსტრუქციის ფსკერული ზღურბლებით ან საგუბრებით, რომლებიც აწვევ დროს შეაკავებენ წყალშემკრებ ფართობებიდან შემოტანილ ეროზიის პროდუქტებს (ხახ. 21—3), ხოლო ამის შედეგად ნაკადის I გრძივ ქანობს შეაკირიყენ I' სიდიდემდე (უფრო გავრცელებულია 278

საგუბრების მოწყობა, რადგან ისინი ქანობის შემცირებასთან ერთად აგანბნებენ ნაკადის კალაპოტს და ამცირებენ მისი ფერდობების გამორეცხვის საშუალებას). აღნიშნულ ღონისძიებათა ჩატარებით აღწევენ ხრამის ინტენსიური ზრდის შეწყვეტას და ატმოსფერული ნალექების ზემოქმედებით მისი ფერდობების ქანობის თანდათანობით შემცირებას.

მთაგორიანი რელიეფის პირობებში მდინარეებისა და მათი შენაკადების სათავეებში არც ისე იშვიათად აღვილი აქვს ლვარცოფების ანუ სიღვების წარმოშობას. ლვარცოფული ნაკადი დამანგრეველი ძალის წყალმოვარდნაა, რომელიც შეიცავს მინერალური ნაწილაკებისა და მონატები ქანების ძალიან დიდ რაოდენობას (ნაკადის მთელი მასის 75%-მდე). ლვარცოფები (ტალახქვიანი და წყალქვიანი ნაკადები) წარმოიშობა თოვლის ძალიან სწრაფი დნობის ან ინტენსიური ნიაღვრების შედეგად მთის პატარა მდინარეთა



ნახ. 21-3. საგუბრებისა და ზღურბლების სქემა მთის ნაკადზე: ა-საგუბრები; ბ-ზღურბლები.

აუზებში და დიდქანობიან (არანაკლებ 0,1) მშრალ ხეებში მნიშვნელოვანი რაოდენობის გამოფიტვის პროდუქტების დაგროვების შემთხვევაში.

ლვარცოფებთან ბრძოლას აწარმოებენ სხვადასხვა მიმართულებით; მათგან უმთავრესია: ა) პირველადი ჩამონადენის წყალშემკრებ აუზში რეგულირება; ბ) ლვარცოფების წარმოშობის თავიდან აცილება—სპეციალური სამეთვალყურეო სამსახურის მეშვეობით ეროზიის პროდუქტებისა და წყლის დაგროვების აღვილების დადგენა და მათი თანდათანობით უსაფრთხო გადაადგება ახლომდებარე მდინარეებში; გ) კაშხალიანი ტევადი ლვარცოფსაცხეების სისტემის მშენებლობა, რომელმაც უნდა უზრუნველყოს მასზე მიერთებული აუზიდან შემოსული ლვარცოფული ნაკადის მთელი მოცულობის მოთავსება (ამ მიზნით აგებენ მიწისა და ქვიპყრილ კაშხალებს). ლვარცოფული მოვლენები უმეტესად გავრცელებულია ამიერკავკასიაში (უპირატესად აზერბაიჯანში) და შუა აზიაში (მაგალითად, ქ. აღმა-ათის რაიონში). ყაზახეთის სსრ მინისტრთა საბჭოსთან შექმნილია სპეციალური სახელმწიფო კომიტეტი, რომელიც ახორციელებს ლვარცოფული ნაკადების თავიდან აცილებისა და მის მავნე შედეგებთან ბრძოლის ღონისძიებებს.

§ 21-4. მდინარეთა რეგულირება შუა და ძველად დინებაში

1. ნატანის დალექვისთან ბრძოლა

როგორც აღნიშნეთ (იხ. § 21-2) მდინარის შუა დინებაში აღვილი აქვს როგორც სიღრმულ, ასევე ცირკულაციური დინების ზემოქმედებით წარმოშობილ გვერდით ეროზიას; ამავე დროს წარმოებს ნატანის აკუმულაციაც (დაგროვება). სიღრმულ ეროზიასა და აკუმულაციას შორის არსებობს თითქოსდა

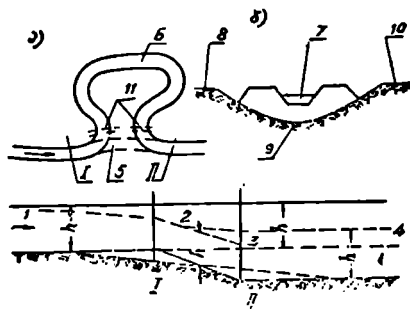
დროებითი მოცულობითი წონასწორობა, მდინარის ქვედა დინებაში ძირითადად ხდება ზემოდან მოტანილი ნატანის აკუმულაცია (დალექვა), რაც იწვევს კალაპორტის ფსკერის საერთო ამაღლებას და მისი კლასიცილობის გაზრდას. ეს მოვლენა არასასურველია იმ თვალსაზრისით, რომ წყალდიდობისა და წყალმოვარდნის დროს ხნიშვნელოვნად იზრდება ტერიტორიების დატბოვის ფართობი. ამ პროცესთან ბრძოლა წარმოებს ორი ხიშართულებით:

1) მდინარის სათავედან ტრანსპორტირებული ნატანის რაოდენობის შემცირებით, რასაც შეიძლება მივაღწიოთ მისი სათავეს რეგულირებით;

2) ისეთი პირობების შექმნით, რომლებიც უზრუნველყოფენ ნატანის უკეთეს გადაადგილებას მდინარის შესართავ ნაწილში და ზღვაში-მდინარის I გრძივი ქანობის, დინების სიჩქარეებისა და აგრეთვე მდინარეში h სიღრმეთა გაზრდით.

მდინარის გრძივი ქანობის გაზრდა შეიძლება კლასიცილი კალაპორტის გასწორებით ანუ მისი სიგრძის დამოკლებით, რის შედეგად იზრდება ნაკადის დინების სიჩქარეებიცა და წატაცების ძალაც (ნახ. 21-4). მდინარის კლასიცილის (შენადრის) გასწორების შედეგად გამოთიშული ძველი კალაპორტის უბნები თანდათანობით კვდებიან და იცქვიან ბრუნბასოვასი ფორმის ქალის ციებლად.

განაქვრის გრძივი პროფილის სქემის თანახმად (ნახ. 21-4, გ), და(ეზის



ნახ. 21-4. მდინარის კლასიცილის (შენადრის) გასწორება: ა-კლასიცილის გეგმა; ბ-მიონტრული არხის მოწყობა; გ-გასწორებულზე ზღვის დონის გრძივი პროფილი; დ-და(ეზის წიბო; ე-4 შეტორვის პროფილი; ვ-განაქვრი: ზ-ძველი კალაპორტი; ლ-პრობერული თხრილი; მ-8-9-10-ახალი კალაპორტის საფარადლო პროფილი; 11-ზღუდარები.

მრუდის 1-2 ფარგლებში ხდება ფსკერის წარეცხვა, ხოლო შეტბორვის პროფილის 2-4 ფარგლებში-ნატანის დალექვა.

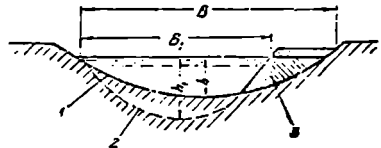
ჩვეულებრივ, განათხრის წარმოსაქმნელად იყენებენ ნაკადის წაძრევს ენერგიას: შეშაობას იწყებენ მოშავალი განაქვრის ღერძის გასწვრივ თავთხრილის (7) გაყვებით. მაღალი დონეების დროს წყალი მიემართება განაქვრში და რეცხავს გრუნტს. კალაპორტის ის ფორმა, რომელიც უნდა მიიღოს თავთხრილმა გასწორების შედეგ, შეიძლება მთავლობით დაედაგინოთ ი. იზად ზადეს მეთოდით.

კალაპორტის სიღრმის გაზრდა შეიძლება მოვახდინოთ მისი შეზღუდვით, მაგალითად, მის ერთ ერთ ნაპირზე განივი ჯებირის აგებით (ნახ. 21-5). ამის შედეგად მდინარის წინანდელი M სიგანე შემცირდება B_1 სიდიდემდე, ხოლო h სიღრმე გაიზრდება h_1 -მდე. მდინარის ახალი სიღრმე შეიძლება მთავლობით განისაზღვროს წყლის ხარჯის განტოლებიდან იმ დაშვების საფუძველზე, რომ განივი ჯებირის მოწყობის შემდეგ I ქანობი და C შეზის კოეფიციენტი არ იცვლებაან:

$$Q = BhC\sqrt{hI} = B_1h_1C\sqrt{h_1I}$$

$$h_1 \approx h \sqrt[3]{\left(\frac{B}{B_1}\right)^3} \quad (21 \text{ 8})$$

კალაპოტი შეიძლება შეიზღუდოს გრძივი ან განივი ჯებირებით (საგუბრებით) ან მათი კომბინაციით (ნახ. 25—6). განივ ჯებირებს ანუ ბუნებს, რომელთაც აწყობენ ერთმანეთისაგან რაღაც მანძილზე, ის უპირატესობა აქვთ, რომ კალაპოტი შეიძლება შევზღუდოთ თანდათანობით და არა ყველა ჯებირის თავიდანვე ამოყვანით, მაგალითად, თითოს გამოტოვებით და არა მთელი საპროექტო სიგრძით. აგების ასეთი წესის გამოყენებისას შეიძლება დავაკვირდეთ კალაპოტის "ვეიწროებისა და ჩაღრმავების პროცესს და სამუშაოები შევწყვიტოთ მაშინ, როდესაც მიღწეული იქნება ჩაღრმავების საჭირო სიღიღე.



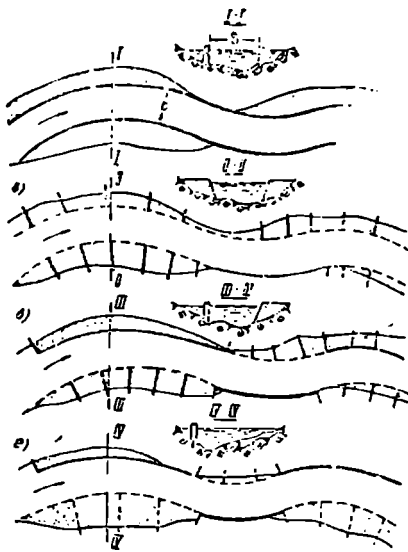
ნახ. 21-5. განივი ჯებირით კალაპოტის ჩაღრმავების ქედი:

1—არსებული კალაპოტი; 2—ჩაღრმავებული კალაპოტი;

უნდა აღენიშნოთ, რომ ხშირად განივი ჯებირებით კალაპოტის შეზღუდვის საშუალების ჩატარება შედარებით იაფი იქნება. განივი ჯებირების (ბუნების) მოწყობის კიდევ ერთი უპირატესობა ისაა, რომ მათ შორის არის თვითონ ნაკადი აცლებს კალაპოტში წანარცხი ნატანით. წყალმოვარდნის დროს ეს არცესი კიდევ უფრო ჩქარდება და შედეგად ახალი ნაპირი წარმოიშობა.

გრძივ ჯებირებს ზემოხსენებული უპირატესობანი არ გააჩნიათ, ისინი ხაყვბდამოქნილნია, კალაპოტის შეზღუდვას სივარს შეტყვის საჭიროების შენახვევაში ძნელია მათი გადაკეთება. სამაგიეროდ წყლის დინება გრძივ ჯებირებთან, განსაკუთრებით ჩაზნექილ უბნებზე, უფრო მშვიდი და უსაფრთხოა.

ყველაზე უფრო რაციონალური და ეკონომიური კალაპოტის შეზღუდვის კომბინირებული ხერხი, რომელიც საშუალებას იძლევა საგუბრები (ბუნები) თანდათანობით ავაშენოთ. შეორე მხრივ, რგი გრძივი ჯებირების გაწყვივ, რომ ნაპირების გაყოლებით, იქ სადაც



ნახ. 21-6. კალაპოტის შეზღუდვის ქედეი:
 ა—გრძივი ჯებირებით; ბ—განივი ჯებირებით; გ და დ—კომბინირებული ხერხით.

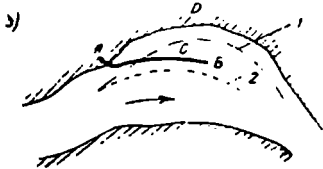
უზარუნეულყოფს წყლის მშვიდ დინებას იმ შემთაყ ჩვეულებრივ ათავსებენ ჩაზნექილ სიჩქარეები უდიდესაა.

მდინარის ამ უბნებზე, სადაც იგი კუნძულებით გაყოფილია რამდენიმე ტოტად, ნაკადის სიღრმეს ზრდიან საგუბრების მეშვეობით ცალკეული ტოტების დახურვით და მთელი ნაკადის ერთი ან რამდენიმე ტოტში გატარებით.

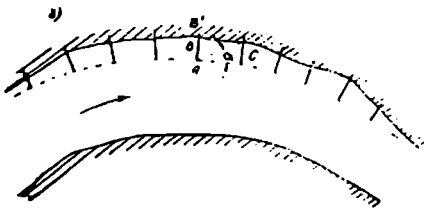
2. კალაპოტის ფსკერისა და ნაპირების ადგილობრივ გაარეცხვასთან ზრძოლა

მდინარის შუა და ქვედა დინებისათვის დამახასიათებელია ადგილობრივი წარეცხვები, რომელთა წინააღმდეგ ზრძოლა ძირითადად ორი ხერხით წარმოებს: 1) წარეცხვის ადგილებიდან ნაკადის ქველის გადახრით და 2) მდინარის კალაპოტის წარეცხვადი უბნების დამსველი სამოსით დაფარვით (ამ საკითხს შემდეგ თავში გ. ვეცნობით).

მდინარის წარეცხვადი ნაპირიდან ქველის გადასახრულად მის გასწვრივ უნდა მოეწყოს გრძივი ან განივი ჯებირები. გრძივი ჯებირის სანაპირო *A* ბოლოს, ე. წ. ფესვს, ამაგრებენ ნაპირში, ხოლო მეორე *B* ბოლო (თავი) თავისუფლად თავსდება მდინარეში (ნახ. 21—7, ა).



ქველშიმშართველ ჯებირს გეგმაში აქვს მრუდხაზოვანი მოხაზულობა. ჯებირის სიმტკიცისა და მის უკან ხატანის ინტენსიური დალექვის უზრუნველსაყოფად (განსაკუთრებით წყალდიდობის დროს, როდესაც ჯებირი დატბორილია) აწყობენ ჯებირის ნაპირთან დამაკავშირებელ *CD* ტრავერსებს.



განივ ჯებირებს, რომელთაც ნახევარსაგუბრებს, ანუ დეზებს უწოდებენ, წარეცხვად ნაპირზე ისე განალაგებენ, რომ მისი სათავესები გეგმაში მოთავსდეს მდოვრე მრუდზე, ხოლო ფესვები ჩამაგრდეს ნაპირებში (ნახ. 21—7, ბ). ნახევარსაგუბრებს შორის მანძილს იღებენ მათ სიგრძეზე სამოთხჯერ მეტს ან განსა-

ნახ. 21-7. მდინარის ნაპირის დაცვის სქემები: *ა*—ქველშიმშართველი ჯებირებით; *ბ*—ნახევარსაგუბრებით (დეზებით); 1—მდინარის შუაწყალი; 2—შუაწყალი რაგულარების შედეგად.

ზღვრავენ ნაკადის ა განღვრის კუთხით, რომელიც დაახლოებით 5—15°-ია. პრაქტიკულად *BC* მანძილი შეიძლება განისაზღვროს ანალოგიურ პირობებში წინათ აშენებულ ნაგებობებზე ჩატარებულ დაკვირვებათა მონაცემების მიხედვით ან სპეციალურ საცდელ ჯებირებზე, აგრეთვე მოდელებზე ჰიდრაულიკური ცდების ჩატარებით.

ნახევარსაგუბრას (დეზს) ნაპირის მიმართ ნორმალურად ან მცირე დახრილობის კუთხით აყენებენ. უკანასკნელ შემთხვევაში რამდენიმე იზრდება მათ შორის მანძილები.

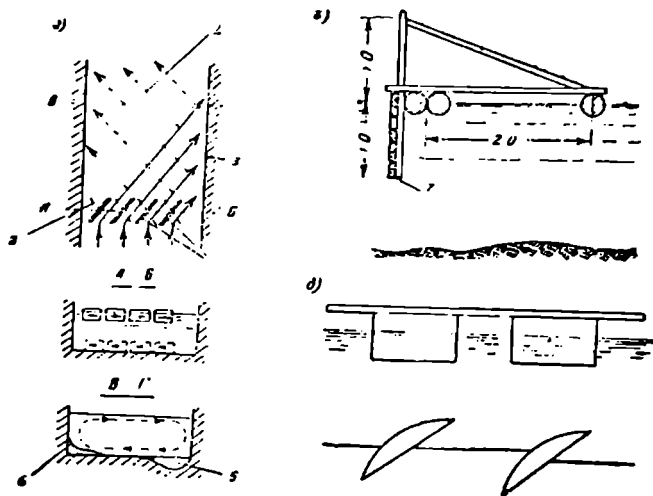
მდინარის ფსკერის ადგილობრივი წარეცხვები შეიძლება შეწყვეტილ იქნეს მცირე სიმაღლის ფსკერული ზღურბლების მოწყობით. ასეთი ზღურბლები იწვევს ფსკერიდან ქველების გადახრას, ხოლო მის შედეგად ზღურბლებს

შორის არეში წარმოშობს მორეკს ჰორიზონტალური ღერძით და ნატანის და-
ლექვას.

ადგილობრივ წარეცხვას შეიძლება ადგილი ჰქონდეს მდინარისა და მ-
სი შენაკადის შეერთების ზონაშიც სახელდობრ, შენაკადის შერთვის მოპირ-
დაპირე ნაპირზე. საკმე ისაა, რომ მდინა-ესთან შედარებით დიდი ქანობის
გაპო შენაკადს მოაქვს უფრო ნსხვილი ნატანი, რომლის ნაწილი რჩება შესა-
რთაეში და ზღუდავს მდინარის კალაპოტს. შედეგად მეორე ნაპირზე იწყება
ადგილობრივი წარეცხვა, რაც იწყებს მდინარის კალაპოტის შემდგომ დეტო-
რმაციებს. ეს მოვლენა უფრო ინტენსიურია მაშინ, როდესაც შენაკადი მდი-
ნარეს უერთდება შედარებით დიდი კუთხით. ასეთ შემთხვევაში, ცხადია, უნ-
და შეიცვალოს ნაკადების შეხვედრის კუთხე საეციალური განათხარის მეშვეო-
ბით $\alpha = 25-35^{\circ}$ -მდე. ამასთან ერთად სასურველია შესართაეთან შენაკადზე
შოეწყოს მიმმართველი ჯებიოე, ხოლო მდინარის მოპირდაპიოე ნაპიოე სათანა-
ლოდ გამარდეს.

8. ადგილობრივი ეროზიის რეგულირება ნაკადზე ხელოვნური ზემოქმედებით:

ადგილობრივი ეროზიის რეგულირებისათვის ჩვენს ქვეყანაში ფართო გა-
მოყენება პოვა ვ. პოტაპოვის მეთოდმა, რომელიც ემყარება ნაკადის განივი
ციოკულაციის მოვლენის გამოყენებას. ამ მიზნით იყენებენ განსაკუთრე-



ნახ. 21-8. ვ. პოტაპოვის ფარებო:

ა—ნაკადის განივი ციოკულაციის იგზნების სქემა; ბ—ხია ფარის უმარტოეის კონ-
სტრუქციო; გ—ფოლადის დუ სეკუნტური ფარებო; 1—ზედაპირული (მცურაე) მიმმ-
ართეული ფარებო; 2—ფსკერული მიმმართეული ფარებო; 3—ზედაპირული კვა-
ლებო; 4—ფსკერული კაელებო; 5—წინარეცხო; 6—ნატანის დინალექო;

7—შემოფიეერა.

ბულ ზედაპირულ ან ფსკერულ მიმმართეულ ფარებს (მცურავს ან სტაციონა-
რულს), რომლებიც ნაკადში იწყევენ განივი ციოკულაციას. ამ მოვლენის დაბ-

მარებით შეიძლება წავრევხოთ კალაპოტი ან, პერიქით, ვაიძულოთ ნატანი დაილექოს სასურველ ადგილზე.

21—8, ა ნახაზზე სქემატურად ნაჩვენებია ქეიშის ფსკერის მქონე საცდელ ღარში ჩადგმული და სხვადასხვა მხარეს მიმართული მცურავი და ფსკერული მიმმართველი ფარების უმარტივესი სისტემა. მცურავი ფარებით ზედაპირული ჰაერები იხრება მარჯვნივ, ხოლო ფსკერული ჰაერები ფსკერზე დადგმული ფარებით—მარცხნივ; შედეგად მარჯვნივ იქმნება ფსკერის წანარეცხი, ხოლო მარცხნივ (დინების მიმართულებით)—ნატანის დანალექი. იგივე ეფექტის მისაღწევად საკმარისი იქნებოდა მხოლოდ ზედაპირული (მცურავი) ან მხოლოდ ფსკერული ფარების გამოყენება. მოხერხებულობის გამო პრაქტიკაში უფრო ხშირად ზედაპირული (მცურავი) ფარებია გამოყენებული.

ვ. პოტაპოვის ფარების უმარტივეს კონსტრუქციას ამზადებენ ხისაგან (ნახ. 21—8, ბ), უფრო რთული ფარები კი მზადდება ფოლადის ღრუ სეგმენტების სახით (ნახ. 21—8, გ). ღრუ სეგმენტების წყლით ნაწილობრივი შევსების მეშვეობით მათი მოთავსება შეიძლება ნაკადის ნებისმიერ სიღრმეზე.

ვ. პოტაპოვის მიმმართველი ფარების დახმარებით შეიძლება დავიკეთო მდინარის კალაპოტის წარუცხადი უბნები, თუ ფარებს ისეთნაირად დავაყენებთ, რომ ზედაპირული ჰაერები მიმართული იქნება მეორე ნაპირისაკენ, ხოლო ნატანიანი ფსკერული ჰაერები — წარუცხადი ნაპირისაკენ, სადაც უზრუნველყოფილი იქნება მათი დალექვა. ეს მეთოდი ეკონომიურია და იგი წარმატებით გამოიყენება მდინარეთა რეგულირების მრავალ შემთხვევაში, თუმცა ზამთრის რეჟიმის პირობებში ვ. პოტაპოვის ფარების გამოყენება აწყდება ერთგვარ სიძნელეებს. მიუხედავად ამისა, არის ამ მეთოდის ზამთრის პირობებში გამოყენების მაგალითებიც.

ნაკადის დინებაზე ხელოვნური ზემოქმედების მეორე მეთოდი შემუშავებულ იქნა ა. ლოსივესკის მიერ; იგი ეყრდნობა ნაკადის ფსკერულ დინებაზე კედლებით ზემოქმედების ეფექტს. კედლები იდგმება მდინარის ფსკერზე დინების მიმართულებასთან 15° — 25° კუთხით. ამ მეთოდს იყენებენ სანაოსნო მდინარეებზე მათი ჩქვრიანი უბნების ჩასაღრმავებლად.

§ 21—5. მდინარის კალაპოტისა და მისი ცალკეული უბნების საერთო და სპეციალური რეგულირება. სანაპირო მიწების დაბნობისაგან დაცვა

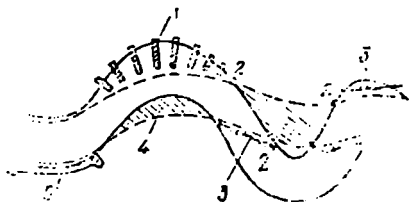
1. მდინარის კალაპოტის ხაერთო რეგულირება (გასწორება)

მდინარის დარეგულირებულ ანუ მდგრად კალაპოტს უწოდებენ მის ისეთ მდგომარეობას, რომლის დროს მდინარის მთელ სიგრძეზე ან მის მნიშვნელოვან უბნებზე ნაკადის წამრეცხ ძალასა და წარეცხვისადმი კალაპოტის გრუნტების წინაღობას შორის, აგრეთვე ნაკადის ნატანტრანსპორტირების უნარსა და წყალშემკრები აფხიდან მასში ნატანის ფაქტიურ შესვლას შორის დამყარებულია გარკვეული შესაბამისობა.

მდინარის მდგრადი კალაპოტის შექმნა მრავალ სირთულესთანაა დაკავშირებული, მოითხოვს ხანგრძლივ დროს და დიდ მატერიალურ დანახარჯებს. ამიტომ ამ ამოცანას წყვეტენ მდინარის არახელსაყრელი უბნების თანდათანობითი რეგულირებით მთელი მდინარის რეგულირების (გასწორების) საერ-

თო ჯგუშის შესაბამისად. კალაპოტის საერთო რეგულირებას ახორციელებენ გრძივი და განივი ჯგუშების თანდათანობითი აგებით, ტოტების დახურვით და ა. შ. კალაპოტის გასწორების სამეწაოთა საერთო ამოცანაა ისეთი კალაპოტის შექმნა, რომელიც დააკმაყოფილებს გარკვეულ სამეურნეო მოთხოვნებს (ჩაოსნობა, ხე-ტყის დაცურება, მელიორაცია და ა. შ.) მინიმალური საექსპლუატაციო დანახარჯებით.

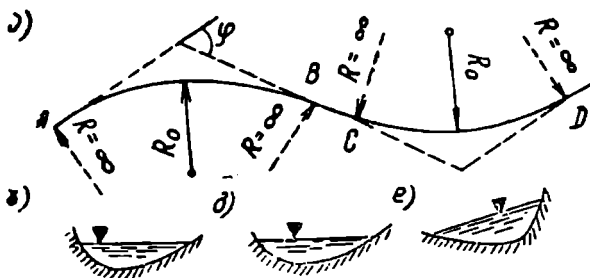
მდინარის კალაპოტის გამასწორებელ ტრასას უწოდებენ დასაპროექტებელი კალაპოტის მოხაზულობას წყლის კიდის გასწვრივ ძილებული საანგარიშო დონის დროს (ნახ. 21—9). თუ გავითვალისწინებთ იმ გარემოებას, რომ



მდინარეთა ბუნებრივი მდგრადი უბნებისათვის დამახასიათებელია გეგმაში კალაპოტის მრუდხაზოვანი ღერძი, ადვილად დაერწმუნებით, რომ დასაპროექტებელი გამასწორებელი ტრასის ღერძიც გეგმაში მრუდხაზოვანი უნდა იყოს. კერძოდ, მას აპროექტებენ ერთმანეთთან მდოერედ შეუღლებულ მრუდთა სისტემის სახით, რომელსაც დასაშვებია ჰქონდეს მოკლე სწორხაზოვანი უბნებიც. გეგმაში მრუდხაზოვანი მოხაზულობის მდგრად ბუნებრივ კალაპოტებში ცენტრიდა-

ნახ. 21-9. გამასწორებელი ტრასის სქემატური გეგმა: 1—განვი გამასწორებელი ნაგებობანი; 2—ახალი კალაპოტის შესაქმნელად შესრულებული ჩაობარის ნაწიბუტები; 3—გრძივი გამასწორებელი ნაგებობანი; 4—კალაპოტის ცილმზრივი (ან ორმზრივი) გაფართოებისათვის არსებული კალაპოტის ჩაოსსაქრელი უბანი; 5—არსებული ნაპირის გასამაგრებელი სარტყელი.

ნული ძალების არსებობის გამო მის განივეყუთებს აქვს არასიმეტრიული ფორმა, რომელიც მკვეთრადლა გამოსატული კლაკნილების (მეანდრების) წვეროებში. ითვალისწინებენ რა ამ გარემოებას, ერთი განივეყუთიდან მეორეზე გადასვლის მიზნით ტრასის ღერძს ნიშნავენ ცვალებადი სიმრუდის რადიუსით (ნახ. 21—10). ტრასის მრუდხაზოვან ღერძს შეიძლება ჰქონდეს სინუსოიდის



ნახ. 21-10. გამასწორებელი ტრასის ღერძის დაღენა:

ა—ტრასის ღერძი; ბ-გ-დ—კალაპოტის განივეყუთები შესაბამისად A₉, B₉ და C₉ უბნებზე.

ან სხვა ისეთი მრუდის სახე, რომლის სიმრუდის რადიუსი მისი ოპტიმალური (მინიმალური) R_0 მნიშვნელობიდან (კლაკნილის წვეროში) მაქსიმალურ $R = \infty$ მნიშვნელობამდე (მის ბოლოში) იცვლებოდეს მდოერედ.

ტრასის ლერძის დაპროექტებისას არსებითი მნიშვნელობა აქვს მისი მინიმალური სიძრუდის R_0 რადიუსის დადგენას, რომლის სიდიდე დამოკიდებულია საექსპლუატაციო მოთხოვნებზე და ნაკადის ზომებზე. ს. ალტუნინის რეკომენდაციით იგი შეიძლება აღებულ იქნეს $R_0 = 4B$, სადაც B არის კალაპოტის სიგანე წყლის კიდის მიხედვით [იხ. (21-6) ფორმულა].

გამასწორებელი ტრასის გასწორებული უბნები სასურველია გავითვალისწინოთ იქ, სადაც არსებულ კალაპოტს აქვს მცირე ქანობები და, მაშასადამე, შემცირებული გამტარუნარიანობა, აგრეთვე ყინულხერგილების წარმოქმნის ადგილებში. გამასწორებელმა ტრასამ შეძლებისდაგვარად უნდა გამოიყენოს არსებული დაბალი დონის კალაპოტის უბნები, რადგან სწორედ ასეთ კალაპოტში აღინიშნება ნატანის უმცირესი დალუქვა. თუ ტრასის ლერძი გადის შრავალტოტიანი კალაპოტის უბანზე, მაშინ მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ ის ტოტები, რომელთაც აქვთ ტენდენცია გაფართოებისაკენ.

გამასწორებელი კალაპოტის პირაკლიკური ელემენტები უნდა აკმაყოფილებდეს სათანადო მოთხოვნებს, სახელობრ: 1) სიღრმეები და სიგანეები შეესაბამებოდნენ საექსპლუატაციო პირობებს; 2) ნაკადის სიჩქარე იყოს მუდმივი კალაპოტის მთელ სიგრძეზე ან, თუ ამის მიღწევა შეუძლებელია, იზრდებოდეს ქვემოთ დინების მიმართულებით; 3) კალაპოტი იყოს მდგრადი წარეცხვასა და დალამვანზე; 4) კალაპოტის ფერდების დახრილობა იყოს კალაპოტის გრუნტის კატეგორიის და სამუშაოთა წარმოების ხერხის შესაბამისი.

საანგარიშო ხარჯი და შესაბამისი დონე უნდა დაინიშნოს მდინარის ტიპისა და გამასწორებელ სამუშაოთა მიზნების შესაბამისად. ეს შეიძლება იყოს $3-10\%$ -მდე უზრუნველყოფის წყალმოვარდნის ხარჯი - ე. წ. კალაპოტჩამოყალიბებელი ხარჯი (ს. ალტუნინის მიხედვით).

დასაპროექტებელი კალაპოტის სიგანის დანიშვნის შემდეგ იღვივად განისაზღვრება მისი განივკვეთის დანარჩენი ზომები. კალაპოტის საშუალო სიღრმე განისაზღვრება დამოკიდებულებიდან:

$$Q = BH_{სა} v_{სა}, \quad (21-9)$$

სადაც Q არის საანგარიშო ხარჯი; B - გამასწორებელი ტრასის საანგარიშო

სიგანე; $H_{სა} = \frac{w}{B}$ (აქ w კალაპოტის განივკვეთის ფართობია);

$v_{სა}$ - შეზის ფორმულით განსაზღვრული საშუალო სიჩქარე საშუალო ქანობისა და ხორკლიანობისათვის.

$H_{სა}$ მიღებულ საორიენტაციო მნიშვნელობას აზუსტებენ შემდგომი გაანგარიშებით. კალაპოტის სწორხაზოვან უბანზე განივკვეთი შეიძლება მოიხაზოს

კვადრატული პარაბოლით, მაშინ განივკვეთის ფართობი $w = \frac{2}{3} BH_{სა} \approx BH_{სა}$,

ხოლო სიჩქარე შეზის მიხედვით $v = C\sqrt{RI} = C\sqrt{H_{სა} I}$. თუ ჩავსვამთ w -ს მნიშვნელობას $v = \frac{Q}{w}$ გამოსახულებაში, მივიღებთ

$$C\sqrt{H_{სა} I} = \frac{Q}{B H_{სა}},$$

საიდანაც

$$H_{სა} = \sqrt[3]{\frac{Q^3}{B^2 C^3 I}}; \quad B = \frac{Q}{C H_{სა}} \sqrt{\frac{1}{I H_{სა}}}. \quad (21-10)$$

მდგრადი კალაპოტის განიეკვეთის პარამეტრების დასადგენად ცნობილია სხვა წინადადებებიც, მაგალითად, ნაკადის ხარჯისა და გრუნტის პირობების მიხედვით σ . იბად-ზადეს წინადადება და სხვ.

ტრასის მრუდნაზოვანი უბნებისათვის განიეკვეთის პროფილის ფორმები შეიძლება დავადგინოთ სათანადო მიახლოებითი ფორმულებით [12].

დასაპროექტებელი კალაპოტის საანგარიშო სივანისა და სიღრმის დაწინაშენის, აგრეთვე მისი განიეკვეთების დადგენის შემდეგ უნდა აიგოს ტრასის გრძივი პროფილი ნაკადის ზედაპირის საშუალო ქანობისათვის. არ არის გამორიცხული, რომ მეზობელი უბნების დონეები არ დაემთხვეს ერთმანეთს იმის გამო, რომ მათ აქვთ ერთმანეთისაგან განსხვავებული სივანე და სიღრმე. ამასთან დაკავშირებით, ცხადია, უნდა ჩატარდეს სამოწმებელი ჰიდრაულიკური გაანგარიშებანი და ხელახლა განისაზღვროს საანგარიშო ხარჯის შესაბამისი კალაპოტის ძირითადი ჰიდრაულიკური ელემენტები. თუ განმეორებითაც არ დაემთხვა მეზობელი უბნების დონეები, მაშინ უნდა გადავხედოთ ტრასის გვერდის ინ შეეცვალოთ კალაპოტის სივანე მის ცალკეულ უბნებზე, ანდა გამოვიყენოთ ორივე საშუალება. თუ ეს ღონისძიებანიც არ აღმოჩნდა საკმარისი, მაშინ უნდა ჩატარდეს შემუშავებული დაცემის ინ შეტბორვის მრუდების გაანგარიშება და მის საფუძველზე გარდამავალი უბნების სიგრძეთა განსაზღვრა და მათი დატანა გვერდზე.

გარდა სამოწმებელი ჰიდრაულიკური გაანგარიშებებისა, დაპროექტებული კალაპოტი უნდა შემოწმდეს მდგრადობაზე (გაურეცხობასა და არალამვადობაზე). კალაპოტის მდგრადობის შემოწმებისათვის ზოგჯერ უფრო მიზანშეწონილია განისაზღვროს მოსალოდნელი წარეცხვის ზღვრული სიღრმე. ამ შემთხვევაში მხედველობაში უნდა ექონიოთ, რომ წარეცხვის პროცესში ნაკადის სიღრმის გაზრდით იცვლება მისი სიჩქარე და ზედაპირის გრძივი პროფილი.

გამსწორებელ ნაგებობათა დანგრევის ერთ-ერთი მთავარი მიზეზია ნაკადის მიერ კალაპოტის ფსკერის წარეცხვა მათ ფუჭებთან. კალაპოტის მდგრადობა წარეცხვაზე და თვით ნაგებობის მდგრადობა მაშინ იქნება უზრუნველყოფილი, როდესაც $\sigma \ll \sigma_{\text{კ}}$, სადაც σ არის ნაგებობის გარსმდენი ნაკადის სიჩქარე, ხოლო $\sigma_{\text{კ}}$ — დასაშვები არაწამრეცხი სიჩქარე.

დაპროექტებული კალაპოტის არალამვადობა შეიძლება შემოწმდეს მდგრადი კალაპოტის კრიტერიუმთან [იხ. ფორმულა (21-6)] მისი განივი ზომების შედარებით, ამასთან A პარამეტრის მნიშვნელობა უნდა განისაზღვროს მოცემული მდინარისათვის.

დაპროექტებულ კალაპოტში ფსკერული ნატანის შეფასება უნდა მოხდეს $G \gg G_{\text{კ}}$ პირობის მიხედვით, რაც იმას ნიშნავს, რომ დაპროექტებული კალაპოტის ტრანსპორტირების უნარი არ უნდა იყოს ბუნებრივი კალაპოტის ტრანსპორტირების უნარზე ნაკლები.

3. მდინარეთა რეგულირება (გასწორება) ნაოსნობისათვის

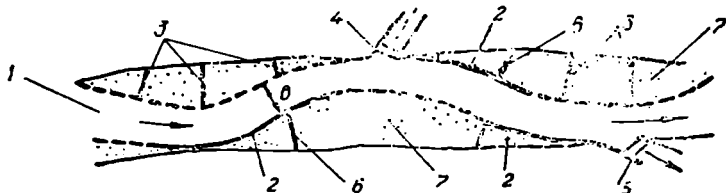
ნაოსნობის უზრუნველსაყოფად მდინარის კალაპოტის გასწორების მიზანია გემის საეალის სიღრმისა და სივანისა გაზრდა, გზის სიგრძის შემოკლება ძლიერ კლაკნილ უბნებზე. დინების სიჩქარეთა შემცირება კორომიან ადგილებში, ფარვატერისათვის მღოვრე მოჩაზულობის მიცემა გემების მოხერხებული მოძრაობისათვის.

ამ ამოცანების გადაწყვეტას აღწევენ შემდეგ ღონისძიებათა განხორციელებით: 1) კალაპოტის საერთო გამასწორებელ სამუშაოთა ჩატარებით, თუ იგი საერთოდ არასაკმარისად მდგრადია; 2) შეღარებით ძვირადი კალაპოტის შემთხვევაში—ცალკეულ ჩქერებში ლოკალურ სამუშაოთა ჩატარებით ნაკადის შეზღუდვის, მისი დიდი კლანჩილების გასწორების მიზნით; 3) ტოტების დახურვით; 4) ფსკერსადრმავებელ და ქვის ლოდების ამოღების სამუშაოთა ჩატარებით.

უფრო დაწვრილებით სანაოსნო მდინარეთა რეგულირების საკითხები შეისწავლება წყლის გზების კურსში.

მ. კალაპოტის რეგულირება წყალმიმღებ ნაგებობებთან

წყალმიმღებ ნაგებობასთან ნაკადის რეგულირების მიზანია მასში და არხში ფსკერული ნატანის მოხვედრის თავიდან აცილება და სუჟთა წყლის ალების უზრუნველყოფა. ასეთი პირობების შექმნა დაკავშირებულია წყალმიმღე-



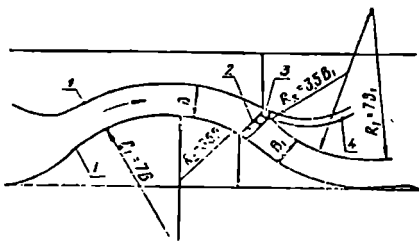
ნახ. 21—11. მდინარის რეგულირების სქემა ორმხრივი უკაშხალო წყალმიმღების შემთხვევაში:

- 1—მდინარე; 2—ქველშიმმართველი ქვირები; 3—ნახევარსაგებობები (ღებები); 4—წყალმიმღები არხი № 1; 5—წყალმიმღები არხი № 2; 6—ტრავერსები; 7—ნატანის დანალექი.

ბის ზონაში ისეთ სარეგულაციო სამუშაოთა ჩატარებასთან, რომელთა ხასიათსა და სპეციფიკას განსაზღვრავს წყლის ალების სქემა.

წყლის აღეიის უკაშხალო სქემის შემთხვევაში წყალმიმღების მუშაობის გასაუმჯობესებლად ღონისძიებებმა უნდა უზრუნველყოს: 1) მოძრავი ფსკერული ნატანის გადახრა სანაპირო წყალმიმღები ხაგებობიდან; 2) ნაკადის შუა

წყლის შენარჩუნება წყალმიმღებთან, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია იმ შემთხვევაში, როდესაც ნაკადის დინამიკურ ღერძს ატვს არამდგრადი მდებარეობა; 3) საკომანდო ღონეთა შენარჩუნება, ხოლო ზოგჯერ ამ ღონეთა აწევა მდინარეში.



ნახ. 21—12. უკაშხალო წყალმიმღებ კვანძთან დაკავშირებული კალაპოტის აგების სქემა:

- 1—ქველშიმმართველი ქვირები; 2—კაშხალი; 3—წყალმიმღები; 4—წყალმიმღები არხი.

ბით შეიქმნება ნორმალური სიგანის მდგრადი კალაპოტი და წყალმიმღები ნაგებობა მოთავსდება ამ კალაპოტის ჩაზნეკილ ნაპირის მხარეზე (ნახ. 21-11).

თუ მდინარეს განსახილველ უბანზე აქვს მდგრადი ბუნებრივი კალაპოტი მოსახვევით, მაშინ, ცხადია, ჰავლშიმმართველ საარეგულაციო ნაგებობათა მოწყობა აღარაა საჭირო და წყალშიმღები შეიძლება უშუალოდ ბუნებრივი კალაპოტის ჩაზნექილ ნაპირზე მოთავსდეს სათანადო წესის დაცვით (იხ. თავი XVI). 21-11 ნახაზზე ნაჩვენებია მდინარის რეგულირების სქემა ორმხრივი უკაშხალო წყალშიმღების შემთხვევაში.

მდინაოს კალაპოტის არამდგრად უბნებში ანალოგიურ ეფექტს შეიძლება მივაღწიოთ პროფ. მ. პოტაპოვის ზემოთ განხილული საკმაოდ ეკონომიკური მეთოდით, რომელიც ემყარება ჰავლშიმმართველი ფარების გამოყენებას. აღნიშნული მცურავი ან სტაციონარული ფარების სისტემა ნაკადის ზედაპირულ ჰავლებს მიმართავს, წყალშიმღებისაკენ, ხოლო ფსკერულს-მოპირდაპირე ნაპირისაკენ (იხ. თავი XVI ნახ. 16-3, დ).

წყლის აღების ზემოთ განხილული სქემის ანალოგიურად მდინარის კალაპოტის საარეგულაციო სამუშაოთა ჩატარება შეიძლება საჭირო გახდეს კაშხალიან წყალშიმღებთა მშენებლობის დროსაც. საქმე ისაა, რომ კაშხალი გადალობავს რა მდინარის კალაპოტს, ზედა ბიეფში წარმოქმნილი წყლის შეტბორვისა და ხარჯების გადაწვილების გამო მკვეთრად ცვლის წყლისა და ნატანის ბუნებრივ რეჟიმს. ეს გარემოება კი იწვევს ზედა და ქვედა ბიეფების კალაპოტების გადაფორმირებას.

ზედა ბიეფის შეტბორვის ზონაში იწყება ნატანის დაღეჟვა და კალაპოტის ფსკერის ამალღება. ეს გარემოება კი იწვევს რაც ა-ასასურველ მოვლენებს: დაბალი დონის ნაკადის ხეტიალს და ტოტუბად დაყოფას, წყლის დონის აწევას, შეტბორვის შრუდის გაგრეკლების მანძილის გაზრდას, წყალსაშვები კაშხალის გამტარუნარიანობის შემცირებას იმის გამო, რომ წყალსაცავის დაღამვის შემდეგ იგი მუშაობს როგორც ფართოზღურბლიანი კაშხალი და სხვა. აქედან გამომდინარე, წყლის საანგარიშო ღონეები და საარეგულაციო ნაგებობათა ზომები უნდა დადგინდეს მდინარის კალაპოტის ფსკერის ახალი, ამალღებული მდებარეობის გათვალისწინებით.

კალაპოტის გადაფორმირება ქვედა ბიეფში ერთმანეთისაგან ორი არსებითად განსხვავებული სტადიის გავლით ხდება. კვანძის მუშაობის დაწყების პერიოდში, როდესაც ნატანის ძირითადი მასა რჩება ზედა ბიეფში, ქვედა ბიეფში გადაგდებული სუფთა წყალი („მშვიდი წყალი“) რეცხავს მისი კალაპოტის ფსკერს საკმაოდ დიდ მანძილზე კაშხალის ქვემოთ; ეს მანძილი ზოგჯერ მრავალ კილომეტრს აღწევს. ამის გამო ქვედა ბიეფში წყლის ღონეები დაბლა იწვევს, რის შედეგადაც იზრდება ნაგებობაზე მოქმედი დაწნევა.

ნატანით ზედა ბიეფის შევსების შემდეგ იწყება მისი ტრანსპორტირება ქვედა ბიეფში და იქ დაღეჟვა (ნაკადის ტრანსპორტირების უნარის შემცირების გამო, რაც ვლინდება წყლის ხაზის ნაწილის არხში მიწოდებასთან დაკავშირებით). ამ პროცესს შეუძლია არა მარტო მომხდარი გარეცხვის კომპენსირება, არამედ ამასთანავე გამოიწვიოს ფსკერის ამალღება წინანდელთან შედარებით. ეს გარემოება კი იწვევს ქვედა ბიეფის დონის აწევას და, მაშასადამე, დაწნევის შექცევას.

თავისთავად ცხადია, ზემოაღწერილი პროცესების გამო აუცილებელია კალაპოტის რეკულირება (გასწორების სამუშაოები) როგორც ზედა, ისე ქვედა ბიეფში, რათა უზრუნველყოთ მდინარის მდგრადი მისვლა წყალშიმღებ ნაგებობასთან ისეთი ჰიდრაულიკური სტრუქტურით, რომლის დროსაც წყლის

ზედაპირული ფენები მიემართება წყალმიმღები ხერკებისაკენ, ხოლო ნატანიანი ფსკერული ფენები — საგდებისაკენ.

ზემოაღნიშნული მოვლენების გათვალისწინებით კაშხლიანი წყალმიმღების შემთხვევაში სარეგულაციო ნაგებობებისათვის ს. ალტუნინი და ი. ბუზუნოვი გვთავაზობენ შემდეგ რეკომენდაციებს [7]:

1) ზედა და ქვედა ბიეფებისა და არხის (წყალმიმღების) დასაპროექტებელი კალაპოტები გეგმაში უნდა დაპროექტდეს მრუდხაზოვანი მოხაზულობის ერთმანეთთან $R_1 = 7B$ და $R_2 = 3,5B$ რადიუსიანი მრუდებით შეკლდებული, სადაც R_1 არის ზედა და ქვედა ბიეფების კალაპოტების სიმრუდის რადიუსი; R_2 -გამყვანი არხის (წყალმიმღების) კალაპოტის სიმრუდის რადიუსი; B -დარეგულირებელი კალაპოტის სიგანე (ნახ. 21—12);

2) დარეგულირებელი კალაპოტის B სიგანე უნდა ავილოთ 3—10% უზრუნველყოფის წყალმოვარდნის ხარჯისას მდგრადი კალაპოტის სიგანისათვის ს. ალტუნინის (ან ვ. გლუშკოვის) მიერ მიღებული (21—6) დამოკიდებულების მიხედვით; ამასთანავე ქვედა ბიეფის კალაპოტის სიგანის დადგენისას უნდა გავითვალისწინოთ, რომ წყლის ალების გამო ქვედა ბიეფის ხარჯი მცირდება;

3) კალაპოტის დარეგულირების უბნების სიგრძეები წყალმიმღების ტიპის მიხედვით უნდა ავილოთ; მაგალითად, ერთმხრივი წყალმიმღებისათვის — ზედა ბიეფში არანაკლებ (5—6) B_2 , ქვედა ბიეფში არანაკლებ (4—5) B_2 (აქ B_2 და B_3 მდგრადი კალაპოტის სიგანეებია შესაბამისად ზედა და ქვედა ბიეფებში); სხვა შემთხვევებისათვის აღნიშნულ სიგანეებს სათანადო მითითებათა შესაბამისად [7, 12] იღებენ.

4) კონსტრუქციულად მდგრადი კალაპოტის შემომზღუფავ სარეგულაციო ნაგებობებს გრუნტის მასალით ამოყვანილი გრძივი ჰავლმიმართული ჯებირებით აფორმებენ.

4. ხანაპირო მიწების დაცვა დატბორვისაგან (წყალდიდობასთან ბრძოლა)

წყალდიდობასთან ბრძოლა (კონკრეტულად ხანაპირო მიწების, მდინარის ქალებში არსებული სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების, შენობების და სხვ. დატბორვისაგან დაცვა) ერთ-ერთი ფრიად მნიშვნელოვანი წყალსამეურნეო ღონისძიებია.

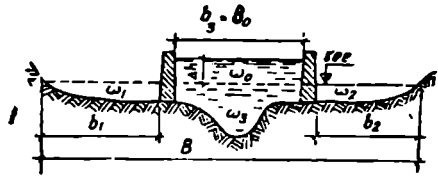
მდინარის მომიჯნავე ტერიტორიების წყალდიდობისაგან (დატბორვისაგან) დაცვა შეიძლება განხორციელდეს სხვადასხვა მეთოდით, რომელთაგან უმთავრესია: 1) შემოზვინვა — დასაცავი უბნის შემოზღუფვა ჯებირებით (ზვინებით); 2) კალაპოტის გამტარუნარიანობის გაზრდა — წყალმოვარდნის იგივე ხარჯების გატარება უფრო დაბალი დონეების დროს; 3) წყლის ხარჯის შემცირება მდინარის მოცემულ უბანზე (კალაპოტის განტვირთვა) განმტვირთავი არხის მოწყობით ან წყალმოვარდნის ჩამონადენის რეგულირებით (წყალსაცავების შექმნით); 4) მიყრა და დასატბორი ტერიტორიის ამადლება.

შემოზვინვას იყენებენ მდინარის ქალებში, როგორც დატბორვისაგან მიწების დასაცავად, ისე წყლის ნაკადის რეგულირებისა და მართვისათვის. შემოზიდვა შეიძლება იყოს ცალმხრივი, როდესაც დასაცავია მდინარის ერთ-ერთი ნაპირის მიწები, და ორმხრივი, როდესაც ჯებირები ამოქყავთ ორივე ნაპირზე. ერთპანეთისაგან განასხვავებენ მდინარის ნაპირისა

და ტბის შემოზენივებს; მათი მოცულობების შესამცირებლად ტრასირებას ახდენენ კალაპოტის შემალღებულ ადგილებზე; მანძილს შემოზენივებს შორის ან შემოზენივასა და მოპირდაპირე ნაპირს შორის (კალმხრივი შემოზენივასა) შეძლებისდაგვარად შუდივის იღებენ, რათა თავიდან აიცილონ მკვეთრი შევიწროება ან გაფართოება. ჯებირებს (შემოზენივებს) აკებენ ადგილობრივი გრუნტისაგან შიწის კაშხალებისათვის შემუშავებული რეკომენდაციების მიხედვით და ფუჭზე და სველ ფერდობზე გრძივი დინების ზემოქმედების გათვალისწინებით.

შემოზენივების უკან შეკრებილი წყლის მოსაცილებლად მათ გასწვრივ აკეთებენ შემკრებ არხებს, საიდანაც მდინარის დაბალი დონეების დროს წყალი კალაპოტში გაჰყავთ შემოზენივის ფუძეში მოწყობილი საკეტოანი მილით.

შემოზენივით არსებითად იცვლება მდინარის ნაკადის გაღივების პირობები, ამიტომ ახალ პირობებში ნაკადის დინების შესასწავლად საჭიროა ჩატარდეს სათანადო გაანგარიშებანი. შემოზენივის გაანგარიშებას აწარმოებენ თანაბარი მოძრაობის იმ პირობის შესაბამისად, რომ ნაკადის გრძივი ქანობი I რჩება ისეთივე, როგორც მას ჰქონდა შემოზენივამდე და განსაზღვრავენ Δh წყლის დონის აწევის სიმაღლეს ჯებირებს შორის (ნახ. 21-13). შეზის დამოკიდებულების თანახმად, მდინარეში წყლის ხარჯი



ნახ. 21-13. შემოზენივის გაანგარიშების სქემა.

ნახ. 21-13. შემოზენივამდე და განსაზღვრავენ Δh წყლის დონის აწევის სიმაღლეს ჯებირებს შორის (ნახ. 21-13). შეზის დამოკიდებულების თანახმად, მდინარეში წყლის ხარჯი

$$Q = \omega C \sqrt{R I} = \omega C \sqrt{h I} = \omega_1 C_1 \sqrt{h_1 I} + \omega_2 C_2 \sqrt{h_2 I} + \omega_3 C_3 \sqrt{h_3 I}, \quad (21-11)$$

სადაც ω არის კალაპოტისა და ჭალის საერთო ფართობი;

C — შეზის კოეფიციენტი; h — ქალიანი კალაპოტის საშუალო სიღრმე; $\omega_1, \omega_2, \omega_3, C_1, C_2, C_3, h_1, h_2, h_3$ — კალაპოტისა და ჭალის თითოეული უბნის შესაბამისი სიდიდეები.

აგების შემდეგ ჯებირებს შორის სივრცეში გამავალი ხარჯი იანგარიშება ფორმულით

$$Q = \omega_0 C_0 \sqrt{R_0 I} = \omega_0 C_0 \sqrt{h_0 I}, \quad (21-12)$$

სადაც ω_0 არის შემოზენიულ კალაპოტის განიკვეთის ფართობი. რომელიც ეტოლება $\omega_0 = b_0 h_0 = B_0 (h_2 + \Delta h)$; C_0, R_0 და h_0 შემოზენიული კალაპოტის შესაბამისი სიდიდეები.

თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$, მაშინ, Q მოცემული მნიშვნელობის მიხედვით შეიძლება განესაზღვროთ h_0 სიღრმე შემოზენიულ კალაპოტში, ხოლო შემდეგ Δh სიდიდე ჯებირების თხემის ნიშნულის დასადგენად.

თუ კი დავეშვებთ ჯებირების (შემოზენივის) სიმაღლეს, ე. ი. $h_0 = h_2 + \Delta h$, მაშინ (21-12) დამოკიდებულებიდან შეიძლება განესაზღვროთ ჯებირებს შორის მანძილი

$$B_0 = \frac{Q}{h_0^{3/2} C_0 \sqrt{I}}. \quad (21-13)$$

Δh სიდიდე შეიძლება განისაზღვროს სხვა გზითაც. ზემოთ მიღებული აღნიშ-

ენების გათვალისწინებით ვწერთ ხარჯის გამოსახულებას შემოზენივამდე — $Q = BhC\sqrt{hI}$ და შემოზენივის შემდეგ — $Q_0 = B_0h_0C_0\sqrt{h_0I}$. თუ დავუშვებთ, რომ $C = C_0$, მაშინ $Bh\sqrt{hI} = B_0h_0\sqrt{h_0I}$, საიდანაც

$$h_0 = h \sqrt[3]{\frac{B^2}{B_0^2}} \text{ და } \Delta h = h_0 - h = h \left(\sqrt[3]{\frac{B^2}{B_0^2}} - 1 \right). \quad (21-14)$$

ცხადია, ეს გაანგარიშება მიხსლოებითია და მისი გამოყენება დასაშვებია წინასწარ ეტაპზე; მეორე მხრივ, მხედველობაში უნდა მივიღოთ ისიც, რომ წყალმოვარდნა ვლინდება ტალღის სახით, ე. ი. ცვალებადი ხარჯით და იგი უნდა შემოწმდეს სპეციალური გაანგარიშებით [25].

საბოლოო კავშირში შემოზენივა უმთავრესად გამოიყენება კავკასიისა და შუა აზიის მდინარეებზე.

კალაპოტის გამტარუნარიანობის გაზრდა წყალმოვარდნის დონეთა დასაწევად ხორციელდება ორი ზერით: ა) კალაპოტის ჰიდრაულიკურ წინაღობათა შემცირებით (კალაპოტის გაწმენდით) და ბ) მარყუქების (მეანდრების) გასწორებით, რითაც მნიშვნელოვნად იზრდება კალაპოტის ქანობი ალებულ უბანზე.

ხარჯის შემცირება კალაპოტის განტვირთვის გზით იწყებს წყლის დონეთა სასარგებლო დაწვევას მოცემულ უბანზე. განმტვირთავი აჩაი გააყავთ მდინარიდან დასაცავი უბნის ზემოთ და ხელახლა აერთებენ მდინარესთან მნიშვნელოვნად ქვევით დინების მიმართულებით ან უერთებენ უახლოეს მეზობელ მდინარეს, ტბას ან ზღვას. ზოგჯერ განმტვირთავ არხში გამავალ წყალს იყენებენ მიწის სავარგულების კოლქაჯაქისათვის ან ლიმანური მორწყვისათვის. ძირითადი კალაპოტისა და წყალსარინისათვის გაანგარიშება შეიძლება ჩატარდეს შეზის ფორმულით, რაც შეეხება მეოთხე მეთოდს (მიყრას), იგი ძვირი ჯდება და ეკონომიკურად გამართლებულია მხოლოდ მცირე და ძალიან მნიშვნელოვანი ტერიტორიების (სამრეწველო საწარმოთა, ქალაქების) და ცვისათვის.

თ ა ზ ი X I I

სარემზულაციო ნაგებობანი

§ 22-1. სარემზულაციო ნაგებობათა კლასიფიკაცია, საშენი მასალები და კონსტრუქციული ელემენტები

1. კლასიფიკაცია სხვადასხვა ნიშნის მიხედვით

მდინარეთა კალაპოტების რეგულირების სხვადასხვა სახეობანი, რომელთაც წინა თავში ვაუქვანით (იხ. XXI თავი), ხორციელდება შესაბამისი სარემზულაციო (სამართავი) ნაგებობების გამოყენებით. ამ ნაგებობათა სწორი დაპროექტება, ხოლო შემდეგ მათი წარმატებით მშენებლობა საკმაოდ პასუხსავები და რთული ამოცანაა.

სარემზულაციო ნაგებობებმა უნდა უზრუნველყოს: 1) გამაგრების მდგრადობა წარუცევადი, რაც ფასდება მასზე დასაშვები საშუალო სიჩქარის მიხედვით; 2) ყინულსელისა და გაძგიჟვის ზემოქმედებისადმი მდგრადობა; 3) ძვრი-

სა და გადაყირავებისადმი მდგრადობა; 4) ნაგებობათა ცალკეული ნაწილების ურთიერთკავშირი; დაჯდომის, გადახრის ან სხვა მოვლენის დროს მათი გარღვევის დაუშვებლობა; 5) კაშხალის ტანით ფუძის გრუნტის გამორეცხვისაგან დაცვა უკუფილტრების ან ლეჰამატიკებული ფიჩხენილის მეშვეობით; 6) ლპობისადმი წინალობის უნარი ცვალებადი დასველების პირობებში.

არსებობს სარეგულაციო ნაგებობათა მეშვეობით რეგულირების ორი სახეობა: 1) ს რ უ ლ ი ა ნ უ ს ა ე რ თ ო და 2) ნ ა წ ი ლ ო ბ რ ი ე ი; სრული რეგულირების შემთხვევაში სხვადასხვა ნაგებობის გამოყენებით აღწევენ კალაპოტის ნორმალურ ან მაღალ მდგრადობას მდინარის მთელ სიგრძეზე. ასეთ რეგულირებას, როგორც წესი, ახარციელებენ პატარა მდინარეებზე, რადგან იგი დიდ მდინარეებზე მოითხოვს სახსრებისა და დროის მნიშვნელოვან დანახარჯებს. რაც შეეხება ნაწილობრივ რეგულირებას, იგი წარმოებს ცალკეული უბნების მიხედვით გარკვეული თანამიმდევრობით, მდინარის წყალსამუდონეო გამოყენების გეგმის შესაბამისად. რა თქმა უნდა, ასეთი რეგულირებაც უზრუნველყოფს მდგომარეობის შექმნას მდინარის მთელ სიგრძეზე ან მის მნიშვნელოვან ნაწილზე.

კალაპოტური პროცესების ხასიათის შესაბამისად მდინარის სიგრძეზე შეიძლება გამოეყოთ საოგულაციო სამუშაოთა შემდეგი მიმართულებანი: მდინარის ზედა დინებაში სიღრმულ ეროზიასთან ბრძოლა, შეუდინებაში — გვერდით ეროზიასთან, ხოლო ქვედაში — ნატანის დალექვასთან და მის მიყენე შედეგებთან ბრძოლა. ამ სამუშაოთა შესრულება ხდება სხვადასხვა ნაგებობათა გამოყენებით, რომელთა ტიპები და კონსტრუქციები დამოკიდებულია კალაპოტური პროცესების ხასიათზე, ნაკადის ურყეოვით გამოვლინებათა სახეობაზე, ვადასაწყვეტი საწარმოო ამოცანის შინაგნებზე, ადგილობრივი მასალების არსებობაზე, მის ხარისხზე და სხვა.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე სარეგულაციო ნაგებობათა კლასიფიკაცია შეიძლება შოვებდინოთ სხვადასხვა ნიშნის მიხედვით.

1) ს ა მ ს ა ხ რ ი ს ვ ა დ ი ს მ ი ხ ე დ ვ ი თ ს ა რ ე გ უ ლ ა ც ი ო ნ ა გ ე ბ ო ბ ე ბ ი ე ყ ო თ ა მ უ ღ მ ი ე და დ რ ო ე ბ ი თ ნ ა გ ე ბ ო ბ ე ბ ა დ.

მულშივი ნაგებობები შედის კალაპოტის რეგულირებისა და მდინარის წყალსამუდონეო გამოყენების გენერალური გეგმით გათვალისწინებულ ნაგებობათა შედგენილობაში და ხანგამძლე და ძტეციე საშენი მასალით ნაგები კონსტრუქციებია.

დროებით ნაგებობებს აწინებენ მდინარეთა ცალკეული უბნების დროებითი რეგულირებისათვის, აეაროის თავიდან აცილების ან ლიკვიდაციისათვის. ასეთ ნაგებობათა კონსტრუქცია ითვალისწინებს მათ ნაწილობრივ დაშლას და მიღებული მასალის გამოყენებას სხვა ადგილზე.

2) დ ა ნ ი შ ნ უ ლ ე ბ ი ს მ ი ხ ე დ ვ ი თ გ ვ ა ქ ე ს შ ე მ დ ე გ ი ს ა ხ ე ო ბ ი ს ნ ა გ ე ბ ო ბ ა ნ ი:

ქ ა ვ ლ მ ი მ მ ა რ თ ვ ე ლ ი ე ბ ე ბ რ ე ბ ი, რომელთაც ათავსებენ ნაკადის დინების მიმართულებით ან მასთან მკირე კუთხით კაშხალის წყალმომღების ან ხიდის ხერტებისაკენ ნაკადის მისამართავად, აგრეთვე კალაპოტის შესავიწროებლად და ნაგებობის გამორეცხვის ასაცილებლად.

გ ა დ ა მ ლ ო ბ ი ე ბ ე ბ რ ე ბ ი, რომელთაც აგებენ ნაყოფიერი მიწების, დასახლებული პუნქტებისა და სამრეწველო დაწესებულებათა მაღალი წყლებით დატბორვისაგან დასაცავად.

შაპირსამაგრებელი ნაგებობანი, რომელთაც აწყობენ ნაკადითა და ტალღური მოვლენებით ნაპირის გარეცხვის ასაცილებლად.

საგუბრები—ერთი ნაპირიდან მეორემდე კალაპოტის გადაშლბი ნაგებობები, რომელთაც აწყობენ ვსკერის დასამაგრებლად, დაბალი დონის დროს მდინარის ტოტებითა და განაყადებით წყლის დინების სრული ან ნაწილობრივი გადაღობვისათვის.

ნახევარსაგუბრები (ბუნები, დეზები)—ერთი ბოლოთი ნაპირთან ან გრძივ ჯგბირთან მიერთებული, ხოლო მეორით—კალაპოტში ნაკადის ნორმალურად ან დახრილად მიმართული ნაგებობები. მათ იყენებენ კალაპოტის თანდათანობით შესაეიწროებლად, გამორეცხვისაგან ნაპირის ან გრძივი ჯგბირის დასაცავად და დინების გასასწორებლად.

ზედაპირული და ფსკერული ქავლმიმმართველი სისტემები, რომლებთაც ხელოვნულ იწვევენ ნაკადის განივ ცირკულაციას და ამის შედეგად ადგილობრივ წარეცხვებს, ფსკერის დაღეკვას და სხვა. მაშასადამე, მათი მეშვეობით ადვილდება ყსკერული ნატანის მოთვა.

3) ნაკადში მისი დინამიკური დერძის მიმართ განლაგების ხასიათის მიხედვით სარეგულაციო ნაგებობებს ყოფენ ორ ჯგუფად: ა) გრძივად, რომელთაც ათავსებენ ნაპირის ან დასაპროექტებელი სანაპირო ხაზის გასწვრივ და ნაკადთან ურთიერთქმედებენ მხოლოდ მ.თი სიგრძის ფარგლებში და ბ) განივად—მას ათავსებენ ნაკადის დინამიკური დერძის მიმართ მართი ან მახვილი კუთხით; ნაკადთან მათი ურთიერთქმედება უფრო აქტიურია, რადგანაც ავიწროებენ, ქმნიან შასში დამატებით წინაღობებს, მკვეთრად ცვლიან მის კინემატიკურ სტრუქტურას და ამის შედეგად იწვევენ კალაპოტის მნიშვნელოვან დეფორმაციებს; ამ ნაგებობათა გავლენის ზონა რანდენჯერზე (ჩვეულებრივ, 3—6-ჯერ) აღემატება მათ სიგრძეს. ძალიან ხშირად ეკონომიკურად უფრო მიზანწინილია გრძივ და განივ ნაგებობათა კომბინირებული გამოყენება.

4) წყალშეუღწევადობის ხარისხის მიხედვით სარეგულაციო ნაგებობები იყრდნობა იყოს წყალშეუღწევი (დაწხვეის მზიდი), ანუ მონოლითური და წყალშეღწევადი.

5) მდინარეში არსებული სარეგულირებელი დონეების და, მაშასადამე, სარეგულირებელი კალაპოტის ტიპის შესაბამისად არჩევენ სარეგულაციო ნაგებობათა ორ სახეობას—წყალმოვარდნის (არასატბორს) და დაბალი დონის (სატბორს) ნაგებობებს.

6) მასალისა და მისგან დამზადებული დეტალების მიხედვით სარეგულაციო ნაგებობები და მათი კონსტრუქციები შეიილება იყოს: წნელის, ფიჩხის, ფიჩხონის წყობის, ტირიფის ნაოგავების სახით, ფიჩხონასარებიანი, ტოტების წყობით, გრუნტის (ნაყარო), ქვა-ყრილი, მშრალი წყობის, ხის (ფარებიანი, ძელყოლდი. ხიზინჯებიანი და ა. შ.), ბეტონის, რკინაბეტონის, ლითონისა და გრუნტისა—შესაბამის (ქიმიური, აფსკერი და ა. შ.) საფართო.

7) ნაკადზე ზემოქმედების ხასიათის მიხედვით სარეგულაციო ნაგებობანი იყრფა ორ ჯგუფად: ა) მასიურად, რომლებიც ნაკადზე ზემოქმედებას ახდენენ მთელი თავისი მასით (საკუთარი წონით) და გადახრიან მას კალაპოტის ან ნაპირის დასაცავი უზნიდან; ბ) გამკოლად დამლამავი, რომლებიც მასიურისაგან განსხვავებით ატარებენ ნაკადის ხარჯის

ნაწილს და ამით ცწვევენ მისი ხარჯების, სიჩქარეებისა და ნატანის გადანაწილებას კალაპოტის კვეთში, ხოლო ამის შედეგად ნატანის დაღეჟვას ნაგებობებს შორის არსებულ სივრცეში და გათვალისწინებული მოხაზულობის კალაპოტის ჩამოყალიბებას.

სამდინარო ტრანსპორტში გამოყენებულია სარეგულაციო ნაგებობათა კლასიფიკაცია კონსტრუქციული ნიშნების მიხედვით. ამ თვალსაზრისით განიხილება ნაგებობათა ხუთი ჯგუფი: 1) ჯგებობები (ზეინულები), რომლებსაც აშენებენ სანაპირო ხაზის ნაწიბურის გასწვრივ დატბორვისაგან ჭალების დასაცავად; კაშხლიანი ჰიდროკვანძების ზედა და ქვედა ბიფეებში ჭავლმომმართველ ნაგებობებად; კალაპოტებში ლელისაგან ხავსადგურების აკვატორიებისა და ყურეების გადასაღობავად და სხვა; 2) საგუბრები (განვი ნაგებობები მდინარის ნაკადის მთელ სიგანეზე), რომელთა დანიშნულებაა მდინარის მოცემულ უბანზე გამჭოლი დინების ნაწილობრივი ან სრული აღკვეთა; 3) ნახევა არსაგუბრები (ბუნები) — მდინარის ერთ ნაპირთან მიერთებული განივი ნაგებობანი, რომლებიც ნაკადის დინამიკურ ღერძს გადახრიან ნაპირიდან და იწვევენ კალაპოტის ჩაღრმავებას;

4) ნაპირ — და ფსკერსამაგრი ნაგებობები; 5) ნაპირებთან მიუერთებელი ნაგებობები — ესენია ძირითადად ფარისებრი ნაგებობები, რომელთაც ათავსებენ, მაგალითად, მდინარის კალაპოტში მიწის სახაპავი განაპირის მოსიღვისაგან დასაცავად.

2. ხაშენი მახალები და კონსტრუქციული ელემენტები

სარეგულაციო ნაგებობათა მშენებლობისათვის უპირატესად გამოიყენება ადგილობრივი მასალები: გრუნტები, ქვა, ფიჩხი, სარები, ლატანები და სხვ., აგრეთვე ინდუსტრიული მასალები: დახერხილი ხე-ტყე, ლითონი, ცემენტი და ა. შ.

გრუნტები ფართოდ გამოიყენება სარეგულაციო სამუშაოთა მრავალ სახეობაში. წერილ, საწულაო სიმსხლე და მსხვილ ქვიშებს იყენებენ ნაგებობათა მოსაღეჟავად. ჰვიშა-ხრეწიანი გრუნტები გამოიყენება, როგორც ფიჩხის ნაგებობათა დასატვირთავი მასალა, ჰვიწარი და თიხარი გრუნტები — ნაგებობათა წყალზედა ნაწილის ჯებირების მოსაზვინავად; თიხოვანი — ლეიბებისა და ფიჩხკონის წყობის დასატვირთავად; ტორფის გრუნტები — ლობებს შორის შუალედების შესავსებად. იყენებენ აგრეთვე მცენარეულ გრუნტს, რომელსაც ამიტებენ ნარგავების აღმოცენებისა და ფესვების გაღმის, აგრეთვე ფიჩხეწილებისა და ლეიბების ამოზრდის გასაუმჯობესებლად. სანაპირო ფერდობების წყალზედა ნაწილის გამაგრებად კარგია აგრეთვე მობელტვა; ბელტი (კორდი) შეიღლება გამოვიყენოთ აგრეთვე, როგორც დასატვირთი მასალა.

ქვა უნდა აკმაყოფილებდეს მოქმედი სამშენებლო ნორმების¹ მოთხოვნებს და ამასთანავე მისი მოცულობითი მასა არ უნდა იყოს 1,7--2,2 ტ/მ²-ზე ნაკლები. იგი ქვაყრილის სახით გამოიყენება ნაგებობათა ტანის შესაქმნელად, ხისა და ფიჩხის ნაგებობათა ნაწილების დასატვირთავად და სარეგულაციო ნაგებობათა ზედაპირების მოსაპირკეთებლად; გამოსაღვება თითქმის ყოველნაირი ქვა, გარდა ფოროვანი (მერგულოვანი) კარქვეებისა და სუსტრი (თიხოვანი) ქვიშაქვებისა, რომლებიც ადვილად იშლებიან წყლისა და ყინვის ზემოქმედებით. კარგია რიყის ქვა, მონატეხი, ნაპობი

¹ СНиП II—53—73

(მტკრეული) ქვა, ფილაქანი. ქვის სიმსხოს ირჩევენ ნაგებობის ან მისი ელემენტების დანიშნულებისა და ნაკადის დინების სიჩქარის მიხედვით. სხვადასხვა მიზნებისათვის (ფენილების, უკუფილტრების მოწყობა, გაბიონების დატვირთვა და სხვა) იყენებენ ხრეშს, ლორსა და ხეივას. უკანასკნელ წლებში ლეიბების მისატვირთავად და ნაპირების ფერდობების გასამაგრებლად იყენებენ ლითონის წიღებს, უფრო ხშირად — ბრძმდლისას. მაგრამ უნდა გავითვალისწინოთ ისიც, რომ წიღებს აქვს ნაკლოვანი მხარეებიც (მცირე სიმკვრივე, დასველებისას მოკულობაში მატება, ზოგიერთ მათგანში გოგირდოვანი ნაერთების არსებობა).

ფიჩხი ნორჩი (2-5 წლის ასაკის) ხეებისა და ბუჩქნარების მოკრილი ღეროები და მათი მსხვილი ყლორტებია. იგი უნდა იყოს საკმაოდ მტკიცე, სწორი, მოქნილი და ბლანტი, ჰქონდეს არანაკლებ 2 მ სიგრძე და 4—5 სმ სიქვე კინტში და გვერდითი ტოტების მცირე რაოდენობა. უპირატესად იყენებენ ფოთლოვანი, აგრეთვე წიწვოვანი, ჯიშის ხეების ფიჩხს. ზემოხსენებულ მოთხოვნებს ყველაზე სრულად აკმაყოფილებს ტირიფის ჯიშების ფიჩხი; სხვა ფოთლოვანი ჯიშებს (ვეზვი, თბქელა, კოპიტი, არყი, თბილი, ალვის ხე და სხვ.) ფიჩხი მნიშვნელოვნად უფრო დაბალი ხაოსხისაა, ვიდრე ტირიფისა. კიდევ უფრო უარესია წიწვოვანი ჯიშების ფიჩხი — იგი მყიდუა და აქვს უსწორო ტოტები, მათი გამოყენება დასაშვებია ხაკებობათა წყალქვეშა ნაწილებში წყალზედა ნაწილების მოსაწყობად ფიჩხს ამზადებენ შემოდგომაზე, სხვა მიზნებისათვის — ზამთარსა და ზაფხულში.

ხის მასალა — სარების, ლატანების, მორების და სხვა სახით ფართოდ გამოიყენება ხე-ტყით მდიდარ რაიონებში. მორებს ძირითადად იყენებენ ძეღყო-რებსა და სიპაების (საღვებების) მოსაწყობად; ყველაზე უფრო გამოსადეგია ფიჭვის მორები. ფიჭარს, ძეღებს და სხვა დახერხილ მასალას იყენებენ სამშენებლო მოთხოვნებისათვის.

ხავსი, ჩაღა (ბუზე), ლექაში, ნათესი ბალახები და სხვა მცენარეული მასალებიც საკმაოდ რაოდენობით გამოიყენება სარეგულაციო ნაგებობათა მშენებლობის დროს. ცალკე უნდა გამოიყოს შესაქრავი მასალები: ღვღერ კვები, რომლებიც გამოიყენება წნეღბაგირის და ფიჩხკონების შესაქრავად; ღაგრეხილ ხევა — წნეღბაგირის ბაღეებისა და ფიჩხის კონების შესაქრავად ღვღერ კვების უქონლობის დროს.

ლითონი ლურსმხების, ჰანკიკების, ჩანღლების, რკინაბეტონის კონსტრუქციების არმატურის, მაღთულის (1,5—6 მმ დიამეტრის გამომწვარი რბილი თითბრის) სხით ფარდოდ განორყენება ბაღეების დასამზადებლად, ფიჩხკონების, გაბიონების გაღასამზადებლად.

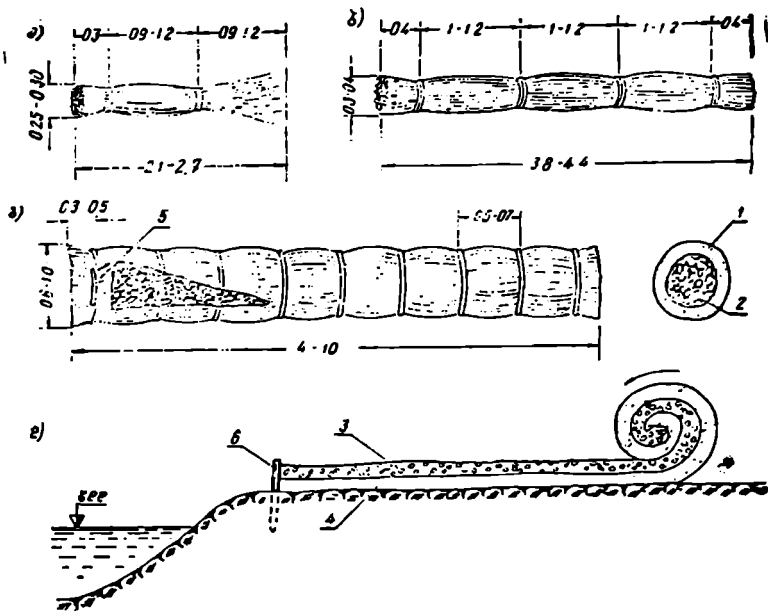
ცემენტი გამოიყენება ბეტონისა და გრუნტბეტონის (14—15% ცემენტის, 70—72% გვიშისა და 14—15% თიხის ნარევი) შემადგენელი ნაწილის სახით. ღღისათვის გაღორყენება 100, 250, 300 და 400 მარკის ცემენტები ბიტუმი BH-2 და BH-3 მარკისას იყენებენ, როგორც ასფალტბეტონის და გრუნტასფალტბეტონის ერთ-ერთ შემადგენელს (კომპონენტს).

ასფალტი, ასფალტბეტონი, ახალი ქიმიური მასალები (ლაბტმასისა და ბრიზოლის საფარები, პოლიმერული ფისები, სხვადასხვა ნაზაკები და ა. შ.) თანდათანობით უფრო ფართოდ იმზარება. ფერდობის საკმაოდ მტკიცე წყალშეღწევადა მონოლითური საფარის შესაქმნელად რეკომენდებულია ტუმბოს მეშვეობით გრუნტში შეწეხების ნატრიუმის სილიკატისა და ქლორანი კალციუმის შეყვანა. ფერდობისათვის ასეთივე წყალშეღწევადა საფარი შეიძლება

შეიქმნას სხვა ჰიმიურ ნივთიერებათა გამოყენებითაც. ფერდოს [არარეცხვადი ზედაპირის მისაღებად იგი უნდა გაიყენებოდეს სხვადასხვა შენაზავით (ბიტუმისა და ორთოფოსფორის მჟავით, ბიტუმის ემულსიით, ფიქლის ფისით და სხვა). წყალქვეშა და წყალზედა სანაპირო ფერდობების დასაფარავად შეიძლება გამოვიყენოთ ბრიზოლიანი რულონური მასალები, რომლებიც მიიღება რეზინისა და ბიტუმის ნარჩენებით, ისინი მოქნილი, წყალმდეგე და წყალშეუღწევაა.

სარეგულაციო ნაგებობათა მშენებლობაში იყენებენ სხვადასხვაგვარ უმარტივეს კონსტრუქციებს, რომელთაგან ყველაზე უფრო გავრცელებულია:

ფიჩკონები — მსუბუქი და მძიმე. მსუბუქი ფიჩკონა 0,25—0,3 მ დიამეტრის ფიჩხის ცალკინტა ან ორკინტა კონაა, რომელიც 2—4 ადგილზე მაგრად არის შეკრული ღელერკვებით ან 1—3ჯერ დიამეტრიანი მავთულით



ნახ. 22—1. ფიჩკონების ტიპები:

ა—ცალკინტა; ბ—ორკინტა; გ—მძიმე; დ—კარაბური; 1—ფიჩხი; 2—ქვა; 3—კენკი; ღორღი, გრუნტი; 4—ფიჩხი, ჩალა, ლეკაში; 5—ფიჩხის საცობი; 6—პილი.

(ნახ. 22—1, ა, ბ). მძიმე ფიჩკონა ღორღით, ქვით, ხრეშოვანი ან თიხიანი გრუნტით შეესვრული გარსია. მისი დიამეტრი შეიძლება იყოს 0,6—1 მ, ხოლო სიგრძე — დანიშნულების შესაბამისად 4—10 მ მდე, (ნახ. 22—1, გ).

კარაბურები, ე. ი. ცილინდრული კონსტრუქცია, მძიმე ფიჩკონების სახესხვაობაა და მოგვაგონებს რულეტს. მის დასაზღაღებლად მიწის ზედაპირზე კიმავენ მავთულების რიგს ერთმანეთისაგან 0,5 მ დაშორებით, მათზე განივად 20—25 სმ სისქეზე აფენენ ფიჩხს, შემდეგ 5—10 სმ სისქეზე ჩალას ან ლეკაშს, ხოლო ზოლოს — 10-25 სმ სისქეზე — ღორღს, კენკს, ბელტებს ან

გრუნტს. ყველაფერს ამას ახვევენ რულონის სახით და კრავენ პალოებზე დი-
რჩენილი მავთულების თავებით (ნახ 22—1 დ).

წ ნ ე ლ ბ ა გ ი რ ე ბ ი — მათ იყენებენ ლეიბების შესაკრავად, ფიჩხის წყო-
ბის, ცოცხის ფარებისა და სხვ. დასამაგრებლად. მათ ამზადებენ ახალმოკრი-
ლი კოპიტის სწორი წვრილი ფიჩხისაგან, რომელთაც ყოველ 0,2—0,3 მ კრა-
ვენ ლელერკებით ან მავთულით. ბაგირის დიამეტრი 0,1—0,15 მ-ია, მისი
სიგრძე კი შეიძლება ძალიან დიდი იყოს.

მ ს უ ბ უ ქ ი ლ ე ი ბ ე ბ ი — მათი კონსტრუქცია ერთმანეთზე დადებული
0,8—0,9 მ უჯრედებიანი და ამ უჯრედების კვანძებში შეკრული წნელბა-
გირის ორი ბადეა. ბაგირების ზედა და ქვედა ბადეებს შორის ურთიერთ-
პერპენდიკულარული მიმართულებით ალაგებენ ფიჩხის სამ-ოთხ ფენას, რის
შედეგდაც მიიღება ფიჩხის ლეიბი, ხოლო მათ შორის მსუბუქი ფიჩხი-
ნის მოთავსებით — ფიჩხკონის ლეიბი. მსუბუქი ლეიბების სიგანე 8—15
მ, სიგრძე 50—60 მ და მეტი, სისქე 0,5—1,5 მ შეიძლება იყოს. ადგილზე
ლეიბის მოთავსების შემდეგ მას პერიმეტრის გასწვრივ ტვირთავენ ქვეით ან
გრუნტიანი ტომრებით. 0,5 მ სისქის ლეიბის 1 მ² ფართობზე აუცილებელია
დაახლოებით 0,12—0,16 მ² დასატვირთავი მასალა.

მ ძ ი მ ე ლ ე ი ბ ე ბ ი — მზადდება ადგილზე მოთავსებული მსუბუქი ლეი-
ბებისაგან; ამისათვის ლეიბის ტანის უჯრედების კვანძებში ასობენ სარებს
და მათი მეშვეობით აკეთებენ ლობის უჯრედებს, რომელთაც შემდეგ ავსებენ
ქვით.

ფ ი ჩ ხ ი ს სა ფ ა რ ი (მატი) ადგილზე მოთავსებული ფიჩხის ერთი-ორი
ფენაა; ეს ფენები ერთმანეთთან მავთულითაა მიკერებულნი პერიმეტრისა და
დიაგონალების გასწვრივ, მასზე დაფენილი და საფართან დაკავშირებულია
ლითონის ბადე ქვის მიტვირთვით. შეიძლება საფარი გაკეთდეს ფიჩხონების
ერთი რიგით, მაშინ მათ მავთულით ამაგრებენ ყოველ 2—2,5 მეტრში გავიშულ
გვარლებთან.

ფ ი ჩ ხ ფ ე ნ ი ლ ი — მას აკეთებენ ფიჩხის 10—20 სმ სისქის ფენისაგან; ფი
შეიძლება გაკეთდეს მსუბუქი ფიჩხონებისაგანაც. ფენის ზემოთ ფიჩხის განი-
ვად ერთმანეთისაგან 0,6—1 მ დაშორებით ალაგებენ წნელბაგირებს, რომელ-
თაც გრუნტზე აკერებენ საკავებიანი პალოებით.

ქ ვ ა — ფ ი ჩ ხ ფ ე ნ ი ლ ი — კეთდება ფიჩხისა და ქვის (ან კენჭის) ფენების
შენაცვლებით ზემოდან დალაგებულ და ფენილის ქვედა ფენებზე მიქედებუ-
ლი წნელბაგირებით.

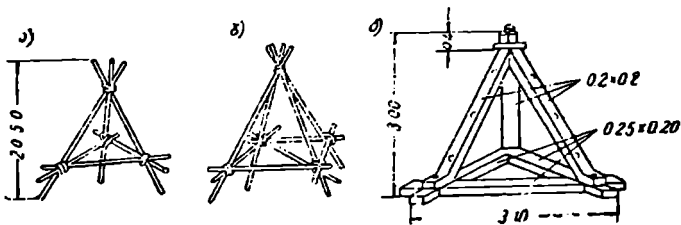
წ ნ უ ლ ი ლ ო ბ ე ბ ი — გრუნტში (1,2—1,8) ჩ სიღრმეზე (სადაც ჩ ნაკა-
დის სიღრმეა) ჩასობილი სარების რიგებია მათში ჩაწნული ფიჩხით. ისინი
შეიძლება იყოს ერთრიგა, მისაბჯენებით და ორრიგა; ზოგჯერ გამოკრეცხის
თავიდან ასაცილებლად ფუძეში აწყობენ ფიჩხფენილს.

ფ ი ჩ ხ კ ო ნ ი ს წ ყ ო ბ ა ფართოდაა გავრცელებული სამართავ საშუაო-
ებში, არსებობს მათი წყობის მრავალი სქემა.

ს ი ძ ა ი 2—5 მ სიმაღლის სამფეხა ან ოთხფეხა ჯოჯგინებია (ნახ. 22-2).
მათ ამზადებენ მორების, ძელების, ლატანების, რელსებისა და მილებისაგან,
რომლებიც კვანძებში დამაგრებულია მავთულით. უკანასკნელ ხანს პრაქტიკუ-
ლი გამოყენება პოვა რკინაბეტონის კონსტრუქციის სიმაღლემაც. მათ იყენებენ
ესეთ გრძელ ნაგებობათა ჩონჩხად, რომელთაც აგებენ ქვა-ფიჩხის ან სიპას
წყობით. სიპას ქვედა ნაწილში ფეხების ძირიდან 1,5—2 მ სიმაღლეზე უკეთე-

ბენ სარტყელს და მასზე აგებენ გისოსებიან იატაკს (ბაქანს) ფიჩხის დასალაგებლად. საჭიროების შემთხვევაში ფიჩხს მიტვირთავენ; ამ ღონისძიებით და გრუნტის გამორეცხვით სიპაი ეშვება, სანამ ბაქანი არ დაჯდება ძდინარის ფსკერზე. სიპაებისაგან აკეთებენ სანაპირო სარტყლებს, ბუნებს, კუბირებსა და სხვ.

ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციები გამოიყენება, როგორც მონოლითური, ისე ასაწყობი ელემენტების სახით; ამასთან მონოლითურ კონსტ-



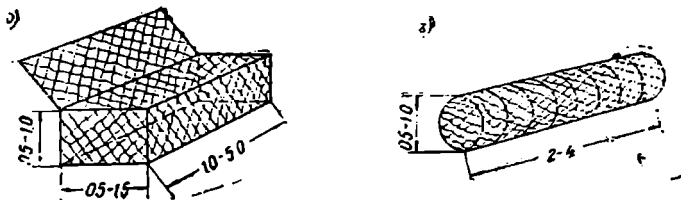
ნახ. 22—2. სიპების ზელები:

ა—სამფეხი; ბ—ოთხფეხი; გ—რკინბეტონის ასაწყობი ტეტრაედრი.

რუქციებს მზა სახით ჩაუშვებენ კალაპოტის გასამაგრებელი უბნის ფსკერზე, ხოლო ასაწყობ ელემენტებს იმონტაჟებენ მოთავსების ადგილზე, ანდა იყენებენ ფილების, ფილებისაგან დამზადებული ლეიბების, ტეტრაედრების, ტეტრაპოდების და სხვათა სახით. ასეთი კონსტრუქციებით აშენებული სარეგულაციო ნაგებობები ძვირი ჯდება.

ძეღყო რებს ამზადებენ ხისაგან ან ბეტონისა და რკინაბეტონის ელემენტისაგან. მათ გამოყენებას მიმართავენ განსაკუთრებით საპასუხისმგებლო ნაგებობათა მშენებლობის დროს.

ლითონის ბადე ძალიან ფართოდაა გამოყენებული სარეგულაციო



ნახ. 22—3. გაბიონები:

ა—ყუთისებრი, ბ—ცილინდრული.

ნაგებობათა მშენებლობისას; იგი კეთდება რბილი მოთუთიებული ($d=2-3$ მმ) შავთულისაგან. ბადის უჯრედები 2-50 სმ ზომის ოთხკუთხედები ან ექვსკუთხედები; პატარა უჯრედებიან ბადეს იყენებენ ხრეშოვანი, კენჭოვანი და მსხვილქვიშოვანი გრუნტების გამორეცხვისაგან დასაცავად. წუოილმარცვლოვანი გრუნტების გამორეცხვისაგან დასაცავად ბადეს ასქელებენ ფიჩხით.

გაბიონები ლითონის მოთუთიებული ბადისაგან დამზადებული მართკუთხა ან ცილინდრული ყუთებია (ნახ. 22—3). დაწყობის ადგილზე მათ ბელით ავსებენ ქვით. საკმაოდ ხშირად გაბიონებისაგან ამზადებენ ლეიბებს, რო-

მელთა ქვეშ მოთავსებული გრუნტის გამორეცხვის შემთხვევაში ისინი ადვილად დეფორმირდება ფუძის ახალი მდგომარეობის შესაბამისად; ამით გრუნტს იცავენ შემდგომი გამორეცხვისაგან.

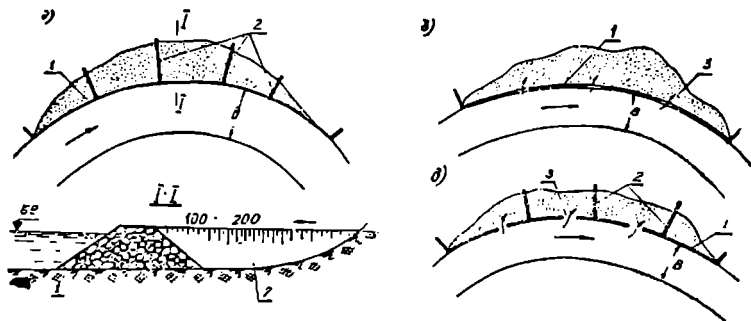
მოქნილი ბადისებრი გადასაფარებლები გამოიყენება მდინარის ნაპირის გამორეცხვისაგან დასაცავად იმ შემთხვევებში, როდესაც იგი შედგება წვრილმარცვლოვანი გრუნტებისაგან. გადასაფარებლების სიგანე 2 მ-ია, სიგომე—5—10 მ, სისქე—0,1—0,15 მ. მათ აკეთებენ წვრილი ღორღისა და ქვისაგან და ზემოდან ფარავენ მთელი პერიმეტრით ფერდობის გრუნტზე პალოებით დამაგრებული ბადით.

§ 22—2. გრძივი და განივი მასიური ხარვეზულაციო ნაგებობანი

1. გრძივი მასიური ნაგებობანი

მდინარის დაპროექტებულ სარეგულაციო ტრასაზე გრძივ მასიურ ნაგებობათა ძირითადი სახეობაა ჯებირები, რომლებსაც გეგმაში შეიძლება აქონდეს სწორხაზოვანი და მოუხზაზოვანი ფორმა. დასიშნულების მიხედვით ისინი შეიძლება იყოს ჰაველშიმართველი და გადაძლობი.

ჰაველშიმართველი ჯებირები. მათ იყენებენ მდინარის სარეგულაციო უბნის სანაპირო ხაზის შესაქმნელად; ორი ხაკადის შეხვედრის შესამსუბუქებლად მათი ერთ კალაოტში შეოწყმისას; სხვადასხვა მიმართულებით



ნახ. 22—4. გრძივი ჯებირების სქემები გეგმაში:

ა—ტრავერსებიანი სატბორი ქებირი; ბ—ხერტებიანი არასატბორი ქებირი; გ—ტრავერსებიანი წყვეტილი არასატბორი ქებირი; 1—ჰაველშიმართველი ქებირი; 2—ტრავერსები; 3—ხერტები.

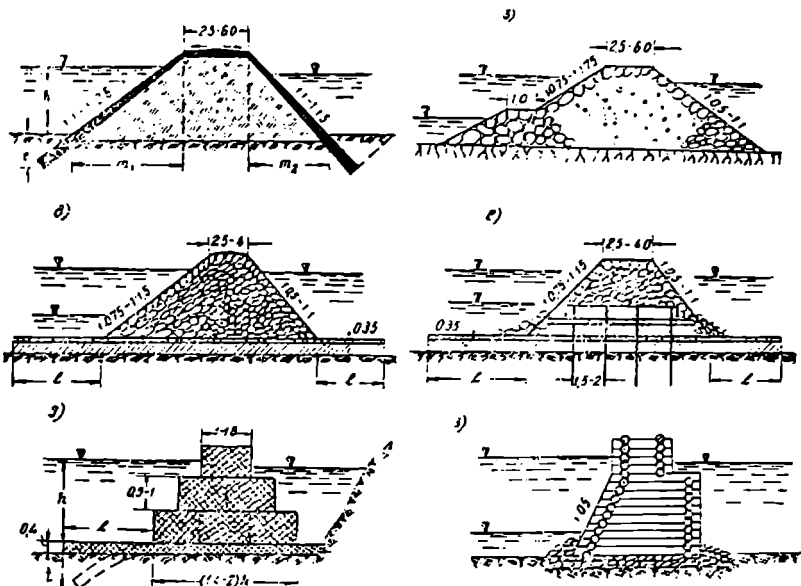
ნაკადის ხელოვნურად გაყოფისათვის და სხვ.

ღიბი სიგრძის დასატბორავი ჯებირის შემთხვევაში მის უკან წარმოიქმნება გრძივი ღინება, რომელიც ხელს უშლის ნატანის დაყრას, ხოლო ზოგჯერ ნატანის წარეცხვასაც იწვევს. ამ ღინების ჩასაქრობლად გრძივი ჯებირსა და მდინარის ნაპირს შორის აწყობენ განივ ჯებირებს — ტრავერსებს (ნახ. 22—4) ან ნატანშემკავებლებს (წნელის, ფიჩხის მსუბუქ, გამკოლი ტიპის ტრავერსებს).

დაუტბორავი ჯებირების უკან შეწონილი და ნაწილობრივ ფსკერული ნატანის შელწევისათვის მათში აწყობენ ხერტებს ან აგებენ წყვეტილ ჯებირებს (ნახ. 22—4. ბ, გ). ასეთი ხერტების მოწყობა მიზანშეწონილია დასატბორავ ჯებირებშიც წყლის დაბალი დონის დროს ნატანის შელწევისათვის.

მასთან დაკავშირებით, რომ გრძივ ჯებირებს თვალისწინებენ ხანგრძლივი სამსახურისათვის, მათ ხშირად მტკიცე და ხანგამძლე საშენი მასალებისაგან აგებენ. ჯებირთა განივი პროფილების ზოგიერთი ძირითადი კონსტრუქცია ნაჩვენებია 22-5 ნახაზზე.

ჯებირების ფურღობის დახრილობას ნიშნავენ გამოყენებული ძირითადი მასალის და ნაგებობის მუშაობის პირობების მიხედვით. თუ ჯებირი იგება წარეცხვად გრუნტზე, მაშინ მისი ფუძე შეიძლება წარეცხვისაგან დავიცვათ წინსაფრით, ე. ი. ფსკერული საფენი ლიბის ორივე მხარეზე გამოშვებით (ნახ. 22-5, გ, დ, ე), ქვის დაყრით, გრძივ ჯებირზე მიერთებულ მოკლე განივი



ნახ. 22-5. ზოგიერთი ტიპის ქალღმმართული ჯებირის განივი პროფილის კონსტრუქცია: ა—ჯებირი შეკრული გრუნტისაგან გამგარებული ფურღობითა და თხემით; ბ—ჯებირი შეუკრული გრუნტისაგან ქვის ნაყარით; გ—გაფენილ ფიხის ლიბზე განხორციელებული ქვაყარილით; დ—ლიბი-ქვის; ე—გამბონური; ვ—ხის ძეღურილი.

ნაგებობების (ღებების) მოწყობით წინსაფრის 1 სიგრძე დამოკიდებულია შესაძლო წარეცხვის 1 მაქსიმალურ სიღრმეზე და (2-3) ტოლი აიღება. პრაქტიკულად ეს სიგრძე აღწევს 10 მ-ს და უფრო მეტსაც.

თხემის სიგანეს ადგენენ სამშენებლო სამუშაოთა წარმოებისა და საექსპლუატაციო პირობების მიხედვით 4-6 მ-მდე, მაგრამ იგი არ უნდა იყოს 2,5 მ-ზე ნაკლები. თხემის შემალლებას წყლის საანგარიშო ღონიდან 0,5-1 მ ფარგლებში იღებენ. ქალღმმართული ჯებირების თხემს გრძივი მიმართულებით ეძლევა სათანადო ქანობები: ფესვის ნაწილში — 20-25 მ სიგრძეზე — 1:10-1:25, ხოლო დანარჩენ ნაწილში — ნაკადის ზედაპირის გრძივი ქანობის ტოლი.

ნაპირთან ჯებირის შეერთების ადგილს სათანადოდ ამგარებენ როგორც

ზემოთ, ისე ქვემოთ დინების მიმართულებით, ჯებირის ღერძიდან 20—25 მ სი-გრძეზე. ამავე ნაწილში სასარგებლოა აგრეთვე ტირიფების გაშენება, თუ ნაპ-ირი დასატორავია და ამასთანავე მისი გრუნტები ადვილად წარუცხვად.

გ ა დ ა მ ლ ო ბ ი ჯ ე ბ ი რ ე ბ ი, რომელთაც შემოზენვის ჯებირებსაც უწოდებენ, ეკისრებათ მდინარეების ან ტბების ნაპირების გასწვრივ ჰალების, ძვირფასი სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების, გზების, დასახლებული პუნქ-ტებისა და სამრეწველო საწარმოების დატბორვისაგან დაცვა წყალდიდობის დროს. აგრეთვე სატბორი ფართობის შემცირება წყალსაცავების შექმნისას, მეთევზეობის განვითარებისათვის გუბურებისა და წყალსაცავების შექმნა მდი-ნარეთა ჰალებში და ა. შ.

როგორც წინა თავში იყო აღნიშნული, შემოზენული მიწების სასოფ-ლო-სამეურნეო გამოყენების ხასიათის შესაბამისად შემოზენვის ჯებირები შეიძლება იყოს დაუტბორავი და დასატბორავი. მშენებლობა რამ-დენადმე გართულებულია სატბორი ჯებირების აგებისას, რადგან საჭიროა მათი თხემისა და ფერდობის გამაგრება, აგრეთვე მდინარეში წყლის გასაშვებად მათ ტანში წყალსაგდები ნაგებობებისა და ხერეტების მოწყობა.

შემოზენვა შეიძლება იყოს ჩაკეტილი და ჩაუკეტავი. ჩაკეტილი ჯებირების შემთხვევაში ატმოსფერული ნალექებისა და ფილტრაციული წყლების ადგილობრივი ჩამონადენი ჩერდება შემოზენული ფართობის დაბალ ადგილებში. მდინარეში ეს წყლები გადაგდებული უნდა იქნეს დაბალი დონის დროს ჯებირების ყრილის ქვეშ მოწყობილი სპეციალური მილებით. ჩაუკეტა-ვი ჯებირების მოწყობა მიზანშეწონილია დიდი ქანობისა და ფართო ჰალების მქონე მდინარეებზე.

გრძივი ჯებირების გარღვევის შემთხვევაში დატბორვის ფართობის შესა-მცირებლად აწყობენ განივ ზვინულებს — ტრავერსებს, რომლებიც მიჰყავთ ადგილმდებარეობის დაუტბორავ ნიშნულებამდე. ტრავერსებში ითვა-ლისწინებენ წყალსაგდებ მოწყობილობებს.

გაკეთებული შემოზენვა ექსპლუატაციის პროცესში შეიძლება შემოზენ-ილი ტერიტორიის იროებით სარწყავად ან წყალმოვარდნის დროს შემოტა-ნილი ნაყოფიერი ლამოვანი ნაწილაკების შესაკავებლად გამოიყენოთ.

შემოზენვის ჯებირების დაპროექტებასთან დაკავშირებულ ჰიდრაულიკურ გაანგარიშებათა ჩასატარებლად უნდა ვისარგებლოთ იმ მეთოდოკით და მითი-თებებით, რომლებიც განხილული იყო წინა თავში (იხ. § 21—5, პ. 4).

გადასაღობ ჯებირებს აგებენ ადგილობრივი გრუნტებისაგან; ისინი მცი-რე სიმაღლის მიწის კაშხალებია და მათგან განსხვავდებიან იმით, რომ დაწ-ნევას განიციდან მხოლოდ მოკლე დროის განმავლობაში და ამასთანავე სამდი-ნარო ფერდოს გასწვრივ ადგილი აქვს წყლის გრძივ დინებას. იმისათვის, რათა თავიდან ავიცილოთ ჯებირის ძირის გამოარეცხვის საშიშროება, საჭი-როა მდინარის მხრიდან ეგი სათანადოდ იქნეს დაცული. ამასთან ერთად, ჯები-რის სამდინარო ფერდობი უნდა გამაგრდეს ისე, რომ მან გაუძლოს როგორც ღელვას, ისე წყლის გრძივ დინებას.

ჯებირის თხემის სიგანეს არანაკლებ 2 მ-ს იღებენ, ამასთან მას უნდა მიეცეს გვერდითი ქანობი ($i=0,05$) ჯებირის ღერძიდან ორივე მხარეზე.

2. განივი მახიური ნაგებობანი

განივ მასიურ ნაგებობებს მიეკუთვნება: ნახევარსაგუბრები (ბუნე-ბი), ფსკერული საგუბრები და ფსკერული ზღურბლები, რომელთაც ძირითადად კალაპოტის შესაზღუდავად იყენებენ.

ნახევარსაგუბრები. მდინარის წყლის დონისაღმე თხემის მდებარეობის მიხედვით განასხვავებენ ნახევარსაგუბრების სამ სახეობას:

ფსკერულს — მდინარის დაბალი დონის დროს დატბორილებს, რომელთაც აწყობენ ჩაზნექილი ნაპირიდან უდიდეს სიღრმეთა ზაზის გადასაადგილებლად და სანაპირო ნაგებობათა ფუძეების გამორეცხვისაგან დასაცავად;

დაბალი დონის — მხოლოდ წყალმოვარდნისას დატბორილ, ნახევარსაგუბრებს, რომელთა დანიშნულებაა ნაპირების დაცვა და დაბალი დონის კალაპოტის რეგულირება;

წყალმოვარდნის — უტბორ ნახევარსაგუბრებს, რომელთაც იყენებენ ნაპირების დასაცავად და კალაპოტის რეგულირებისათვის საშუალო მაღალი დონეებისას.

მოქმედი რეკომენდაციების თანახმად, ნაკადის გადინებაზე მათი ზემოქმედების ხასიათის შესაბამისად განასხვავებენ გრძელ (ბუნე) და მოკლე ნახევარსაგუბრებს. მოკლე ნახევარსაგუბრებს უწოდებენ დეზებს, თუ მათი სიგრძე $l \leq (0,25-0,33)B$, სადაც B მოქმედი (მდგრადი) კალაპოტის სიგანეა.

დეზებს იყენებენ გამორეცხვისაგან ჩაზნექილი ნაპირის. გრძივი ჯებირის ძირის ან სანაპირო გამაგრების დასაცავად.

ნახევარსაგუბრებს შორის სიერის დასალამავად არსებითი მნიშვნელობა აქვს მათ გვეგურ განლაგებას. ამ თვალსაზრისით ერთმანეთისაგან განასხვავებენ ნაკადის დინების ნორმალურად, დინების სააწინააღმდეგოდ და დინების მიმართულებით დახრილად მოთავსებულ ნახევარსაგუბრებს.

სატბორი ნახევარსაგუბრების დინების სააწინააღმდეგო მიმართულებით რაღაც კუთხით დაყენების შემთხვევაში დალაშქვის პროცესი რამდენადმე უფრო სწრაფად მიმდინარეობს, ვიდრე მაშინ, როდესაც ისინი დინების მიმართულებითაა დაყენებული. ეს იმიტომ აიხსნება, რომ ნაგებობაზე წყლის გადადინებისას მის უკან ჩნდება წყლის ვალცი, რომელსაც აქვს გადიდებული ტრანსპორტირების უნარი და იწვევს ნაპირისაკენ მიმართულ გრძივ დინებას. ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, სატბორ ნახევარსაგუბრებს ათავსებენ დინების სააწინააღმდეგო მიმართულებით $72-85^\circ$ კუთხით.

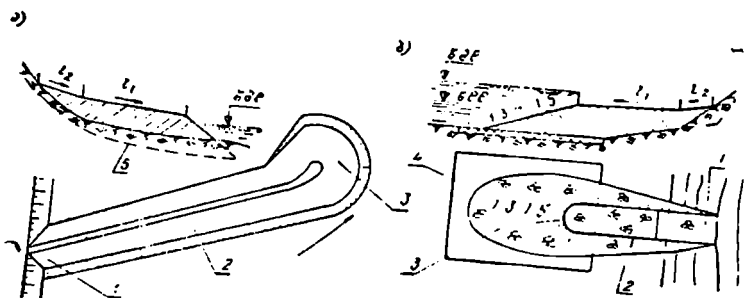
ლაბორატორიული ცდებითა და ნატურული გამოკვლევებით დადგენილია, რომ დინების მიმართულებასთან კუთხით განლაგებულ ნახევარსაგუბრების შემთხვევაში ფსკერის ადგილობრივი წარეცხვა მათ სათავესებთან შედარებით უფრო მცირეა, ვიდრე დინების სააწინააღმდეგოდ განლაგებულ ნახევარსაგუბრების შემთხვევაში. აქედან გამომდინარე, მიზანშეწონილია უტბორი ნახევარსაგუბრები დინების მიმართულებასთან განლაგდეს $65-75^\circ$ დახრილობის კუთხით.

ნახევარსაგუბრებს შორის მანძილს ნიშნავენ ისე, რომ: ა) გამასწორებელი ტრასა საკმარისი ჩაოდენობის წერტილებით (თავებით) იქნას დამაგრებული და ბ) ნაგებობებს შორის ზონაში (ბუნებს შორის სიერეში) ინტენსიურ დინებას არ ჰქონდეს ადგილი. პირველი პირობა მაშინ კმაყოფილდება, თუ საშუალოდ ნახევარსაგუბრებს შორის მანძილი $b \approx 0,7B$. ჩაზნექილი ნაპირებისა და მოკლე ნახევარსაგუბრებისათვის საჭიროა, რომ $b = 0,35B$, ამოზნექილი ნაპირებისა და გრძელი ნახევარსაგუბრებისათვის (ბუნებისათვის) — $b = 1,5B$. მეორე პირობა მაშინ კმაყოფილდება, როდესაც $b = (1-1,5)l$. ნახევარსაგუბრებს შორის მანძილების დასანიშნავად შემუშავებულია სხვა დამოკიდებულებანიც.

ნახევარსაგუბრათა განივკვეთს აქვს ტრაპეციის ფორმა, რომლის თხემის სიგანეს და ფერდობის დახრილობას ნიშნავენ ნაგებობის მუშაობის პირობებ

ბის — დინების სიჩქარის, ყინულისა და ყინულსვლის ზემოქმედების და ნაგებობის მასალის გათვალისწინებით. ბუნის ქანობს სანაპირო უბანზე მისი თხემის გაწვივ იღებენ 1:10—1:25, ხოლო კალაპოტის უბანზე — 1:100 — 1:300 ფარგლებში.

ნახევარსაგებობების ყველაზე უფრო საპასუხისმგებლო ნაწილებია ფესვები და თავები (ნახ. 22—6). ფესვის ნაწალის მტკიცე შეერთება ნაპირთან შეიძლება უზრუნველყოთ ნაპირში (გეგმაში) 4—6 მ, ხოლო ზოგჯერ ზუფრ მეუ სიღრმეზე შეკრითა და ჩამაგრებით. წარეტყვადი ნაპირების შემთვევაში მათ სათანადოდ ამაგრებენ ნაგებობის ლერძიდან 10—15 მ ფარგლებში.



ნახ. 22—6 ნახევარსაგებობების ტიპები და მათი ძირითადი ელემენტები) — ადგილობრივი გრუნტის ნახევარსაგებობის ურდუობის მონოლითი გამაგრებით; ბ — სხვადასხვა წყობით შესრულებული ნახევარსაგებობის ფსკერისა და ფერდობის მოქნილი სამაგრით; 1—ფესვი; 2—ტავი; 3—თავი; 4—ფსკერული ლეიბი; 5—ქვაბული.

ში ზედა, ხოლო 15—25 მ ფარგლებში — ქვედა მხარეზე.

ნახევარსაგებობის თავის უბანი განიცდის დინების ინტენსიურ ზემოქმედებას, ამიტომ იგი კარგად უნდა გამაგრდეს, უფრო მეტად, ვიდრე ნაგებობის დარჩენილი ნაწილი. თავის ნაწილში ნაგებობის ფერდობებს აწყობენ დამარცხ (1:3—1:5), რადგან ასეთი გადაწყვეტა ამცირებს წარეტყვების სიღრმეს. გამორეტყვისაგან ნაგებობის დასაცავად ხშირად იყენებენ წინსაფრებიან საფენ ლეიბებს, რომელთაც აწყობენ ფიჩხისა და რკინაბეტონის ლეიბებისაგან, აგრეთვე გაბიონებისა და ბეტონის ფილების გამოყენებით. ნახევარსაგებობების ტანის კონსტრუქცია ქველშიმმართველი ჯგებირების კონსტრუქციის ანალოგიურია (ნახ. 22—5) და მათგან განსხვავდება თხემის მცირე სიგანით (1,5—3 მ), უფციცაბო ზედა და დამრეცი ქვედა ფერდობებით. ნახევარსაგებობებს აგებენ ადგილობრივი გრუნტისაგან. ქვა-ყრილისაგან, ფიჩხის წყობისა და ლეიბებისაგან, აგრეთვე შერეული კონსტრუქციის სახით.

როდესაც ჯგებირის ტანს ადგილობრივი გრუნტისაგან აგებენ, მისი ფერდობები უნდა გამაგრდეს უფრო მტკაცე მასალით (ნახ. 22—6). უქანასკნელ ხანებში მშენებლობაში დაინერგა რკინაბეტონის ელემენტებისაგან შედგენილი ასაწყობი მოქნილი ნახევარსაგებობები (ნახ. 22—7). მათი გამოყენება გამართლებულია მხოლოდ ვარკვეულ პირობებში.

ფსკერული საგებობები და ზღურბლები. ფსკერულ საგებობებს იყენებენ ფსკერის ასამაღლებლად და გასამაგრებლად მდინარის მუხლებში და იმ ადგილებში, რომლებიც განიცდიან ღრქა და ინტენსიურ წარეტყ-

ხვას. მათ იყენებენ აგრეთვე დასაცავი ნაპირიდან უდიდეს სიღრმეთა ზაზის გადასაწველად. ფსკერულ საგებრებს შორის მანძილი $a = (1-1,5)l \leq (1-1,5)B$, სადაც l — ნაგებობის სიგრძეა, ხოლო B — ტრასის სიგანე. ნაგებობის ბოლოებში ეხება ნახევარსაგებრების თავებს.

ფსკერულ ზღურბლებს აყენებენ ფსკერის სიზრქეში სპეციალურად მომზადებულ განივ თხრილებში კალაპოტის ფსკერის სტაბილიზაციისა-



ნახ. 22—7. რკინაბეტონის ელემენტებისგან შედგენილი ასაწყობი მოქნილი ნახევარსაგებრა:
 ა—საერთო ხელი; ბ—ხელი ფუძის გამორეცხვის შემდეგ.

თვის, ამ ადგილებში ფსკერის ნიშნულების დასამაგრებლად, სადაც წარეცხვაა მოსალოდნელი. ფსკერული საგებრებისაგან განსხვავებით ფსკერული ზღურბლები რჩება ფსკერის ნიშნულებზე.

§ 22—8. გამგოლი საკიბულაპოტო ნახვამოხანი

კალაპოტების სარეგულაციო ნაგებობათა მშენებლობაში მასიურთან ერთად საკმაოდ ფართოდაა გავრცელებული გამგოლი კონსტრუქციები. ასეთი კონსტრუქციის ნაგებობების ნაკადზე მოქმედება უფრო ნაკლებად ინტენსიური და მშვიდია, ვიდრე ზემოთ განხილული მასიური (მონოლითური) ნაგებობებისა; იწვევს კალაპოტის უფრო ნაკლებ დეფორმაციებს, მაგრამ რიგ შემთხვევებში მათი გამოყენება უფრო კარგ შედეგებს იძლევა. საკმე ისაა, რომ ნაკადში აღმართული გამგოლი ზღუდე ქმნის რა შეტბორვას, მის წინ ნაკადის ხარჯის ნაწილს გადახრის კალაპოტის თავსუვალ, შეუზღუდავ ნაწილში, ე. ი. ახდენს ხარჯის გადანაწილებას განივკვეთის ფარგლებში. ნაკადი ზღუდეში გადის მის საშუალო სიჩქარეზე რამდენადმე უფრო მეტი სიჩქარეებით, ზღუდიდან გამოსვლისთანავე კი მისი სიჩქარეები, მკვეთრად ეცემა და ნაკადში არსებული ნატანი ილექება ფსკერზე. გამგოლ ნაგებობათა მუშაობის სწორედ ამ თავისებურებამ განაპირობა სარეგულაციო სამუშაოებში მათი საკმაოდ ფართო გავრცელება.

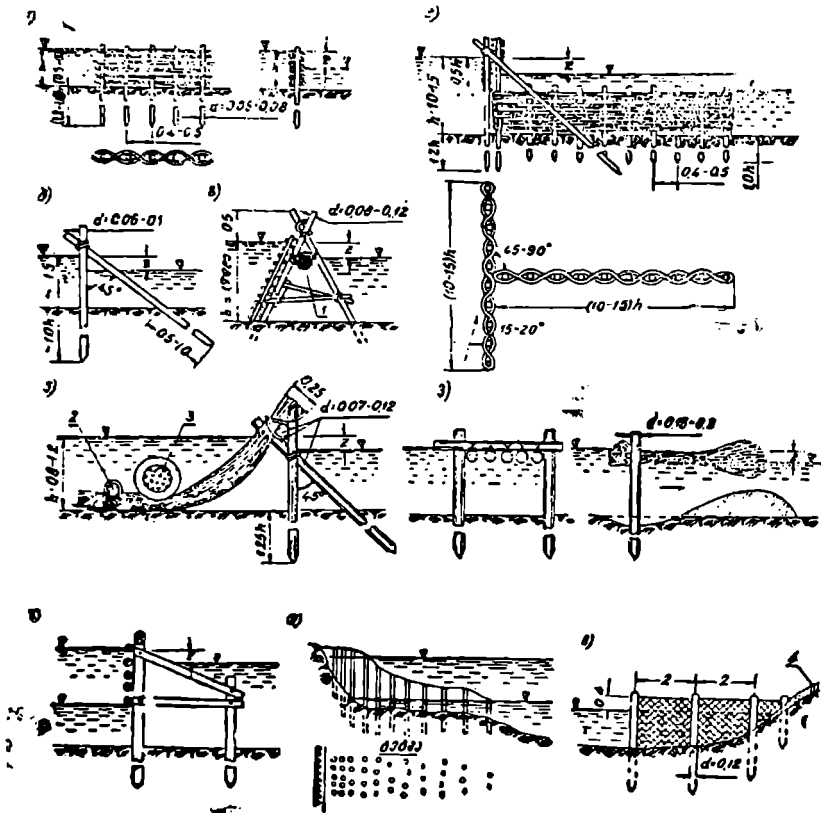
გამგოლ ნაგებობათა დადებითი მხარეა აგრეთვე მათი შედარებით სიიხვე, აგების სიმარტივე და სისწრაფე. მდინირის კალაპოტში დაწყებულ ცლილებათა შესაბამისად გადაადგილების სიადვილე.

გამგოლი ნაგებობანი, ანუ დამლაშავები, ნაკადში შეიძლება განლაგდეს კალაპოტის განივად მწყრივების — ფარდების სახით, აგრეთვე ნაპირის ვასწვრივ ან მის ფართობზე ხორკლიანობის ველების სახით.

ხშირად გამგოლ ნაგებობებს აწყობენ ადგილობრივი სამშენებლო მასალებისაგან; მათი კონსტრუქციები ძრავალფეროვანია. 22—8 ნახაზზე ნაჩვენებია ასეთ ნაგებობათა ზოგერთი ტიპი, რომელთაგან სხედასხვა ვარიანტში წარმოდგენილი წნული ღობეები და ფარები შეადგენენ მსუბუქ წნულ გამასწორებელ ნაგებობათა დიდ ჯგუფს. მათ იყენებენ 1,5 მ-მდე სიღრმისა და 1,5 მ/წმ-20. წ. მოწონელიყ

მღე დინების სიჩქარეების დროს (ნახ. 22—8 ა, ბ, გ, დ, ე, ვ.). გამკოლ სარე-
გულაციო ნაგებობათა დანარჩენი ჯგუფები იქმნება მრავალტოტიანი, ლობუ-
რო, ხიმიწოვანი და ბადისებრი ნაგებობებით.

მრავალტოტიან ნაგებობებს ძირითადად იყენებენ ნაკადში სი-
ჩქარეებისა და ხარჯების გადასანაწილებლად, დინებისადმი წინაღობის შესაქ-



ნახ. 22—8, გამკოლ სარეგულაციო ნაგებობათა ტიპები და კონსტრუქციები:

ა—ერთრიგა ლობე უმისაბეჩებოლი; ბ—ერთრიგა ლობე ყოველ 1,5—2,5 მ-ზე განლაგებული მისაბეჩებით; ვ—სიბაბზე მიერდნობილი წნული ფარები ყოველ 1,5—2,0 მ-ზე; დ—T-შავკარი ლობე; ე—ჯოჯინებზე მიერდნობილი ცოცხის ფარები მჭიმე ფიხსკონებს მიტვირთით; ვ—ხიმიწ-
ოვანებზე მოწყობილი ფიხსკონის კიდული (მრეველი) ფარები; ზ—ხიმიწოვანებზე მოწყობილი და ფიხსკონის
ან ლატანებისაგან ნაკეთობი ლობური ნაგებობა; თ—ხიმიწოვანი ხახვიერსაგებობა; ი—სარებზე
გამართული სტაციონარული მათულისებრი ნაგებობა; 1—ტვირთი; 2—წნულბაგირი ან ლატახი;
3—მჭიმე ფიხსკონი; 4—ნაპირის გამაგრება.

მწელიდ ნატანის შეკავებისა და აკუმულაციის მიზნით. უპირატესად მათ იყენებ-
ენ 1,5 მ-ზე მეტი სიღრმეების დროს.

ლობური ნაგებობებს, რომელთაც ხარაჩოებზე აწყობენ ფინების ან
ლატანებისაგან, ამუშავებენ დიდსიჩქარეებიანი და კენკნარიანი კალაპოტების

მქონე მდინარეებზე (ნახ. 22—8, ზ). მათ იყენებენ უმთავრესად გრძივი ნაგებობების სახით და ათავსებენ გამასწორებელი ტრასის საზღვრების გაყოფებით.

ხიმიან ჯეგბიანი ნაგებობანი (ნახ. 22—8, თ) კარგად ჩასობილი და ზემოდან საცემებით მტკიცედ შეერთებული ხიმიანების ერთი ან ორი (ზოგჯერ უფრო მეტი) რიგია. დიდი სიღრმეებისა და სიჩქარეების დროს ერთეული ხიმიანების ნაცვლად ასობენ ხიმიანების ჯგუფებს.

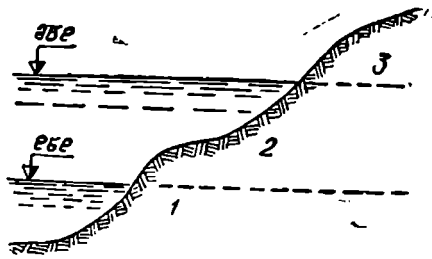
ბადისებურ ნაგებობებს აკეთებენ 2—5 მ დიამეტრის ფოლადის მავთულის ბადისაგან, როპლის უჯრედების ზომა 0,2-დან 1 სმ-მდეა. ბადისებური ნაგებობები შეიძლება იყოს სტაციონარული და მცურავი. უმარტივეს შემთხვევაში სტაციონარული მოწყობილობა სარების ან ხიმიანების რიგია მასზე მიჭედებული ბადით (ნახ. 22—8, თ). ფსკერის გამორეცხვის თავიდან ასაცილებლად სარების ზედა მხარეზე ბადის ქვედა კიდეა აფენენ მასზე და მიტეირთავენ. მცურავი სისტემა დაამუშავა ს. ალტუნინმა და იგი ერთმანეთისაგან შუალედებით გამოყოფილი და ფერმით დაკავშირებული რამდენიმე პონტონი ან ნავია. მათ ნაპირზე ამაგრებენ ლითონის გვარლების მეშვეობით.

მთის მდინარეებისათვისაა დამუშავებული და პრაქტიკაში უკვე იყენებენ გამჭოლ სარეგულაციო ნაგებობათა ახალ ასაწობ კონსტრუქციებს, რომელთაც მიეკუთვნება ი. ხერხულიძის მიერ შემოთავაზებული რკინაბეტონის ასაწობ-გისოსური კონსტრუქციები¹, აგრეთვე საქართველოს და სომხეთის ჰიდროტექნიკისა და მელიორაციის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებში დამუშავებული კონსტრუქციები.

გამჭოლ ნაგებობათა პილრაულიკური გაანგარიშებანი შეიცავს ღონეთა ვარდნილის განსაზღვრას განივი გამჭოლი ზღუდის წინ და მის უკან, აგრეთვე გარეცხვის სიღრმის განსაზღვრას ნაგებობის გასწორში. ამ გაანგარიშებათა დაწვრილებით გაცნობა შეიძლება ს. ალტუნინის ნაშრომში, აგრეთვე სხვა წყაროებში [1, 12].

§ 22—4. ნაპირების გამაგრება

კალაპოტის ნაპირების გამაგრების მოწყობა შეიძლება ნაკარნახევი იყოს სხვადასხვა მოთხოვნით: კულტურული მიწების, გზებისა და ნაშენების წარცხვისაგან დასაცავად, იმ ნაპირის ნაწიბურის დასამაგრებლად, რომელიც ემთხვევა გამასწორებელ ტრასას, აგრეთვე კალაპოტისა და სანაპირო ნაგებობათა ფუძეების წარცხვის თავიდან ასაცილებლად. ერთმანეთისაგან განასხვავებენ ნაპირის სამ სიმაღლით ზონას (ნახ. 22—9), რომელთაც ექსპლუატაციის განსხვავებული პირობები აქვს: ქვედას—წყლის დაბალი დონის ქვევით (დწდ) — წყალქვეშა სანაპირო გამაგრების ზონა; შუას— ზონა წყლის დაბალი დონიდან მაღალ დონემდე (მწდ), რომელიც პერიოდულად ექცევა წყალქვეშ (დროის

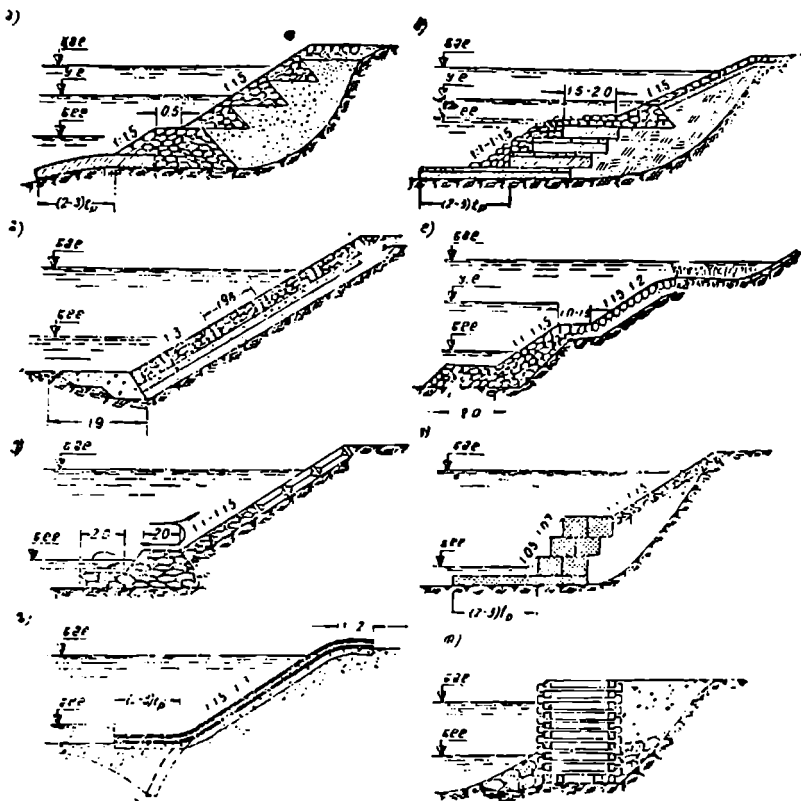


ნახ. 22—9 ნაპირისამაგრ სამუშაოთა სამი სიმაღლითი ზონა: 1, 2 და 3 — შესაბამისად ქვედა, შუა და ზედა ზონა.

¹И. Херхулидзе. Строго-решетчатые железобетонные конструкции защитных и выправительных сооружений из горных и предгорных рек. „Гидротехника и мелиорация“, № 2, 1958.

შესაბამის მონაკვეთებში აქ შეიძლება სამუშაოების მშრალად წარმოება); ზედან — წყლების მაღალ დონეზე მაღლა, სადაც სამუშაოებს აწარმოებენ მშრალად. ამ ზონისათვის დაბახსიათებელია მხოლოდ ატმოსფერული ნალექებით დატენიანება.

გასაგებია, რომ კალაპოტის ნაპირის სიმაღლითი ზონების ერთმანეთისაგან განსხვავებული პირობები განსაზღვრავენ მათი გამაგრების კონსტრუქციები.



ნახ. 22—10. ნაპირების გამაგრების ძირითადი ტიპები და კონსტრუქციები:

ა — ქვაყრილი, წყრილი ქვით, ხრეშით ან ღორღით ამოვსებული უბეებით; ბ — ფიჩხკონის წყობა ქვაყრილით და მოკირწყვლით გამაგრებული წყალზედა ფერდობით; გ — ზეტონის უფსკერო უბეები ქვით ამოვსებით; დ — ქვაყრილი, — მოკირწყვლით, ტირიფნარის დარგვით და მობელტით გამაგრებული წყალზედა ფერდობით; ე — ყორზეტონის წყობა და ბეტონის (ან რკინაბეტონის) ფილები; ვ — გაბიონები, გაბიონურ ლეიბზე ყორზეტონით გამაგრებული ფერდობით; ზ — დაარმატურებული ასფალტის საფარი; თ — რკინაბეტონის ან ხის ძეგლორები.

ციულ ტიპებსა და სამუშაოთა წარმოების ხასიათს. ნაპირსამაგრ ნაგებობათა ძირითადი ტიპები და კონსტრუქციები ნაჩვენებია 22—10 ნახაზზე.

ნაპირების გასამაგრებლად ძირითადად იყენებენ ქვის მასალას (ნახ. 22-10, ა, ბ, გ, დ, ე); შავრამ როდესაც ადგილზე არ მოიპოვება მსხვილი ქვა და ნა-

კადო შოედინება მნიშვნელოვანი სიჩქარეებით, მაშინ ფერდობებს ამაგრებენ გაბიონებითა და გაბიონური ლეიბებით (ნახ. 22—10, ვ). გაბიონური კონსტრუქციების გამოყენება შეზღუდულია იმის გამო, რომ მავთულის ბადეები დიდი ხანს ვერ ძლებს (იქანგება).

ქვიშოვანი და ქვიშნარიანი კალაპოტების ნაპირების ფერდობები რეკომენდებულია გამაგრდეს დაარმატურებული ასფალტის ლეიბებით (ნახ. 22—10, ზ). ლეიბის სისქე 5—7 სმ აიღება, მის დაარმატურებას ახდენენ $d=10$ მმ დიამეტრის მქონე მავთულის ბადით, რომლის უჯრედის ზომები შეიძლება იყოს 5 X 5, 5 X 10 და 10 X 10 სმ; ლეიბებს ამზადებენ უშუალოდ დაწყობის ადგილზე.

კალაპოტის ნაპირების გამაგრების კონსტრუქციებს შორის ყველაზე უფრო მტკიცეა ძელყორული გამაგრებანი (ნახ. 22—10, თ). მათ ამზადებენ მორებისაგან ან რკინაბეტონის ელემენტებისაგან გამჭოლი კონსტრუქციის საყრდენი კედლის სახით, რომლის უჯრედებს ავსებენ ქვით. ძელყორულ კონსტრუქციებს იყენებენ კალაპოტის როგორც წყალქვეშა, ისე წყალზედა ნაწილების გასამაგრებლად, მაგრამ ხის ძელყორეები პერიოდული დასველების პირობებში მალე ლბება.

კალაპოტის წყალზედა ფერდობები შეიძლება გამაგრდეს ფიჩხისა და ქვაფიჩხის ყველანაირი გადასაფარებლების, აგრეთვე ფიჩხკონკრეტისა და ქვით მიტვირთული უჯრედებიანი წნული ღობეების გამოყენებით; მაგრამ ამ უკანასკნელ ხანს მათ იშვიათად იყენებენ, რადგან ცვალებადი ტენიანობის პირობებში ფიჩხი სწრაფად ლბება და ნაგებობის თავდაპირველი კონსტრუქცია იშლება.

ნაპირის ფერდობების გამაგრების ყველაზე მარტივი და იაფადღირებული ხერხია ბ ა ლ ა ხ ი ს დ ა თ ე ს ვ ა . ბალახის ჯიშებს არჩევენ ნიადაგისა და კლიმატური პირობების შესაბამისად. ქვი შოვან ადგილებში ბალახის დასათესად საჭიროა წინასწარ დაიყაროს მცენარეული მიწის ფენა. შედარებით უფრო მტკიცეა ნაპირის ფერდობის მობელტვით გამაგრება. ბელტების დამაგრება ფერდობზე ხდება ლითონის ბადეებით და პალოებით, რომელთაც ასობენ მიწაში, ისეთი საშოსი უძლებს დინების 1მ/წმ და უფრო მეტ სიჩქარეს.

იმასთან დაკავშირებით, რომ კალაპოტის ნაპირის სიმაღლე დაყოფილია სამ ზონად, გამაგრების ტიპი ნაპირის ზონებში შეიძლება იცვლებოდეს: მაგალითად, წყლის მაღალი დონის ზემოთ შეიძლება გამოვიყენოთ მხოლოდ ბალახის დათესვის ხერხი, რამდენადმე უფრო ქვემოთ — მობელტვა, ხოლო კიდევ უფრო ქვემოთ და წყალქვეშა ზონებისათვის გამაგრებათა ტიპები (რომლებიც ზემოთ აყო მოხსენებულს) უნდა ავარჩიოთ ტექნიკურ-იკონომიკურ შედარებათა საფუძველზე.

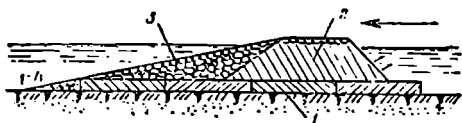
§ 22—5. საყარდენი, გამასწორებელი და გადაპოვნი ნაგებობანი

1. ხავუბრები და ზღურბლები

სავუბრებისა და ზღურბლების გამოყენებას ხშირ შემთხვევაში მიმართავენ მთის მდინარეებისა და მდინარეთა მთიანი უბნების რეგულირების დროს (იხ. ნახ. 21—3). მათ აშენებენ ადგილობრივი მასალებისაგან: ხის, მსხვილი ქვის, ხოლო ზოგჯერ გაბიონებისაგან წყალსაშუებ ნაწილში სავუბრების თხეში ან შუაში რამდენადმე დაწეულა. რაც შეეხება ზღურბლებს, მათ აწყობენ ქვაბტლში ქვის შშრალად წყობით.

საგუბრებს იყენებენ აგრეთვე მდინარეთა ტოტებისა და განაკადების გადასაყეტად. ამ შემთხვევებში მათ აგებენ ფიჩხკონების, კარაბურების, ფიჩხკონის ლიბებისა და სიპაეზისაგან, მიწისაგან, უფრო იშვიათად ქვისაგან.

22—11 ხახაზზე ნაჩვენებია ჩაძირული ფიჩხკონების წყობით ნაგები საგუბარი. იმის გამო, რომ წყალმოვარდნის დროს მოსალოდნელია წყლის გადა-



ნახ. 22—11. ფიჩხკონის საგუბარი:
1—ფიჩხკონის ლიბები; 2—ფიჩხკონის წიბები; 3—ქვით მიტვირთული ქვედა ფერდო.

დინება საგუბარზე, მისი დამრეცი ქვედა ფერდო მიტვირთულია ქვით.

უნდა აღვნიშნოთ, რომ ქვიშოვან კალაპოტებში საგუბრების მშენებლობის დროს მათ ფუძეებზე უნდა დავაფინოთ ლიბები, წინააღმდეგ შემთხვევაში საგუბრის ჩაკეტვის პერიოდში და-

იწყება კალაპოტის ინტენსიური გარეცხვა.

უკანასკნელ დროს მდინარეთა ტოტების გადაყეტვა ხდება ჰიდრომექანიზაციის მეშვეობით, ე. ო. მოლექვით.

2. გამასწორებელი ნაგებობები და კალაპოტების გაწმენდა

როგორც ზემოთ იყო განმარტებული (იხ. §21—4, პ. 1), კალაპოტის კლაკნილს გასწორების (გათხრის) სამუშაოები შეიძლება ჩატარდეს ორი ხერხით: ახალი კალაპოტის საპროექტო პროფილის შესაბამისად გრუნტის ამოღებით ან მდინარის წყლით თხრილის ტრასის გაყოლებით წინასწარ მომზადებული პირველადი გააკრის (თავთხრილის) წარეცხვით.

სამუშაოებს პირველი ხერხით აწარმოებენ ქვემოდან—დინების საწინააღმდეგო მიმართულებით; ამონაღებს ამუშავენ მცურავი მიწახაპია ან მიწასაწოვი ჭურვებით და სახმელეთო ექსკავატორებით. ამ ხერხით სარგებლობის დროს მდინარის ნაკადის ძალა გამოყენებულია თხრილის გაყვანის სამუშაოთა ბოლო ეტაპზე, დარჩენილი ბუნებრივი ზღუდარის გასარღვევად. ახალი კალაპოტისაკენ ნაკადის მობრუნების დასაჩქარებლად მდინარეში მიმართულ ჯებირს აგებენ.

მეორე ხერხის გამოყენებისას კლაკნილის გასწორების ტრასის გასწორებ მუშავდება თავთხრილი, რომელიც ახალი კალაპოტის კვეთზე 5—15-ჯერ ნაკლებია (ნახ. 21—4); მასში ატარებენ მდინარის ნაკადს, რომლის ხარჯს თანდათანობით ზრდიან სრულ ხარჯამდე. საბოლოო ჯამში აღწევენ ახალი კალაპოტის საპროექტო ზომებს.

აღწერილი ხერხებიდან მეორე უფრო იაფი ჯდება, მაგრამ მას ის ნაკლებ აქვს, რომ ნათხარში წარეცხილი გრუნტი შეიძლება იქვე დაილექოს და სანაოსნო მდინარეებში საჭირო გახდეს მისი გატანა (მოშორება).

კალაპოტებში წარმოშობილ ადგილობრივ დამრკოლებათა (ნაპირებისა და ფერდობების შემთხვევითი ჩამონგრევის შედეგად მოხვედრილი დიდი ზომის ქვები, ჩაძირული ხეები (ქირკვები), წაურეცხავად დარჩენილ მკვრივი თიხოვანი ლინზები და სხვ.) სალკვიდაციოდ აუცილებელია კალაპოტის გაწმენდის სამუშაოთა ჩატარება მიწახაპია მცურავი ჭურვების, ექსკავატორების (გრეიფერების), ამწეების გამოყენებით. ამ მიზნით ზოგჯერ შეიძლება საჭირო

გახდეს წინასწარი ასაფეთქებელი სამუშაოების ჩატარება. მიწის სახაპი სამუშაოების ჩატარება აუცილებელია მდინარის ჩქერებშიც სათანადო სანაოსნო სიღრმეთა შესანარჩუნებლად.

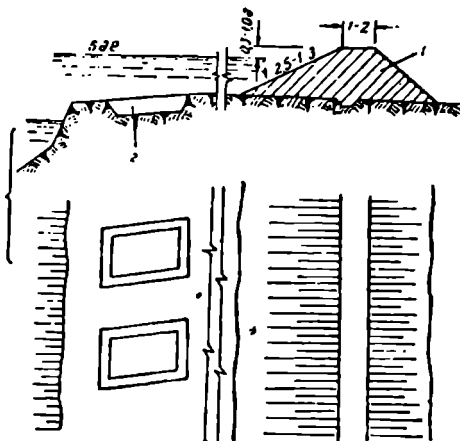
3. გადამლობა ნაგებობანი

გადამლობა ნაგებობებს მიეკუთვნება დატბორვისაგან მდინარის კალების შემომზღუდავი ზეინულები, რონელთაც აგებენ ადგილობრივი გრუნტისაგან. ზეინულები მცირე სიმაღლის მიწის კაშხალებია და კალაპორტის კაშხალებისაგან იმით განსხვავდებიან, რომ დაწინეას განიციდიან მხოლოდ გარკვეული დროის განმავლობაში. ამის გარდა, წყალი მისი საღაწეო ფერდოს გასწვრივ მიედინება. ჩვეულებრივ, ზეინულის სიმაღლეს 2—3 მ-ს იღებენ, მას აქვს ტრაპეციული კვეთი ფერდოების სათანადო დახრილობით (ნახ. 22—12). დიდი სიმაღლის დროს ზეინულს აძლევენ უფრო რთულ პროფილს, რადგან მიმოსვლის უზრუნველსაყოფად მასზე უნდა მოეწყოს საკმაო სიგანის ბერმა.

არასატბორი ზეინულების მდინარის მპრის ფერდობებს ამაგრებენ მობელტვით ან ბალახის დათესვით, მაგრამ ტრასის ჩაზნექილი უბანი უნდა მოიკირწყლოს. ტალღების მოქმედებით ზეინულის დანგრევის თავიდან ასაცილებლად მიზანშეწონილია მის წინ ბუჩქნარების ზოლის გაშენება.

გრუნტისათვის უეჯობესია რეზერვი შეექნათ ზეინულის დასატბორ მხარეზე იმ შემთხვევაში, როდესაც უზრუნველყოფილია მისი მოსილვა წყალმოვარდნისას.

ზეინულების უკან დაგროვილი წყლის გასაყვანად მათ ყველაზე დაბალ ადგილებში (ფუძეში) ითვალისწინებენ მილისებურ წყალჩამოსაშეკებებს მდინარისა და კალის მხარეზე განლაგებული საკეტებით.



ნახ. 22—12; შქოზენის ჯღიჩების მოწყობა
1—ჩების ტანი; 2—რეზერვი.

ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა თერაპული რეჟიმი, ტექნიკური ემსკლუბატაცია და გამოკვლევები

თ ა გ ო X X I I I

ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა თერაპული რეჟიმი და ტექნიკურად რეაბილიტაციური ქაზიმები

მ 28-1. ჰიდროტექნიკური ნაგებობებისა და მათი ნაწილების ტექნიკური რეაბილიტაციური რეჟიმი

ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა დაპროექტებისა და მშენებლობის დროს უოგელმბროვ უნდა იქნეს შესწავლილი სხვადასხვა ხასიათის ტემპერატურული ზემოქმედებანი. ეს საკითხი განსაკუთრებით აქტუალურია ბეტონისა და რკინაბეტონის კაშხალებისათვის, რადგან აღნიშნული ზემოქმედებანი მათში წარმოშობს ტემპერატურულ ძაბვებს, რომელთაც შეუძლიათ გამოიწვიონ ბზარები. გართულებულ შენობებში (ღრმა და გამკოლი ბზარების წარმოშობა) ეს მოვლენა არღვევს მონოლითურობას და აუარესებს ნაგებობის საიმედოობას და ხანგაძლეობას ბეტონის კაშხალების სადაწნეო წახნაგზე წარმოშობილი ბზარები მათი მნიშვნელოვანი გახსნისას (0,5 მ-ზე იტი) იწვევს ფილტრაციის გაზრდას ბეტონში და მის გამოტუტვას. გრავიტაციული და კონტრაფორსული კაშხალების ღერძის გასწვრივ მიმართული ვერტიკალური ან მასთან ახლო ღრმა ბზარები იწვევს ძაბვითა არაბელსაყრელ გადაწეობას, რასაც შეიძლება მოჰყვეს გამკიბი ძაბვების წარმოშობა ზედა წახნაგზე, აგრეთვე ამბლერი და მკუშშავი ძაბვების მკვეთრი გაზრდა. თაღოვან კაშხალებში ბზარები ამცირებს მუშა კვეთს და აუარესებს მის ძაბვით მდგომარეობას. სადაწნეო ჰიდრონაგებობათა რკინაბეტონის კონსტრუქციებში ბზარები იწვევს არმატურის კოროზიას და ხანგაძლეობის დაქვეითებას. ამასთანავე უნდა აღვნიშნოთ, რომ ჰაერის ტემპერატურის მკვეთრი ცვალებადობით ან მზის სხივების ზემოქმედებით წარმოშობილი ზედაპირული ბზარები ნაკლებად საშიშია.

დაპროექტების დროს გათვალისწინებული უნდა იქნეს ტემპერატურულ ზემოქმედებათა შემდეგი სახეობანი:

- ა) ჰაერის ტემპერატურის ცვალებადობა ჰიდრონაგებობის რაიონში, რომელიც მისი ძირითადი ტემპერატურული ზემოქმედებაა;
 - ბ) წყლის ტემპერატურის ცვლილება წყალსაცავში;
 - გ) ტემპერატურის ცვლილება ბუნებრივ ნაკადში, აშენებული ნაგებობის ქვედა ბიფეში, აგრეთვე მშენებლობის პერიოდში;
 - დ) ფილტრაციული და კონსტრუქციის ან მისი ნაწილების გატეხილობის შედეგად წყლის ტემპერატურის ცვლილება.
- ყველა ჩამოთვლილი ზემოქმედებანი დაკავშირებულია მშენებლობის

რაიონის ხაერთო კლიმატურ პირობებთან და უწოდებენ ბუნებრივ ტემპერატურულ ზემოქმედებებს.

არსებობს ტემპერატურულ ზემოქმედებათა მეორე ჯგუფი. რომელიც დაკავშირებულია მხოლოდ საწარმოო და ტექნოლოგიურ პროცესებთან. ასეთ ზემოქმედებებს შიგნით ვხვდებით:

ა) ცემენტის ჰიდრატაციის შედეგად (ცემენტის ეგზოთერმია) თბოგამოყოფა ბეტონში მისი გამაგრებისას—ბეტონის წყობის ეგზოთერმული გახურება;

ბ) ბეტონის წყობის გაცივება მასში ჩალაგებული მილების კლაკნილთა სისტემაში ცირკულირებული წყლით;

გ) ზედაპირული მორწყვა;

დ) მშენებლობისას ბეტონის წყობის ცალკეული ნაწილების ან მკაცრ კლიმატურ პირობებში მშენებარე მასიურ-კონტრფორსული კაშხალების სიღრუეებისა და ღიობების ხელოვნური შეთბობა.

უნდა აღინიშნოს, რომ ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა დაპროექტების პრაქტიკაში ზემოთ ჩამოთვლილი ზემოქმედებანი არაა ყველა ერთნაირად შესწავლილი. ამ თვალაზრისით რამდენადმე უფრო კარგადაა ჩატარებული ის გამოკვლევები, რომლებიც ითვალისწინებენ ბუნებრივ ტემპერატურულ ზემოქმედებებს და თბოგამოყოფას გამაგრებისას ბეტონში ცემენტის ჰიდრატაციის შედეგად.

გარემოს (ჰაერისა და წყლის) ტემპერატურის ცვალებადობას ყოფენ სამ კატეგორიად: 1) ტემპერატურის სეზონური (წლიური) ცვალებადობა; 2) ციკლონებისა და ანტიციკლონების გავლენასთან დაკავშირებული ტემპერატურის არაპერიოდული ცვალებადობა, რომელიც პირობითად განიხილება როგორც პერიოდული, პერიოდით 1 თვე და პირობითი $t_{\text{პ}} = -8 - 18^{\circ}\text{C}$ ამპლიტუდით; 3) ტემპერატურის დღელაპური ცვალებადობა.

საშუალო თვიური ტემპერატურები წლის განმავლობაში იცვლება საშუალო წლიური ტემპერატურის მიმართ. ეს ცვალებადობა საკმარისად კარგად გამოისახება კოსინუსოიდით:

$$t_{\text{ს.შ.}}(t) = t_{\text{ს.შ.}} + t_{\text{კ}} \cos \frac{2\pi t}{\Theta}, \quad (23-1)$$

სადაც t არის დრო;

$t_{\text{ს.შ.}}$ — ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა;

$t_{\text{კ}}$ — ტემპერატურის წლიური ცვალებადობის ამპლიტუდა;

Θ — ტემპერატურის ცვალებადობის პერიოდი.

ბეტონის მასიურ ნაგებობებში (მაგალითად, გრავიტაციულ კაშხალში) ტემპერატურული ცვლილების შედარებით სიღრმე წლიური პარამონიკისათვის დაახლოებით 10—12 მ-ია, თვიურისათვის — 3 მ, ხოლო დღელაპურისათვის — 0,5 მ.

ჰაერის ტემპერატურის თვიური და დღელაპური ცვალებადობის გავლენა მშენებარე ნაგებობის თერმოდინამიკურ მდგომარეობაზე მისი წლიური ტემპერატურული ცვალებადობისა და ეგზოთერმული გახურების გავლენაზე მნიშვნელოვნად უფრო მცირეა. ეს აიხსნება იმით, რომ ბეტონის ბლოკები ამ ტემპერატურული ზემოქმედებებისაგან ყალიბებიან და დაცული.

ნაგებობათა წყალქვეშა ნაწილებისათვის პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს წყლის ტემპერატურის სეზონურ ცვალებადობას. წყალსაცავებში წყლის ტემპერატურა არსებითად იცვლება მის ზედა ფენებში, ხოლო 20—30 მ სიღრმე-

ზე იგი იცვლება 1—2°C. საერთო შესაფასებელი გაანგარიშებების დროს წყლის ტემპერატურა წყალსაცავში 70—80 მ სიღრმეზე და უფრო ქვემოთ შეიძლება მუდმივად ჩათვალოთ (დაახლოებით 4°C). ეს ტემპერატურა და გარე ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა განსაზღვრავს საშუალო დამყარებულ ტემპერატურას ბეტონის კაშხალში. საორიენტაციო გაანგარიშებების დროს დამყარებული საექსპლუატაციო ტემპერატურისათვის იყენებენ დამოკიდებულებას

$$t_{\text{გ.ყ.}} = \frac{(t_{\text{ს.ა.}} \cdot \varepsilon_c + 4)}{2} \quad (23-2)$$

უფრო ზუსტი გაანგარიშებების დროს მასიური ნაგებობის ტანში აგებენ იზოთერმულ მრუდებს წყალსაცავში და ქვედა ბიეფში წყლის სეზონური ცვალებადობის გათვალისწინებით, აგრეთვე ფუძისა და გარე ჰაერის ტემპერატურის გათვალისწინებით.

ბეტონის წყობის ეგზოთერმული გახურება ვლინდება მშენებლობის პერიოდში ცემენტის ჰიდრატაციის შედეგად, რომლის დროს გამოიყოფა სითბოს დიდი რაოდენობა—1 კგ ცემენტი გამოყოფს $\Sigma = 380-550$ კჯ/კგ (90—130 კკალ/კგ) სითბოს.

ადიაბატურ პირობებში (გარემოში სითბოს გაუცემლად) ბეტონის ტემპერატურის აწვევის სიდიდე $t_{\text{გ.ა.}}$ აღწევს რამდენიმე ათეულ გრადუსს. $t_{\text{გ.ა.}}$ შეიძლება გამოვთვალოთ ფორმულით

$$t_{\text{გ.ა.}} = \frac{\Sigma \Pi}{C \rho_a} \quad (23-3)$$

სადაც Π არის ცემენტის რაოდენობა ერთეულ მოცულობაში;

C — ბეტონის ხვედრითი თბოტევადობა;

ρ_a — ბეტონის სიმკვრივე.

რეალურ პირობებში ტემპერატურული ეგზოთერმული გახურება დამოკიდებულია დაბეტონების ბლოკების სიმაღლეზე და მათი გადახურვის დროზე.

ეგზოთერმული გახურების ტემპერატურა შეიძლება მიახლოებით გამოვიანგარიშოთ ფორმულით

$$t_{\text{გ.ა.}} = t_{\text{გ.ა.}} \cdot k_{\text{გ.ა.}} \quad (23-4)$$

სადაც $k_{\text{გ.ა.}}$ არის კოეფიციენტი, რომელიც აიღება სათანადო გრაფიკიდან [12]; η — შემასწორებელი კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ეგზოთერმიის განვითარებას ცემენტის ხარჯის შესაბამისად; $\eta = 1$, როდესაც $\Pi = 300$ კგ/მ³; $\eta = 1,3$, როდესაც $\Pi = 150$ კგ/მ³.

სხვა მნიშვნელობებისათვის η მნიშვნელობას პოულობენ ინტერპოლაციით.

ეგზოთერმული გახურება დიდ გავლენას ახდენს ბეტონის მასიურ ნაგებობათა თერმობაზით მდგომარეობაზე. სითბო ინტენსიურად გამოიყოფა პირველი 5—10 დღე-ღამის განმავლობაში, რაც იწვევს ტემპერატურის მნიშვნელოვან აწვევას დაბეტონების ბლოკებში. კონსტრუქციის შემდგომი ვაცივება საექსპლუატაციო პერიოდის ტემპერატურულ მდგომარეობამდე, როგორც წესი, იწვევს მნიშვნელოვანი გამჭიმის ძაბვების წარმოშობას. ამიტომ ბეტონის მასიურ ნაგებობებში (ძირითადად კაშხალებში) ტემპერატურული ბზარწარმოქმნის საწინააღმდეგო ღონისძიებად უნდა მივიჩნიოთ დაბალთერმული ცემენტის გამოყენება და ბეტონში ცემენტის შეცულობის შემცირება.

საწყისი ტემპერატურული ვარდნილი, ანუ ბეტონის ნარევისა და გარემოს ტემპერატურათა სხვაობა, დაბეტონების მომენტში გარკვეულ გავლენას ახდენს ნაგებობის თერმოდინამიკულ მდგომარეობაზე. ამ ფაქტორის გავლენა შეიძლება დადგინდეს მხოლოდ გაანგარიშებით, მაგრამ ერთი რამ ნათელია, რომ რაც უფრო დაბალია ნარევის ტემპერატურა დაბეტონების ბლოკში დაწყობის მომენტში, მით ნაკლებია კონსტრუქციაში წარმოშობილი გამჭიმვითი ძაბვები.

ბეტონის ნაგებობებზე და მათ ელემენტებზე ტემპერატურულ ზემოქმედებას ახდენს აგრეთვე დამონოლითების მომენტში ნაგებობის ტემპერატურასა და დამყარებულ საექსპლუატაციო ტემპერატურას შორის ვარდნილი, ფუძის ტემპერატურის ცვლილებისა და დაწყობილი ბეტონის ტემპერატურული რეჟიმის რეგულირების ხელოვნური ღონისძიებანი (პერიფერიული ელექტროგახურება, ხელოვნური გაცივება).

§23-2. ზოგიერთი სწრაფი თბოგადაცემის თეორიული

თბოგადაცემის თეორია, რომელსაც იყენებენ ბეტონის ნაგებობათა ტემპერატურული ველის გამოსაკვლევადა, მათემატიკური ფიზიკის განყოფილებაა. მყარი ტანის ელემენტარული მოცულობისათვის სითბური ბალანსის განხილვის საფუძველზე სითბოს შიგა გაიანჯრებულ ფენების არსებობისას მიღებულია თბოგადაცემის შემდეგი ძირითადი არაერთგვაროვანი დიფერენციალური განტოლება

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) + \frac{1}{c\rho} \cdot \frac{\partial q}{\partial \tau} = a \nabla^2 t + \frac{1}{c\rho} \cdot \frac{\partial q}{\partial \tau} \quad (23-5)$$

სადაც t არის ტემპერატურა;

τ — დრო;

$a = \frac{\lambda}{c\rho}$ — ბეტონის ტემპერატურაგამტარობა;

λ — ბეტონის თბოგამტარობა;

c — ბეტონის კუთრი თბოტევადობა;

ρ — ბეტონის სიმკვრივე (მოცულობითი მასა);

q — სითბოს რაოდენობა, რომელიც გამოიყოფა (შეიტანება) ბეტონის ერთეულ მოცულობაში დროის მოკემული მომენტისათვის;

∇^2 — ლაპლასის ოპერატორი.

ბიძროტექნიკური ბეტონისათვის $\lambda = 1,3 \div 2,3$ ვტ/(მ.°C) [1,1 ÷ 2,3 კკალ/(მ სთ °C)]; $c = 0,92 \div 1,1$ კჯ/კგ. °C [0,22—0,27 კკალ/კგ. °C)]; $\rho = 2350 \div 2500$ კგ/მ³; $a = (0,7 \div 1,25) 10^{-6}$ მ²/წმ (0,0025—0,0045 მ²/სთ).

სითბოს გამოყოფის სიჩქარე $\frac{\partial q}{\partial \tau} = \dot{q}$, ტემპერატურისა და გამოყოფილი

სითბოს რაოდენობის ფუნქციაა. ამოცანის ანალიზური გადაწყვეტა გართულებულია იმით, რომ უცნობია $q = f(\tau)$ ფუნქცია. ამიტომ პრაქტიკაში (23-5) განტოლების ამოსახსნელად ხშირად მიმართავენ რიცხვით მეთოდებს, რისთვისაც $q = f(\tau)$ დამოკიდებულებისათვის იყენებენ ცდის მონაცემებს ან სხვადასხვა ემპირიულ და ნახევრადემპირიულ დამოკიდებულებებს. ამასთან ერთად ღებულობენ დაშვებას იმის შესახებ, რომ q , a და c არაა დამოკიდებული ტემპერატურაზე.

უნდა აღენიშნოს, რომ 30—40 დღის გავლის შემდეგ q სიდიდზე იზღვე-
ნად მცირდება, რომ შესაძლებელია მისი უკუუღებელიყოფა, ამიტომ (23-5) გან-
ტროლების ბოლო წვერი შეიძლება მხედველობაში არ მივიღოთ, რითაც ხსენე-
ბული განტოლება ვადაიქცევა ფურიეს ერთგვაროვან განტოლებად

$$\frac{\partial t}{\partial x} = a \nabla^2 t. \quad (23-6)$$

მიღებული (23-6) განტოლების ამოხსნისას უნდა დაკმაყოფილდეს მოცემული
საწყისი და სასაზღვრო პირობები. უშვებენ, რომ ტემპერატურის საწყისი გა-
ნაწილება ბეტონის ბლოკებში თანაბარია და უდრის ბეტონის ნარევის ტემ-
პერატურას. პრაქტიკული მიზნებისათვის ჩვეულებრივ იყენებენ შემდეგ სასა-
ზღვრო პირობებს:

1) ცნობილია ტემპერატურა სხეულის კონტურზე დროის ნებისმიერ
შომენტში;

2) მოცემულია სითბური ნაკადის სიდიდე სხეულის კონტურზე;

3) გარემოსთან თბოგადაცემის კანონი სხეულის კონტურზე მოცემულია
შემდეგი სახით

$$-\lambda \frac{\partial t}{\partial n} = \alpha_n (t_n - t_s), \quad (23-7)$$

სადაც n არის გარე ნორმალის;

α_n — თბოგადაცემის კოეფიციენტი;

t_n — ზედაპირის ტემპერატურა;

t_s — გარემოს ტემპერატურა;

4) ორი სხეულის საზღვარზე არსებობს მკვერივი სითბური კონტაქტი,
რაც დაიწერება შემდეგნაირად

$$t_{1s} = t_{2s}; \quad \lambda_1 \frac{\partial t_1}{\partial n} = \lambda_2 \frac{\partial t_2}{\partial n}, \quad (23-8)$$

სადაც t_{1s} და t_{2s} შესაბამისად პირველი და მეორე სხეულის ტემპერატურე-
ბია;

λ_1 და λ_2 — ამ სხეულების თბოგამტარობა.

პირველი გვარის სასაზღვრო პირობებს იყენებენ წყლით გარს შემოვლე-
ბული ზედაპირებისათვის. პერის ტემპერატურის ცვალებადობისათვის გამო-
იყენება მესამე გვარის სასაზღვრო პირობები (23-7) განტოლების სახით. α_n
კოეფიციენტის მნიშვნელობა დამოკიდებულია ქარის სიჩქარეზე, სხეულის
ზედაპირის მდგომარეობაზე და მის ორიენტაციაზე სივრცეში. გარე ღია
ზედაპირებისათვის ამ კოეფიციენტს 23 ვტ/(მ² °C) [20 კკალ/(მ²სთ °C)] ტოლს
იღებენ.

მესამე სასაზღვრო პირობის (23-7) განტოლების მეშვეობით შეიძლება
მიახლოებით შეფასდეს ყალიბების ან ზედაპირული თბოსაიზოლაციო ფენების
გაგლეწა. ამისათვის თბოგადაცემის დაყვანილ კოეფიციენტს ანგარიშობენ
შემდეგი ფორმულიდან

$$\alpha_{\text{გ.ა.}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}}. \quad (23-9)$$

სადაც δ_i არის i -რი თბოსაიზოლაციო ფენის სისქე;

λ_i — მისი თბოგამტარობა.

ბეტონის კაშხალების მრავალი ელემენტი ბრტყელი ან ოღნაე გამრუდებული ფილები ან კედლებია, რომელთა სისქე 3—4-ჯერ ნაკლებია დანარჩენ ზომებზე. თუ თითოეული დიდი წახნაგის ფარგლებში სასაზღვრო პირობებში არაა დამოკიდებული კოორდინატებზე, მაშინ შეგვიძლია ჩავთვალოთ, რომ ტორსებიდან დაშორებით ტემპერატურა მხოლოდ x დროისა და y კოორდინატის ფუნქციაა.

ასეთ შემთხვევაში თბოგამტარობის (23-5) განტოლება მიიღებს სახეს

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{1}{\epsilon \rho} \cdot \frac{\partial q}{\partial \tau} \quad (23-10)$$

პირველი გვარის სასაზღვრო პირობებისას სითბური წყაროების შემთხვევებისათვის $\left(\frac{\partial q}{\partial \tau} = 0\right)$ მიღებულია დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობის შქონე რიგი ანალიზური ამოხსნებისა¹.

როდესაც არსებობს თბოგამყოფა და გარემოს ტემპერატურა იცვლება რთული კანონით, მაშინ ტემპერატურული ველის განსაზღვრისათვის იყენებენ სასრულ სხვაობათა მეთოდს. ამ შემთხვევაში დროის განსახილველი შუალედი იყოფა საკმარის მცირე $\Delta \tau$ ინტერვალებად, ხოლო კედლის სისქე— Δx უბნებად. გაანგარიშების დროს მიმდევრობით ჩამოვლიან ბაღის ყველა კვანძს. გაანგარიშება დროის წინა მომენტის ტემპერატურის მიხედვით დაიყვანება დროის მომდევნო მომენტის ტემპერატურის განსაზღვრაზე.

სასრული სხვაობების მეთოდის გამოყენება მნიშვნელოვნად მსუბუქდება ელემენტარული გამოთვლელი მანქანების გამოყენებით.

თბოგადაცემის (23-5) განტოლების ამოხსნით შეიძლება განისაზღვროს ბეტონის ნებისმიერი ნაგებობის თერმული რეჟიმი მისი საშუენებლო და საექსპლუატაციო პირობებისათვის. ამოხსნილია პრაქტიკული ღირებულების შქონე ამოცანები ბეტონის კედლების სიმეტრიული და არასიმეტრიული გაციების შესახებ ტემპერატურის სხვადასხვა საწყისი განაწილებისას; ზედაპირზე ტემპერატურის პარამონიული კანონით ცვალებადობისას და ა. შ. [3]. ყველა ეს ამონახსნი საშუალებას იძლევა საკმარის ზუსტად გაანგარიშდეს ბეტონის ნაგებობათა და მათი კონსტრუქციების (კედლების, ფილების, ბეტონირების ბლოკების და ა. შ.) თერმოდამბული მდგომარეობა.

§23-3. ზომიერითი ცნობა თერმოდამბობის თერმობიდან

ნაგებობის თერმული რეჟიმის შესწავლა, ანუ მისი ტემპერატურული ველის განსაზღვრის ამოცანის გადაწყვეტა, ნაგებობის ზოგადი ტემპერატურული ამოცანის ამოხსნის პირველი ეტაპია. მეორე ეტაპზე წარმოებს ნაგებობის ძაბვითი და დეფორმაციული მდგომარეობის გამოკვლევა, რომელიც შედგება ორი ნაწილისაგან, ესენია: 1) ძაბვებისა და დეფორმაციების განსაზღვრა იმ ვარაუდით, რომ მასალა მუშაობს დრეკადობის ზღვრებში; 2) ბეტონის დრეკადობის მოდულის ცვლილებისა და ცოცვადობის გავლენის ვათვალისწინება.

მოცემულ სასაზღვრო პირობებში ტემპერატურულ გადაადგილებათა გან-

¹ Лыков А. В. Теория теплопроводности. М. Гостеоиздат, 1952.

საზღვრა დაიყვანება მეორე რიგის შემდეგი კერძო წარმოებულებიანი სამგანტოლებიანი სისტემის ამოხსნაზე:

$$\left. \begin{aligned} (\lambda + G) \frac{\partial \Theta}{\partial x} + G \nabla^2 u - \frac{E\alpha}{1 - 2\mu} \cdot \frac{\partial t}{\partial x} &= 0; \\ (\lambda + G) \frac{\partial \Theta}{\partial y} + G \nabla^2 v - \frac{E\alpha}{1 - 2\mu} \cdot \frac{\partial t}{\partial y} &= 0; \\ (\lambda + G) \frac{\partial \Theta}{\partial z} + G \nabla^2 w - \frac{E\alpha}{1 - 2\mu} \cdot \frac{\partial t}{\partial z} &= 0; \end{aligned} \right\} \quad (23-11)$$

სადაც λ არის ლამეს მუდმივა;

G — მასალის (ბეტონის) ძვრის მოდული;

Θ — მოცულობითი გაფართოება;

u, v, w — გადაადგილებათა მდგენელები x, y და z ღერძებზე;

α — წირითი გაფართოების კოეფიციენტი;

μ — პუასონის კოეფიციენტი.

კლდოვან ფუძესთან ნაგებობისა და ძველ ბეტონთან ახლის შეუღლების ადგილებში უნდა დაკმაყოფილდეს ორი სხეულის გადაადგილებათა ტოლობა საკონტაქტო სიბრტყეში.

დასმული ამოცანის ამოხსნა მიმდინარეობს ორ ნაწილად: 1) (23-11) განტოლებათა სისტემის კერძო ამოხსნისა და 2) ერთგვაროვან განტოლებათა სისტემის (როდესაც $t=0$) ზოგადი ამოხსნის ოპერაციების სახით.

კერძო ამოხსნის მისაღებად საჭიროა ამოხსნას პუასონის მეორე რიგის განტოლება და მოინახოს $\Phi(x, y, z)$ ფუნქცია—ე. წ. თერმოდრეკადი პოტენციალი. ეს ფუნქცია გადაადგილების კომპონენტებთან დაკავშირებულია შემდეგი დამოკიდებულებებით:

$$u = \frac{\partial \Phi}{\partial x}, \quad v = \frac{\partial \Phi}{\partial y}, \quad w = \frac{\partial \Phi}{\partial z} \quad (23-12)$$

ამასთანავე, მოცულობითი გაფართოება

$$\Theta = \epsilon_x + \epsilon_y + \epsilon_z = \nabla^2 \Phi. \quad (23-13)$$

უნდა აღვნიშნოთ, რომ დრეკადობის თეორიის ზოგად დებულებათა თანახმად, სრული დეფორმაციის კომპონენტები დაკავშირებულია u, v და w გადაადგილებათა კომპონენტებთან კომის შემდეგი თანაფარდობებით:

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_x &= \frac{\partial u}{\partial x}, \quad \epsilon_{xy} = \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}; \\ \epsilon_y &= \frac{\partial v}{\partial y}, \quad \epsilon_{yz} = \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z}; \\ \epsilon_z &= \frac{\partial w}{\partial z}, \quad \epsilon_{zx} = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x}. \end{aligned} \right\} \quad (23-14)$$

თერმოდრეკადობის ძირითად დიფერენციალურ განტოლებას, რომელსაც პუასონის განტოლებას უწოდებენ, აქვს შემდეგი სახე

$$\nabla^2 \Phi = \alpha \frac{1 + \mu}{1 - \mu} t, \quad (23-15)$$

სადაც α — წირითი გაფართოების კოეფიციენტი ბეტონისათვის და უდრის $(0,8 - 1)10^{-8} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (უარყოფითი ტემპერატურის დროს α კოეფიციენტი აღწევს $1,5 \cdot 10^{-8} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$).

ამოიხსნება რა (23-15) დიფერენციალური განტოლება Φ ფუნქციის მიმართ, ტემპერატურული დაბევები განისაზღვრება შემდეგ დამოკიდებულებათა მეშვეობით:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x' &= -2G \left(\frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} \right), & \tau_{xy}' &= 2G \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x \cdot \partial y}; \\ \sigma_y' &= -2G \left(\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} \right), & \tau_{yz}' &= 2G \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y \cdot \partial z}; \\ \sigma_z' &= -2G \left(\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} \right), & \tau_{zx}' &= 2G \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z \cdot \partial x}. \end{aligned} \right\} \quad (23-16)$$

ამასთან ერთად, უნდა აღვნიშნოთ, რომ სხეულის კონტურზე ან მის ნაწილზე შეიძლება გაჩნდეს ისეთი დაბევები, რომლებიც პირობის თანახმად არ უნდა გვექონდეს. ასეთი (ზედმეტი) დაბევები უნდა „ამოიხსნას“, რაც იმას ნიშნავს, რომ კონტურზე მოვდეთ სიდიდით მათი ტოლი და მიმართულებით შებრუნებული დატვირთვა. ამ დატვირთვისაგან წარმოშობილი დაბევების განსაზღვრა ამოცანის მეორე ნაწილია, რომელიც შეიცავს შემდეგი სახის ერთგვაროვან დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემის ამოხსნას:

$$\left. \begin{aligned} (\lambda + G) \frac{\partial u}{\partial x} + G \nabla^2 u &= 0; \\ (\lambda + G) \frac{\partial v}{\partial y} + G \nabla^2 v &= 0; \\ (\lambda + G) \frac{\partial w}{\partial z} + G \nabla^2 w &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (23-17)$$

თუ (23-17) ერთგვაროვან განტოლებათა ამოხსნით მიღებულ დაბევებს აღვნიშნავთ σ_x'' , σ_y'' , σ_z'' , τ_{xy}'' , τ_{yz}'' და τ_{zx}'' ით, მაშინ სრული ტემპერატურული დაბევა დრეკადი სხეულის ნებისმიერ წერტილში განისაზღვრება ჯამით:

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \sigma_x' + \sigma_x'', & \tau_{xy} &= \tau_{xy}' + \tau_{xy}''; \\ \sigma_y &= \sigma_y' + \sigma_y'', & \tau_{yz} &= \tau_{yz}' + \tau_{yz}''; \\ \sigma_z &= \sigma_z' + \sigma_z'', & \tau_{zx} &= \tau_{zx}' + \tau_{zx}'' \end{aligned}$$

თერმოდრეკადობის სამგანზომილებიანი ამოცანის ამოხსნა წარმოებს ბ. გალიორკინის მეთოდით ფ დაბვის ფუნქციის მეშვეობით. მაგრამ საკმაოდ ხშირია შემთხვევები, როდესაც ტემპერატურა ფუნქციაა მხოლოდ x და y ორი სივრცული კოორდინატისა, ხოლო სხეული ვაგრძელებულია z ღერძის მიმართულებით (როგორც, მაგალითად ბეტონის მძალი სვეტი) ან z ღერძის მიმართულებით აქვს მუდმივი, მაგრამ მცირე სისქე (მაგალითად, როდესაც კაშხალი დაყოფილია ხშირი ვერტიკალური ნაკერებით). ასეთ შემთხვევებში, ცხადია, ამოცანა შეიძლება განვიხილოთ, როგორც ბრტყელი (ორგანზომილებიანი). მის გადასაწყვეტად უნდა მოიძებნოს ფ დაბვის პარამონიული ფუნქცია,

რომელმაც ბრტყელი დაძაბული მდგომარეობისას უნდა დააყუთოს განტოლება

$$\nabla^2 \nabla^2 \varphi = -E\alpha \nabla^2 f, \quad (23-18)$$

ხოლო ბრტყელი დეფორმაციული მდგომარეობისას მისი შესაბამისი განტოლება

$$\nabla^2 \nabla^2 \varphi = -E\alpha \nabla^2 f \frac{1}{1-\mu}. \quad (23-19)$$

φ ფუნქცია ძაბვებთან დაკავშირებულია შემდეგი დამოკიდებულებებით

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2}, & \sigma_y &= \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2}, \\ \tau_{xy} &= -\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y}. \end{aligned} \right\} \quad (23-20)$$

სტაციონარული სითბური ნაკადის დროს და სითბოს შიგა წყაროების უქონლობისას თბოვამტარობის (23-5) განტოლება გადადის ლაპლასის $\nabla^2 f = 0$ განტოლებაში, ხოლო (23-18) და (23-19) განტოლებათა მარჯვენა ნაწილები ნულის ტოლი ხდება.

ამ შემთხვევაში, ცხადია, თავისუფალი კონტურის შიგნით ერთგვაროვან სხეულში ტემპერატურული ზემოქმედება არ წარმოშობს ძაბვებს. მაგრამ მრავალბმული სხეულებისათვის ეს პირობა საკმარისი არ არის, ამასთან ერთად საჭიროა, რომ მათ არ ჰქონდეს სითბოს წყაროები ჩაკეტილ სიღრმეთა შიგნით. ეს პირობა არ კმაყოფილდება ისეთი ტემპერატურული ამოცანისათვის, როგორცაა ბეტონის კაშხალი ტანში „ჩაშენებული“ ჰიდროელექტროსადგურით, რადგან გენერატორებიდან გამოყოფილი სითბური ნაკადი, მიუხედავად იმისა, რომ ის სტაციონარულია, წარმოშობს ტემპერატურულ ძაბვებს კაშხალის ტანში [3].

შემოთ მოცემული (23-15) ტიპის განტოლებათა ამოხსნას განვიხილავთ პოტენციალების თეორიაში; გარკვეული მიხსლოებით ბეტონის მასიურ ნაგებობათა ცალკეული ნაწილებისათვის ტემპერატურა შეიძლება განვიხილოთ, როგორც r და x ორი ცვლადის ფუნქცია. მაშინ (23-15) განტოლების ზოგად ამონახსნს Φ პოტენციალისათვის აქვს შემდეგი სახე

$$\Phi = \alpha \frac{1+\mu}{1-\mu} \iint f(x) dx dx. \quad (23-21)$$

თუ (23-21) გამოსახულებას ჩავსვამთ (23-15) განტოლებაში, დაერწმუნდებით, რომ იგი მას აკმაყოფილებს. განსახილველ კერძო ამონახსნში ძაბვები: $\tau'_{xy} = \tau'_{yx} = \tau'_{xx} = 0$; $\sigma'_x = 0$;

$$\sigma'_y = \sigma'_r = -\frac{\alpha E}{1-\mu} f(x),$$

ხოლო გადაადგილებანი $v' = w' = 0$ და

$$u' = \alpha \frac{1+\mu}{1-\mu} \int f(x) dx.$$

მიღებული ზოგადი სახის დამოკიდებულებანი გამოყენებულია სხვადასხვა სახის კერძო ამოცანის გამოსაკვლევად; სახელდობრ, გამოყვანილია ტემპერა-

ტურულ ძაბვითა და მოკიდებულებანი ფილისათვის (კელისათვის), ჯერძის გასწვრივ წაგრძელებული კონსტრუქციული ელემენტისათვის მისი მართკუთხა კვეთის გვერდების სხვადასხვა ხ:ლ ფარდობის გათვალისწინებით და სხვ. [3]. ყველა ეს ამონახსნი წარმატებით შეიძლება გამოვიყენოთ ბეტონის მასიური კაშხალების ნაწილებისა და ელემენტების თერმოდამაბული მდგომარეობის შესასწავლად.

დაძველებისა და ცოცვალობის გაკვლეა. ცდებით დადგენილია, რომ თუ ბეტონის ძელზე დროის რაღაც მომენტში მოვდებთ მკუმშავ ან გამკვივ გრძივ ძალას და ხანგრძლივად დაეტოვებთ ამ ძალის გავლენის ქვეშ, შევნიშნავთ, რომ ნიბეში დასაწყისში მყის (ე. ი. ძალის მოდებისთანავე) დეფორმირდება, ხოლო შემდეგ დროის გაცლის კვალობაზე იგი თანდათან დეფორმირდება ძალის გაუზრდელად.

ძელის საწყისი მყის დეფორმაცია განისაზღვრება ძალის მოდების მომენტში ბეტონის ასაკის შესაბამისი დრეკადობის მოდულის მნიშვნელობით. დასაწყისში მოდებული დატვირთვის გაუზრდელად ბეტონის შემდგომ დეფორმაციას დროის შესაბამისად ეწოდება ბეტონის ცოცვალობა და რიცხობრივად იგი ხასიათდება ე. წ. $\epsilon(\tau)$ ცოცვალობის საზომით. ბეტონის ძელში წარმოშობილ სრულ დეფორმაციას ϵ_1 დროის მომენტისათვის შეიძლება მივცეთ შემდეგი სახე

$$\epsilon_0(\tau_1) = \frac{\sigma_0}{E(\tau)} + \sigma_0 \epsilon(\tau_1 - \tau_0); \quad (23-22)$$

ამ გამოსახულებაში შემავალი $E(\tau)$ მყის დეფორმაციის მოდული იზრდება დროის მიხედვით; ამასთან, იგი ყველაზე უფრო ინტენსიურად იცვლება დაახლოებით 15—20 დღის განმავლობაში. იმავე (23—22) გამოსახულებაში შემავალი ϵ ხვედრითი ფარდობითი დეფორმაცია, ანუ ცოცვალობის საზომი, იზრდება დატვირთვის მოდების $\tau_1 - \tau_0$ ხანგრძლივობის ზრდის კვალობაზე. სხვა ერთნაირ პირობებში, რაც უფრო ხნოვანია ბეტონი, მით უფრო მცირეა მისი ცოცვალობის საზომი. ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე შედგენილია სათანადო გრაფიკები, რომლებითაც ბეტონის სრული კუთრი დეფორმაციები დაკავშირებულია დატვირთვის მომენტში მის τ ხნოვანებასა და დატვირთვის მოდების $\tau_1 - \tau_0$ ხანგრძლივობასთან. ხნოვანების შესაბამისად ბეტონის დრეკადობის E მოდულის ზრდასა და მისი ცოცვალობის ზომის შემცირებას უწოდებენ ბეტონის დაძველებას.

მასლოვ-არუთუნაინის შემკვიდრებითი თეორიის თანახმად, დროთა განმავლობაში ცვალებადი $\sigma(\tau)$ ძაბვებისას, ბეტონის ძელის ფარდობითი დეფორმაცია განისაზღვრება შემდეგი სახის დამოკიდებულებით¹

$$\begin{aligned} \epsilon_0(\tau_1) &= \frac{\sigma_x(\tau_0)}{E(\tau_0)} + \sigma_x(\tau_0) \epsilon(\tau_1, \tau_0) + \int_{\tau_0}^{\tau_1} \frac{\partial \sigma_x}{\partial \tau} \left[\frac{1}{E(\tau)} + \epsilon(\tau_1, \tau) \right] d\tau = \\ &= \frac{\sigma_x \tau_1}{E(\tau_1)} - \int_{\tau_0}^{\tau_1} \sigma_0(\tau) \frac{\partial}{\partial \tau} \left[\frac{1}{E(\tau)} + \epsilon(\tau_1, \tau) \right] d\tau. \end{aligned} \quad (23-23)$$

¹ Александровский С. В. Расчет бетонных и железобетонных конструкций на температурно-влажностные воздействия с учётом ползучести. М., Стройиздат, 1966.

Арутюнян Н. Х. Некоторые вопросы теории ползучести. М., Гостехиздат, 1952.

ანალოგიური დამოკიდებულებანი შეიძლება ჩაიწეროს მოცულობითი დაძაბუ-
ლი მდგომარეობისათვისაც. მათში $E(\tau)$ და $\epsilon(\tau_1, \tau)$ ფუნქციების გარდა, შე-
ვა აგრეთვე $\mu(\tau_1, \tau)$ პუასონის კოეფიციენტიც.

პრაქტიკული გაანგარიშებისას თელიან, რომ $\mu \approx \text{const}$, რაც მნიშვნე-
ლოვნად ამარტივებს ცოცვადობის გავლენის გათვალისწინებას. ასეთი სხეუ-
ლის დაძაბული მდგომარეობა მუდმივ დრეკადობისმოდულიანი შესაბამისი
დრეკადი სხეულის დაძაბული მდგომარეობის იგივეურია. ასე, რომ წრფივი
გარდაქმნების მეშვეობით დრეკადი სხეულის დეფორმაციებით შეიძლება განი-
საზღვროს მოცემული სხეულის დეფორმაციები.

თუ ბეტონის ძელს დროის τ მომენტში მიეცემთ მუდმივ ϵ_0 დეფორმა-
ციას, მაშინ წარმოშობილი $\sigma_0 = \epsilon_0 E(\tau)$ ძაბვები დროის გავლის შემდეგ ცო-
ცვადობის შედეგად შემცირდება და $\tau_1 > \tau$ დროის მომენტისათვის ტოლი
იქნება

$$\sigma(\tau_1) = \sigma_0 R(\tau_1, \tau) = \epsilon_0 E(\tau) R(\tau_1, \tau). \quad (23-24)$$

მუდმივი დეფორმაციის დროს ცოცვადობის შედეგად სხეულში წარმო-
შობილ ძაბვათა შემცირების პროცესს ძაბვათა რელაქსაციას უწოდებ-
ენ, ხოლო (23-24) გამოსახულებაში შემავალ $R(\tau_1, \tau)$ მონოტონურად კლე-
ზად ფუნქციას—რელაქსაციის კოეფიციენტს, მიღვეადობის ან რე-
ლაქსაციურ ფუნქციას. მისი სიდიდე განისაზღვრება ან უშუალოდ ექსპერი-
მენტებით, ანდა ცდებით დადგენილ $E(\tau)$ და $\epsilon(\tau_1, \tau)$ სიდიდეთა მიხედვით
ჩატარებული გამოთვლებით, სხვადასხვა მარკის ბეტონის ნიმუშებისათვის აგე-
ბულია $R(\tau_1, \tau)$ ფუნქციის გრაფიკები.

თუ ცნობილია $E(\tau)$ და $R(\tau_1, \tau)$, მაშინ $\sigma^*(\tau_1)$ ტემპერატურული ძაბვე-
ბი ცოცვადობის გათვალისწინებით შეიძლება განისაზღვროს E დრეკადობის
მოდულის მქონე სხეულის $\sigma(\tau_1)$ ტემპერატურული ძაბვების მიხედვით, შემდე-
გი დამოკიდებულებების თანახმად

$$\sigma^*(\tau_1) = \int_0^{\tau_1} \frac{\partial \sigma(\tau)}{\partial \tau} \cdot \frac{E(\tau)}{E} R(\tau_1, \tau) d\tau. \quad (23-25)$$

ამ ფორმულაში ინტეგრირებას ახდენენ რიცხვითი მეთოდით, მაგალი-
თად, ტრაპეციის ფორმულით. იგი მართებულია მხოლოდ ერთკვაროვანი სხე-
ულისათვის, თუმცა მიახლოებითი ამონახსნების მისაღებად მას იყენებენ
არაერთკვაროვანი სხეულებისათვისაც, როგორცაა: ახალგაზრდა და ძველი
ბეტონის, ანდა ახალგაზრდა ბეტონისა და დრეკადი ფუძის შეუღლების მასი-
ვები და სხვ.

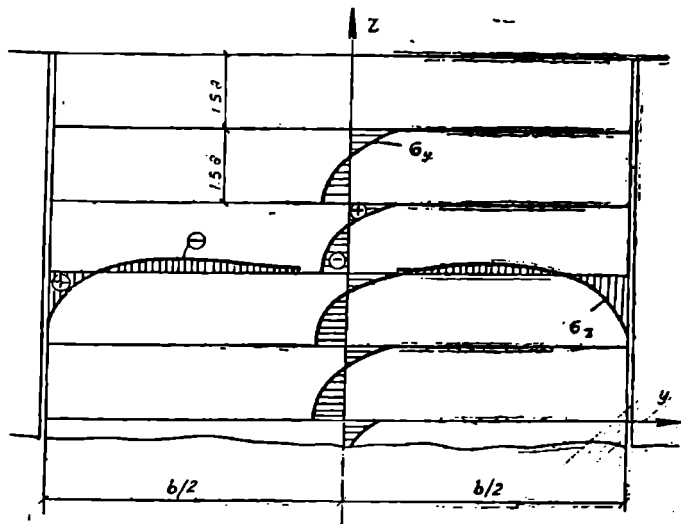
გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ბეტონის ცოცვადობა იწვევს ტემპე-
რატურული ძაბვების 1,5—2-ჯერ შემცირებას, ხოლო დაძველება—ნარჩენი
ძაბვების წარმოშობას.

§ 23-4. ბეტონის კაშხალების თიკოვანი რაჟონის სამშენებლო კვირადში

მშენებლობის პერიოდში საკმაოდ მნიშვნელოვანი ტემპერატურული ძა-
ბვები წარმოიშობა კაშხალის ბეტონში, რომელსაც აწყოებენ ბლოკების სახით.
გრაფიტაციულ და თალოვან კაშხალებს ყველაზე უფრო ხშირად ამბეტონებენ
ჰორიზონტალურ ბლოკებად, მათი ზომები გეგმაში ბევრად. (3—4-ჯერ და

უფრო მეტად) აღემატება მათსავე სიმაღლეს, რომელიც იცვლება 1—4 მ-ს, ფარგლებში.

თითოეული ბლოკის დაბეტონების შემდეგ ტემპერატურა ყველაზე მეტად იაწვევა მათ შუა და ქვედა ნაწილებში, რაც აიხსნება იმით, რომ ბეტონის გამაგრების დროს გამოყოფილი სითბოს გარკვეული ნაწილი მიდის ჰაერში-ხოლო მისი რაღაც ნაწილი გადადის ქვემოთ მოთავსებულ ბლოკში; ამიტომ ამ უკანასკნელის ზედა ნაწილში ტემპერატურა მატულობს. ბლოკის დაწყობიდან რამდენიმე დღის შემდეგ ტემპერატურა თანაბრდება. მისი მნიშვნელობა დამოკიდებულია ცემენტის ზარჯზე, მის თერმულობაზე, ბლოკების გადახურვის



ნახ. 23-1. σ_x და σ_y ტემპერატურულ ძაბვების ეპიურები 1,5 მ სისქის დაბეტონების ბლოკებში.

ვადასა და მათ სისქეზე. რაც უფრო სქელია ბლოკები და სწრაფია სიმაღლეში ნაგებობის ზრდის ტემპი, მით მეტია მათი ტემპერატურა. მასივის შემდგომი გაცივება ხდება წახნაგების გარეთა მხრიდან, ასეთი ბლოკების ტემპერატურული ველი გახურების პერიოდში შეიძლება განვიხილოთ როგორც ერთგანზომილებიანი (თუ გამოვიტყავთ მათი ტორსების შემხებ არეებს).

გახურების შედეგად ზედა ბლოკი ცდილობს დაგრძელდეს, მაგრამ იგი აწყდება ქვედა ბლოკის წინააღობას და კიმავეს მას, თვითონ კი განიცდის კუმშვას. ასევე კუმშვა წარმოიშობა ქვევებული ბლოკის ზედა ნაწილში (შემდგომში იგი შთაინთქმება გამჭიმვი ძაბვებით). ამის შედეგად ტორსებიდან დაშორებული ვერტიკალური კვეთების გასწვრივ წარმოიშობა σ_x და σ_y ძაბვები, თა ორნიშნა ხერხისებური ეპიურები (ნახ. 23-1). ეს ძაბვები, ცხადია, ხელს უწყობს ბზარების წარმოშობას. ორნიშნა ეპიურები მიიღება აგრეთვე σ_x ძაბვებისათვის ბლოკების კონტაქტის პორიზონტალურ კვეთებში, ამასთანავე ბლოკების კიდეებში მიიღება მნიშვნელოვანი კუჭკუ [დაახლოებით 1,5—2,5 MPa (15—25 კგძ/სმ²), ხოლო მათ შუა ნაწილებში—მცირე გაჭიმვა. კიდეებში

წარმოშობილი კუმშვა წინაღობას უწყევს პორიზონტალური ბზარების წარმოშობას და ნაკერების გახსნას წყობის შემდგომი გაციებისას.

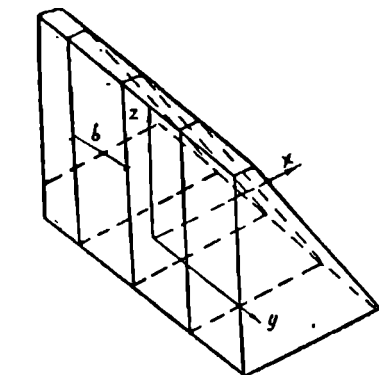
ზემოთ განხილული ძაბვები ბეტონის წყობაში რჩება ნაგებობის არსებობის მთელი დროის მანძილზე, მაგრამ ცოცხადობის შედეგად რამდენადმე მცირდება. აღნიშნულ ძაბვათა სიდიდე მით მეტია, რაც უფრო მაღალია ბეტონის გახურების ტემპერატურა და ღილია ბლოკების სისქე.

ბეტონის მასივის გაცივებას პროცესში მისი შიდა ნაწილებისა და გარე ზედაპირის ტემპერატურებს შორის წარმოიშობა მნიშვნელოვანი ვარდნილები. ეს ვარდნილები კიდევ უფრო იზრდება ზამთარში ჰაერის ტემპერატურის ცვალებადობის გამო. ამის შედეგად მასივის ზედაპირთან წარმოიშობა ღილი გამკეობი ძაბვები, რომელთაც ხშირ შემთხვევაში თან სდევს ბზარების წარმოშობა. ზამთარში ყველაზე უფრო არახელსაყრელი მდგომარეობა ექმნება იმ წყობას, რომელიც დაბეტონდა ზაფხულში ჰაერის მაღალი ტემპერატურის დროს. მასივის გარე წახნაგებთან და მის პორიზონტალურ ზედაპირზე ყველაზე უფრო ხშირად წარმოიშობა ვერტიკალური ბზარები. ბლოკების კიდევში არსებული მოკუმშვის გამო პორიზონტალური ბზარების წარმოშობა უფრო იშვიათადაა მოსალოდნელი.

ტორსებიდან დაშორებულ ვერტიკალურ კვეთებში მოქმედ σ_x ტემპერატურულ ძაბვებს მიახლოებით გაიანგარიშებენ ბრტყელი კვეთების ჰიპოთეზის

გამოყენებით, დრეკადობის მოდულის ცვალებადობისა და ცოცხადობის გათვალისწინების საფუძველზე. კაშხალის გარე წახნაგებთან ვერტიკალურ ბაქნებზე მოქმედი σ_x ძაბვები კი შეიძლება გაანგარიშდეს მიახლოებითი მეთოდიკით ზემოთ ხსენებული ცვალებადი პარამეტრების $[E(\tau), R(\tau_1, \tau)]$ გათვალისწინებით [3].

σ_x ძაბვების შემცირების მიზნით კაშხალს ყოფენ განივი ნაკერებით (ნახ. 23-2). ამ კონსტრუქციული ღონისძიების გასათვალისწინებლად ჩატარებულია სათანადო თეორიული გამოკვლევა [3], რომლის საფუძველზე დადგენილია, რომ უდიდესი ძაბვები მიიღება ზედაპირთან ახლოს, ე. ი. როდესაც $x=0$. ცხადია, ამ ძაბვებმა არ უნდა გადააჭარბოს $\epsilon_{\text{დღ.ზ.}}$.



ნახ. 23-2. სექციზად დაყოფილი გრავიციული კაშხალის სქემა.

ხსენებული გამოკვლევით მიღებული დამოკიდებულების გამოყენებით მტკიცდება, რომ საექსპლუატაციო პერიოდში კაშხალის გარე წახნაგებზე მოქმედებს σ_x ნარჩენი მკუმშავი ძაბვები, რომლებიც წარმოიშვა იმის შედეგად, რომ ბეტონის გამაგრებისა და ბლოკების გახურების დროს ზედაპირული ფენების ტემპერატურა იყო მასივის შიდა ნაწილების ტემპერატურაზე დაბალი. ამ ძაბვების არსებობა სასარგებლოა, რადგან ხელს უწყობს მშენებლობის დროს კაშხალის ზედა წახნაგზე წარმოშობილი ზედაპირული ბზარების და-

ხურვას. ქვედა წახნაგზე ამ ძაბვებს ემატება ის ძაბვები, რომლებიც წარმო-
შობიან პაერის ტემპერატურის პერიოდული ცვალებადობის გავლენით.

ამავე გამოკვლევით დადასტურდა, რომ კაშხალის გაჭრა განივი ნაკერე-
ბით კარგად ამცირებს ტემპერატურის წლიური ცვალებადობით წარმოშობილ
ძაბვებს, თუ ნაკერებს შორის x მანძილი არ აღემატება 20 მ-ს (ნახ. 23-2).
ნაკერებით გაჭრა არსებითად ამცირებს აგრეთვე საშუალებლო პერიოდის σ ,
ძაბვებს.

სამშენებლო პერიოდში მასივის ზედაპირთან წარმოშობილი σ , ძაბვების
შემატცირებელი ეფექტური ღონისძიებაა აგრეთვე ზედაპირული თბოიზოლაც-
იის (ყალიბების) შენარჩუნება წყობის ინტენსიური გაცივების დროის მან-
ძილზე და სითბოს შიგა გაყვანა წყობაში დატანებული მილების კლანჩებ-
ში გამავალი წყლის მეშვეობით. ეს უკანასკნელი ღონისძიება ამავე დროს
აჩქარებს მასივის შიდა ნაწილების გაცივებას და ამცირებს მასივის ცენტრისა
და მისი ზედაპირის ტემპერატურათა ვარდნილს.

კაშხალის მუშაობისათვის σ , ძაბვებზე არანაკლები მნიშვნელობა აქვს
წყობის საერთო გაცივებითა და პაერის ტემპერატურის ცვალებადობით გა-
მოწვეულ σ , ძაბვებს წყობის პორიზონტალურ კვეთებში. საქმე ისაა, რომ
კაშხალის არათანაბარი გაცივება ხელს უწყობს პორიზონტალური ბზარების
წარმოშობას.

σ , ძაბვების განსაზღვრა სამშენებლო პერიოდში დიდ სიძნელეებთან
არის დაკავშირებული, რადგან ერთდრჩულად წარმოებს ნაგებობის წაზრდი
და მისი ტემპერატურული მდგომარეობის ცვლილება. საექსპლუატაციო პე-
რიოდისათვის σ , ძაბვათა მნიშვნელობანი გრაფიტაციულ კაშხალში შეიძლება
დავადგინოთ მიახლოებით, სათანადო ფორმულების გამოყენებით [3].

ბეტონის მასივის დაძაბული მდგომარეობა ფუძესთან
კონტაქტის ზონაში. როგორც ზემოთ აღენიშნეთ, მშენებლობის პერი-
ოდში ბლოკების გაცივება თანდათანობით მიმდინარეობს და ამ პროცესში
მათი ტემპერატურული და დაძაბული რეჟიმებიც იცვლება. საბოლოო ჯამში
ბეტონის წყობა ცივდება და მისი ტემპერატურა უახლოვდება ფუძის ტემპე-
რატურას. ამასთანავე, ფუძესთან კონტაქტის ზონის მახლობლობაში ბეტონის
მასივის ვერტიკალურ სიბრტყეებში წარმოიქმნება σ , გამჭიმვი ძაბვები, ხოლო
ფუძეში—მკუმბაევი ძაბვები. აღნიშნულ გამჭიმვი ძაბვებს შეუძლიათ გამოიწვიონ
გრძივი (კაშხალის ღერძის პირალელური) ბზარები, რაც კაშხალისათვის შეიძ-
ლება საშიში აღმოჩნდეს.

ოცკადობის გათვალისწინებით σ ,* კონტაქტური ძაბვები შეიძლება
განისაზღვროს შემდეგი ფორმულით

$$\sigma_x^* = E_x a (t_E - t_{\text{ფ}}) k_{\text{ჩ}} k_{\text{გ}} \quad (23-26)$$

- სადაც E_x არის ნაგებობის ბეტონის დრეკადობის მოდული;
 t_E — ბეტონის წყობის ტემპერატურა მისი გახურების შემდეგ;
 $t_{\text{ფ}}$ — ფუძის ტემპერატურა;
 $k_{\text{ჩ}}$ — კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ფუძეში ნაგებობის
ჩამაგრების ხარისხს;
 $k_{\text{გ}}$ — კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ძაბვათა რელაქსაცი-
ის გავლენას (ჩვეულებრივ, იგი თავსდება 0,6—0,7 შუალედ-
ში).

თუ გავითვალისწინებთ, რომ ბეტონის ბზარმდევ კონსტრუქციებისათვის დასაშვები ჯამური გაჭიმვა $\sigma_1 = \epsilon_{\text{ბ}} \frac{E_{\tau}}{k}$ (სადაც $\epsilon_{\text{ბ}}$ ე. წ. ბეტონის ზღვრული გაჭიმულობაა, ხოლო k — მარაგის კოეფიციენტი, რომელიც 1,2 ტოლია), მაშინ ამ გამოსახულებისა და (23-26) ფორმულის თანახმად ბზარმდევობის პირობა კონტაქტური ზონისათვის ჩაიწერება შემდეგი სახით

$$f_{\text{ბ}} - f_{\text{გ}} \leq \frac{\epsilon_{\text{ბ}}}{\alpha k n k_a} \cdot \frac{1}{k} \quad (23-27)$$

ამგვარ გაანგარიშებათა დროს რეკომენდებულია ზღვრული გაჭიმულობა $\epsilon_{\text{ბ}}$ (0,6 ÷ 0,7) · 10⁻⁴ ის ტოლი ავიღოთ.

$k_{\text{ბ}}$ კოეფიციენტის დასადგენად შეიძლება ვისარგებლოთ სათანადო გრაფიკით; კოეფიციენტის მნიშვნელობა იცვლება 0,1—0,5-მდე. თუ დავუშვებთ, რომ $E_{\text{ბ}} \approx E_{\text{გ}}$, მაშინ $k_{\text{ბ}}$ შეიძლება 0,5 ავიღოთ. ასეთ პირობებში მაქსიმალურად დასაშვები $f_{\text{ბ}} - f_{\text{გ}}$ ვარდნილი თავსდება 16—18°C ფარგლებში. აუცილებელია, რომ სწორედ ასეთი ვარდნილი უზრუნველვეყოთ სექციური დაყოფით (გრძელი ბლოკებით) დაბეტონებისას.

ბზარების წარმოქმნის საწინააღმდეგო კონსტრუქციული და ტექნოლოგიური ღონისძიებებია. ბეტონის მასიურ პილრ-ტექნიკურ ნაგებობებში ბზარწარმოქმნის საწინააღმდეგოდ ატარებენ — კონსტრუქციულ და ტექნოლოგიურ ღონისძიებებს.

კონსტრუქციულ ღონისძიებებს უპირველეს ყოვლისა, მიეკუთვნება დასაგვემარებელი ნაგებობის ნაკერებად დაყოფის ყველაზე უფრო რაციონალური სისტემა. გარდა ამისა, მისაღებ ღონისძიებდ შეიძლება ჩაითვალოს მოსალოდნელი ბზარების გაჩენის ადგილების დაარმატურება და ბეტონის კონსტრუქციების ზედაპირის თბოიზოლაცია.

როგორც ცნობილია, (იხ. სახელმძღვანელოს 1 ნაწილი [32], თავი VI) ბეტონის გრავიტაციული კაშხალების ნაკერები იყოფა ორ ჯგუფად: კონსტრუქციულს ანუ დეფორმაციული (მუდმივი) და სამშენებლო (დროებითი) ნაკერები. სწორედ ამ ნაკერებითაა შემოზღუდული გვეგმაში დაბეტონების ბლოკები, რომელთა განივი ნაკერებია მუდმივი კონსტრუქციული (სექციური) ნაკერები, ხოლო გრძივი (კაშხალის ღერძის გასწვრივ იმპოთული) — დროებითი ნაკერები. ბლოკების სიმაღლე შეზღუდულია პოლიმონტალური სამშენებლო ნაკერებით, რომლებიც იქმნება დაბეტონების პროცესის ტექნოლოგიური შეწყვეტით.

განსხვავებენ ბეტონის კაშხალების ბლოკებად დაყოფის რამდენიმე სისტემას (ორი მათგანი განხილულია სახელმძღვანელოს პირველ ნაწილში [32] ნახ. 6-1-ზე):

1) სვეტური სისტემა. — მასში კაშხალის თითოეული სექცია გრძივი (კაშხალის ღერძის გასწვრივ მიმართული) დროებითი ნაკერებით დაყოფილია ცალკეულ სვეტებად. ასეთი სისტემა მაქსიმალურად ვახტვირთავს ბეტონის მასივს მშენებლობის პერიოდის ტემპერატურული ძაბვებისაგან. ამ სისტემის გამოყენებითაა აგებული შოვალის ფრიადი საპასუხისმგებლო კაშხალი როგორც საზღვარგარეთ, ისე ჩვენში. რადგან მშენებლობის დროს ბეტონის მასივების ბუნებრივი გაცივება საექსპლუატაციო ტემპერატურამდე გრძელდება ძალიან ხანგრძლივად (რამდენიმე წელს), ამით აცივებენ ხელშეწყობად, მილების გამოყენებით 2—6 თვის განმავლობაში.

2) მოდიფიცირებული სვეტური სისტემა ფართო (1—1,2 მ სიგანის) გრძივი ნაკერებით, რომელიც არ საჭიროებს მილებით ხელშეწყობას. დროებითი ფართო გრძივი და მუდმივი გაფართოებული

ლი. განივი ნაკერები უზრუნველყოფს ბეტონის მასივის ეგზოთერმული სმ-
თბოს ბუნებრივ სწრაფ გაფანტვის (თითქმის ერთი ზამთრის განმავლობაში).

3) სექციური, ანუ „გრძელ ბლოკებად“ დაყოფის სის-
ტემა, რომელშიც დაბეტონების ბლოკებს გეგმაში აქვთ იგივე ზომები, რაც
სექციებს, მათი სიმაღლე არ უნდა აღემატებოდეს 1,5 მ-ს. ამ სისტემის გა-
მოყენებისას უფრო მაკარი მოთხოვნები წაყენება ტემპერატურულ რეჟიმს.

4) გაჭრა-გადაბმით სისტემა („ღნეკრისა“). მასში ზევით
მდებარე იარუსის გრძივი ნაკერები არ ემთხვევა ქვევით მდებარე იარუსის
გრძივ ნაკერებს. აქ საფეხურიანმა ნაკერებმა უნდა უზრუნველყოს
ბლოკების პორიზონტალური ტემპერატურული დეფორმაციები მათ დაუშ-
ლულად. აქედან გამომდინარე, საფეხურებიანი ნაკერის ჰორიზონტალური
უბნის ზომა განისაზღვრება (0,3—0,5) $h_{\text{კ}}$ სიდიდით. ასეთი სისტემა გაშვოლი
ვერტიკალური ბზარების თავიდან ასაცილებლად რეკომენდებულია შედარე-
ბით მცირე (50 მ-ზე ნაკლები) სიმაღლის კაშხალებისათვის.

5) შერეული სისტემა. გამოიყენება მხოლოდ განსაკუთრებულ
შემთხვევებში, როდესაც ბეტონის კაშხალის მშენებლობის მსვლელობაში იც-
ვლება რაიმე თავდაპირველი საპროექტო დებულება. აქ შესაძლებელია ბლო-
კების წყობის „სვეტური“ სისტემის შეცვლა „გრძელი ბლოკების“ (სექციუ-
რი) სისტემით კაშხალის ქვედა ნაწილში და პიოპით.

6) დახრილი (მრუდხაზოვანი გრძივი) ნაკერებით დაყო-
ფის სისტემა. იგი ძალიან ხშირად გამოიყენება კონტრფორსული კაშხა-
ლებისათვის. ნაკერები მიმართულია მთავარ ძაბვათა ტრაექტორიების გას-
წვრივ.

ტექნოლოგიურს მიეკუთვნება ყველა ის ღონისძიება, რომელთაც
ახორციელებენ მშენებლობის პერიოდში ნაგებობის მშენებარე ნაწილებისა-
თვის სათანადო ტემპერატურული რეჟიმის შესაქმნელად. როგორც ზემოთ
იყო აღნიშნული, დაბეტონების დროს კონტაქტურ ზონაში ტემპერატურათა
სხვაობა არ უნდა აღემატებოდეს $16-18^{\circ}\text{C}$ —სვეტური სისტემით დაბეტონე-
ბისას, ხოლო $18-20^{\circ}\text{C}$ —დაყოფის სექციური სისტემის გამოყენების შემთხვე-
ვაში. ბეტონის მასიური ელემენტების დაწყობისას ტემპერატურული ვარდნი-
ლი განისაზღვრება $20-25^{\circ}\text{C}$. თერმული რეჟიმის რეგულირებისათვის რეკო-
მენდებულია მრავალი ღონისძიება: ბეტონის ნარევის საწყისი ტემპერატურის
დაწვევა; ცემენტის ხარჯის შემცირება; დაბალი და საშუალო თერმულობის
ცემენტების გამოყენება; ბეტონის გაციეება მიღების მეშვეობით; ბეტონის ზე-
დაპირების წყლით მორწყვა; სიმაღლეში მომიჯნავე ბლოკების დაბეტონების
ობტიმალური ინტერვალების დაცვა; დაბეტონება მინიმალური დადებითი
ტემპერატურების პერიოდებში; თბოიზოლაციის მოწყობა; თბილი ყალიბების
გამოყენება; დაბეტონებისათვის შიკროკლიმატის შექმნა; კარების გამოყენ-
ება; და სხვ. თერმული რეჟიმის რეგულირებისათვის კონკრეტულ ღონისძიე-
ბათა არჩევა ხდება სხვადასხვა ვარიანტის ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების
საფუძველზე.

§ 23-5. ბეტონის კაშხალისი თერმული რეჟიმი მსვლელობის პერიოდში

ექსპლუატაციის პერიოდში გარემოს ტემპერატურისა და წყალსაცავებ-
ში წყლის ტემპერატურის ცვალებადობის გამო მიდროტექნიკურ ნაგებობებსა
და მათ ელემენტებში შეიძლება წარმოიშვას ისეთი სიდიდის ტემპერატურა

ლი ძაბვები, რომლებიც აკარებენ ბეტონის სიმტკიცის ზღვარს გაჭიმვაზე და შედეგად აჩენენ ბზარებს.

ქიდრონავებობათა თერმულ-დაძაბული ამოცანები ხშირ შემთხვევაში მოცულობითია (სამგანზომილებიანი), მათი ზუსტი გადაწყვეტა დაკავშირებულია მათემატიკურ სიძნელებთან. ამასთანავე უნდა აღენიშნოს, რომ ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა მრავალი კონსტრუქცია შეიძლება განვიხილოთ ფილის, კედლის ან თალის სახით, რომელთათვისაც მართებულია დრეკადობის თეორიის ბრტყელი ამოცანა ტემპერატურის ერთგანზომილებიანი განაწილების ხასიათით, გარკვეული მიახლოებით ერთგანზომილებიანი ტემპერატურული ამოცანები შეიძლება გამოვიყენოთ მასიური ნაგებობებისათვისაც (კაშხალებისათვის) კონსტრუქციის სიღრმეში ტემპერატურის ცვალებადობის შედეგების განხილვისას.

ტემპერატურული ამოცანის გადაწყვეტისას ეძებენ ტემპერატურის განაწილებას ნაგებობის ელემენტის კვეთში, ჯერ გარემოს ტემპერატურის საშუალო მუდმივი მნიშვნელობისას (სტაციონარული პროცესის განხილვის საფუძველზე), შემდეგ — ტემპერატურის ცვალებადობისას (არასტაციონარული პროცესის განხილვით). სრული სურათის დასადგენად მიღებული ამონახსნები ჯამდება.

ქვემოთ მითითებულია ზოგიერთი ძირითადი ტემპერატურული ამოცანის ამოხსნის გზები და არსებული ამონახსნების გამოყენების აოეები.

1. ტემპერატურული ძაბვების განვარიშება ზრდველ კონსტრუქციებში

ტემპერატურული ამოცანის ამოხსნა. სტაციონარული პროცესის დროს ტემპერატურის განაწილება ელემენტის კვეთში შეიძლება გამოკვლეული იქნეს ლაპლასის დიფერენციალური განტოლების ამოხსნით. ერთგანზომილებიანი ტემპერატურული ამოცანისათვის მას აქვს შემდეგი სახე

$$\frac{d^2 t}{dx^2} = 0. \quad (23-28)$$

ამ განტოლების ამონახსნი შეიძლება ჩაიწეროს ისე

$$t = \frac{t_1 + t_2}{2} + \frac{t_1 - t_2}{2h} y, \quad (23-29)$$

სადაც t_1 და t_2 არის ტემპერატურის მნიშვნელობები ელემენტის ზედაპირზე;

$2h$ — ელემენტის სისქე;

y — შიშვინარე კოორდინატა (ნახ. 23-3);

t_1 და t_2 ტემპერატურათა მნიშვნელობანი განისაზღვრება შემდეგი ფორმულებით:

$$t_1 = t_2 + \frac{t_2 - t_1}{\frac{1}{\alpha_2} + \frac{2h}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_1}} \left(\frac{1}{\alpha_2} + \frac{2h}{\lambda} \right); \quad (23-30)$$

$$t_2 = t_1 + \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{2h}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \cdot \frac{1}{\alpha_1}, \quad (23-31)$$

სადაც t_1 და t_2 გარემოს ტემპერატურის საშუალო მნიშვნელობანია შესაბამისად ელემენტის შიგა და გარე მხარეს;

α_1 და α_2 — თბოგაცემის კოეფიციენტები შესაბამისად ელემენტის შიგა და გარე მხარეზე.

სითბოს გავრცელების არასტაციონარული პროცესი გამოისახება ფურცის დიფერენციალური განტოლებით, რომელსაც ერთგანზომილებიანი ტემპერატურული ამოცანისათვის აქვს შემდეგი სახე

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} \quad (23-32)$$

გარემოს ტემპერატურის ცვალებადობა შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს პარმონიული რხევის სახით

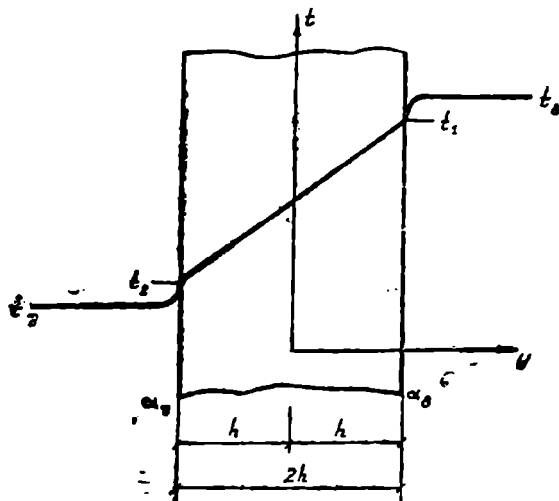
$$t_0 = t_0 \cos \omega \tau, \quad (23-33)$$

სადაც t_0 არის ტემპერატურის რხევის ამპლიტუდა;

$\omega = \frac{2\pi}{\Theta}$ — რხევის კუთხური სიხშირე;

Θ — რხევის პერიოდი.

როდესაც ტემპერატურა ცვალებადობს პარმონიული კანონით, უფრო



ნახ. 23-3. სტაციონარული პროცესის დროს ტემპერატურის განაწილება ბრტყელი ელემენტის კედელში.

მოხერხებულია ამოცანა გადაწყდეს კომპლექსურ სიდიდეთა მეშვეობით. ამ შემთხვევაში გარემოს ტემპერატურის ცვალებადობა ჩაიწერება ასე

$$T_0 = t_0 (\cos \omega \tau + i \sin \omega \tau) = t_0 e^{i\omega \tau}, \quad (23-34)$$

ხოლო ფურცის (23-32) დიფერენციალური განტოლების ამონახსნი-შემდეგი სახით

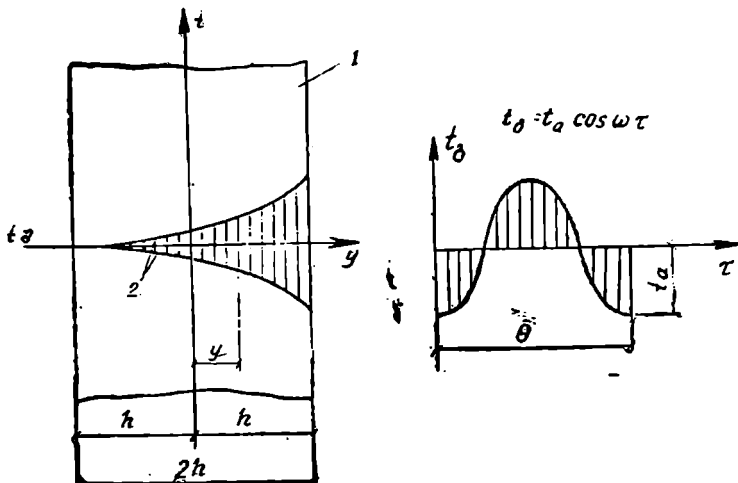
$$T = (A \cosh \psi y + B \sinh \psi y) e^{i\omega \tau}, \quad (23-35)$$

სადაც T არის ტემპერატურული ფუნქციის კომპლექსური გამოსახულება;
 ψ — კომპლექსური სილიდგი:

$$\psi = \sqrt{\frac{i\omega}{a}} = k\sqrt{i}; \quad k = \sqrt{2\pi/\theta a}; \quad i = \sqrt{-1};$$

A და B — მუდმივი კოეფიციენტები, რომლებიც უნდა განისაზღვროს ამოცანის სასაზღვრო პირობებიდან.

არასტაციონარული პროცესისათვის მიღებული ფურიეს განტოლების (23-35) ზოგადი ამონახსნი შეიძლება გამოვიყენოთ სხვადასხვა კერძო ამოცანის გადასაწყვეტად. მოგვყავს ყველაზე მარტივი შემთხვევა [3], როდესაც



ნახ. 23-4. ტემპერატურის უღრუვა კონსტრუქციის სიღრმეში:
 1—ფილა (კედელი); 2—ტემპერატურის მომულებები უღრმენტის კვეთში.

ფილის ერთ მხარეზე ხდება ტემპერატურის ქარმონიული ცვალებადობა, ხოლო მის მეორე მხარეზე ტემპერატურა მუდმივია და უდრის ნულს (ნახ. 23-4). მაშასადამე გვაქვს:

როდესაც $y = h$ $t_0 e^{i\omega\tau} = (Ach\psi h + Bsh\psi h) e^{i\omega\tau}$

ხოლო როდესაც $y = -h$ $0 = (Ach\psi h - Bsh\psi h) e^{i\omega\tau}$,

საიდანაც

$$A = \frac{t_0}{2ch\psi h}; \quad B = \frac{t_0}{2sh\psi h}. \quad (23-36)$$

ამ შემთხვევაში ტემპერატურული ფუნქცია ლებულობს სახეს .

$$T = \frac{1}{2} \left(\frac{ch\psi y}{ch\psi h} + \frac{sh\psi y}{sh\psi h} \right) t_0 e^{i\omega\tau}, \quad (23-37)$$

ანდა შემოკლებით

$$T = \beta_1 t_0 e^{i\omega\tau}. \quad (23-38)$$

ამ გამოსახულებაში β_1 არის ტემპერატურული რხევის მიღების კოეფიციენტი და გამოსახულება შემდეგნაირად

$$\beta_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{ch\psi y}{ch\psi h} + \frac{sh\psi y}{sh\psi h} \right). \quad (23-39)$$

მესამე გვარის სასაზღვრო პირობებისას, ე. ი. როდესაც მოცემულია გარემოს ტემპერატურის ცვალებადობა, $\beta_{2,3}$ კოეფიციენტის შემუშავებით უნდა გავითვალისწინოთ აგრეთვე ტემპერატურული რხევის მიღება ელემენტის ზედაპირზე გადასვლისას. ამ შემთხვევაში გვექნება

$$T = \beta_{2,3} \beta_1 t_0 e^{i\omega t}. \quad (23-40)$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ ზოგადად ნებისმიერი მიღების კოეფიციენტი შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს კომპლექსური რიცხვის სახით, $\beta = \nu e^{i\varphi} = \nu(\cos\varphi + i\sin\varphi)$, მაშინ (23-40)-ში შემავლ სიდიდეთა ნაცულად მათი კომპლექსური ფორმების ჩასმით, სათანადო მოქმედებათა ჩატარებით და წარმოსახვითი ნაწილის უგულებელყოფით ვღებულობთ ტემპერატურული ფუნქციის შემდეგ გამოსახულებას ნამდვილ რიცხვებში

$$t = \nu_{2,3} \nu_1 t_0 \cos(\omega t + \varphi_{2,3} + \varphi_1). \quad (23-41)$$

ზოგად შემთხვევაში, როდესაც ტემპერატურის რხევა მოქმედებს ფილის ორივე მხრიდან, მესამე გვარის სასაზღვრო პირობებისას ტემპერატურულ ფუნქციას აქვს შემდეგი სახე

$$T = (\beta_{2,3} \beta_1 + \beta_{2,3} \beta_1) t_0 e^{i\omega t} + (\beta_{2,3} \beta_1 + \beta_{2,3} \beta_1) t_0 e^{i\omega t}, \quad (23-42)$$

სადაც $\beta_{2,3}$ არის გარემოს ტემპერატურის რხევის მიღების კოეფიციენტის ფილის გარე ზედაპირზე გადასვლისას;

$\beta_{2,3}$ — იგივე, ფილის შიგა ზედაპირზე გადასვლისას;

$\beta_{2,3}$ — შიგა არის ტემპერატურის რხევის მიღების კოეფიციენტი ფილის შიგა ზედაპირზე გადასვლისას;

$\beta_{2,3}$ — იგივე, ფილის გარე ზედაპირზე გადასვლისას;

t_0 , ω — ტემპერატურის რხევის ამპლიტუდა და სიხშირე ფილის გარე მხრიდან;

t_0 , ω — იგივე, ფილის შიგა მხარეს.

მესამე გვარის სასაზღვრო პირობების გამოყენებით მიღების კოეფიციენტებისათვის მიღებულია შემდეგი გამოსახულებანი [3]:

$$\left. \begin{aligned} \beta_{2,3} &= \frac{sh\psi 2h + \frac{\lambda\psi}{\alpha_2} ch\psi 2h}{\Delta}; \\ \beta_{2,3} &= \frac{\frac{\lambda\psi}{\alpha_1}}{\Delta}; \\ \beta_{2,3} &= \frac{sh\psi 2h + \frac{\lambda\psi}{\alpha_2} ch\psi 2h}{\Delta}; \\ \beta_{2,3} &= \frac{\frac{\lambda\psi}{\alpha_1}}{\Delta}, \end{aligned} \right\} \quad (23-43)$$

სადაც

$$\Delta = \left(1 + \frac{\lambda^2 \psi^2}{\alpha_2 \alpha_3}\right) \operatorname{sh} \psi 2h + \left(\frac{\lambda \psi}{\alpha_2} + \frac{\lambda \psi}{\alpha_3}\right) \operatorname{ch} \psi 2h.$$

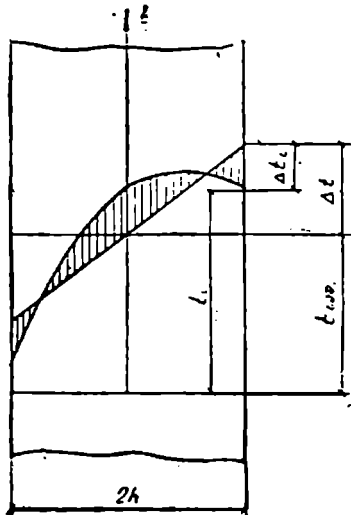
β_1 და β_2 მიღების კოეფიციენტები გამოისახება შესაბამისად (23-39) ფორმულით და მისი ანალოგიური გამოსახულებით

$$\beta_{1,2} = \frac{1}{2} \left(\frac{\operatorname{ch} \psi y}{\operatorname{ch} \psi h} - \frac{\operatorname{sh} \psi y}{\operatorname{sh} \psi h} \right). \quad (23-44)$$

როდესაც კონსტრუქციულ ელემენტზე მოქმედებს ტემპერატურის Δt ცვლილების რამდენიმე პარამონია, საჭიროა თითოეული პარამონიისათვის მიღებული (23-42) ამონახსნი შეჯამდეს.

როგორც ვხედავთ, გარემოს ტემპერატურის პარამონიული კანონით რხევის დროს ტემპერატურული ფუნქციის განსაზღვრის ამოცანა დაიყვანება მიღების სხვადასხვა კოეფიციენტის განსაზღვრაზე (23-39), (23-43) და (23-44) დამოკიდებულებებით. ყველა ამ კოეფიციენტის დასადგენად აგებულია სათანადო გრაფიკები [3].

ტემპერატურული ძაბვების განსაზღვრა. ერთგანზომილებიანი ტემპერატურული ამოცანის განხილვისას კონტურით თავისუფლად დაყრდნობილ ფილაში მოქმედი ტემპერატურული ძაბვები განისაზღვრება ფორმულით [3]



ნახ. 23-5 ტემპერატურული ეპიურის მდგენელად დაყოფის სქემა.

$$\sigma_x = \frac{E \alpha}{1 - \mu} \left(\frac{1}{2h} \int_{-h}^h t dy + \frac{3y}{2h^3} \int_{-h}^h t y dy - t_i \right), \quad (23-45)$$

სადაც E ფილის მასალის დრეკადობის მოდულია;

α — წირითი გაფართობის კოეფიციენტი;

μ — პუასონის კოეფიციენტი.

აღნიშნული ფორმულა შეიძლება ჩაეწეროს შემდეგნაირად

$$\sigma_x = \frac{E \alpha}{1 - \mu} \left(\frac{F}{2h} + \frac{S}{I} y - t_i \right), \quad (23-46)$$

სადაც $F = \int_{-h}^h t dy$ არის ტემპერატურული ეპიურის ფართობი;

$S = \int_{-h}^h t y dy$ — ტემპერატურული ეპიურის ფართობის სტატიკური მომენტი;

$$l = \frac{2h^2}{3} \text{ — ფილის კვეთის ინერციის მომენტი.}$$

(23-46) ფორმულაში შემავალი სიდიდეებია (ნახ. 23-5):

$$\frac{F}{2h} = l_{\text{სა}} \text{ — ფილის ღერძული დეფორმაციის გამომწვევი საშუალო ტემპერატურა მის კვეთში;}$$

$$\frac{S}{l} = \frac{\Delta t}{h} \text{ — კვეთის მობრუნების გამომწვევი ტემპერატურის საშუალო გრადიენტი;}$$

l_1 — ტემპერატურის მნიშვნელობა ფილის i -ურ წერტილში, რომელიც ცდილობს გამოიწვიოს შესაბამისი ბოქვოს სრული დეფორმაცია.

როგორც (23-46) ფორმულიდან ჩანს, თავისუფლად დაყრდნობილ ფილაში ძაბვები წარმოიშობა დეფორმაციითა სხვაობით, სახელდობრ, სრული დეფორმაციიდან ღერძული და კვეთის მობრუნების დეფორმაციების გამოკლებით. დეფორმაციის ეს ნაწილი ცდილობს გამოიწვიოს კვეთის დებლანაცია ბრტყელი კვეთების კანონით, მაგრამ მას არ შეუძლია თავისუფლად განვითარდეს და, შედეგად, წარმოშობს ძაბვებს. რაც შეეხება ღერძულ და კვეთის მობრუნების დეფორმაციებს, ისინი თავისუფლად დაყრდნობილ ფილაში თავისუფლად ვითარდებიან და ამიტომ ძაბვებს არ წარმოშობენ.

ფილის დაყრდნობის სხვა შემთხვევებში ძაბვებს წარმოშობენ ის დეფორმაციებიც, რომელთაც არ შეუძლიათ თავისუფლად განვითარება ფილის დამაგრების გამო.

ზემოთ განხილული ამოცანის გარდა, მიღებულია ამონახსნები ფილის სხვა წასაზღვრო პირობების გათვალისწინებით როგორც სტაციონარული, ისე არასტაციონარული პროცესებისათვის [3].

3. გრავიტაციული და შახიურ-კონტრაქტორული კაშხალების ტემპერატურული განგაბიშენანი

განივი ვერტიკალური ბზარების თავიდან ასაცილებლად გრავიტაციულ და კონტრაქტორულ კაშხალებს სივრცეზე ყოფენ ტემპერატურულ-ჯდომითი ნაკერებით ცალკეულ სექციებად (ნახ. 23-2). ასეთი ბზარები შეიძლება გაჩნდეს მნიშვნელოვანი სიდიდის σ , გაკვიმი ძაბვების მოქმედებით, თავის მხრივ ეს ძაბვები წარმოიშობა გრძივი ღერძის გასწვრივ კაშხალის დეფორმაციების შეზღუდვის გამო.

ტემპერატურულ ნაკერებს შორის მანძილები შეიძლება დადგინდეს სათანადო გაანგარიშებითა საფუძველზე.¹ ამასთან ერთად, აღნიშნული მანძილების ასპარეზოდ დაპროექტებისა და მშენებლობის პრაქტიკის საფუძველზე შემუშავდა საკმაოდ საიმედო რეკომენდაციები კლიმატური პირობების გათვალისწინებით: ხელსაყრელ კლიმატისათვის $b = 20 \div 26$ მ, საშუალოსათვის — $16 \div 20$ მ, მკაცრისათვის — $13 \div 16$ მ, ხოლო განსაკუთრებით მკაცრი კლიმატისათვის — $9 \div 12$ მ. ტემპერატურული ნაკერები შეიძლება მოეწყოს არაგამკოლიც, ცენტრალურ ნაწილში დამონოლითებული კაშხალის საშუალო საექსპლუატაციო ტემპერატურამდე გაციების შედეგ, ანდა $4 - 6$ მ სიღრმის ჩანა-

¹ В а с и л ь е в П. И. К определению расстояния между температурными швами в бетонных плитах. — Известия ВНИИГ, т. 64. №, 1960.

კერის სახით, უმთავრესად ქვედა წახნაგის მხრიდან და კაშხალის 'სათავისის ფარგლებში, ე. ი. იქ, სადაც კაშხალის ტანი უშუალოდ განიცდის ჰაერის ტემპერატურის მკვეთრი ცვალებადობის ზემოქმედებას.

ტემპერატურული ზემოქმედების გასათვალისწინებლად მკაცრ და განსაკუთრებით მკაცრ კლიმატურ პირობებში მშენებარე ბეტონის ნაგებობათა ზედამიყრებთან მიზანშეწონილია მოთავსდეს კონსტრუქციული არმატურის ბაფე (წყლის დონის ცვალებადობის ზონაში, მასიურ-კონტრფორსული კაშხალების სიდაწნეო წახნაგებზე, წყალსაშვებ წახნაგებზე და სხვ.). იგი უნდა გაკეთდეს 16—25 მმ დიამეტრის მკონე ლეროებისაგან, რომელთა შორის ბიჯი დიამეტრზე 10—12-ჯერ მეტი იღებდა. ბადიდან ბეტონის ზედამიყრამდე მანძილი არ უნდა აღემატებოდეს 10—12 სმ-ს.

საექსპლუატაციო პირობებში გრავიტაციული კაშხალების ტემპერატურული რეჟიმის გაანგარიშება შეიძლება თბოგადაცემის თეორიის იმ პრინციპების გამოყენებით, რომელთა საფუძვლები მოკლიდაა გადმოცემული § 23-2-ში. იმის გამო, რომ ეს გაანგარიშებანი დაკავშირებულია საკმაოდ დიდი მოცულობის გამოთვლით სამუშაოთა შესრულებასთან, მიზანშეწონილია იგი ჩატარდეს მექანიზებული ხერხით იმ პროგრამისა და ალგორითმის გამოყენებით, რომლებიც აღწერილია [44]-ში.

ყრუ და წყალსაშვებიანი კაშხალების სათავისისათვის განიხილება ორგანოზომილებიანი სითბური ნაკადი, რომლის ტემპერატურული ფუნქცია შეიძლება გამოითვალოს პორიზონტალური და ვერტიკალური ერთგანზომილებიანი ნაკადების ფუნქციების გადაშრალებით. პორიზონტალური მიმართულებით აღნიშნული ფუნქცია ისე განისაზღვრება, როგორც კედლისათვის, ხოლო ვერტიკალური მიმართულებით—როგორც ნახევარსიბრტყისათვის.

იმ არეში, რომელიც სათავისიდან დაშორებულია მის სიგანეზე 1,5-ჯერ მეტი მანძილით, განიხილება ერთგანზომილებიანი სითბური ნაკადი, ისე როგორც ბრტყელი კედლისათვის (იხ. პ. 1), ხოლო იქ, სადაც კაშხალის სიგანე აღემატება 25 მ-ს, გაანგარიშებები შეიძლება ჩატარდეს ქვედა და ზედა ბიფეხისათვის ცალ-ცალკე, როგორც ნახევარსიბრტყისათვის, ან უსასრულო სიმაღლის სოლის სქემის საფუძველზე.

კაშხალის ქვედა ნაწილში ტემპერატურული ველი ძირითადად დამოკიდებულია ფუძის ტემპერატურაზე, რომელიც თავის მხრივ განისაზღვრება ფელტრაციული წყლის ტემპერატურით.

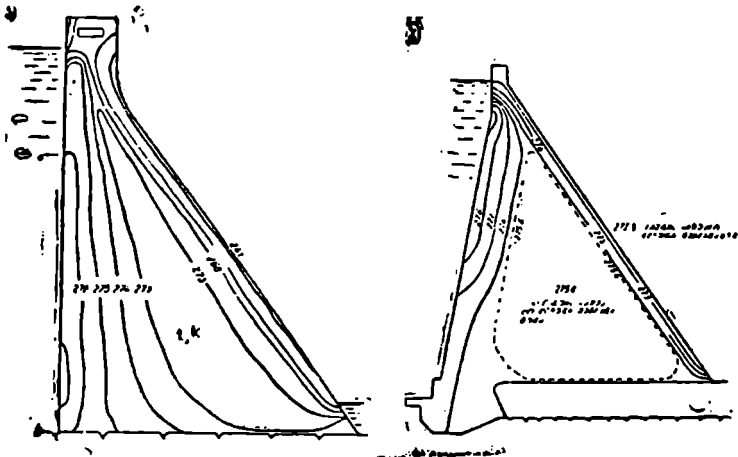
პირველ და მეორე საანგარიშო სქემებში საწყის ტემპერატურად რეკომენდებულია ავილოთ ე. წ. დამყარებული ტემპერატურა— $t_{ფა}$, რომელიც განისაზღვრება ზედა და ქვედა წახნაგების საშუალო წლიურ ტემპერატურებს შორის ინტერპოლირებით. კაშხალის ბურჯებისა და წყალშიმღებ ნაგებობათა ცალკეული ელემენტების ტემპერატურული რეჟიმების გაანგარიშებანი რეკომენდებულია შესრულდეს სითბური ნაკადის უმოკლესი მიმართულების განხილვის საფუძველზე.

თუ განიხილება გრავიტაციული კაშხალი ტემპერატურულ ნაკერებში არსებული სიღრუბებით (ანუ, რაც იგივეა, გაფართოებულ ნაკერებიანი კაშხალი) ან მასიურ-კონტრფორსული კაშხალი კონტრფორსებს შორის არსებული დახურული სიღრუბებით, მათი ტემპერატურული ველის გაანგარიშება უნდა ჩატარდეს ორ ეტაპად. პირველ ეტაპზე უნდა შესრულდეს კონტრფორსებს (კედლებს) შორის სიღრუბებში ჰაერის ტემპერატურული რეჟიმის ძირითადი გაანგარიშება, რომელიც ამასთანავე სიმტკიცეზე გაანგარიშების ელემენტებსაც შეიცავს. საქმე ის არის, რომ სიღრუბეში ჰაერის ტემპერატურის ცვალებადობის განსაზღვრა უნდა მოხდეს კონტრფორსის სიმტკიცის (ბზარმე-დეგობის) პირობის გათვალისწინებით.

საკვიროების შემთხვევაში შეიძლება ჩატარდეს გაანგარიშების მეორე ეტაპიც; ამ ეტაპზე ხდება ბეტონის ტემპერატურული რეჟიმის გაანგარიშება ზელა სათაეისში, კონტრფორსის ქვედა წახაავის მომიჯნავე ზონაში და სიღრმის შიგნით.

სიღრმეში პაერის ტემპერატურის ძირითადი გაანგარიშება შეიძლება საკმაოდ დეტალურად ჩატარდეს ფგშ დახმარებით სპეციალურად შედგენილ პროგრამების საფუძველზე. მაგრამ ეს გაანგარიშებები შეიძლება ჩატარდეს ფგშ გამოუყენებლადაც, სათანადო მეთოდების გამოყენებით [44].

23-6 ნახაზზე მოცემულია გრაფიტაციული და მასიურ-კონტრფორსული



ნახ. 23-6. გრაფიტაციული და მასიურ-კონტრფორსული კაშხლების ტემპერატურული ველები: ა-გრაფიტაციული კაშხლისათვის (ზამთარში); ბ-კონტრფორსული კაშხლისათვის; ლ-ტემპერატურა; კ-გრადუსები კელვინით.

კაშხლების ტემპერატურული ველის მაგალითები. მთლიანი პროფილის მქონე გრაფიტაციული კაშხლებისათვის დამახასიათებელია წლის განმავლობაში ტემპერატურის მნიშვნელოვანი ცვალებადობის არეების წარმოქმნა. ამ არეს ქმნის კაშხლის თხემი და 8—10 მ სივანის ზოლი ქვედა წახაავთან. სწორედ აქ არის მოსალოდნელი სამშენებლო ნაკერების გახსნა ზამთრის პერიოდში. მასიურ-კონტრფორსულ კაშხალში (ქვედა წახაავის გადახურვის არსებობისას) ტემპერატურის ინტენსიური ცვალებადობის არეს მოიცავს მასიურ თხემი და 2,5—3 მ სივანის ვიწრო ზოლი ქვედა წახაავის გასწვრივ.

3. გრაფიტაციული და მასიურ-კონტრფორსული კაშხლების თერმოდამბული მდგომარეობა

ბეტონის კაშხლების საერთო თერმოდამბული მდგომარეობა განისაზღვრება, უპირველეს ყოვლისა, მშენებლობის პერიოდთან დაკავშირებით საექსპლუატაციო პერიოდზე გადასვლის პირობებით: ამასთან დაკავშირებით უნდა აღინიშნოს, რომ მშენებლობის პროცესში ხნოვანების შესაბამისად ბეტონის დრეკადობის მოდულის ზრდა და ბეტონის ცოკელობა მნიშვნელოვან ართულებს მდგომარეობას: საქმე ის არის, რომ მშენებლობის პერიოდის დამთავრების შემდეგ

კაშხალის ტანში რჩება ტემპერატურული ძაბვების საკმაოდ ქაოსური და ართული სურათი. მაგრამ თერმოდამაბული მდგომარეობის საერთო დამახასიათებელი თავისებურება მაინც ის არის, რომ კაშხალის წახნაგებზე მოსალოდნელია მკუმშავი ძაბვების არსებობა, რაც ხელსაყრელად მოქმედებს მის საერთო დაძაბულ მდგომარეობაზე. ქვედა კლდოვან ზონასთან პირიქით, ვერტიკალურ სიბრტყეებზე მოსალოდნელია კაშხალის ღერძის პარალელურად მიმართული გამჭვირი ძაბვების წარმოშობა.

აღნიშნულ გარდამავალ პერიოდში თერმოდამაბული მდგომარეობის განსაზღვრას ართულებს ის, რომ აუცილებელია მსხვილ ეტაპებად დაბეტონებისა და სვეტთაშორისი ნაკერების ცემენტაციის ან დაბეტონების მეშვეობით ბეტონის წყობის დამონოლითების გათვალისწინება, აგრეთვე წყალსაცავის ავსების თანმიმდევრობისა და ტემპის გათვალისწინება.

კაშხალის ნორმალური სტატკური მუშაობის უზრუნველსაყოფად უნდა შესრულდეს უმნიშვნელოვანესი პირობა — გამოირიცხოს მისი გრძივი ვერტიკალური ნაკერების გახსნის საშიშროება. გრძივი ნაკერების გახსნის საანგარიშო გამოკვლევები ჯერჯერობით შეიძლება ჩატარდეს მხოლოდ მიახლოებით, საკმაოდ პირობითი სქემების საფუძველზე; მაგალითად, კაშხალის ღეროვანი სისტემის სახით წარმოდგენით, ანდა სასრული ელემენტების მეთოდის გამოყენებით დაყვანილი ბრტყელი ამოცანის სქემით.

რამდენადმე უფრო საიმედოა ექსპერიმენტული კვლევის მეთოდები, რომელთაც იყენებენ კაშხალების ღრეკალი მოდელებისათვის. მაგრამ როგორც ერთ, ისე მეორე შემთხვევაში მიმართავენ პირობითობას (ინტუიციას) ნაკერების პროგნოზირებაში.

საერთო შეფასების თვალსაზრისით, მასიური გრავიტაციული კაშხალებისათვის დამახასიათებელია ტემპერატურული რეჟიმის სტაბილურობა, რაც ხელსაყრელად მოქმედებს მასალისა და ნაგებობის ხანგამძლეობაზე. გამონაკლისია მათი გარე წახნაგები, რომლებზედაც შეიძლება წარმოიშვას მნიშვნელოვანი ტემპერატურული ძაბვები. გასაგებია, რომ ასეთ პირობებში მოსალოდნელია ბზარების ან სამშენებლო ნაკერების გახსნა.

თხელკედლიან კაშხალებში (როგორცია სხვადასხვა ტიპის კონტრფორსული და თალოვანი კაშხალები) ტემპერატურული ცვალებადობა აღწევს კონსტრუქციის შთელ სისქეში და განაპირობებს მისი ტემპერატურის ცვალებადობის ციკლურ ხასიათს. ნაგებობათა ასეთი ტემპერატურული რეჟიმი განსაკუთრებით არახელსაყრელია მკაცრ კლიმატურ პირობებში, რადგან ბეტონის შენაცვლებით გაყინვა და გაღობა იწვევს მისი სტრუქტურის თანდათანობით დაშლას და ნაგებობის ხანგამძლეობის შემცირებას. ასეთი პირობებისათვის თხელკედლიანი კაშხალის დაგეგმარებისას ქვედა ბიუფის მხრიდან აწურობენ თბოსაიზოლაციო კედელს. კონტრფორსული კაშხალების თბოსაიზოლაციო კედლების გაანგარიშების მეთოდისა მოცემულია ნაშრომში [13].

მასიური ნაგებობებისათვის თერმოდამაბული მდგომარეობის სამგანზომილებიანი ამოცანების ამოხსნა (იხ. §23-3) დიდ მათემატიკურ სიძნელეებს იწვევს, ამიტომ პრაქტიკაში ამ გზას იშვიათად მიმართავენ. უფრო ხშირად გვხვდება შემთხვევები, როდესაც ტემპერატურა მასივში იცვლება ორი ან ერთი მიმართულებით.

კონსტრუქციის შიგნით ტემპერატურის ციკლური ცვალებადობის შესაბამისად მისი თერმოდამაბული მდგომარეობაც ციკლური ხასიათისაა. ამასთან, ტემპერატურული ძაბვების სიდიდე დამოკიდებულია ნაგებობის მასიუ-

რობაზე და ტემპერატურის რხევის პერიოდზე (დამოკიდებულია $kh\sqrt{2\pi/\theta a}$. h კომპლექსზე), t_0 რხევის ამპლიტუდასა და კონსტრუქციის ჩამაგრების ხასიათზე.

რაც უფრო დიდია kh კომპლექსი, ე. ი. რაც უფრო მასიურია ნაგებობა (h) და მცირეა θ პერიოდი, მით უფრო დიდი ძაბვები წარმოიშობა კონსტრუქციაში მის ზედაპირზე. აქედან გამომდინარე, თუ დანარჩენი პირობები ერთნაირია, ტემპერატურული ძაბვების ყველაზე მეტ ზემოქმედებას განიცდიან მასიური ნაგებობანი, რომელთა ზედაპირისათვის ძაბვის მაქსიმალური მნიშვნელობა მიახლოებით განისაზღვრება ისე, როგორც ხისტად ჩამაგრებული კონსტრუქციისათვის (ფილისათვის), ფორმულით [3]

$$\sigma = \frac{E\alpha}{1-\mu} t_0. \quad (23-47)$$

მაგრამ ამასთანავე უნდა აღენიშნოთ, რომ ამ ნაგებობებში ძაბვათა საშიში მნიშვნელობანი არ ვრცელდება ღრმად და შეუძლიათ გამოიწვიონ მხოლოდ ზედაპირული ბზარები.

თხელკედლიან კონსტრუქციებში ადგილი აქვს შებრუნებულ სურათს,— მაქსიმალურ ძაბვები უფრო მცირეა, მაგრამ კონსტრუქციის სისქეში მათი შეღწევის ფარდობითი სიღრმე—მეტი. ტემპერატურული ძაბვების გაანგარიშება ასეთ კონსტრუქციებში წარმოებს იმ მეთოდით, რომელიც ზემოთ იყო განხილული ფილის (კედლის) მაგალითზე (იხ. ამავე § ის პ. 1).

4. თალოვანი და მრავალთალოვანი კაშხალების ტემპერატურული გაანგარიშებანი

თალოვანი და მრავალთალოვანი კაშხალების გადახუცების ტემპერატურული გაანგარიშების ძირითადი საანგარიშო სქემაა თალოვანი რგოლი რადიალური სითბური ნაკადით. დიდრადიუსიანი თალოვანი რგოლების შემთხვევაში T ტემპერატურის ფუნქციის გამოსათვლელად შეიძლება ვისარგებლოთ იმ ამონახსნებით, რომლებიც გამოყენებული იყო ბრტყელი კედლისათვის (აქსისათვის x კოორდინატი უნდა შეიცვალოს x -ით). მრავალთალოვანი კაშხალის კონტრფო-სებისათვის ტემპერატურული ფუნქციის განსაზღვრელად შეიძლება ვისარგებლოთ ბრტყელი კედლის სქემითა და მის ნორმალურად მიმართული სითბური ნაკადით.

თალოვანი კაშხალების თერმოდამბული მდგომარეობის სურათზე დიდ გავლენას ახდენს მათი შერთვის ტემპერატურა— t_0 , რადგან ექსპლუატაციის პერიოდში ტემპერატურულ ვარდნილს სწორედ თაღის შერთვის ტემპერატურის მიხედვით აღგენენ. მცირე და საშუალო სიმაღლის კაშხალებში, აგრეთვე მცირე ტემპერატურული ძაბვების შემთხვევაში, მთელი კაშხალისათვის ინიშნება შერთვის ერთი ტემპერატურა. მაღალი კაშხალებისათვის მიზანშეწონილია შერთვის რამდენიმე ტემპერატურის დადგენა. შერთვის ტემპერატურა სიდიდით ახლოს უნდა იყოს ნაგებობაში დამყარებულ ტემპერატურასთან. განსაკუთრებით საიმედოდ უნდა დასაბუთდეს შერთვის ტემპერატურა თალოვანი კაშხალის ქვეა მესამეფისათვის.

თალოვანი კაშხალების ტემპერატურული რეჟიმი, ისე როგორც გრავიტაციული, პერიოდულად ცვლებადობს წლიურ ციკლში. საკმაოდ მასიურ თალოვან-გრავიტაციულ კაშხალებში იგი ჰგავს გრავიტაციული კაშხალების ტემპერატურულ რეჟიმს.

5. თაღვანი კაშხალების თერმოდამბული მდგომარეობა

ამჟამად თაღვანი კაშხალების გაანგარიშება გარეგანი ძალების ზემოქმედებაზე ხდება მრავალი მიხსლოებითი მეთოდის გამოყენებით, რომელოაგან რამდენადმე უფრო დამუშავებული და პრაქტიკაში აპრობირებულია თაღ-კონსოლების დისკრეტული მეთოდი. ამ მეთოდის საანგარიშო სქემაში კაშხალს აქვს ნაპირებში ქუსლებით დრეკადად ჩამაგრებული ჰორიზონტალური თაღებისა და კალაპოტში და კანიონის სანაპირო ნაწილის ფუჭებში ასევე დრეკადად ჩამაგრებული კონსოლების ურთიერთგადამკვეთი დისკრეტული სისტემის სახე. სისტემის საანგარიშო ელემენტების ერთობლივი მუშაობის უზრუნველსაყოფად ხდება მათი სხვადასხვა სახის დეფორმაციების გათანასწორება. გაანგარიშების პროცესში გარე დატვირთვა თითქოსდა ნაწოდება თაღვანი და კონსოლურ საანგარიშო ელემენტებს შორის. შემდეგ დამოუკიდებლად გაანგარიშება თითოეული საანგარიშო ელემენტი შესაბამის დატვირთვაზე და განისაზღვრება ძაბვები საანგარიშო კვეთებში.

წინასწარი გაანგარიშებებისათვის ხშირად იყენებენ ე. წ. ცენტრალური კონსოლის მეთოდს, რომლის დროს გაანგარიშებაში განიხილება რამდენიმე თალი და ერთი (ცენტრალური) კონსოლი.

უკანასკნელ დროს მნიშვნელოვანი ნაბიჯები იქნა გადადგმული სასრული ელემენტების მეთოდით თაღვანი კაშხალების გაანგარიშებაში. ამ მეთოდს აქვს მრავალი უპირატესობა, მათ შორის ერთ-ერთი ყველაზე უფრო მნიშვნელოვანია ის, რომ იგი საშუალებას იძლევა განხილული იქნეს კაშხალის მეორეული სქემა, ე. ი. ვაკუმულ ზონაში ნაკერების გახსნის გათვალისწინებით.

თაღვანი კაშხალების ტემპერატურულ ზემოქმედებაზე გაანგარიშება პრინციპულად არ განსხვავდება ზემოთ აღწერილისაგან. ამ ზემოქმედების თავისებურება იმაში მდგომარეობს, რომ დასაწყისში ტემპერატურული ძაბვები წარმოიშობა მხოლოდ თაღვანი საანგარიშო ელემენტებში, რამდენადაც კონსოლები გარეგნულად სტატიკურად რკვევადი კონსტრუქციებია. ტემპერატურული ძალები და ძაბვები კონსოლურ ელემენტებში წარმოიშობა მხოლოდ თაღვანი და კონსოლური ელემენტების ურთიერთმოქმედების გათვალისწინებისას (ურთიერთმოქმედების ძალების მოქმედების შედეგად). გასაგებია, რომ სწორედ ამიტომ ტემპერატურული ძაბვები კონსოლურ ელემენტებში მნიშვნელოვნად უფრო მცირეა, ვიდრე თაღვანში.

პრაქტიკამ გვიჩვენა, რომ ორივე ზემოხსენებული მეთოდით გამოთვლილ ტემპერატურათა საშუალო ვარდნილის ცელილებით გამოწვეული ტემპერატურული ძაბვები უმნიშვნელოდ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. ეს გამოწვეულია იმით, რომ აღნიშნული მეთოდები ვერ ითვალისწინებს თაღვანი და კონსოლური ელემენტების ვერტიკალურ დეფორმაციებს, რის შედეგადაც ვერ ვითვალისწინებთ სხვადასხვა სიმაღლის კონსოლების ტემპერატურულ დაგრძელება-დამოკლების დეფორმაციებს და მათ მიერ გამოწვეულ ტემპერატურულ ძაბვებს.

აქედან გამომდინარე, უფრო მიზანშეწონილი და გამართლებულია ტემპერატურული ძალების გაანგარიშების ჩატარება უფრო მარტივი და მთლიანად მექანიზებული ცენტრალური კონსოლის სქემათა პირველ ეტაპზე უნდა გაანგარიშდეს ის ძალები, რომლებიც წარმოიშობა ჯა შერთვის ტემპერატურულ

არული მდგომარეობიდან წავსაშუალო დაშვარებულ ტემპერატურის მოგომა-
რობამდე. მეორე ეტაპზე კი განისაზღვრება ტემპერატურული ძაღვები ექს-
პლუატაციის პირობებში (დაშვარებული ტემპერატურის მმართ საშუალო
ტემპერატურების ცვლილებით გამოწვეული ძაღვები).

თავი XII

ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ტექნიკური მძსპლუატაციის და რეკონსტრუქციის

§24-1. ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა მძსპლუატაციის ამოცანები და სამძსპლუატაციო ღონისძიებანი

ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ექსპლუატაციის ამოცანებში შედის: ამ ნა-
გებობათა შეუფერხებელი მუშაობისა და მათზე დაკისრებული ფუნქციების
ყველაზე უფრო ეფექტური შესრულების უზუნველყოფა მდინარის კომპლექ-
სური წყალსამეურნეო გამოყენების გათვალისწინებით; რეგულარული დაკვირ-
ვება ნაგებობებზე და მათი მოვლა, დაცვა სხვადასხვა ზეოქმედებისაგან და
უსაფრთხოების უზრუნველყოფა; ნაგებობათა რეონტი, რეკონსტრუქცია (თუ
საკიროება მოითხოვს) და აღდგენა; უსაფრთხოების ტექნიკის საჭირო წესების
დაცვა; სამუშაოთა სწორი და დროული აღრიცხვა და ანგარიშების შედგენა;
ნაგებობათა ექსპლუატაციის მინიჭალეზი ღირებულების უზრუნველყოფა.

თანაქვროეე ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ექსპლუატაცია (განსაკუთ
რებით მსხვილი ნაგებობებისა) მალა მოთაოუნებს უყენებს საექსპლუატაციო
პერსონალს, რადგან აღნიშნული ნაგებობები თითქმის ყოველთვის აღჭურვი-
ლია რთული მოწყობილობებითა და აპარატურით, ავტომატიზაციის, ტელე-
მართვის, რადიოკავშირის საშუალებებით და სხვ.

ჰიდრონაგებობათა დანიშნულების მიხედვით მათი ექსპლუატაცია არის
შესაბამისი სამინისტროს ან უწყების გაკებლობაში. ცალკეულ ჰიდროელექტ-
როსადგურებზე ან ჰიდროელექტროსადგურთა კასკადზე, საწყევ ან დამშობ
სისტემაზე, სანაოსნო ან წყალადენ აზხებზე და ა. შ. სამინისტრო (უწყება)
აყალიბებს სპეციალურ საექსპლუატაციო აპარატს, რომელიც მუშაობას იწყებს
ჯერ კიდევ ნაგებობათა ექსპლუატაციაში გადაცემამდე. ჰიდროელექტროსად-
გურის ღირებულების, აღმინისტრაციულ-სამეურნეო და დამხმარე შემადგენლო-
ბის გარდა, თავის გამგებლობაში აქვს ჰიდროტექნიკური, სამანქანო და ელექ-
ტროტექნიკური სამსკროები. პირველი მათგანი განაგებს ჰიდრონაგებობებს,
მეორე—მექანიკურ და ჰიდროენერგეტიკულ მოწყობილობებს, ხოლო მესამე—
ელექტრულ ნაწილს. რა თქმა უნდა, მოწყობილობათა ექსპლუატაციის საკი-
თებში განიხილება შესაბამისი სპეციალურ კურსებში.

ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ექსპლუატაციის აზორციელებენ სათანადო
საექსპლუატაციო ინსტრუქციის შესაბამისად, რომელიც დგება საპროექტო-სა-
ძიებო ორგანიზაციის მიერ დაშვარებული ტექნიკური ექსპლუატაციის წესე-
ბის შესაბამისად. ინსტრუქცია შეიცავს ცალკეულ ნაგებობათა მუშაობის რე-
ჟიმებისა და დაბალი დონის, წყალჰორიზონისა და ზამთრის პერიოდებში მა-
თი ექსპლუატაციის სკეშებს; ჰიდროკანქის (ჰიდრონაგებობათა) გეგმას და

ძირითად ზომებს; ძირითად დამოკიდებულებებს, რომლებითაც ხასიათდება წყლის რეჟიმში ნაგებობათა ფარგლებში (სიჩქარეთა, ღონეთა, წყლის ხარჯების, წყალსაცავის სარკის ფართობებისა და მოცულობების, წყალსაცავის ამოქმედების და სხვ. გრაფიკები); წყალსატარი ხვრეტების გამტარუნარიანობის მრუდებს; საკეტების მანევრირების წესს და მათ ტექნიკურ მახასიათებლებს; მთელი საექსპლუატაციო საკონტროლო-საზომი აპარატურის განლაგების გეგმა-სკეშებს; მათითებებს სხვადასხვა თანამდებობაზე მომუშავეებისადმი და სხვ. გარდა ამისა, საექსპლუატაციო ღონისძიებათა ჩასატარებლად ადგენენ უსაფრთხოების ტექნიკის წესებს.

ექსპლუატაციაში არსებული ნაგებობის ძირითადი დოკუმენტია მისი პასპორტი, რომელშიც შეაქვთ ყველა მონაცემი ნაგებობის მუშაობის შესახებ: ელექტროენერჯიის გამოშუქავენა, დაზიანება და ავარია, ნაგებობათა და მოწყობილობათა რემონტი, დაკვირვებათა და გამოცდების შედეგები, პერსონალის რიცხოვრივი ცვლილებები და სხვ. არის აგრეთვე მოწყობილობათა პასპორტი, რომელიც შეიცავს დამაშვადებელი ქარხნების ტექნიკურ მონაცემებს და მოწყობილობათა მუშაობის, გამოცდისა და რემონტის საექსპლუატაციო ცნობებს, აგრეთვე მოწყობილობათა აღსრულებით ნახაზებს.

ღიდი ენერგეტიკული მნიშვნელობის მქონე მსხვილ კომპლექსურ ჰიდროკვანძებზე წყალთა მეურნეობის ექსპლუატაციას ახორციელებს ჰიდროელექტროსადგურის ჰიდროტექნიკური საამქროს პერსონალი. მათ ოპერატიულად შეჰყავთ ჰიდროკვანძი ექსპლუატაციაში (ზედა და ქვედა ბიეფებში ინარჩუნებენ საჭირო დონეებს, რათა დაკმაყოფილდეს წყლის მომხმარებელთა მოთხოვნა: წყლის ხარჯებზე, აგრეთვე ნატანთან, ყინულთან და ნაგავთან ბრძოლა), ყოველდღიურ კონტროლს აწესებენ ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა მდგომარეობაზე და მათ მუშაობაზე, რათა უზრუნველყონ მათი საიმედო და შეუფერხებელი მუშაობა.

საექსპლუატაციო პერსონალი რეგულარულად აკვირდება წყლის დონეებსა და ხარჯებს ზედა და ქვედა ბიეფებში, დალამვის პროცესს, ფსკერისა და ნაპირების წარეცხვას, წყლის სიმღერივს და ნატანის მინერალურ შედგენილობას, ფილტრაციულ რეჟიმს ჰიდრონაგებობათა ფუძეებში და ადგილობრივი მასალის კაშხალებში, წყალშიმღებ და წყალსაგდებ ნაგებობათა მუშაობის ჰიდრაულიკურ რეჟიმს, ნაგებობათა და მათი ფუძეების მასალების ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების შეცვლასა და სხვ.

ნაგებობათა მდგომარეობაზე და მუშაობაზე დაწესებული კონტროლი საშუალებას იძლევა გამოავლინოს ექსპლუატაციის ის ძირითადი სიმწიფეები, რომელთა დონე უმთავრესად დამოკიდებულია დაწინების სიდიდეზე და ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა კონსტრუქციულ თავისებურებებზე, აგრეთვე ჰიდროკვანძის გეოგრაფიულ მდებარეობაზე. წყალსატარი ნაგებობათა ექსპლუატაციის დროს სხვადასხვა ტიპის ჰიდროკვანძებისათვის დამახასიათებელია:

1) მაღალაღწნევიან ჰიდროკვანძებში—გადასაგდები ხარჯების გატარება და წყალსატარი ნაგებობათა და ჰიდრომექანიკურ მოწყობილობათა ელემენტებისა და ზედაპირების კავიტაციური დაზიანება (ეროზია), ფსკერისა და ნაპირების წარეცხვა ქვედა ბიეფში, განსაკუთრებით ციკაბო ნაკლებმდგრადი ნაპირების მქონე კანიონისებურ კალაპოტებში;

2) საშუალოაღწნევიან ჰიდროკვანძებში—გადასაგდები ხარჯებისა და ნაგვის გატარება, ნაკადის ენერჯიის ჩაქრობა და ალუვიური დანალექების წა-

რეცხვა ვაკის მდინარეების ქვედა ბიეფში, წყალსაცემ და პესების ჰიდრომექანიკურ მოწყობილობათა კავიტაციური დაზიანება;

3) დაბალდაწვებიან ჰიდროკვანძებში და დერევაციულ ჰეს-ებში—წყლის აღება დერევაციისათვის, წყალშოვარდნის პერიოდში ნატანის, ხოლო ზამთრის პერიოდში თოშის გატარება ქვედა ბიეფში, აგრეთვე თოშის ტრანსპორტირება ლია დერევაციაში.

§24-2. ლაკვირვებაანი ჰიდროტექნიკურ ნაგებობებზე და მათი მოვლა

ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ექსპლუატაციაში განსაკუთრებით საპასუხისმგებლო პერიოდია წყალდიდობის გატარება. წყალდიდობის დაწყებამდე ჰიდროკვანძზე ქმნიან სპეციალურ კომისიას, რომელიც საექსპლუატაციო სქემის შესაბამისად და წყალდიდობის ვადების, სიდიდის, გავლის ხასიათის პროგნოზის მონაცემების საფუძველზე ამუშავებს ნაგებობებით წყალდიდობის გატარების ღონისძიებათა გეგმას. მოსამზადებელ სამუშაოებში ითვალისწინებენ შედეგ ღონისძიებებს:

1) კომისიის მიერ ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა მდგომარეობის შემოწმებას და ქვედა ბიეფის გამაგრებას;

2) წყალდიდობის ხარჯების გატარებაში ჰონაწილე ყველა ნაგებობის რემონტის და მთავრებას, მათ შორის იმ ნაგებობებისა, რომელთა რემონტი ამ დროს შეიძლება შეწყდეს;

3) ძირითადი და სარემონტო საკეტების გამოცდას მათ ამწე მექანიზმებთან ერთად;

4) იმ მოწყობილობათა გამოცდას, რომლებსაც იყენებენ ნაგავთან და ტივიტია სხეულებთან საბრძოლველად;

5) ნაგებობათა გაწმენდას თოვლისა და ყინულისაგან;

6) წყალდიდობის გატარების წესის შეთანხმებას ზემოთ და ქვემოთ განლაგებული ჰიდროკვანძების ღირებულებთან, აგრეთვე სხვა დაინტერესებულ ორგანიზაციებთან, და მათთან კავშირის შემოწმებას;

7) წყალსატარ ნაგებობათა მუშაობის თანმიმდევრობისა და წყლის, ყინულისა და ნაგვის გადავადების რეჟიმის დადგენას;

8) ინსტრუმენტების, მექანიზმების, მასალების, სპეცტანსაკმლისა და სატრანსპორტო საშუალებათა საავარიო მარაგის მომზადებას;

9) აკვატორიის ელექტროგანათების გაძლიერებას ჰიდროკვანძის მისაღვამებთან;

10) საავარიო ბრივადების ორგანიზებას;

11) ჰიდროკვანძის ტერიტორიაზე არსებული გასასვლელების წესრიგში მოყვანას.

ჰიდროკვანძით წყალდიდობის გატარების პროცესში წყალსაცავი უნდა შეიქმნოს ნორმალური შეტბორვის ღონემდე, ამასთან უზრუნველყოფილი იქნეს სპეციალურ ნაგებობათა (ჰიდროელექტროსადგურის, რაბის, წყალმომღების და ა. შ.) შეუფერხებელი მუშაობა. საექსპლუატაციო სქემისა და წყალდიდობის პროგნოზის შესაბამისად მის გატარებას აწარმოებენ წყალსატარი ხერტიებისა და სპეციალურ ნაგებობათა მუშაობის წინასწარ შედგენილი სქემის თანახმად (ცხადია, იმ კორექტირების გათვალისწინებით, რომელიც შეიძლება იქნეს მასში შეტანილი წყალდიდობის ფაქტორის მიმდინარეობით). ამასთანავე არ დაიშვება მაქსიმალური ღონის გადავადება ზედა ბიეფში ან არა-

ში, გადასაგდები ხარჯების სიდიდეთა შვეთრი გაზრდა, საკეტების არათანაბარი გაღება წყალსაგდები ფრონტის სიგრიძეზე, წარეცხვა ქვედა ბიფში, საკეტების ვიბრაცია და ა. შ.

ექსპლუატაციის პროცესში, განსაკუთრებით კი წყალდილობის გატარებისას, დიდი მნიშვნელობა აქვს ყინულისა და ნაგვისაგან ნაგებობათა დაცვას. დიდ წყალსაგდებში წყალსაგდებ ნაგებობებთან წყლის მისვლის საშუალო სიჩქარეები მცირეა ($v < 0,5-0,6$ მ/წმ) და წყალსაგდების ყინულის საფარი დიდება მასში, მაგრამ შედარებით დიდი სიჩქარეების დროს ყინული გადადებულ იქნება იქნეს კაშხალზე. ამ შემთხვევაში წინასწარ, ყინულის დაძვრამდე, ამზადებენ პიობებს ნაგებობებით მისი დაუბრკოლებლად გატარების უზრუნველსაყოფად (ყინულნერგილების შესაძლო წარმოშობის ადგილების—შვეთრი მოსახვევების, შევიწროებულ ადგილების ლიკვიდაცია, გაწმენდი სამუშაოების ჩატარება ზედა ბიფში, აფეთქებითი სამუშაოების შესაძლებლობის უზრუნველყოფა და ა. შ.).

ყინულის გატარებისას კაშხალის წყალსაგდები ფრონტი მაქსიმალურად უნდა იყოს გაღებულ. წყლის ფენის სისქე წყალსაგდებზე ან ჩასაშვები საკეტის ზედის თავზე ყინულის სისქეზე არანაკლებ ორჯერ მეტი უნდა იყოს. მსხვილი ყინულის დასხვრევის უზრუნველსაყოფად კაშხალის სადაწნეო წახნაგზე აწყობენ ყინულსაჭრელებს, მაგრამ საპირიების ნემსხვევაში შეიძლება გამოვიყენოთ ყინულსაჭრელი მანქანები, ყინულსატეხები, ასაფეთქებელი სამუშაოები.

წყალდილობის დროს მდინარეებს დიდი რაოდენობით მოაქვს ნაგავი, რომელსაც შეუძლია ჰიდროელექტროსადგურების შენობების წყალმომღებ ნაგებობათა და სატუმბო სადგურების ნაგვის შემკავებელი გისოსების დაცობა, აგრეთვე საკეტების დაზიანება. ნაგავთან ბრძოლა შეიძლება განხორციელდეს სხვადასხვა მეთოდით: ერთ-ერთი მათგანია წყალშემკრები აუზიდან მდინარეში ნაგვის მოხვედრის აცილების გამაფრთხილებელი ღონისძიება; ყველაზე უფრო ეფექტურია ნაგვის შეკავება მცურავი ღობეებით და შემდეგ წყალსაგდები ხეობებით წყალთან ერთად გადაგდება ქვედა ბიფში. ნატანსაშეკავებელ გისოსებს წმენდენ სპეციალური მანქანებით ან ხელით (აონადებით, ხვეტიებით), მათ დანაგვიანებას აკონტროლებენ წყლის წარმოშობილი ვარდნილის მიხედვით. ვარდნილის ზღვრული სიდიდე მითითებულია საექსპლუატაციო ინსტრუქციაში. როდესაც გისოსი ძალიან დანაგვიანებულია და შეუქმლებელია მისი გაწმენდა წყალში, იღებენ წყლიდან და წმენდენ, ხოლო მის მაგივრად ათავსებენ სარეზერვო გისოსს.

ჰიდროკვანძის ექსპლუატაციას მნიშვნელოვნად ართულებს მდინარის მყარი ჩამონადენის რეჟიმი, რომელიც განსაკუთრებით ინტენსიურია მთის მდინარეებზე. მყარ ნატანს შეუძლია ჰიდროტექნიკურ ნაგებობებზე მოახდინოს სხვადასხვაგვარი ზემოქმედება: ის ლაბავს წყალსაგდებს, არხებს და აუზებს, ხელს უშლის წყლის ნორმალურ აღებას, ცვეთს ბეტონის ზედაპირებს, ტურბინებს, ტუმბოების, საკეტების, მილსადენების ელემენტებს. ნატანსაწინააღმდეგო საექსპლუატაციო ღონისძიებებია: ნატანის გარეცხვა წყალმომღები ნაგებობის წინ და მის შემდეგ (სალექობიდან), აუზების გარეცხვა და ა. შ.

გარკვეული საექსპლუატაციო ღონისძიებები უნდა ჩატარდეს იმისათვის, რათა უზრუნველყოთ ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ნორმალური მუშაობა წამოთრის პერიოდში, განსაკუთრებით მკაცრი კლიმატის პირობებში.

ტემპერატურის აწევის გავლენით ნაგებობაზე და სიკეტებზე მოქმედი ყინულის ველის სტატიკური წნევის მოსახსნელად ყინულს ამტკიცევენ ნაგებობის წინ. შემოყინვისაგან დაცული უნდა იქნეს სიკეტები, გისოსები და მათი ამწევი მექანიზმები, სწორედ ამიტომ დროულად უნდა მომზადდეს მათი გამთბობი ან გამახურებელი მოწყობილობანი.

არსებითი მნიშვნელობა ენიჭება თოშის მანე ზემოქმედებისაგან ნაგებობათა და მათ მოწყობილობათა დაცვას. ეს ზემოქმედება ძირითადად ვლინდება წყალმომღები ნაგებობების, დერეფაციული არხებისა და მათზე მოთავსებულ ნაგებობათა გისოსების დაცობის სახით. როდესაც მდინარეში ან არხში ყინულის საფარია გაჩენილი, მაშინ წყლის გადაციება და თოშის წარმოქმნა უკვე აღარ ხდება. არხში, ასევე წყალსაცავში, ყინულის საფარის წარმოქმნის დასაჩქარებლად გარკვეული დროის განმავლობაში ინარჩუნებენ მუდმივ ღონეს და წყლის დინების მინიმალურ სიჩქარეებს, წყალში უშვებენ მცურავ გისოსებს, ხეების ტოტებს და ა. შ. თუ ადგილობრივი კლიმატური პირობების გამო ყინულის ეელის წარმოქმნა შეუძლებელი ან მიზანშეუწონელია, მაშინ გაორციელებენ თოშის აკუმულირებას ზედა ბიფფში ან გადაადგებას ქვედა ბიფფში, ხოლო ზოგჯერ დერეფაციაში. უკანასკნელ შემთხვევაში დერეფაციის თოში შეიძლება მოვაცილოთ შუალედური წყალსაცავებისა და სადაწნეო აუზის მეშვეობით ან ქსის ტურბინებში გატარებით; კონტროლი თოშის გაჩენაზე შეიძლება დაეაწესოს მიკროთერმომეტრებისა და თოშისიგნალიზატორების გამოყენებით.

ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა მდგომარეობაზე და მუშაობაზე დაკვირვების მიზანია: 1) სისტემატური მონაცემების მიღება ნაგებობათა მდგომარეობისა და მუშაობის პირობების შესახებ; 2) სარემონტო სამუშაოთა დროული და სწორი დანიშვნა; 3) შესაძლო ავარიის თავიდან აცილებისათვის ზომების დროული მიღება; 4) ნაგებობათა სრულყოფის ან რეკონსტრუქციის და მათი ექსპლუატაციის საიმედოობის ამოღების ღონისძიებათა დამუშავება.

სისტემატურ დაკვირვებებს აწარმოებენ: 1) ნაკადის რეჟიმზე (წყლის დონეებზე ზედა და ქვედა ბიფფებში, არხებში, აუზებში და ა. შ; წყლის ხარჯებზე წყალსატარ ხეობებში, ტურბინებში, ტუმბოებში; წყლის ღონის ვარდინელებზე, გისოსებზე და სხვ.); 2) წარცხვებას და ნატანის დაღეჟვაზე ჰიდროკვანძის ზედა და ქვედა ბიფფებში და არხებში; ფერლობების გამაგრებათა დანგრევაზე; ნაგებობათა ზედაპირების გაცვეთაზე; 3) ნაგებობათა ტანში, ფუძეში და მათი შემოვლით წარმოებულ ფილტრაციასზე (ფილტრაციული წნევები, ხარჯები, სუფოზიის მოვლენები); 4) ნაგებობაზე ყინულის საფარის ზემოქმედებაზე; 5) ნაგებობებში ბზარების წარმოშობაზე, ბეტონის გამოტუტვაზე; 6) ნაგებობათა ტემპერატურულ რეჟიმზე; 7) ნაგებობების, მისი ნაწილებისა და ფუძეების, აგრეთვე ჰიდროკვანძის რაიონის სანაპირო ფერლობების ძაბვებზე, დაჯდომაზე და სხვა სახის დეფორმაციებზე.

დაკვირვებები შეიძლება ჩატარდეს ყოველდღიურად და პერიოდულად; ყოველდღიურად აკვირდებიან უმთავრესად წყლის დონეებს, დანარჩენი სახეობის დაკვირვებებს კი პერიოდულად აწარმოებენ. გარდა ამისა, ნაგებობებს პერიოდულად ათვალეირებენ, — განსაკუთრებით წყალმოვარდნისა და ყინულის დანაწილების წინ და მათი გატარების შემდეგ და შემოდგომაზე — ზამთარში ნაგებობათა ექსპლუატაციისათვის მოსამზადებლად, ამის გარდა, წელიწადში ერთხელ ახდენენ ყველა ნაგებობის დაწვრილობით დათვალეირებას, რომლის შედეგები შეაქვთ ნაგებობათა პასპორტებში. ნაგებო-

ბათა მდგომარეობაზე ზედამხედველობა ხორციელდება ვიზუალურად (გარეგანი დათვალიერება) და ინსტრუმენტულად, საკონტროლო-გამზომი აპარატურის მეშვეობით. ნაგებობის ტანში და მის ფუძეში მოთავსებული აპარატურით დაკვირვებას ახდენენ იმ ორგანიზაციის სპეციალური ინსტრუქციების საფუძველზე, რომელმაც ეს აპარატურა დააყენა.

უსაფრთხოების ტექნიკის მოთხოვნათა შესაბამისად ყველა ნაგებობა უნდა იყოს საიმედოდ შემოკავებული, რათა თავიდან ავიცილოთ ადამიანთა წყალში გადავარდნის შემთხვევები; გამოსაჩენ ადგილებში უნდა გამოიყიდოს მაშველი რგოლები და ქმარები. ზედა და ქვედა ბიეფებში უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს გადასასვლელების უსაფრთხოება; ეს ადგილები, აგრეთვე საცურაო და საწყალონსო სპორტის ადგილები საკმაოდ უნდა იქნენ დაშორებული წყალსაგლები და წყალმიღები ნაგებობებიდან; აკრძალული ზონა აღნიშნული უნდა იყოს სათანადო გამაფრთხილებელი ნიშნებით. იმ შემთხვევაში, როდესაც წყალსაცავი დაფარულია თხელი ან ბზარებიანი ყინულის საფარით, ადამიანებს ეკრძალება მასზე გაყლა. წყალსაცავების, არხების ან სხვა ნაგებობების დაკლის ან ავსების წინ აუცილებლად უნდა გაფრთხილდეს მომსახურე პერსონალი და წყლით დაინტერესებული ორგანიზაციები.

განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს სამუშაოთა უსაფრთხო წარმოებას მიწისქვეშა და დახურულ ნაგებობებში (გვირაბებში, მიწისქვეშა ქესებში, მილსადენებში და ა. შ.), დათვალიერებისა და რემონტის შემდეგ მათი წყლით შევსება მაშინ უნდა დაიწყოს, როდესაც დაერწმუნდებით, რომ შიგნით ადამიანები არ არიან, გამოტანილია ყველა დამხმარე მოწყობილობა და დახურულია გამოსასვლელი საძრომები (მილსადენებში).

საკეტების, მისი ამწეებისა და ელექტრომოწყობილობათა მოვლა ხდება სპეციალური წესების მიხედვით.

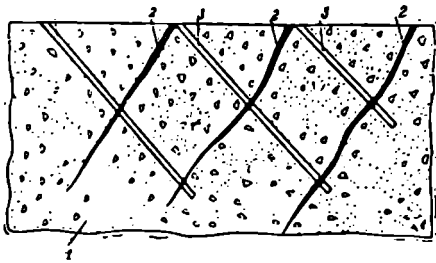
§ 24 3. ჰიდროტექნიკური ნაგებობათა რემონტი

ერთმანეთისაგან განასხვავებენ ნაგებობათა მიმდინარე და კაპიტალურ რემონტებს; მიმდინარე, ანუ გვემიან-მაფოთხილებელი (პროფილაქტიკური) რემონტი ტარდება პერიოდულად, გვემის შესაბამისად; ის ითვალისწინებს სარემონტო და დამცავ ღონისძიებათა განხორციელებას. ამავე კატეგორიას მიეკუთვნება ე. წ. სასწრაფო რემონტი, რომელიც გულისხმობს ექსპლუატაციის პროცესში ნაგებობათა შემჩნეული დაზიანებისა და დეფექტების დაუყოვნებლივ გასწორებას. მიმდინარე რემონტი მოიცავს ნაგებობათა მცირე ნაწილს, არ მოითხოვს რთულ ტექნიკურ ღონისძიებებს და სრულდება საექსპლუატაციო პერსონალის ძალებით. კაპიტალური რემონტის დროს ტარდება ნაგებობათა დიდი უბნების ან მსხვილი ელემენტების კონსტრუქციითა გასწორება, ან შეცვლა და სხვ მისი ჩატარება მოითხოვს რთულ ტექნიკურ ღონისძიებებს და სრულდება სპეციალიზებულა ორგანიზაციის მიერ.

ნაგებობათა კაპიტალური რემონტის ჩატარების ვადებს არჩევენ ისე, რომ არ შეფერხდეს წყალთა მეურნეობის იმ დარგების მუშაობა, რომელთაც ჰიდროკვანძი ემსახურება. თუ გავითვალისწინებთ რუსეთისა და საბჭოთა კავშირის ზოგიერთი სხვა მოკავშირე რესპუბლიკის კლიმატურ პირობებს, მაშინ ადვილად დაერწმუნდებით, რომ სანაოსნო და მელიორაციულ ნაგებობათა კაპიტალური რემონტი შეიძლება ჩატარდეს სეზონურად, მაგალითად, შემოდგომა—ზამთრის პერიოდში, როდესაც წყდება ნაოსნობა და ჰიდრომე-

ლიორაციული სამუშაოები და არის პრაქტიკული შესაძლებლობა იმისა, რომ შევამციროთ ან მთლიანად მოვხსნათ ნაგებობაზე მოქმედი დაწნევა და დეცალთ წყალსატარი ნაგებობანი. თავისთავად. ცხადია, რომ წყლისაგან განთავისუფლებულ ან მცირე დაწნევის ქვეშ არსებულ ნაგებობათა კაპიტალური რემონტი გაცილებით უფრო მოსახერხებელია. რაც შეეხება კაშხალებისა და ჰიდროელექტროსადგურების კაპიტალურ რემონტს, იგი დაკავშირებულთა გაცილებით უფრო მეტ სიძნელეებთან. სარემონტო სამუშაოებს აწარმოებენ დეფექტების გამომწვევი მიზეზების წინასწარჩატარებული ანალიზის, დამუშავებული პროექტის, ხარჯთაღრიცხვისა და სამუშაოების ჩატარების კალენდარული ვადის საფუძველზე.

მიმდინარე სარემონტო სამუშაოებში შედის ნაგებობათა და მათი კონსტრუქციების შეღებვა, ჩამქობებისა და წყალსაცემი კების გაწმენდა კენკისაგან და კაპოისაგან, დეფორმაციული ნაკრების სოგმანების შევსება გუდრონით, ბეტონის წყობაში გაჩენილი ბზარებისა და მომატებული ფილტრაციის ლიკვიდაცია (ნახ. 24-1), კავიტაციისა და სხვა მიზეზებით ნაგებობათა



ნახ. 24-1. ბეტონში წარმოშობილი ბზარების ამოსვლებად აკრებენ უაირო კაბურღილების გასაფრების სქემა: 1-ბეტონის წყობა; 2-ბზარი; 3-საცემენტაციო კაბურღილი.

დაზიანებული ზედაპირების აღდგენა, მომატებული ფილტრაციის, ბზარების, დაჯდომებისა და ჩაქცევების ლიკვიდაცია შიწის ნაგებობებში, საღრუნაო მოწყობილობათა დათუნება მიიჩნევა ჩაყინვის თავიდან ასაცილებლად, ყველა წყალგამყვანი ნაგებობის წესრიგში მოყვანა, წყალქვეშა ფერდობების დაზიანებათა ლიკვიდაცია, მოწყობილობათა შეღებვა და დაზეთვა, საკეტების შემკიდრობის წესრიგში მოყვანა და ა. შ.

კაპიტალური რემონტი მოიცავს ზღვარების ან სარემონტო ღობურების მეშვეობით წყალამოღებასთან დაკავშირებულ სამუშაოებს, მაგალითად, ფლუტბეტის, სანაპირო ბურჯები (კედლების), ქვედა ბიუჯის გამაგრებისა და წყალქვეშა ფერდობების რემონტს, ნაგებობათა ცალკეული ელემენტების შეცვლას ან აღდგენას და სხვ.

ცალკეულ ჰიდროკანძებში, მელიორაციულ თუ სხვა სისტემებში ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა გამოყენების ეფექტიანობა მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული რემონტების სისტემის ორგანიზაციაზე, პროფილაქტიკური მომსახურების, სათადარიგო ნაწილების გამოშვებისა და ცალკეულ სისტემებს შორის მათი განაწილების სწორ დაგეგმვაზე. თანამედროვე პირობებში რემონტების დაგეგმვა ზიზანშეწონილია მეცნიერულ საფუძველზე—საიმედობის თეორიის მიხედვით¹.

¹ Ц. Е. Мирзехулова, С. Ш. Зюбжко. Планирование ремонта мелиоративных объектов с позиции теории надежности. „Гидротехника и Мелиорации“, М., „Колос“, №6, 1979.

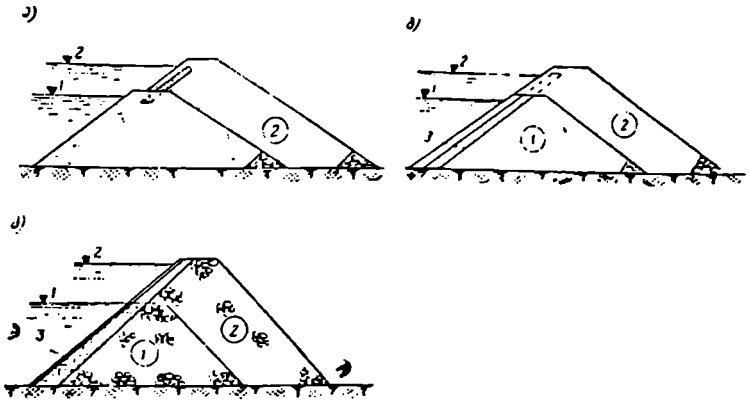
არაა გამორიცხული შემთხვევები, როდესაც ამა თუ იმ მიზეზის გამო ცალკეული ნაგებობანი ან მთლიანად ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა კენძი, განცდის ავარიას (კაშხალების გარღვევა კატასტროფული წყალმოვარდნისას, მიწისძვრებისას, საომარი მოქმედებისას და ა. შ.). ნაგებობათა ავარია ნაშნავს მათ მნიშვნელოვან დაზიანებას, რომელიც შეიძლება გაფართოვდეს და გამოიწვიოს კატასტროფული შედეგები, თუ არ იქნა მიღებული საგანგებო ზომები. ამისათვის, უპირველეს ყოვლისა, საჭიროა დაეცვათ გარღვეული ნაგებობა (მაგალითად, მიწის კაშხალი) შემდგომი დანგრევისაგან, რაც შესაძლებელია ზედა ბიფფის წყლის დონის სწრაფი დაწვეით, ე. ი. ნაგებობაზე მოქმედი დაწნევის შემცირებით და გარღვევის ზონაში ნაგებობის გამაგრებით წყალში მიწით სავსე ტომრების, ქვის ჩაყრით და ა. შ. მას შემდეგ, რაც ჩატარებული გამოკვლევებით დადგინდება ავარიის გამომწვევი მიზეზები, აღგენენ ნაგებობის აღდგენის პროექტს. ბეტონისა და რკინაბეტონის ნაგებობათა აღდგენისას განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ახალი და ძველი წყობის საივდო შეერთებას, რისთვისაც აცილებენ დაშლილ წყობას, ბეჯითად ასუფთავებენ შეერთების ზედაპირს, უზრუნველყოფენ არმატურის საჭირო კავშირს, ხოლო ზოგჯერ ახდენენ ახალი წყობის დანაკერებას ძველთან. მიწის კაშხალების აღდგენისას ნელვარეგ ავსებენ გრუნტით და მას ბეჯითად ამკვრივებენ ისე, რომ უზრუნველყოთ საიმედო კონტაქტი ძველ ყრილთან და საჭირო წყალშეუღწევადობა. ახალი და ძველი ყრილის შეერთება მიზანშეწონილია განხორციელდეს კბილებით; ამასთანავე აღდგენითი სამუშაოები უნდა ჩატარდეს უმოკლეს ვადაში, ხოლო წნევის აწევა მოხდეს საფეხურებად.

ცალკეულ შემთხვევებში ჰიდროკენძის წყალსამეურნეო დანიშნულების გაფართოების ან ნაწილობრივი შეცვლის გამო დღის წესრიგში დგება მისი რეკონსტრუქციის საკითხი. ჰიდრონაგებობათა რეკონსტრუქციას ახორციელებენ სხვადასხვაგვარ შოთხოვნათა დასაკმაყოფილებლად, რომელთაგან უმთავრესია: მოქმედი დაწნევის გაზრდა, წყალსაცავის ტევადობისა და ჰიდროელექტროსადგურის სიმძლავრის მომატება, ნაგებობის მდგრადობის გადიდება, წყალშიმღებ ნაგებობათა, წყალსავდებთა და არხების გამტარუნარიანობის გაზრდა, ჰიდროკენძში დამატებით ჰიდროელექტროსადგურის შენობის, თევზამყვანის, რაბის, გემთამწის აგება და ა. შ.

ყველაზე მეტ სიმძლავრებთანაა დაკავშირებული ექსპლუატაციაში არსებული კაშხალის წაზრდის სამუშაოები, ხაგრამ, მიუხედავად ამისა, პრაქტიკაში არის მრავალი მაგალითი იმისა, რომ ერთი და ადგილი კაშხალი სიმძლავრეში წაზრდეს რამდენჯერმე. 1937 წელს მშენებლობის დამთავრებისას როსის ბეტონის თაღოვანი კაშხალის (აშშ) სიმაღლე იყო 93 მ; ამ კაშხალს 1943 წელს წაუმატეს 56,5 მ, ხოლო 1948 წელს მისი სიმაღლე გახადეს 164,6 მ. მაგრამ, როგორც ჩანს, მის წაზრდას კიდევ ფიქრობენ 205 მ სიმაღლემდე.

მიწისა და საერთოდ ადგილობრივი მასალის კაშხალების წაზრდა საკმაოდ მოხერხებულია ზედა ბიფფის დონის დაუწველად, უშუალოდ ქვედა ფერდობზე და თხემზე გრუნტის დაყრით და მისი შემდგომი გამკვრივებით. კაშხალის წაზრდის დროს შესაბამისად უნდა წაიზარდოს მისი წყალშეუღწევი მოწყობილობა (ეკრანი, გული ან დიფრაგმა), თუ ეს ასეთი გათვალისწინებულია ძირითად ნაწილში. მათი შეუღწევა უნდა იყოს მოქნილი და წყალშეუღწევი (ნახ. 24-2).

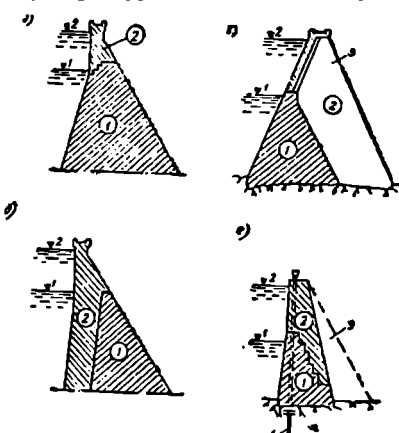
გრავეიტაციული კაშხლების წაზრდა ხდება სხვადასხვა ხერხით. როდესაც კაშხალს გააჩნია მდგრადობისა და სიმტკიცის პარამეტრები მარაგი, მაშინ მის



ნახ. 24-2 შიწისა და ქვაყარი კაშხლების წაზრდის სქემები: ა—ერთგვირავიანი შიწის კაშხალი; ბ—ეკრანიანი შიწის კაშხალი; გ—ეკრანიანი ქვაყარი კაშხალი; 1—ძირითადი კაშხალი; 2—კაშხალის წანაზარდი; 3—ეკრანი.

სიმაღლის წაზრდა შეიძლება მისი თხემის ზედაშენით (ნახ. 24-3, ა) ან წაზრდილ ბურჯებს შორის შანდორების დაყენებით. ზოგიერთ შემთხვევაში მიზანშეწონილია კაშხალის წაზრდა რკინაბეტონის მსუბუქი კონსტრუქციის

შედნაშენით, როდელიც ეყრდნობა კაშხალის ქვედა წახნაგზე მიშენებულ კონტრაფორსებს (ნახ. 24-3, ბ). გამოიყენება აგრეთვე გრავეიტაციული კაშხალის ზედა წახნაგის მხრიდან წაზრდის ხერხი (ნახ. 24-3, გ), თუმცა ასეთი წაზრდა უმჯობესია მოხდეს ქვედა წახნაგის მხრიდან. უკანასკნელ ხანებში მნიშვნელოვანი გავრცელება პოვა ფუძეში ნაგებობის დაძაბული ჩაანკერების მეთოდმა, რომელიც იძლევა ბეტონის მნიშვნელოვან ეკონომიას (30—50% მდე) ჩვეულებრივ ფესით ბეტონის კაშხალის წაზრდასთან შედარებით (ნახ. 24-3, დ).



ნახ. 24-3. ბეტონის გრავეიტაციული კაშხლების წაზრდის სქემები:

ა—გრავეიტაციული კაშხალი მძიმე წანაზარდით; ბ—გრავეიტაციული კაშხალი რკინაბეტონის მსუბუქი შედნაშენით; გ—კაშხალის გვირგვინი ზედა სხარზე; დ—წინასწარ დაძაბული ანკერების მეშვეობით წაზრდილი კაშხალის ძირითადი ნაწილი; 2—კაშხალის წაზრდილი ნაწილი; 3—კონტრაფორსი.

კონტრაფორსული კაშხალის წაზრდას აღწევენ კონტრაფორსებს შორის

არსებული სივრცის ბეტონით შევსებით, სადაწნეო გადახურვებისა და კონტრფორსების გაძლიერებით, ქვედა ბიუფის მხარისაკენ უქანასკნელთა გაფართოებით, დაძაბული ჩაანკერების გამოყენებით და სხვ.

თაღოვანი კაშხალების წაზრდა უპირატესად არსებულ თაღზე ახალი თაღოვანი ნაწილის მიბეტონებით ხდება.

ბეტონის ნაგებობათა წაზრდისას განსაკუთრებული ყურადღება უნდა დაეთმოს ახალ და ძველ წუობას შორის არსებული ნაკერების სიმტკიცეს და წყალშეუღწევობას, აგრეთვე მათ ერთობლივ მუშაობას.

წყალსაგდებების გამტარუნარიანობის გაზრდას აღწევენ კაშხალის თხემის ჩაჭრით, დამატებითი წყალსაშვები და სიღრმული ხერხების მოწყობით.

უქანასკნელ ხანებში მსხვილი ჰიდროკვანძების მშენებლობაში ფართოდ იწარგება მშენებლობის რიგისობა, ე. ი. ექსპლუატაციაში მისი გაშვება ეტაპებად. ასეთი გადაწყვეტა განსაკუთრებით მიზანშეწონილია მაღალი კაშხალებისა და მძლავრი ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობის დროს, რადგან იგი იძლევა ფრიად მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ეფექტს. ასეთი მეთოდით მშენებლობისას კაშხალის პირველი რიგის პროფილი შეესაბამება პირველდაწყებით დაწვევას, შემდგომი წაზრდა კი ხდება ქვედა შრიდან და თხემზე ბეტონის წუობის დამატებით, ანდა თავიდანვე კაშხალი შეიძლება ააგონ მთელი სპაროექტო სისქით, მაგრამ იმ სიხალისა, რაც საჭიროა მოცემული რიგისათვის. კონსტრუქციული თვალსაზრისით უპირატესობა ენიჭება ამ მეორე მეთოდს, მაგრამ პირველი რიგის სამუშაოებთან შედარებით დანახარჯები აქ მნიშვნელოვნად უფრო მეტია, ვიდრე პირველი ხერხით მშენებლობისას.

თ ა ვ ი XXV

ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა გამოსვლევები

§ 25-1. ლაბორატორიულ გამოსვლევათა ამოცანები

ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა დაპროექტების თანამედროვე საანგარიშო-თეორიული ბაზა ემყარება ჰიდრავლიკური, ფილტრაციული, სტატიკური და დინამიკური (სეისმური) გაანგარიშების მეთოდების საკმაოდ სოლიდურ აპარატს და ელექტრონული გამომთვლელი მანქანების ფართო გამოყენებას. ჰიდრონაგებობათა თეორიული კვლევის საქმეში მიღწეული დიდი წარმატებების მიუხედავად, დაპროექტების დროს არც ისე იშვიათია ისეთი საინჟინრო-ტექნიკური საკითხების წამოჭრის შემთხვევები, რომელთა პრაქტიკისათვის საჭირო სიზუსტით გადაწყვეტა თეორიული გზით ჯერ კიდევ შეუძლებელია. სწორედ აღნიშნულმა გარემოებამ განაპირობა მოდელზე ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ლაბორატორიულ გამოკვლევათა ფართო გავრცელება, რომელსაც ყოველმხრივ შეუწყობ ხელი თანამედროვე ჰიდროტექნიკური კვანძების დაპროექტებისა და მშენებლობის დიდმა მასშტაბებმა. სათანადო სიზუსტით ჩატარებულ ლაბორატორიულ გამოკვლევათა მონაცემების საფუძველზე შეიძლება ასაშენებელი ნაგებობის ნატურაში ქცევის საიმედო პროგნოზირება და ეკონომიკურად და ტექნიკურად მისაღები გადაწყვეტის მიღება. დაპროექტებისთან დაკავშირებული კონკრეტული საკითხების გადაწყვეტის გარდა, ლა-
348

ბორატორიული გამოკვლევებით შეიძლება დადგინდეს მთელი რიგი ზოგადი მოვლენები და კანონზომიერებანი, შემოწმდეს ესა თუ ის თეორიული დებულებანი, მივიღოთ საჭირო მასალები პილროტექნიკურ ნაგებობათა არსებული გაანგარიშების მეთოდების სრულყოფისათვის და სხვ. დაპროექტების დროს, ცხადია, ერთმანეთთან გონიერულად უნდა შევხამოთ თეორიული გაანგარიშებანი და ლაბორატორიული გამოკვლევები.

ლაბორატორიებში იკვლევენ მრავალგვარ საკითხს, მაგალითად ისეთს, როგორიცაა: პილროტექნიკის პილრაველიკურად რაციონალური შეთანწყობის მონახვა, რომლის დროს თავიდან იქნება აცილებული წყალშიმღებში ნატანის მნიშვნელოვანი მოხვედრის შემთხვევები, ხოლო ქვედა ბიეფში — საშიში წარცხვები, ამასთანავე უზრუნველყოფილი იქნება პილრაველიკურად ხელსაყრელი პირობები გემთსავალ ნაგებობებთან მისასვლელებში და რაციონალური გამაგრების კონსტრუქცია ქვედა ბიეფში. ვარდა ამისა, ლაბორატორიებში გამოკვლეული უნდა იქნეს: ნაგებობათა ელემენტების (მათ შორის საკეტების) კავიტაციისა და ვიბრაციის მოვლენები, კალაპოტური პროცესები და მათზე სარეგულაციო ნაგებობათა გავლენა, ფილტრაცია ბეტონის კაშხალების ფუძეში და ნაპირებში, გრუნტის კაშხალებში და მათ ფუჭებში, ტექნოლოგიური ველები, ბეტონის კაშხალების თერმოდამბული მდგომარება, სხვადასხვა ტიპის ბეტონის კაშხალებისა და მათი ფუძეების დამბული მდგომარეობა და ზილის უნარიანობა, სტრუქტურა და დინამიკური (სეისმური) დატვირთვების შემოქმედებანი და სხვ.

შემოაღნიშნულთან ერთად ლაბორატორიებში ნიმუშებზე იკვლევენ პილროტექნიკურ ნაგებობებში გამოყენებულ მასალებს (ბეტონს, ქვას, პოლიმერულ მასალებს და სხვ.), აგრეთვე ამ ნაგებობათა ფუძეების გრუნტებს.

§25-2. ზომიერადი ცნობა მსგავსების თეორიიდან

1. მსგავსების პრინციპები

ნაგებობათა მოდელირებას ახდენენ მსგავსების თეორიის საფუძველზე, რომლის თანახმად მსგავსი ეწოდება გეომეტრიულად მსგავსი სისტემებში მიმდინარე მოვლენებს, რომლებშიც ადგილი აქვს ერთნაირი ფიზიკური ბუნების პროცესებს და თანამოსახელე სიდიდეები (წირითი ზოგები, დინების სიჩქარეები, ძალები და სხვ.) მუდმივ თანაფარდობაშია [24, 26, 12]. ამ დებულების შესაბამისად განსახილველი ორი სისტემისათვის, ე. ი. ნატურისა და მოდელირებისათვის, მუდმივი უნდა იყოს α სამასშტაბო კოეფიციენტები, ანუ მსგავსების კონსტანტები (თანამოსახელე სიდიდეთა ფარდობები):

$$\left. \begin{aligned} \alpha_L &= L/L_1; \quad \alpha_T = T/T_1; \quad \alpha_v = v/v_1; \\ \alpha_a &= a/a_1; \quad \alpha_p = P/P_1 = K/K_1 = \dots; \\ \alpha_\rho &= \rho/\rho_1; \quad \alpha_\gamma = \gamma/\gamma_1; \quad \alpha_v = v/v_1 \text{ და ა. შ.} \end{aligned} \right\} \quad (25-1)$$

სადაც L და L_1 წირითი ზომებია; T და T_1 — დრო; v და v_1 — სიჩქარეები; a და a_1 — სიჩქარეები; P და P_1 , K და K_1 ა. შ. — ძალები (მაგალითად, სიმძიმის, სიბლანტის და ა. შ.); ρ და ρ_1 სიმკვრივები (მოცულობითი მასები); v და v_1 — კინემატიკური სიბლანტეები; γ და γ_1 — კუთრი წონები.

ორი სისტემის მექანიკური მსგავსებისას (მყარი სხეულების ან

სითხეების მოძრაობის შემთხვევები) ერთმანეთისაგან განასხვავებენ გეომეტრიულ, კინემატიკურ და დინამიკურ მსგავსებებს.

გეომეტრიული მსგავსება. ზემოთ მოყვანილ (25-1) თანაფარლობათა თანახმად, გეომეტრიული მსგავსება გვექნება მაშინ, როდესაც ორი განსახილველი სისტემის (ნატურის და მოდელის) ყველა შესაბამისი წირითი ზომებისათვის მუდმივი იქნება $\alpha_L = L/L_1$ ფარლობა, ე. ი. 25-1, ა ნახაზზე ნაჩვენები ზომებისათვის ადგილი ექნება ტოლობას

$$S/S_1 = B/B_1 = r/r_1 = r_0/r_{01} = h/h_1 = b/b_1 = H/H_1 = h_c/h_{c1} = \dots = \alpha_L, \quad (25-2),$$

ხოლო 25-1, ბ ნახაზზე ნაჩვენები სქემისათვის

$$l/l_1 = c/c_1 = e/e_1 = f/f_1 = \dots = \alpha_L \quad (25-3)$$

ძნელი არ არის დავრწმუნდეთ იმაში, რომ ცალკეულ შემთხვევებში ამოცანის საეციფიკურობის შესაბამისად ზოგიერთი ფარლობის დაცვა არაა აუცილებელი. მაგალითად, წყალსაშვების ჰიდრაულიკური გამოკვლევებისას (ნახ. 25-1, ა) აუცილებელი არაა წყალსაშვების ტანში არსებული Δ სიღრუე მოდელზე გადაიტანოთ [ე. ი. (25-2) ფორმულაში საჭირო არაა h/h_1 და b/b_1 ფარლობების შეტანა], მაგრამ დაძაბული მდგომარეობის სტატიკური გამოკვლევებისას ასეთი სიღრუის აღწარმოება მოდელზე საჭიროა (თუ ის ძალიან პატარა არ არის).

ჰიდრაულიკური გამოკვლევების დროს გეომეტრიული მსგავსების მოთხოვნათა შემსუბუქება შეიძლება სხვა შემთხვევებშიც; მისი დადგენა შეიძლება კონკრეტული ამოცანების მოდელირებისას.

საჭიროა აღინიშნოს მხედველობაში მისაღები კიდევ რამდენიმე თავისებურების შესახებ. საქმე ისაა, რომ ზოგჯერ, მიუხედავად იმისა, რომ საკუთრივ მოდელის გეომეტრიული მსგავსება დაცულია, შეიძლება არ დაკმაყოფილდეს ნაკადის ყველა მსგავსი წირითი ზომის გეომეტრიული მსგავსება. მაგალითად, როდესაც $H/H_1 = \alpha_L$, შეიძლება ადგილი ექნეს ფარლობას $h_c/h_{c1} = \alpha_L' \neq \alpha_L$ (ნახ. 25-1, ა), თუ სათანადოდ არ იქნა დამოძღვრებული წინაღობა (სიმქისე) წყალსაშვებ ზედაპირზე.

სტატიკური გამოკვლევების დროს განასხვავებენ ზუსტ და არაზუსტ (მიახლოებით) გეომეტრიულ მსგავსებას. ზუსტს უწოდებენ ისეთ მსგავსებას, რომლის დროს დამატებით დაცულია დეფორმაციათა მსგავსება. აღნიშნული მოსაზრებით (25-3) დამოკიდებულებებში შეტანილია f/f_1 ჩაღუნების ფარლობაც, ე. ი. დაცულია პირობა

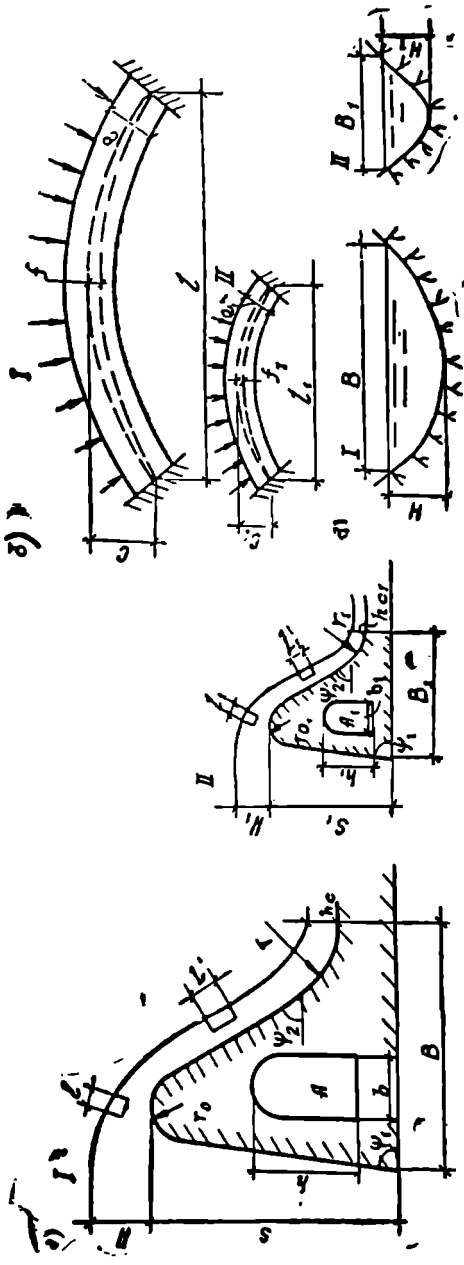
$$e = e_1, \quad (25-4)$$

სადაც e და e_1 -ფარლობითი დეფორმაციებია.

დეკადობის სტადიაში ნაგებობათა დაძაბული და დეფორმაციული მდგომარეობის გამოკვლევების დროს ეს პირობა საკმაოდ ხშირად არ სრულდება, ე. ი. $e \neq e_1$, რაც აადვილებს დეფორმაციების გაზომვას. ასეთ მსგავსებას „გაფართოებულ“ გეომეტრიულ მსგავსებას უწოდებენ¹.

თუ გეომეტრიული მსგავსება დაცული არაა და მოდელს ცდიან მასშტაბის დამახინჯებით, რასაც საკმაოდ ხშირად მიმართავენ კალაპოტური პროცესების გამოკვლევებისას, მაშინ მოდელირება მიახლოებით ია. ამ შემ-

¹ Назаров А. Г. О механическом подобии твердых деформируемых тел (к теории моделирования), Ереван, 1965 (АН Арм. ССР).



ნაშ. 25-1. სისტემების გეომეტრიული და კინემატიკური მსგავსების განხილვის სქემები.
I—ნაბეჭდი, II—მოდელი.

თხვევაში სიღრმეებისა და სიგანეებისათვის მსგავსების კონსტანტები განსხვავებულია: $\alpha_H = H/H_1$ და $\alpha_B = B/B_1$ (იხ. ნახ. 25-1, გ).

გეომეტრიული მსგავსების პირობიდან ω ფართობებისა და W მოცულობებისათვის მასშტაბის კოეფიციენტებს ექნებათ შემდეგი მნიშვნელობანი:

$$\alpha_\omega = \omega/\omega_1 = \alpha_L^2 \text{ და } \alpha_W = W/W_1 = \alpha_L^3. \quad (25-5)$$

გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ მოდელის დაპროექტების დროს ზემოაღნიშნულთან ერთად უნდა გავითვალისწინოთ მოდელის საზღვრების მისაღები გეომეტრიული მსგავსება; ჰიდრავლიკურ მოდელებში ესენია წყლის მიმყვანი და გამყვანი უბნები, ხოლო სტატიკურ მოდელებში—ფუძე და ა. შ.

კინემატიკური მსგავსება. ასეთი მსგავსების დროს ორივე სისტემის ნაწილაკები უნდა ახდენდნენ გეომეტრიულად მსგავს გადაადგილებებს დროის შუალედებში. ნაწილაკები ერთმანეთთან უნდა იმოუფებოდნენ α_T მუდმივ თანაფარდობაში, ე. ი. $T/T_1 = T'/T_1' = \dots = \alpha_T$, სადაც T , T_1 T' და T_1' ნაწილაკების მიერ შესაბამისად l , l_1 , l' და l_1' მონაკვეთების გავლის დროა, ამასთან $l/l_1 = l'/l_1' = \alpha_L$ (ნახ. 25-1, ა). კინემატიკურ მსგავსებას მან შინ აქვს ადგილი, როდესაც დაცულია გეომეტრიული და დინამიკური მსგავსების პირობები.

დინამიკური მსგავსება. ზემოთ მოყვანილ (25-1) თანაფარდობათა შესაბამისად დინამიკური მსგავსების კანონი შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგნაირად

$$\alpha_p = P/P_1 = K/K_1 = Q/Q_1 = \dots = \text{idem}, \quad (25-6)$$

რაც იმას ნიშნავს, რომ მოცემული პირობებისათვის ორ გეომეტრიულად მსგავს სისტემაზე მოქმედ შესაბამის ძალთა თანაფარდობანი ერთნაირი უნდა იყოს. ნაკულისამეცია, რომ მოქმედი ძალები შეიძლება იყოს სხვადასხვა ხისათვისა (საკუთარი წონის, სიბლანტის, ინერციის და სხვ.).

თუ ძალებს წყვილ-წყვილად განვიხილავთ, მაშინ შეიძლება ჩაეწეროს შემდეგი ფარდობები: $P/Q = P_1/Q_1$; $K/Q = K_1/Q_1$ და ა. შ., ან შემოკლებით:

$$P/Q = \text{idem}; K/Q = \text{idem} \text{ და ა. შ.} \quad (25-7)$$

ამგვარად, აღნიშნულ ძალთა ფარდობა ერთნაირია (idem) მოდელისა და ნატურისათვის.

მოდრავი სხეულის მოდელირებისას, ცხადია, დამატებით ითვალისწინებენ Q ინერციის ძალას, რომელიც სხეულის M მასისა და მისი a აჩქარების ნამრავლია, ე. ი. $Q = Ma$, ანუ $Q = \rho L^3 L/T^2 = \rho L^2 v^2$. ამ გამოსახულების (25-7) თანაფარდობაში ჩასმით ვღებულობთ Ne ნიუტონის უგანზომილებო კრიტერიუმს (რიცხვს), რომელიც გამოსახავს დინამიკური მსგავსების ზოგად კანონს:

$$S/(\rho L^2 v^2) = Ne = \text{idem}, \quad (25-8)$$

სადაც S არის რომელიმე განხილული ძალა (P , K და ა. შ.).

გაშლილი სახით (25-8) შეიძლება შემდეგი სახით წარმოვადგინოთ

$$S/(\rho L^2 v^2) = S_1/(\rho_1 L_1^2 v_1^2). \quad (25-8')$$

უნდა აღვნიშნოთ, რომ სხვადასხვა ფიზიკური ბუნების ძალების მოქმედებისას მოდელირებისათვის სარგებლობენ ნიუტონის რიცხვიდან მიღებულ დინამიკური მსგავსების კერძო კანონებით (კრიტერიუმებით). ამა თუ იმ

კერძო კრიტერიუმის ხასიათი იმაზეა დამოკიდებული, თუ რომელი ძალა-ჩვენება აღებული S ძალად. ამასთანავე, სარგებლობენ ნიუტონის რიცხვის (ფარლობის) შებრუნებული სიდიდით

$$\rho L^2 \sigma^2 / S = \text{idem} \quad (25-9)$$

ზოგიერთი კერძო კრიტერიუმი მოცემულია ქვემოთ.

გრაფიტაციული მსგავსების კანონი. განმარტების თანახმად, ამ შემთხვევაში $S = P$, სადაც $P = \gamma \cdot L^3$ არის წონის ძალა (γ — კუთრი წონა); (25-9) გამოსახულების თანახმად ვღებულობთ ფრულის კრიტერიუმს

$$\frac{\text{ინერციის ძალები}}{\text{სიმძიმის ძალები}} = \frac{\rho L^2 \sigma^2}{\gamma L^3} = \frac{\sigma^2}{g L} = Fr = \text{idem}. \quad (25-10)$$

სიბლანტით მსგავსების კანონი. ზოგადად K სიბლანტის (ხახუნის) ძალები შეიძლება წარმოვიდგინოთ $K = -\mu \Omega d\sigma/d\Omega$ გამოსახულებით, სადაც μ არის დინამიკური სიბლანტი; Ω — განსახილველ ფენებს შორის ზედაპირის ფართობი; $d\sigma/d\Omega$ — სიჩქარის გრადიენტი ნორმალის გასწვრივ; თუ გავითვალისწინებთ განზომილებებს, გვექება $[K] = \mu L^2 \sigma / L$. ამგვარად, (25-9) გამოსახულებაში S სიდიდის $[K]$ -ით შეცვლით ვღებულობთ რეინოლდსის კრიტერიუმს

$$\frac{\rho L^2 \sigma^2}{\mu L \sigma} = \frac{\sigma L}{\nu} = Re = \text{idem}, \quad (25-11)$$

სადაც $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ — კინემატიკური სიბლანტია.

დინამიკური პროცესების მსგავსების კანონი დრეკადი ძალების მოქმედებისას. ჰუკის კანონის თანახმად, დრეკადობის ძალა $N = E \epsilon L^2$, ხოლო მოდელისათვის შესაბამისად $N_1 = E_1 \epsilon_1 L_1^2$, სადაც E და E_1 ნატურისა და მოდელის დრეკადობის მოდულებია; ϵ და ϵ_1 — შესაბამისი ფარლობითი დეფორმაციები. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მკაცრი მსგავსებისას $\epsilon = \epsilon_1$; იგივე (25-9) გამოახულების გამოყენების საფუძველზე ვწერთ

$$\frac{\text{ინერციის ძალები}}{\text{დრეკადობის ძალები}} = \frac{\rho L^2 \sigma^2}{E \epsilon L^2} = \frac{\rho_1 L_1^2 \sigma_1^2}{E_1 \epsilon_1 L_1^2}$$

საიდანაც ვღებულობთ კოშის კრიტერიუმს

$$\frac{\sigma^2}{E \epsilon} = Ca = \text{idem}. \quad (25-12)$$

ρL^2 წნევის ძალის მოქმედებისას, (25-8) გამოსახულების თანახმად, ეილერის მსგავსების კრიტერიუმი

$$\frac{\text{წნევის ძალები}}{\text{ინერციის ძალები}} = \frac{\rho L^2}{\rho L^2 \sigma^2} = \frac{\rho}{\rho \sigma^2} = Eu = \text{idem}. \quad (25-13)$$

ρ სიდიდით გულისხმობენ კარბ წნევას, მაგრამ იგი შეიძლება აბსოლუტური წნევაც იყოს.

ეილერის კრიტერიუმი შეიძლება შემდგენიარადაც ჩაიწეროს $Eu = (\rho/\gamma)/(\sigma^2/g) = h/(\sigma^2/g)$, საიდანაც მივიღებთ $2Eu = h/(\sigma^2/2g)$.

როგორც ვხედავთ, უკანზომილებო (ფარლობითი) წნევები, მათ შორის ვაკუუმებიც, თავისი ბუნებათ E_∞ ეილერის რიცხვებია, განსაკუთრებულ მხოლოდ. 6. მიწინააღმდეგ.

ლოდ მაპრავლით. ადვილად შეიძლება დავრწმუნდეთ, რომ λ წინალობის კოეფიციენტიც არსებითად ეილერის რიცხვაა.

მსგავსების მოყვანილი კრიტერიუმების გარდა, ცალკეული კერძო ხასიათის ამოცანების განხილვისას იყენებენ მსგავსების სხვა კრიტერიუმებსაც. ასეთებია We—ვებერის კრიტერიუმი (რიცხვი) ზედაპირული დაკმეულობის ძალების გასათვალისწინებლად, Sh—სტრუხალის რიცხვი არადაამყარებული მოძრაობის განხილვისას და ზოგიერთი სხვა [12].

როდესაც განსახილველ დინამიკურ პროცესში ერთდროულად მოქმედებს სხვადასხვა ფიზიკური ბუნების ძალები და არც ერთის უგულებელყოფა არ შეიძლება, მაშინ საჭიროა მსგავსების რამდენიმე კერძო კანონის დაკმაყოფილება, რაც ართულებს მოდელირებას. გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ ერთდროულად არა თუ შრავალი, არამედ მსგავსების ორი კრიტერიუმის დაკმაყოფილებაც კი თითქმის შეუძლებელია. ამიტომ მოდელირების დროს მნიშვნელოვანია ვიცოდეთ მოცემული პირობებისათვის რომელი კრიტერიუმია ძირითადი, ვადაწყვეტი და რომელი—მეორეხარისხოვანი. ბუნებრივია, რომ სწორედ პირველი მათგანის მიხედვით უნდა ავირჩიოთ მსგავსების მუდმივები (მასშტაბები), ხოლო სხვა კრიტერიუმების გავლენა შევისწავლოთ და საჭიროების შემთხვევაში მის საფუძველზე სათანადო „სამასშტაბო შესწორება“ შევიტანოთ ძირითად კრიტერიუმში. რა თქმა უნდა, ასეთი მოდელირება მიახლოებითია და ამიტომ ფრიად მნიშვნელოვანია შემდგომში ჩატარდეს ლაბორატორიული ცდების მონაცემებისა და ნატურულ გამოკვლევათა შედეგების შედარება.

2. მოდელურ გამოკვლევათა მონაცემების ნატურაში გადაანგარიშება

ლაბორატორიებში ნაკებობათა და ნაკადების მოდელირებისას შეგვიძლია ჩავთვალოთ, რომ $g = g_1$, რადგან თავისუფალი ვარდნის აჩქარება უმნიშვნელოდ იცვლება. მაშინ ზემოთ მოყვანილი (25-10), (25-11), (25-12) და სხვა ფორმულებიდან ადვილია მივიღოთ ლაბორატორიული ცდებით მიღებული მონაცემების ნატურაში გადასაანგარიშებელი მარტივი დამოკიდებულებანი (სამასშტაბო კოეფიციენტები).

როდესაც ლაბორატორიაში დადგმულია ნატურის გეომეტრიულად მსგავსი მოდელი და ამასთანავე მოდელირება ხდება ფრუჟის კრიტერიუმის მიხედვით, სიჩქარეთა მასშტაბი განისაზღვრება (25-10) დამოკიდებულებიდან

$$\frac{v}{v_1} = \frac{L}{L_1} = \alpha_L \text{ და } \alpha_v = v/v_1 = \sqrt{L/L_1} = \sqrt{\alpha_L}.$$

იგივე დამოკიდებულებიდან დროის მასშტაბი

$$\frac{v}{v_1} = \frac{L}{L_1} \cdot \frac{T_1}{T} \text{ და } \alpha_T = \frac{T}{T_1} = \frac{\alpha_L}{\alpha_v} = \sqrt{\alpha_L}.$$

ამავე შემთხვევაში ხარჯებისათვის მასშტაბის კოეფიციენტი

$$\alpha_Q = \frac{Q}{Q_1} = \alpha v / (\alpha_1 v_1) = \alpha_v \cdot \alpha_v = \alpha_L^2 / \alpha_L = \alpha_L^2 \text{ და ა. შ.}$$

რეინოლდის მიხედვით მოდელირების დროს (25-11) დამოკიდებულებებიდან სიჩქარის მასშტაბის კოეფიციენტი

$$\alpha_v = \frac{v}{v_1} = \frac{v L_1}{v_1 L} = \frac{\alpha_v}{\alpha_L}$$

დროის მასშტაბისათვის გვაქვს გამოსახლება

$$\alpha_T = \frac{T}{T_1} = \frac{L v_1}{L_1 v} = \frac{\alpha_L}{\alpha_v} = \frac{\alpha_L^2}{\alpha_v}$$

მასშტაბის კოეფიციენტი ხარჯისათვის

$$\alpha_Q = Q/Q_1 = \omega v / (\omega_1 v_1) = \alpha_\omega \alpha_v = \alpha_L^2 \frac{\alpha_v}{\alpha_L} = \alpha_L \alpha_v \text{ და ი. შ.}$$

მოდელირების ყველა ძირითადი სახისათვის ზემოთ ნაჩვენები გზით გამოთვლილი მასშტაბის კოეფიციენტები შეტანილია 25-1 ცხრილში.

ცხრილი 25-1

მსგავსების სხვადასხვა კანონის შესაბამისი მასშტაბის კოეფიციენტები

მასშტაბის კოეფიციენტის სახეობები	ფრულით $Fr = idem$	რეინოლდით $Re = idem$	ვებერთ $We = idem$	კოშით $Ca = idem$
გამოტვირთვა	სიჩქარის	$\alpha_v = \alpha_L$	$\alpha_v = \alpha_L$	$\alpha_v = \alpha_L$
	ფართობის	$\alpha_\omega = \alpha_L^2$	$\alpha_\omega = \alpha_L^2$	$\alpha_\omega = \alpha_L^2$
	მოცულობის	$\alpha_W = \alpha_L^3$	$\alpha_W = \alpha_L^3$	$\alpha_W = \alpha_L^3$
დინამიკური	სიჩქარის	$\alpha_v = \sqrt{\alpha_L}$	$\alpha_v = \alpha_v \alpha_L$	$\alpha_v = \sqrt{\alpha_E / \alpha_p}$
	დროის	$\alpha_T = \sqrt{\alpha_L}$	$\alpha_T = \alpha_L^2 / \alpha_v$	$\alpha_T = \alpha_L \sqrt{\alpha_E / \alpha_p}$
	ანჟარების	$\alpha_r = 1$	$\alpha_r = \alpha_v^2 / \alpha_L^2$	$\alpha_r = \frac{\alpha_{\rho_1}}{\alpha_r \alpha_L^2}$
	ხარჯის	$\alpha_Q = \alpha_L^{1.5}$	$\alpha_Q = \alpha_v \alpha_L$	$\alpha_Q = \alpha_L^{1.5} \sqrt{\frac{\alpha_{\rho_1}}{\alpha_p}}$
	ძალის	$\alpha_P = \alpha_L^3$	$\alpha_P = \alpha_v^3 \alpha_p$	$\alpha_P = \alpha_{\rho_1} \alpha_L$

გამოთქმულ მოსაზრებათა თანახმად, მსგავსების ორი კრიტერიუმის ერთდროული დაკმაყოფილება პრაქტიკულად თითქმის შეუძლებელია. მაგრამ, როგორც ჩანს, არის კლასი ამოცანებისა, რომლებშიც ზოგიერთი სახის ორი კრიტერიუმის ერთდროული დაკმაყოფილება საკვებით შესაძლებელია. ამის დასადასტურებლად განვიხილოთ ფრულისა და კოშის კრიტერიუმების ერთდროული დაკმაყოფილების პირობა, რისთვისაც ერთმანეთს ვავეუტოლოთ ამ კანონების შესაბამისი α , სამასშტაბო კოეფიციენტი მარჯვენა მხარეები (იხ. ცხრ. 25-1)

$$\alpha_E / \alpha_p = \alpha_L$$

(25-14)

ამ პირობას იყენებენ დრეკალობის სტაღიაში მომუშავე კონსტრუქციების ვი-ბრაციისა და დაძაბული მდგომარეობის შესწავლისას, აგრეთვე მაღალი ტურ-ბულენტობის ნაკადებში, რომლებისთვისაც კიდრავლიკური მოდელირების ძი-რიითადი კრიტერიუმი იყენებენ.

მსგავსება სტატიკურად მოქმედი ძალების დროს. გან-სახილველ შემთხვევაშიც ძალაში რჩება ნატურისა და მოდელის გეომეტრიუ-ლი მსგავსების ზოგადი მოთხოვნები. ამასთანავე საჭიროა (25-1) თანაფარდო-ბათი შესაბამისად დადგინდეს შესაბამისი α_r მსგავსების მულტიპლიკატორები

$$\alpha_r = N/N_1 = \sigma/\sigma_1 = \alpha_0 \alpha_r^2 \quad (25-15)$$

სადაც $\alpha_0 = \sigma/\sigma_1$ არის ძაბვითა ფარდობა ან მსგავსების მულტიპლიკატორი (მასშტაბი) ძაბვებისათვის.

§ 25-3. ჰიდრავლიკური მოდელირება

ჰიდრავლიკური პროცესების მოდელირების ზოგად შემთხვევაში ე. წ. „ხისტი მოდელირებისათვის“ (არადეფორმირებადი კალაპოტებისათვის) კრიტე-რიულ განტოლებას ექნება სახე

$$\varphi = (Sh, Fr, Re, Eu, We, Ka, k/R) = 0. \quad (25-16)$$

ეს განტოლება, ისე როგორც საერთოდ ყველა კრიტერიული განტოლება, ერთ-მანეთთან აკავშირებს განსახილველი ჰიდრავლიკური პროცესებისათვის დამა-ხასიათებელ კრიტერიუმებს; ჩვენთვის ცნობილი კრიტერიუმების დამატებით, (25-16) დამოკიდებულებაში შეყვანილია k/R —ფარდობითი სიმკვრივე (სადაც k არის აბსოლუტური სიმკვრივე, R —ჰიდრავლიკური რადიუსი), რომელიც არსე-ბით როლს თამაშობს მრავალი ჰიდრავლიკური ამოცანის გადაწყვეტაში, და Ka —ქარმანის რიცხვი, ანუ ტურბულენტურობის კრიტერი-უმში—ტურბულენტური ნაკადებისათვის. ეს კრიტერიუმი ჩაიწერება ასე:

$$Ka = v'/v = \text{idem}, \quad (25-17)$$

სადაც v' სიჩქარის პულსაციური მდგენელია (საშუალო კვადრატული გადა-ხრა); v —საშუალო სიჩქარე დროში. იმისათვის, რომ მსგავსება დავიცვათ, ეს კრიტერიუმი ერთნაირი უნდა იყოს ნატურისა და მოდელისათვის.

ცხადია, რომ ნაკადის დინების ხასიათიდან გამომდინარე (25-16) განტო-ლებაში შემავალი ზოგიერთი კრიტერიუმი ამოვარდება ან შეიძლება მხედვე-ლობაში არ მივიღოთ შესაბამისი მოვლენის მცირე გავლენის გამო.

მაგალითად, დამყარებელი დაწნევითი მოძრაობისას პრაქტიკულ მნიშე-ნელობას ჰქარავს ფრუდის Fr კრიტერიუმი; ასევე სტრუხალის Sh , ვებერის We , ქარმანის Ka კრიტერიუმები, ე. ი. კრიტერიული განტოლება დებულობს სახეს

$$\varphi (Re, Eu, k/R) = 0. \quad (25-18)$$

თავისუფალზედაპირიანი დინებების მოდელირებისას ძირითადია $Fr = \text{idem}$ კრიტერიუმის შესრულება. დამყარებული დინებისას კრიტერიულ გან-ტოლებას ექნება სახე

$$\varphi (Fr, Eu, Re, k/R) = 0. \quad (25-19)$$

აღნიშნულ (25-19) განტოლებას ექვემდებარება ღია კალაპოტებში, ჰიდრო-კვანძებში და მათ ცალკეულ ნაგებობებში, აგრეთვე ბიფურკაციის მომიჯნავე უბ-ანებში

ნებში არსებული დინებანი. ამასთანავე უნდა აღვნიშნოთ, რომ რიგ შემთხვევებში აუცილებელი არაა ფარლობითი სიმქისის დამოკლებვა; მაშასადამე, (25-19) გამოსახულებიდან k/R პარამეტრი ამოვარდება. ე. წ. ავტომატურობის არეში ამოვარდება რეინოლდსის Re კრიტერიუმიც (როდესაც რომელიმე არეში ესა თუ ის კრიტერიუმი უკვე აღარ ახდენს გავლენას შესასწავლ სიდიდეზე, მაშინ ამბობენ, რომ დამყარდა ავტომატურობის არე მის მიმართ და იგი უნდა ამოვარდეს განხილვიდან).

ჰიდრაულიკური გამოკვლევების დროს რიგ შემთხვევებში იყენებენ მასშტაბების სერიის მეთოდს, რომელიც ემყარება სხვადასხვა მასშტაბის გეომეტრიულად მსგავსი რამდენიმე მოდელის გამოკვლევებს და ცდებით მიღებული მახასიათებლების ნატურაზე ექსტრაპოლირებას. ასეთი გამოკვლევების შედეგად მიღებული დამოკიდებულებანი საშუალებას იძლევა „მასშტაბის შესწორება“ შევიტანოთ პატარა მოდელებზე მიღებულ შესაბამის მახასიათებლებში. ეს მეთოდიკა შეიძლება გამოვიყენოთ სადაწნეო წყალსატარათა, წყალსაშვებთა და სხვა ობიექტების კვლევის დროს.

არაწარეცხვად („ხისტ“) მოდელებზე გამოკვლევების ჩატარებისას კალაპოტის მოსალოდნელი ლეფორმაციების შესახებ შეიძლება ვიმსჯელოთ მხოლოდ სავარაუდოდ—გაზომილი და შემდეგ ნატურაში გადაანგარიშებული სიჩქარეების მოცემული გრუნტის ან გამაგრების σ_0 არაწარეცხვად სიჩქარეებთან შედარების გზით. ეს ხერხი, რა თქმა უნდა, უხეშად შიახლოებითაა; უფრო საიმედო გამოკვლევები ტარდება ლეფორმირებად ანუ წარეცხვადკალაპოტიან მოდელებზე. მოდელირებისას მოდელებზე უნდა გვქონდეს ისეთი გრუნტი, რომლისთვისაც არაწარეცხვი სიჩქარე

$$\sigma_{01} = \sigma_0/\alpha_{\sigma_0} = \sigma_0/\sqrt{\alpha_L} \quad (25-20)$$

წარეცხვადი კალაპოტების გამოკვლევებისას ხშირად ამოდელებენ ნატანის ხარჯსაც („მყარ ხარჯს“), აგრეთვე ლეფორმაციის ხანგრძლივობას. წყალსაგდებ ნაგებობათა ქვედა ბიეფში ადგილობრივი წარეცხვების მოდელირებისას დატული უნდა იყოს $Fr = id_{\text{em}}$ და $Ka = id_{\text{em}}$ კრიტერიუმები და $\alpha_{\sigma_0} = \sqrt{\alpha_L}$ პირობა. დიდ სირთულეებთანაა დაკავშირებული კლდოვანი გრუნტების წარეცხვების მოდელირება, რომლის თეორია შემდგომ დამუშავებას მოითხოვს. უკანასკნელ პერიოდში ჰიდროტექნიკური კვანძების გამოკვლევების დროს საკმარის კარგ შედეგებს აღწევენ მიახლოებით მეთოდით, რომელიც უდაწნეო ნაკადების მოდელირებისათვის იყენებს სადაწნეო მოდელებს. მათში ატარებენ ჰაერს („საჰაერო“ მოდელი), ხოლო უფრო იშვიათად—წყალს („წყლის“ მოდელი) [12].

525-4. ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა და მათი ფუძის ლაბორატორიული გამოკვლევა სტატიკურ წარმოდგენაში

1. ლაბორატორიულ გამოკვლევათა ამოცანები და მეთოდები

სტატიკური დატვირთვების ზემოქმედებისას ნაგებობებისა და მათი ფუძეების სიმტკიცის ამოცანის ლაბორატორიული (მოდელური) კვლევის მიზანია, ერთი მხრივ, ძაბვების, ლეფორმაციებისა და გადაადგილებების განსაზღვრა, ხოლო მეორე მხრივ—სიმკიცისა და მდგრადობის მარაგის კოეფიციენტების შეფასება და დანგრევის ხასიათის დადგენა.

ზემოხსენებულ გამოკვლევათა ჩასატარებლად გამოიყენება შემდეგი ძირითადი მეთოდები: 1) მუიფე მოდელზე გამოკვლევის; 2) ფოტოდრეკადობის და 3) ელექტროანალოგიის მეთოდი.

მუიფე მოდელზე გამოკვლევათა დიდი უპირატესობაა ნაგებობის მუშაობის შესწავლის შესაძლებლობა როგორც დრეკადობის, ისე რღვევის სტადიაში, აგრეთვე ნაგებობათა მსხვილმასშტაბიანი მოდლების დამზადების შესაძლებლობა ფუძის გეოლოგიური აგებულების გათვალისწინებით. ფოტოდრეკადობის მეთოდით შესაძლებელია ძაბვათა ფართო ველის მიღებისა და ამასთანავე მათი კონცენტრაციის საიმედო შეფასება. ელექტროანალოგიის მეთოდით იკვლევენ სხვადასხვა სახის ნაგებობათა დამაბულ მდგომარეობას; მისი უპირატესობაა ავტომატიზაციის შესაძლებლობა და ამასთანავე ისიც, რომ არ საჭიროებს ძვირად ღირებულ მოდელსა და სტენდებს¹.

მიუხედავად იმისა, თუ რომელი ექსპერიმენტული მეთოდით ხდება დამაბული და დეფორმაციული მდგომარეობის გამოკვლევა, ნაგებობასთან ერთად უნდა შეეისწავლოთ მისი ფუძის მუშაობაც, რადგან ეს უკანასკნელი მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ნაგებობის დამაბულ-დეფორმაციულ მდგომარეობაზე. აქედან გამომდინარე, განხილულ უნდა იქნეს კომპლექსი „ნაგებობა—ფუძე“.

ყველა ზემოხსენებული მეთოდი საშუალებას იძლევა გამოვიკვლიოთ აღნიშნული კომპლექსის მუშაობა როგორც სტატიკური და დინამიკური დატვირთვების, ისე ტემპერატურის ზემოქმედებისას.

2. „ნაგებობა-ფუძის“ კომპლექსის დამაბული მდგომარეობისა და ზიდვის უნარის მოდელირება

გაფართოებული ნიქანიკური მსგ. ვსების თეორიის თანახმად მყარ დეფორმირებადი სხეულების, ხოლო მოცემულ შემთხვევაში „ნაგებობა ფუძის“ სტატიკური კვლევის ამოცანების გადაწყვეტისას აუცილებელია, რომ ნატურა-სა და მოდელს შორის დატული იყოს შემდეგი თანათარობანი [12]:

$$\begin{aligned} L/L_1 &= \alpha_L; (a) & T/T_1 &= \alpha_T; (d), \\ \sigma/\sigma_1 &= \alpha_\sigma; (b) & \gamma/\gamma_1 &= \alpha_\gamma; (e), \\ \varepsilon/\varepsilon_1 &= \alpha_\varepsilon; (c) \end{aligned}$$

სადაც σ , დეფორმაციების მასშტაბია.

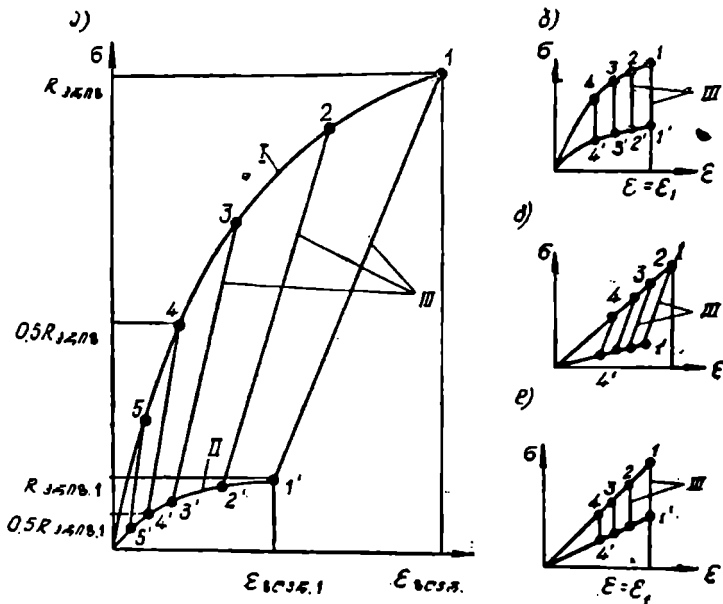
მოდელური გამოკვლევების დაწყებას წინ უსწრებს მოსამზადელი ექსპერიმენტული გამოკვლევები, რომელთა საფუძველზე ადგენენ ნატურისა და მოდელის მასალების ფიზიკურ-მექანიკურ მახასიათებლებს და ინდიკატორულ დიაგრამებს—ძაბვებსა და დეფორმაციებს შორის დამოკიდებულების $\sigma = f(\varepsilon)$ გრაფიკებს. ნატურისა და მოდელის მასალების ინდიკატორული დიაგრამები ერთმანეთის მსგავსი უნდა იყოს, რაც მაშინ იქნება გარანტირებული, როდესაც მათ შესაბამის წესებში ძაბვებსა და ფარდობით დაგრძელებებს შორის არსებობს შესაბამისად (ბ) და (ე) თანათარობანი (ნახ. 25-2, ა). დიაგრამებზე ნაჩვენებია 1, 2, 3, 4 და 5 წერტილები 1, 2', 3, 4' და 5' წერტილების შესაბამისად მათ ძაბვით მდგომარეობათა შესაბამისობის გამო. მაგალითად,

¹ I. Корота и К. К., Чеголян П. М. Электрическое моделирование в строительной механике М., Гостройиздат, 1963.

წერტილში 4, ძაბვის სიდიდე ეტოლება ნატურის $0,5 R_{\text{კონ}}$, ხოლო წერტილში 4'—მოდელის $0,5 R_{\text{კონ}}$ და ა. შ., სადაც $R_{\text{კონ}}$ პრიზმული სიმტკიცეა. მსგავსი დიაგრამების შესაბამისი წერტილების იმ შემთხვევებზე ხაზებს, რომლებითაც ხდება ძაბვებისა და დეფორმაციების მსგავსება და გადაინგარიშება, ეწოდება შესაბამისი ძაბვითა და ხაზებით.

ცხადია, რომ მოდელის ინდიკატორული დიაგრამის ორდინატების α_0 და α_0 კოეფიციენტებზე გამრავლებით მიიღება ნატურის ინდიკატორული დიაგრამა.

იმ შემთხვევაში, როდესაც ვეაქვს ზუსტი მსგავსება, $\alpha_0/\alpha_0 = \alpha_0/\alpha_0 = 1$ (ნახ. 25-2, ბ), ხოლო თუ $\alpha_0/\alpha_0 = \alpha_0/\alpha_0 = 1$ — მარტივი მოდელირება, რომლის დროს მოდელიცა და ნატურაც დამზალბულია ერთი და იმავე მასალისაგან და, მა-



ნახ. 25-2. სხედისზე ტიპის მსგავსი ინდიკატორული დიაგრამები:

ა—მსგავსების ზოგადი შემთხვევა; ბ—შეკარო მსგავსება; გ—ისეთი მასალის მსგავსი ინდიკატორული დიაგრამები, რომლებიც ექვემდებარებიან ჰუისის კანონს; დ—იგივე მასალის ინდიკატორული დიაგრამების შეკარო მსგავსება; I, II—შესაბამისად ნატურისა და მოდელის ინდიკატორული დიაგრამები; III—შესაბამისი ძაბვების ხაზები.

შასაღამე, მათი ინდიკატორული დიაგრამები ერთმანეთს ემთხვევა.

ზემოთ მოყვანილი (ბ) და (გ) თანაფარდობებიდან გამომდინარეობს, რომ ღრეკადი იზოტროპული მასალისათვის, რომლებიც ემორჩილებიან ჰუისის კანონს (ნახ. 25-2, გ), ღრეკადობის E და ძერის G მოდულები, ივრეტევე ჰუასონის ν კოეფიციენტები ერთმანეთთან დაკავშირებულია შემდეგი დამოკიდებულებებით

$$E = \frac{\alpha_0}{\alpha_0} E_1; \quad G = \frac{\alpha_0}{\alpha_0} G_1; \quad \nu = \nu_1.$$

25-2, დ ნახაზზე ნაჩვენებია ნატურისა და მოდელის ინდიკატორული დიაგრამები ღრეკალი მასალებსათვის ზუსტი მსგავსების შემთხვევაში.

მოდელზე მოქმედი დატვირთვების განსაზღვრა. მოდელზე და ფუძეზე მოქმედი დატვირთვებია პილოოსტატიკური წნევა, საკუთარი წონა და სხვ. მათ სიდიდეთა დასადგენად უნდა გამოვიღეთ იქიდან, რომ მსგავს ინდიკატორულ დიაგრამათა შესაბამის წერტილებში $\sigma = \alpha E$ და $\sigma_1 = \alpha_1 E_1$ (აქ $E = d\sigma/d\varepsilon$ და $E_1 = d\sigma_1/d\varepsilon_1$ მყისი დრეკადობის მოდულებია) და ამასთანავე დაცულია (a), (b) და (c) პირობები. მაშინ პილოოსტატიკური წნევის (ან საკუთარი წონის) ინტენსიურობათა თანაფარდობა

$$\frac{\gamma h}{\gamma_1 h_1} = \frac{\sigma}{\sigma_1} = \alpha_0; \quad h/h_1 = L/L_1 = \alpha_L, \quad (25-21)$$

სადაც γ და γ_1 დამტვირთავი სითხის ან კაშხალის მასალის კუთრი წონებია შესაბამისად ნატურაში და მოდელზე.

(25-21) თანაფარდობიდან $\gamma_1 = \gamma \alpha_L / \alpha_0$, ხოლო ზუსტი მსგავსებისას

$$\gamma_1 = \gamma \alpha_L / \alpha_E. \quad (25-22)$$

(a), (b) და (c) თანაფარდობებიდან გამომდინარე, ნატურაზე და მოდელზე მოქმედი ძალების თანაფარდობა

$$P/P_1 = (\sigma L^3) / (\sigma_1 L_1^3) = \alpha_0 \alpha_L^3;$$

ზუსტი მსგავსების შემთხვევაში

$$P/P_1 = \alpha_E \alpha_L^3. \quad (25-23)$$

შეგვიძლია დავწეროთ შემდეგი ფარდობაც

$$P_i/P_1 = (\gamma L^3) / (\gamma_1 L_1^3) = \alpha_\gamma \alpha_L^3.$$

ძაბვებისა და დეფორმაციების გადაანგარიშება. გვეუბრება რა ძაბვათა და დეფორმაციათა მნიშვნელობანი მოდელზე, მათი შესაბამისი სიდიდეები ნატურაში განისაზღვრება (b) და (c) თანაფარდობათა მხედვით:

$$\sigma = \alpha_0 \sigma_1; \quad \varepsilon = \alpha_E \varepsilon_1. \quad (25-24)$$

გადაადგილებათა გადაანგარიშება. გამოვიღებთ იქიდან, რომ გადაადგილებანი ნატურაში და მოდელზე შესაბამისად ტოლია $u = \alpha E$ და $u_1 = \alpha_1 E_1$; მაშინ გადაადგილებათა ფარდობა $u/u_1 = (E/L) / (E_1 L_1)$ და

$$u = \alpha_0 \alpha_L u_1. \quad (25-25)$$

ზუსტი მსგავსებისას $u = \alpha_L u_1$.

მდგრადობის დაკარგვის ამოცანის, აგრეთვე მდგრადობის დაკარგვის შედეგად ბზარების გაჩენის ამოცანის გადაწყვეტისას, დაცული უნდა იყოს $\alpha_0 = 1$ პირობა.

სიმტკიცისა და მდგრადობის მარაგის კოეფიციენტების შეფასება. ასეთ შეფასებას ახდენენ მაშინ, როდესაც „ნაგებობა-ფუძის“ კომპლექსის გამკვლევები წარმოებს რღვევის სტადიაში, რომლის დროს შეიძლება მოხდეს მოდელის ან მისი ფუძის რღვევა (ზიდვის უნარის დაკარგვა) ან მდგრადობის დაკარგვა (ძვრა, ძვრა ფუძის გრუნტის წატაცებასთან

ერთად). ასეთ შემთხვევაში „ნაგებობა-ფუძის“ კომპლექსის მუშაობა უასღება მარაგის კოეფიციენტებით

$$k = P_{\text{მოდ}}/P_{\text{საჯა}} = P_{\text{მოდ}_1}/P_{\text{საჯა}_1} = \gamma_{\text{მოდ}}/\gamma_{\text{საჯა}} = \gamma_{\text{მოდ}_1}/\gamma_{\text{საჯა}_1}, \quad (25-26)$$

სადაც $P_{\text{მოდ}}$ და $P_{\text{მოდ}_1}$ შესაბამისად ნატურისა და მოდელის ის დატვირთვებია, რომლის დროსაც წარმოებს მისი რღვევა ან მდგრადობის დაკარგვა; $P_{\text{საჯა}}$ და $P_{\text{საჯა}_1}$ — საექსპლუატაციო დატვირთვები შესაბამისად ნატურაში და მოდელზე

თუ გავითვალისწინებთ (25—22) გამოსახულებას, შეგვიძლია დაეწეროთ

$$k = \gamma_{\text{მოდ}_1} / (\gamma_{\text{საჯა}_1} \alpha_L / \alpha_{\sigma}) = \gamma_{\text{მოდ}_1} / [(\gamma_{\text{საჯა}} \alpha_L / (R/R_1))]. \quad (25-27)$$

მარაგის კოეფიციენტი, რომლითაც ხასიათდება პირველი ბზარის გარე-ნა, ტოლი იქნება

$$k' = \gamma_{\text{მოდ}_1} / \gamma_{\text{საჯა}_1} = \gamma_{\text{მოდ}_1} / (\gamma_{\text{საჯა}} \alpha_L / \alpha_{\sigma}) = \gamma_{\text{მოდ}_1} / [\gamma_{\text{საჯა}} \alpha_L / (R/R_1)], \quad (25-28)$$

სადაც $\gamma_{\text{მოდ}_1}$ დამტვირთავი სიბთის კუთრი წონაა მოდელზე პირველი ბზარის გაჩენის მომენტში; R და R_1 — შესაბამისად ნატურისა და მოდელის მასალის სიმტკიცე.

ფუძეების მოდელირება. ნაგებობათა ფუძეების მოდელირება შეიძლება ეწარმოთ როგორც დრეკადობის სტადიაში, ისე რღვევამდე; დრეკადობის სტადიაში მოდელირებისას გამოიყენება იგივე (ა), (ბ), (გ), (დ) და (25·21) დამოკიდებულებანი, ხოლო იმ შემთხვევაში, როდესაც შევიდულ-გრუნტებიანი ან კლდოვანქანებიანი ფუძე მოდელირდება რღვევამდე მიყვანით, იყენებენ კულონ-მორის $\tau = \sigma \tan \varphi + c$ ზღვრული მდგომარეობის განტოლებას. ამასთან არაკლდოვანი ფუძეებისათვის დაკმაყოფილებული უნდა იქნეს ზუსტი მსგავსების პირობა — $\alpha_{\sigma} = 1$.

კულონ-მორის ზღვრული სწორი ხაზები მაშინაა მსგავსი, თუ შესაბამის წერტილებში დატულია თანაფარდობანი:

$$\sigma/\sigma_1 = \tau/\tau_1 = c/c_1 = \alpha_{\sigma}; \quad \varphi = \varphi_1. \quad (25-29)$$

მოდელიდან ნატურაზე ვადაანგარიშება ხდება შესაბამის ძაბვათა ხაზების მეშვეობით. მრუდხაზოვანი მოძვლების შენთხვევაში მსგავსებას ანალოგიურად ახორციელებენ [12].

ფუძის ქვევა დატვირთვის ქვეშ შეიძლება დამატებით შევისწავლოთ ხისტი შტამპის დაწნევით მიღებული ცდების შედეგების მიხედვით.

§25-5. ნაგებობათა მოდელირება ღინამიკური და ხაინაპური უსმომძღვინასა

პიდროტექნიკურ ნაგებობებზე ღინამიკური, აგრეთვე სეისმური დატვირთვების მოქმედებისას შათი მოდელირება ხდება მსგავსების თეორიის იმ პრინციპების შესაბამისად, რაც აღწერილი იყო §25-2-ში. მოდელური გამოკვლევების ამოცანაა ძაბვების (σ) დეფორმაციებისა და ვადაადგილებების (ამპლიტუდების) (u), საკუთარი რხევის პერიოდების (T), სიჩქარეების (v) და აჩქარებების (a) განსაზღვრა.

ზუსტი მსგავსებისას ($\alpha_{\sigma} = 1$) მასშტაბის კოეფიციენტები უნდა ავიღოთ 25-1 ცხრილის მიხედვით კოშის მსგავსების კანონის (კრიტერიუმის) შესაბამისად, ამასთან $\alpha_u = \alpha_L$ და $\alpha_a = \alpha_{\sigma}^2$. გაუარყოფელი მსგავსების შემთხვევაში ($\alpha_{\sigma} \neq 1$)

$\alpha_0 = \alpha_0 \alpha_L$ და $\alpha_0 = \alpha_0 \alpha_E$, ამასთან მოდელიდან ნატურაზე გადაანგარიშება უნდა მოხდეს შემდეგ თანაფარდობათა მიხედვით:

ძაბვებისა და გადაადგილებებისათვის (აგრეთვე ამპლიტუდებისათვის):

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= \alpha_0 \alpha_E \sigma_1; \\ u &= \alpha_0 \alpha_L u_1. \end{aligned} \right\} \quad (25-30)$$

საკუთარი (თავისუფალი) რხევის პერიოდებისათვის

$$T = \alpha_L \sqrt{\alpha_p \alpha_0 / \alpha_0} T_1 \quad (25-31)$$

აბ

$$T = \alpha_L \sqrt{\alpha_p / \alpha_0} T_1; \quad (25-31')$$

სიჩქარეებისათვის

$$v = (\alpha_L \alpha_0 / \alpha_T) v_1 \quad (25-32)$$

აბ

$$v = \alpha_0 \sqrt{\alpha_E / \alpha_p} v_1; \quad (25-32')$$

აჩქარებებისათვის

$$a = (\alpha_L \alpha_0 / \alpha_T^2) a_1, \quad (25-33)$$

აბ

$$a = [\alpha_0 \alpha_E / (\alpha_p \alpha_T)] a_1, \quad (25-33')$$

სათანადო გამოკვლევებით დადგენილია, რომ მსგავსი სხეულების (ნაგებობების) მიღწევის დეკრემენტები ერთნაირია.

§25-6. მიდროტეიქიკურ ნაგებობაში ტემპერატურული ზომის ერთეულის უზღვევად წარმოშობილი ძაბვების მოდელირება

თეორიული გამოკვლევების ანალოგიურად ჰიდროტექნიკურ ნაგებობებზე ტემპერატურული ზემოქმედების მოდელირების დროსაც უნდა გადაწყდეს ორი ამოცანა—ტემპერატურული და თერმოდინამიკული მდგომარეობის ამოცანები.

ნაგებობაში ტემპერატურის განაწილების მოდელირება სრულდება ფურიეს— $F_0 = \alpha_0 T / L^2 = \text{idem}$, ბიოს— $Bi = \alpha_0 L / \lambda = \text{idem}$ და დამკლერის— $D = q L^2 / (\lambda t) = \text{idem}$ კრიტერიუმების საფუძველზე, რომლებშიც: α_0 —ტემპერატურაგამტარობა; T —დრო; λ —თბოგადაცემის კოეფიციენტი; L —თბოგამტარობა; q —ერთეულ მოცულობაზე მოსული სითბოს რაოდენობა დროის ერთეულში; t —ტემპერატურა.

ნაგებობათა ექსპლუატაციის პერიოდში სითბური პროცესების შესასწავლად იყენებენ ფურიესა და ბიოს კრიტერიუმებს, ხოლო სითბოს შიგა წყაროს მოდელირებისას—დამკლერის კრიტერიუმს; ეს უკანასკნელი შემთხვევა შეესაბამება სამშენებლო პერიოდს, რომლის დროს სითბოს შიგა წყაროს ქმნის ბეტონის გამაგრების ეგზოთერმული პროცესი.

ხშირად უშვებენ, რომ ნატურისა და მოდელის ზედაპირებზე არსებული ტემპერატურა ერთნაირად გარემოს ტემპერატურას ($\alpha_0 = \alpha_1 \approx \infty$), ე. ი. I და III გვარის სასაზღვრო პირობები თანატოლია (იხ. თავი XXIII), მაშინ ექსპლუატაციის დროს სავსებით საკმარისია მხოლოდ ფურიეს კრიტერიუმის შესრულება.

ადვილად შეიძლება დაერწმუნდეთ, რომ ძაბვებისა და დეფორმაციების შორეული და მათი ნატურაზე გადაანგარიშება შეიძლება ვაწარმოოთ იმავე (b) და (c) თანაფარდობათა საფუძველზე (იხ. §25-4, პ. 2).

აღნიშნული (c) თანაფარდობის თანახმად

$$e/e_1 = (a f) / (a_1 f_1) = \alpha_1 \quad (25-34)$$

სადაც α და α_1 შესაბამისად ნატურისა და მოდელის მასალების წიროთხილობური გაფართოების კოეფიციენტებია.

რაც შეეხება დროის α_T , თბოვადაციების α_θ კოეფიციენტის და ტემპერატურის α_t მასშტაბებს, მათ განსაზღვრავენ შესაბამის დამოკიდებულებათა მიხედვით:

დროის მასშტაბს — ფურიეს კრიტერიუმიდან

$$\alpha_T = a_T^2 / \alpha \alpha_\theta \quad (25-35)$$

თბოვადაციების კოეფიციენტის მასშტაბს — ბიოს კრიტერიუმიდან

$$\alpha_\theta = \alpha_\theta / \alpha \quad (25-36)$$

ტემპერატურის მასშტაბს — (25-34) გამოსახულებიდან

$$\alpha_t = \alpha_\theta (\alpha_1 / \alpha) \quad (25-37)$$

ზუსტი მსგავსებისას კი $\alpha_1 = \alpha_1 / \alpha$.

§25-7. ნაგებობათა მოდელური გამოკვლევების ჩატარების ტექნიკა

ნაგებობათა ზემოთ აღწერილ სტატიკურ, დინამიკურ (სეისმურ) და ტემპერატურულ ზემოქმედებებზე მოდელური გამოკვლევების ჩატარება საკმაოდ სირთულეებთან არის დაკავშირებული. უფრო მეტიც, თითოეული სახის გამოკვლევას, ცალკე აღებული სტატიკური გამოკვლევები იქნება ის, თუ რომელიმე სხვა, ახლავს თავისი სპეციფიკა, მოდელებზე ექსპერიმენტების ჩატარების თავისი ტექნიკა, სათანადო აპარატურითა და სტენდებით.

ქვემოთ ძალიან მოკლედ არის აღწერილი მყიფე მოდელებზე ექსპერიმენტულ გამოკვლევათა ჩატარების ტექნიკა. რაც შეეხება გამოკვლევებს ფორტო-დრეკადობის მეთოდით, იგი ცალკე მიმართულებაა და საკმაოდ ვრცლად განიხილება სპეციალურ ლიტერატურაში [45]. ამ მიმართულებით დიდი სამუშაოები ტარდება მოსკოვის ვ. კუბიშევის სახელობის საინჟინრო-სამშენებლო ინსტიტუტის შესაბამის პრობლემურ ლაბორატორიაში, რომელიც ამ პროფილის ერთ-ერთი პირველი სამეცნიერო-კვლევითი ლაბორატორიაა ჩვენს ქვეყნში. [28].

მყიფე მოდელებზე გამოკვლევებს ორ ეტაპად აწარმოებენ: პირველ ეტაპზე მოდელზე განსაზღვრავენ ნოზმალური საექსპლუატაციო დატვირთვების შესაბამის ძაბვებს, დეფორმაციებს, გადაადგილებებს, საკუთარი რხევის პერიოდებს და სხვა სიდიდეებს; მეორე ეტაპზე მოდელი მიჰყავთ რევევამდე და მის საფუძველზე აფასებენ ნაგებობის სიმტკიცის მარაგის კოეფიციენტს და ბზარწარმოქმნის ხასიათს. მოდელის მიყვანა რევევამდე შეიძლება ორი ხერხით: ერთ შემთხვევაში ამას აღწევენ საკუთარი წრის შეუცვლელად პიდროსტატიკური წნევის გაზრდით, რაც ნატურაში შესაბამეობა წყლის დონის

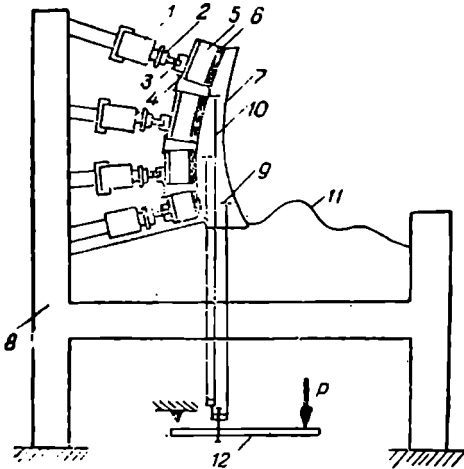
აწევას წყალსაცავში ნორმალური შეტბორვის დონეზე მალლა, ხოლო მეორე შემთხვევაში—ჰიდროსტატიკური წნევისა და საკუთარი წონის პროპორციული გაზრდით, რაც ნატურაში შეესაბამება ნაგებობის მასალის სიმტკიცის პირობების დაქვეითებას.

ნაგებობებისა და ფუძეების მოდლებს ამზადებენ სპეციალური დაბალ-მოდულიანი, დაბალსიმტკიციანი, ნატუოის მასალის მსგავსი მასალებისაგან, ასეთი მასალების გამოყენება სასებით მიზანშეწონილია, რადგან შედარებით მცირე დატვირთვებია საჭირო იმისათვის, რომ საკმაოდ ზუსტად გაიზომოს ლეფორმაციები მოდლებზე.

მოდლებისათვის მყიფე მასალებს ამზადებენ თაბაშირის ან ცემენტის შემკერელებისა და სხვადასხვა დანამატებისა და შენაზავების გამოყენებით. ხსნარის შედგენილობაში ამ უკანასკნელთა დამატებით აღწევენ დრეკადობის მოდულის შემცირებას, კუთრი წონის გაზრდას და სხვ. ასეთი მასალების დრეკადობის მოდლებში შეიძლება ცვალებადობდეს 8000-დან 50 მპა-მდე, ხოლო

კუთრი წონები — 8000 დან 500 კგდ/მ³-მდე. ნაგებობებზე ტემპერატურული ზემოქმედების მოდელირებისათვის შემუშავებულია საჭირო ტემპერატურაგამტარობის, თბოგამტარობის, წირითი გაფართოების კოეფიციენტების და სხვა მახასიათებლების მიღების სათანადო წესები.

მოდლების სტატიკურ ზემოქმედებაზე გამოცდას ატარებენ სტენდებზე, რომლებსაც შეიძლება ჰქონდეს ფოლადის ან რკინაბეტონის ჩარჩოების ან რკინაბეტონის წრიული ცილინდრების (კოშკების) სახე. მათი ზომები შეიძლება იყოს სხვადასხვა, ეს ზომები დამოკიდებულია გამოკვლევათა იმოცახებზე და გერამეტრიული მოდელირების მასშტაბზე. მოდელის სიმალღე შეიძლება იცვლებოდეს 0 2-დან 8—9 მ-მდე. სიმალღე ვაიონტის თაღიანი კაშხალის მოდელისა,



ნახ. 25-3. კაშხალის მოდლის გამოცდის სქემა:

- 1—ჰიდრაულიკური დომკრატი; 2—პლუნჯერი; 3—სახსრული საყრდენი; 4—შტამპის დამაგრება; 5—თაბაშირის ან ხის შტამპი; 6—რეზინის შუალი; 7—კაშხალის მოდლი; 8—საძვლო სტენდი; 9, 10—სეკრი და მკომი საკუთარი წონის მოდელირებისათვის; 11—ფუძის მოდლი; 12—ბერკტი.

რომელიც დაამზადეს და ექსპერიმენტულად გამოცადეს ქ. ბერგამოს (იტალია) ნაგებობათა ექსპერიმენტული კვლევის ლაბორატორიაში, იყო 12 მ (თვით კაშხალის სიმალღე ნატურაში 266 მ-ია).

მოდელს ტვირთავენ ჰიდრაულიკური დომკრატებით, მექანიკური მოწყობილობებით ან, რადესაც მოდელის მასალის დრეკადობის მოდული საკმაოდ დაბალია, მძიმე სითხით—რეზინის ტომარაში მოთავსებული სინდიყით, ქლოროფანი თუთიით, ქლოროფანი კალციუმით და სხვ. 25-3 ნახაზე ნაჩვენებია

კაშხალის სტატიკური კვლევის სტენდი, რომელზეც ჰიდროსტატიკური წნევა დომკრატებით წარმოიქმნება, ხოლო საკუთარი წონა—საწვევებით. შედარებით მსხვილი მასშტაბის მოდელების შემთხვევაში კაშხალის საკუთარი წონის მოდელირება შეიძლება თვით მოდელის მასალის წონით, ხოლო მცირე ზომის მოდელებში—ცენტრიფუგების მეშვეობით.

სეისმური ზემოქმედების აღსაწერად ხშირად იყენებენ სეისმურ ბაქნებს 50 ტ-მდე ტვირთშიდაობით; ისინი შეიძლება მოწყოს მიმართული მოქმედების დებალანსური ან ჰიდრაულიკური ვიბრატორებით (ჰიდროპულსატორებით); სეისმური დატვირთვები შეიძლება წარმოქმნათ აგრეთვე მოდელზე მიმაგრებული მცირე ზოვის ელექტროდინამიკური ვიბრატორების მეშვეობით. დამუშავების სტადიაში სეისმური ზემოქმედების მოდელირება მიკროაფეთქებების მეშვეობით, ელექტროგამამუხტველებით და სხვ.

თერმოდამბული მდგომარეობის გამოკვლევისას სითბური პროცესების მოდელირებას აწარმოებენ სპეციალურ აბაზანაში, რომელშიც ჩასხულია ტრანსფორმატორის ზეთი ან წყალი. სითხის ტემპერატურას ცვლიან სათანადო კანონით. შეიძლება გამოკვლევები ჩატარდეს ელექტროგამამუხტველი ელემენტების მეშვეობით მოდელის გახურებითაც, აგრეთვე ენტილატორებით მოდელის ზედაპირის შებერვით¹ და სხვ.

§25-8. ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ნატურული გამოკვლევები

1. ნატურულ გამოკვლევათა ამოცანები და ზოგადი დებულებანი

ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ნატურულ გამოკვლევებს აწარმოებენ მშენებლობის პროცესში და ექსპლუატაციის პერიოდში; გამოკვლევათა მიზანია შემოწმება იმ წინამძღვრებისა და დაშვებათა სისწორისა, რომლებიც მიღებული იყო დაარსებებისას, აგრეთვე მოდელებზე ჩატარებულ ლაბორატორულ გამოკვლევათა სიზუსტის შემოწმება. ნატურული გამოკვლევები გულისხმობს საკონტროლო დაკვირვებებს და სპეციალურ გამოკვლევებს.

საკონტროლო დაკვირვებებს სავალდებულო წესით აწარმოებენ I—III კლასის ყველა ჰიდროტექნიკურ ნაგებობაზე მშენებლობის დასაწყისიდანვე. ამ ციკლში შედის სხვადასხვა სახის საკონტროლო სამუშაო—ნაგებობებში გამოსაყენებელი მასალის ხარისხის შემოწმება, დაკვირვებები ნაგებობათა დაჯდომაზე, გადაადგილებებზე, ფილტრაციაზე და სხვა ფაქტორებზე, რომლებიც უშუალო გავლენას ახდენენ ნაგებობათა ნორმალურ მუშაობაზე.

სპეციალურ გამოკვლევათა მიზანია იმ საკითხების შესწავლა, რომლებიც ჯერ კიდევ არ წყდება საკმაოდ საიმედოდ არც თეორიულად და არც ექსპერიმენტულად. ასეთი საკითხებია: ნაგებობათა ტემპერატურული რეჟიმისა და დამბულ-დეფორმაციული მდგომარეობის განსაზღვრა, ფილტრაციის საწინააღმდეგო სხვადასხვა ღონისძიებათა ეფექტიანობის შემოწმება, სითხის არადამყარებელი მოძრაობის სხვადასხვა სახეობათა გამოკვლევები და სხვ.

მშენებარე და ექსპლუატაციაში არსებულ ნაგებობებზე დაკვირვებებს აწარმოებენ საკონტროლო-გაშვებით აპარატურის (სტა) მეშვეობით, რომელსაც

¹ Розанов Н. П., Каганов Г. М., Маливан В. П. Методические вопросы исследования на хрупких моделях термонапряжённого состояния бетонных плотин в эксплуатационный период.—Труды МГМН, 1973, т. XXXIV.

აყენებენ ფუძის გრუნტში, ნაგებობის ზედაპირზე და მის ტანში, აგრეთვე მომიჯნავე ტერიტორიაზე. სტა შეიძლება იყოს მოსახსნელი და ჩასატანებელი; პირველს აყენებენ ნაგებობის ზედაპირზე, პოტერნებში, კებში. კაბურღილებში, ზოლო მეორე სახეობისას—მშენებლობის პროცესში ფუძეში ან კაშხალის ტანში. ჩასატანებელი ხელსაწყოები უმეტესად დისტანციური მართვისაა, რადგან მათთან თავისუფლად მისვლა შეუძლებელია. მათი ჩენებანი მათეულების მეშვეობით გადაეცემა მოხერხებულ ადგილზე დაყენებულ ხელსაწყოს (მიმღებს).

ინტრუჟენტულ დაკვირვებებთან ერთად უნდა ტარდებოდეს ვიზუალური და თვალთვლიერებანი, რომლებთაც ადვილად შეიძლება გამოვლინდეს ცალკეული დეფექტები ან საშიში შოვლენები (დაჯდომა, გადაძრავება, ჩამოხრება, ბზარები, ფილტრაციული წყლის ვამოსელა გრუნტის კაშხალის ფერდოზე ან ფუძიდან ქვედა ბიეფში, ფერდოშების, კალაპოტების და ნაპირების წარეცხვა და ა. შ.) ნაგებობათა მუშაობაში.

ნატრულ გამოკვლევათა მომზადება და ჩატარება შემდეგი ეტაპებისაგან შედგება: 1) ნატრულ გამოკვლევათა პროექტის შედგენა; 2) საკონტროლო-გამზომი აპარატურა კონსტრუქციათა დამუშავება და დამზადება; 3) აპარატურის დაყენება ნაგებობებში და დაკვირვებათა ორგანიზება; 4) მიღებულ მონაცემების დამუშავება და განზოგადება.

დაკვირვებათა შოგენილობა და მისი შოცულობა დგინდება ნაგებობის კლასის, მისი კონსტრუქციის, საინჟინრო-გეოლოგიური, აგრეთვე სამშენებლო და საექსპლუატაციო პირობების გათვალისწინებით.

2. ნატრულ გამოკვლევათა შოგირთი სახეობა და შესახანიხა საკონტროლო-გამზომი აპარატურა

სამშენებლო მასალის ხარისხის კონტროლი. ეს ღონისძიება ხორცილდება სინჯების (ნიმუშების) აღებისა და შემდგომ ლაბორატორიებში მათი გამოცდის გზით, აგრეთვე სხვა მეთოდებით—სინჯების აღების ვარეშე. სინჯებს იღებენ პროექტით გათვალისწინებულ მოცულობით დამუშავებულ კარიერების გრუნტებიდან, ამოყვანილ ნაგებობაში დაწყობილი გრუნტიდან, ბეტონის ქარხანაში დამზადებული ბეტონიდან და ა. შ.

გრუნტის სინჯებს ცდიან გრუნტების მექანიკის ლაბორატორიებში სათანადო მეთოდებით, ყველა საჭირო მონაცემის (სიმკვრივე, ტენიანობა, მარცვლოვანი შედგენილობა, კუთრი წონა, თიხიანი გრუნტების პლასტიკურობის ზღვრები, ფილტრაციის კოეფიციენტი, სიმტკიცისა და დეფორმაციის მახასიათებლები და სხვ.) დადგენის მიზნით.

ბეტონის ნაგებობათა ცალკეული ბლოკებისათვის ლაბორატორიულად უნდა განისაზღვროს ცემენტის აქტიურობა და მისი ეგზოთერმულობა, ბეტონის შედგენილობა, მისი მექანიკური და ცოცვადობის მახასიათებლები და სხვ. მასალის ხარისხს აკონტროლებენ აგრეთვე უშუალოდ ნაგებობაში (სინჯების აღების ვარეშე), მაგალითად, ბეტონის სიმტკიცე შეიძლება განისაზღვროს ულტრაბერის მეთოდით, გრუნტის სიმკვრივე—იზოტოპების მეშვეობით და პენეტრაციის მეთოდით, დაწყობილი გრუნტის ფილტრაციის კოეფიციენტი—შუაფებში და კებში წყლის საცველი ჩანხმით და სხვ.

ნაგებობათა ჰიდრაულიკის გამოკვლევები. შეიძლება ჩატარდეს შემდეგი სახის ნატრული ჰიდრაულიკური გამოკვლევები: ჰიდრო-

კვანძთან წყლის ნაკადის მისვლის პირობების (სიჩქარეთა სიდიდეების, მათი განაწილების, ზედა ბიფის ფსკერის რელიეფის და სხვ.); ქვედა ბიფის მდგომარეობის (კალაპოტის წარეცხვები, წყალსაშუები ზედაპირების, ენერჯის ჩამქრობების, რისბერმების მდგომარეობა და სხვ.); ქვედა ბიფში ნაკადის ენერჯის ჩაქრობის პირობების; ჰიდრაულიკური პროცესების — არადამყარებელი მოძრაობისას; ნაგებობათა გამტარუნარიანობის; რაბების ჰიდრაულიკის — მათი კამერების უფრო სწრაფი ავსების შესაძლებლობის გამოვლინების მიზნით.

ნაკადის სიჩქარეთა, დინების მიმართულების, სიღრმეთა და ხარჯების განსაზღვრისათვის იყენებენ იმ ხელსაწყოებსა და ხერხებს, რომლებითაც სარს გებლობენ ჰიდრომეტრიაში.

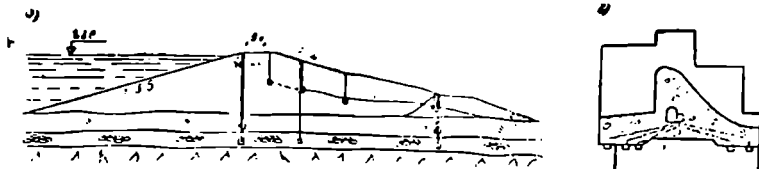
ზამთრის პერიოდში ზომავენ ყინულის საფარის სისქეს, მის წნევას ნაგებობის ცალკეულ ნაწილებზე, სწავლობენ ყინულის გატარების პირობებ- (ფოტოგრაფირება, აღწერა).

გამოკვლეული უნდა იქნეს აგრეთვე ჰიდროდინამიკური წნევის პულსაცია კაშხალის სიღრმულ ხერხებში, ჩამქრობებში, წყალსაცმზე (ინდუქტიური გადამწოდებლებით და ოსცილოგრაფებით) და საშუალო წნევა (პიეზომეტრებით).

ნაკადის პულსაციის ზემოქმედებით ნაგებობაში წარმოშობილი ვიბრაციის გასაზომად იყენებენ სპეციალურ დაბალი სიხშირის ვიბროგადამწოდებლებს და ვიბროგრაფებს.

საკვიროების შემთხვევაში წყალსაგდებ ნაგებობათა ელემენტებზე გამოკვლეული უნდა იქნეს კავიტაციის მოვლენებიც.

ფილტრაციული გამოკვლევები. აღნიშნული სახის გამოკვლევებს აწარმოებენ როგორც ბეტონის, ისე გრუნტის კაშხალების ტანში და



ნახ 25-4. პიეზომეტრების დაყენების სქემები: ა — მიწის კაშხალში (და პიეზომეტრები); ბ — ბეტონის კაშხალში (დაწნევის პიეზომეტრები).

ფუძეში, ბოლო ზოგჯერ მათი შემოვლით. გარდა ამისა, ბეტონის კაშხალების ფუძეში აკვირდებიან უკუწნევას. მიწის კაშხალებში უნდა დადგინდეს ელპრესიული ზედაპირის მდებარეობა, ფილტრაციული ხარჯი და ჰიდროდინამიკური წნევისა და ფილტრაციის სიჩქარეების განაწილება ნაგებობის ტანში და ფუძეში.

ელპრესიული ზედაპირის მდებარეობაზე და ფილტრაციულ წნევებზე დაკვირვებებს აწარმოებენ პიეზომეტრების მეშვეობით, რომელთაც აყენებენ დამახასიათებელ ვანიკეულებში (ნახ. 25-4).

პიეზომეტრებს აყენებენ მშენებლობის პროცესში (ჩასატანებელი პიეზომეტრები) ან აწყობილი სახით უშვებენ 150—250 მმ დიამეტრის მქონე დახრილ ან ვერტიკალურ ჰაბერლილებში, რომელთაც ბურღავენ ნაგებობის ნა-

წილობრივი ან სრული ამოყვანის შემდეგ (ჩასაშვები პიეზომეტრები). ხანმოკლე გამოკვლევებისას შეიძლება გამოვიყენოთ გამარტივებული ჩასასობი პიეზომეტრებიც.

დანიშნულების შესაბამისად პიეზომეტრები არის სხვადასხვა კონსტრუქციის, მაგრამ ყველა ისინი შედგება სამი ძირითადი ნაწილისაგან: ფილტრიანი წყალმიმღების, პიეზომეტრული მილისა და პირის ანუ დამცველმოწყობილობიანი ზედა ნაწილისაგან. წყალმიმღები პერფორირებული ლითონის ან პლასტმასის მილის მონაკეთია. პიეზომეტრული მილის მოსაწყობად იყენებენ 50—80 მმ დიამეტრის მოთეთიებულ მილებს. პიეზომეტრების პირები ამოჰაეთ ნაგებობის ზედაპირზე ან კოტერინებში (ნახ. 25 4). ისინი შეიძლება მოთავსდეს პიეზომეტრული ზედაპირის ზემოთ ან ქვემოთ; ამის შესაბამისად განასხვავებენ ღია და დაწნევი (ან საღვრელ) პიეზომეტრებს. თუ რაიმე მიზეზის გამო პიეზომეტრების გამოყენება მოუხერხებელია, ფილტრაციულ წნევებს ზომავენ პიეზოდინამომეტრებით.

ფილტრაციულ ხარჯებს ზომავენ წყალსაზომი მოწყობილობებით, რომელთაც ათავსებენ საღვრეაო ხაზების სათვალღერებელ ქებში. ხარჯების გაზომვისას პერიოდულად იღებენ წყლის სინჯებს ქიმიური ანალიზისა და სიმღვრის განსაზღვრისათვის. ქიმიური ანალიზის რეზულტატების მიხედვით მსჯელობენ ბეტონის გამორტუტვის, ასევე კაშხალის ტანიდან ან ფუძის წყალში ხსნადი გრუნტებიდან მარილების გამორეცხვის ინტენსიურობაზე. ფილტრაციული ნაკადის სიჩქარეებსა და მიზართულებას უფრო ხშირად განსაზღვრვენ საღვრეის გაშვებით ან რადიოაქტიური იზოტოპების მეშვეობით, რისთვისაც იყენებენ დაყენებულ პიეზომეტრებს.

დაკვირვებანი ნაგებობათა გადაადგილებებზე. ნაგებობის ზედაპირის წერტილების (კაშხალის თხემის, ბერმების და სხვ.) გადაადგილებებს ზომავენ გეოდეზიური მეთოდებით. ვერტიკალურ გადაადგილებებს (დაჯდომებს) განსაზღვრავენ ზედაპირული მარკების პერიოდული ნიველირებით (ნიველირებისათვის იყენებენ საყრდენი გეოდეზიური ქსელის ფუნდამენტურ რეპერებს). ჰორიზონტალურ გადაადგილებებს განსაზღვრავენ მიმიზნების მეთოდით—კვეთების მიხედვით, ტრიანგულაციის ან კომბინირებული მეთოდის გამოყენებით.

აღნიშნული მეთოდებიდან ყველაზე მარტივი და ზუსტია კვეთების მეთოდი, რომელსაც იყენებენ სწორახაზოვანღერძიან ნაგებობათა ჰორიზონტალურ გადაადგილებებზე დაკვირვებისას. ამ მიზნით ნაპირებში (ხშირად კაშხალის ღერძის ვაკრძელებებზე) საფუძველს უყრიან ორ უქრავ საყრდენ პუნქტს თეოდოლიტისა და სამიზნების დასაყენებლად და ამ უკანასკნელთა მეშვეობით აფიქსირებენ ოპტიკურ საჭკრეტ გასწორს. ამ გასწორში ნაგებობაზე განალაგებენ რიგ საკონტროლო პუნქტებს, როელთა გადაადგილებებს საჭკრეტ გასწორის სებრტყიდან განსაზღვრავენ თეოდოლიტით, მოსახსნელ საჭკრეტ მარკებსა და საჭკრეტ გასწორს შორის კუთხის გაზომვის გზით ან გადასატანი მოძრაე მარკის მეშვეობით.

ტრიანგულაციის მეთოდის გამოყენებისას საჭკრეტი მარკების ჰორიზონტალურ გადაადგილებებს განსაზღვრავენ თეოდოლიტის მეშვეობით, რომელსაც აყენებენ მშენებლობის რაიონის სატრიანგულიაციო ქსელის უძრავ საყრდენ პუნქტებზე.

კომბინირებულ მეთოდს დაკვირვებისათვის მაშინ იყენებენ, როდესაც კაშხალის ღერძი შედგება რამოდენიმე სწორახაზოვანი უბნისაგან, ანდა რო-

დესაც მისი ღერძი სწორხაზოვანია, მაგრამ არ არის საჭერეტი გასწორის. საი-
მედოდ დამაგრების საშუალება.

გრუნტის მასალის კაშხალების ტანისა და ფუძის შიგა წერტილების
ვერტიკალურ გადაადგილებებს და ფენების დაჯდომებს განსაზღვრავენ ცალ-
ფა ან მილების სისტემებისაგან შემდგარი მრავალთარეანი სიღრმული მარ-
კების მეშვეობით. მილების ზედა ბოლოები ამოკაყვით კაშხალის ზედაპირის
შესაბამის ნიშნულებზე და გადაადგილებათა განსაზღვრავად მათზე აყენებენ
მარკებს. ამ გადაადგილებებს ზომიერად მილების ზედა ბოლოების გეომეტრიულ-
ლი ნიველირობით.

პიდრავლიკური მარკის მოქმედება დამყარებულია ზიარქურტ-
ლების პრინციპზე. დამკველ გარსაცეში მოქცეულ ერთ-ერთ ზიარქურტელს
ათავსებენ კაშხალის ტანში და იგი მიკეება მის დეფორმაციებს, ხოლო ჰერ-
რეს, რომელიც პიეზომეტრს წარმოადგენს, ათავსებენ კაშხალის გარე ფერ-
ლოზე.

ნებისმიერი მიმართულებით გადაადგილებათა განსაზღვრად შეიძლება გა-
მოვიყენოთ სიღრმული ელექტრომაგნიტური მარკები. ხელსაწყო მშენებლობის
დროს ნაგებობის გრუნტში ვერტიკალური, ჰორიზონტალური ან დახრილი
მიმართულებით დაყენებული ცალკეული რგოლებისაგან შედგენილი მოქნილი
ელექტროგაუმტარი მილია. გრუნტის გადაადგილებას მილის ღერძის გასწვ-
რივ განსაზღვრავენ მის ცალკეულ წერტილებში (მიღველებთან) დამაგრებული
ფირფიტების გადაადგილებათა მიხედვით, რომელთა ფიქსირებას ახდენენ
მილში მოთავსებული ელექტრომაგნიტური ზონდით.

კაშხალის ტანის შიგა წერტილების სივრცულ გადაადგილებათა შესახებ
ყველაზე უფრო სრულყოფილი მონაცემების მიღება შეიძლება სათვალე-
რებელი კებისა და ინკლინომეტრების მეშვეობით. ამ უკანასკ-
ნელთ იყენებენ მალა და ზემაღალ კაშხალებში.

ბეტონის ნაგებობებში ფაქტობით ჰორიზონტალურ გადაადგილებებს ნა-
გებობის სიმაღლეზე ზომიერად შევსებების მეშვეობით, რომელთაც კიდე-
ბენ ვერტიკალური კების (შატების) ზედზე.

ბეტონის ნაგებობათა ცალკეული სექციების ჰორიზონტალური გადაად-
გილებები შეიძლება განისაზღვროს მოქიშელი ძაფის მეთოდით. ამ
შემთხვევაში ფოლადის ძაფს ჰორიზონტალურად ჰიმავენ პოტერნაში და ბო-
ლოებს ხისტად ამაგრებენ ვანაშირა სექციებში, რომელთა მიმართ მომხდარ
გადაადგილებებს (გადაწევის) ზომიერად კოორდინატურებით, ძაფის სიგრძემ
შეიძლება მიაღწიოს 500—600 მ-ს.

ნაგებობის დახრილობის კუთხის განსაზღვრად ქვედა წახნაგზე ან პოტერ-
ნის სპეციალურ ნიშებში დგამენ კლინომეტრებს. ეს ხელსაწყო ფირფიტაზე
დამონტაჟებული ცილინდრული თარაზია.

ნაგებობის მეზობელი ნაწილების ერთმანეთის მიმართ გადაადგილებათა
დაკვირვებისათვის (აგრეთვე ნაკრებებისა და ბზარების გახსნის სიღრმეთა და-
სადგენად) ყველაზე უფრო ხშირად იყენებენ სხვადასხვა კონსტრუქციის ხერულ-
მზომებს (შხელომეტრებს) შტანგენფარგალთან ან საათის ტიპის ინდიკატორებ-
თან (ძესურებთან) ერთად. საჭიროების შემთხვევაში იყენებენ აგრეთვე სამ-
ღერძა ხერულმზომებს, როდესაც ნაგებობის დაყოფილი ნაგებობის მეზობელი
სექციების გადაადგილება ერთმანეთის მიმართ შესაძლებელია ნებისმიერი მი-

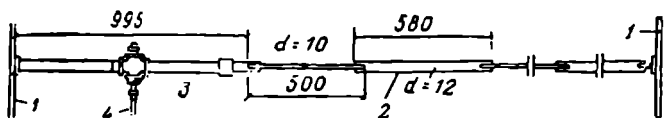
მართლებით. მოუდგომელ ადგილებში სექციათა ურთიერთგადაადგილებზე, აგრეთვე ფუძის მიმართ ნაგებობის გადაადგილებებზე დაკვირვებებისათვის იყენებენ ჩასატანებელ დისტანციურ ხერხეღწომებს [49].

3. ნაგებობის დაძაბული მდგომარეობის გამოკვლევები და ხათანადო გამწოში აპარატურა

ბეტონისა და გრუნტის კაშხალების ტანში და ფუძეში ძაბვების განსაზღვრისათვის შეიძლება გამოიყენოთ: 1) კაშხალის მასალის დეფორმაციების გაზომვისა და დრეკადობისა და პლასტიკურობის თეორიის მეთოდებით ძაბვებში მათი გადაანგარიშების და 2) ძაბვების უშუალო გაზომვის ხერხები [49].

ბეტონის ნაგებობის ზედაპირზე დეფორმაციების გაზომვას აწარმოებენ მოსახსნელი ტენზომეტრებით, რომელთა სიზუსტე აღწევს 0,001 მმ-ს, ხოლო ნაგებობის შიგნით—ჩასატანებელი ტენზომეტრებით. ეს უკანასკნელი ბეტონში ჩამაგრებული ჯვარედინია, რომელიც ბეტონის დეფორმაციას გადასცემს დამკველ კორპუსში მოთავსებულ ამა თუ იმ ტიპის გამზომ მოწყობილობას. მისი ჩვენება კაბელის საშუალებით გადაეცემა ხელსაწყო—მიმღებს. ყველაზე მეტად გავრცელებულია სიმიანი ტელეტენზომეტრები, რომელთა ტარირებას ახდენენ მათი ბაზის მიკრომეტრებში გამოსახულ დეფორმაციაზე.

გრუნტის სიზრქეში, ნებისმიერი მიმართულებით, ფარდობითი დეფორმაციების გასაზომად იყენებენ ექსტენზომეტრებს (ნახ. 25-5). იგი შედგება



ნახ. 25-5. ფარდობითი დეფორმაციების გასაზომი ექსტენზომეტრი:

1—ფირფიტა; 2—მიღების მოძრაი სისტემა; 3—ხაზოვანი პოტენციომეტრი; 4—კაბელი.

ორი ფირფიტისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან შეერთებულია 4—5 მ საერთო სიგრძის მოძრაი მიღების სისტემებით. ფირფიტების ურთიერთგადაადგილებანი გადაეცემა მიღებს და იზომება ხაზოვანი პოტენციომეტრით.

ბრტყელი და სივრცული დაძაბული მდგომარეობის გამოკვლევის დროს ერთ წერტილში აყენებენ რამდენივე ტელეტენზომეტრს ან ექსტენზომეტრს. ხელსაწყოებს ათავსებენ „როზეტების“ სახით ორი ან სამი ურთიერთმართობული მიმართულებით და მათ შორის კუთხის ბისექტრისით.

გაზომილი დეფორმაციების დრეკადობის თეორიის მეთოდით ძაბვებში გადაანგარიშებისას ვერ ვითვალისწინებთ თავისუფალ მოცულობითსა და ცოცხადობის დეფორმაციებს, რადგან ისინი არ არიან დაკავშირებული ძაბვებთან ჰუკის კანონით. აღნიშნული გარემოების გამო საჭიროა სწორად დადგინდეს მასალის დრეკადი მახასიათებლები, რაც ერთობ გაძნელებულია. სწორედ ესაა ამ შეთოდის ძირითადი ნაკლი.

უფრო საიმედოა ძაბვების უშუალო გაზომვის მეთოდი, მაგრამ საქმე ისაა, რომ ამ მიზნისათვის განკუთვნილ ხელსაწყოებს შეუძლიათ მხოლოდ შუამშავი ძაბვების განსაზღვრა.

ძაბვების განსაზღვრისათვის ბეტონის ნაგებობაში ღვამენ კარლსონის დინამომეტრებს. წარმოშობილი ძაბვები გადაეცემა ხელსაწყოს დისკოებს, საიდანაც შემდეგ მათ შორის არსებული ვერცხლისწყლით გადაეცემა მემბრანას და იწვევს მის ჩაღუნვას, რომელიც იზომება ტენზომეტრით. არმატურაში ძაბვების გასაზომად გამოიყენება სპეციალური სიმძიანი საარმატურო დინამომეტრები.

რაც შეეხება თიხოვან გრუნტში წარმოშობილ სრულ ძაბვებს, მათი გაზომვა ხდება სიმძიანი საგრუნტო დინამომეტრებით. პრაქტიკულად გრუნტის ჩონჩხში წარმოშობილ ძაბვებს განსაზღვრავენ, როგორც საგრუნტო დინამომეტრებისა და ფორული წნევის გასაზომად მათ უშუალო მახლობლობაში ჩადგმულ პიეზომეტრების ჩვენებათა სხვაობას.

განსაკუთრებით საპასუხისმგებლო ბეტონის ნაგებობათა ტემპერატურულ რეჟიმზე დაკვირვებას ახდენენ ტელემეტრების მეშვეობით; მარადი გაყინულობის ზონაში აგებული კაშხლების ტანში და ფუძეში ტემპერატურის გასაზომად კი იყენებენ თერმოქებში ჩასაშვებ თერმომეტრებს.

იმ შემთხვევაში, როდესაც პილოკვანძის მშენებლობა წარმოებს სეისმურ რაიონში (მით უფრო სეისმურად აქტიურ რაიონში), მაღალი კლასის ნაგებობებისათვის და მათი მომუხანვე ტერიტორიისათვის ითვალისწინებენ სათანადო მოწყობლობებს სეისმური ზემოქმედებისას მათ ქვევაზე დაკვირვების განსახორციელებლად. სეისმურ რხევებს ზომავენ სეისმოგრაფებით, ვიბროგრაფებით და სხვ.¹

4. საკონტროლო-გამზომი აპარატურის განლაგების პრინციპები

ჰიდროტექნიკური ნაგებობის ფუძეში და ტანში მოსათავსებელი საკონტროლო-გასაზომი აპარატურის რაოდენობა და მათი განლაგების სქემა განსაზღვრება დასახულ გამოკვლევათა მიზნებით, თვით ნაგებობის დამახასიათებელი თავისებურებებით, ფუძის საინჟინერო-გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური პირობებით და ა. შ.

ნაგებობაში აპარატურის განლაგების სქემის შედგენისას გამოდიან მათი მინიმალური რაოდენობის გამოყენებით მაქსიმალური ინფორმაციის მიღების პრინციპიდან, ამიტომ ისინი უნდა განლაგდეს დამახასიათებელ წერტილებში და ამასთან ისე, რომ ერთმანეთს ავსებდნენ და კიდევაც აკონტროლებდნენ.

საკონტროლო-საზომი აპარატურის რაოდენობისა და განლაგების სქემის დადგენისას რეკომენდებულია გამოვიყენოთ თანამედროვე, ფრიად პერსპექტიული ექსპერიმენტის დავეგვიფის თეორია².

მიზანშეწონილია მთელი აპარატურა შეძლებისდაგვარად მოთავსდეს ნაგებობის ერთ ან რამდენიმე დამახასიათებელ პორიზონტალურ ან ვერტიკალურ საზომ კვეთში, სადაც მოსალოდნელია გასაზომი პარამეტრების მაქსიმალური მნიშვნელობათა მიღება. გასაზომ სიბრტყეში აპარატურას აჯგუფებენ ვერტიკალური და პორიზონტალური სწორი ხაზების გასწვრივ. ასეთი განლაგება ამარტივებს და აიარაღებს დაკვირვებების ჩატარებას და ამასთანავე დაკვირვებით მიღებული რეზულტატების დამუშავებისას უზრუნველყოფს ერთმანეთთან დაკავშირებულ პარამეტრებზე კონტროლს.

¹ Саваренский Е. Ф., Кирвас Д. П. Элементы сейсмологии и сейсмометрии. М., Стройиздат, 1970.

² Цыбульская Т. И. Применение математических методов при организации натурных исследований на плотинах из местных материалов.—Труды ВНИИ, ВОДГЕО, 1970, вып. 44.

С П О С И С О К

1. Алтушви С. Т. Регулирование русель. М., Сельхозгиз, 1962.
2. Алтушви С. Т. Водозаборные узлы и водохранилища. М., «Колос», 1964.
3. Бетошные плотины (на скальных основаниях). М., Стройиздат, 1975.
Авт.: М. М. Гришин, Н. П. Розапов, Л. Д. Гельман и др.
5. Водарский Е. А. Выправление рек, М., «Водный транспорт», 1939.
6. Волков В. П. Туннели. М., «Транспорт», 1970.
7. Волков И. М., Копопевко П. Ф., Федякин И. К. Гидротехнические сооружения, М., «Колос», 1968 г.
8. Вызго М. С. Эксплуатационные мероприятия, прогнозы и способы уменьшения местных размывов за гидротехническими сооружениями. Ташкент, «Илука», 1966.
9. Гагошидзе М. С. Селевые потоки, Тбилиси, «Сабхота Сакартвело», 1970.
10. Гидравлические лаборатории СССР. Краткий справочник, М., Л., «Энергия», 1965.
11. Гидравлические расчеты туннельных и трубчатых подобросов гидроузлов. Л., «Энергия», 1974. Авт.: А. Ф. Бурков, Р. С. Гальперин, М. Я. Гильдеблат и др.
12. Гидротехнические сооружения. Учеб. пособие для вузов. Под ред. Н. П. Розапова, М., Стройиздат, 1978, Авт.: И. А. Васильева, Г. И. Журавлев, С. Н. Корюкин и др.
13. Гидротехнические сооружения — «Труды МИСИ имени В. В. Куйбышева», 1959, сб. № 29.
14. Гидротехнические сооружения комплексных гидроузлов. Под ред. П. С. Непорожного, М., «Энергия», 1973.
15. Гидроэлектрические станции. Под ред. Ф. Ф. Губина, «Энергия», М., 1972. Авт. Ф. Ф. Губин, Н. Н. Аршеневский, М. Ф. Губин и др.
16. Гришанин К. В. Теория руслового процесса. М., «Транспорт», 1972.
17. Гришин М. М. Гидротехнические сооружения. М., Гостройиздат, 1962.
18. Гришанин М. М., Слисский С. М. и др. Гидротехнические сооружения. Часть I и часть II, М., «Высшая школа», 1979.
19. Гунько Ф. Г., Полова К. С., Климова М. М. Местные размывы в нижних бьефах водосборов. Л., «Энергия», 1974.
20. Дашелля И. Ф. Водозаборные сооружения на реках с обильными дождями паводками. М., «Колос», 1964.
21. Замакин Е. А., Фандеев В. В. Гидротехнические сооружения, М., «Колос», 1965.
22. Зурабов Г. Г., Бугаева О. Е. Гидротехнические туннели гидроэлектростанций. М., Госэнергоиздат, 1962.
23. Киппер Э. М. Рыбопропускные сооружения. М., «Рыбное хозяйство», 1960.
24. Кирпичев М. В. Теория подобия. М., Изд-во АН СССР, 1953.
25. Корюкин С. Н. Регулирование русел в мелноразливных целях. М., «Колос», 1972.
26. Леви И. И. Моделирование гидротехнических явлений. М., «Энергия», 1967.
27. Лосаберидзе Ал. А. Кольцевые конструкции гидротехнических сооружений, «Тбилиси, ГПИ, 1964.
28. Метод фотоупругости. Под ред. Ф. Ф. Губина, Н. А. Стрельчука
Г. Л. Хесина т. I-III. М., «Стройиздат», 1975.
29. Методические рекомендации к составлению проекта размещения контрольно-на-

мерительной аппаратуры в бетонных гидротехнических сооружениях. И 41-70. Л., «Энергия», 1972.

30. Мирцхулава Ц. Е. Извещьяные методы расчета и прогноза водной эрозии. М., «Колос», 1970.
31. Мирцхулава Ц. Е. Надежность гидромелиоративных сооружений. М., «Колос», 1974.
32. მირცხულავა ც. ე. ჰიდროტექნიკური ნაკვობები. ნაწ. 1, თბილისი, «კახა-ლუბა», 1977.
33. Полоцкий Г. А. Механическое оборудование гидротехнических сооружений. М., «Энергия», 1974.
34. Проектирование и строительство больших плотин. Вып. 2. Постоянные и временные водосбросные сооружения. По материалам IX Международного конгресса по большим плотинам. М., «Энергия», 1972.
35. Проектирование гидроузлов на скальных основаниях. М., «Энергия», 1967. Авт.: А. П. Воишин, М. М. Гришин, В. П. Ляхачев и др.
36. Розанов Н. П., Вопросы проектирования водопропускных сооружений, работающих в условиях вакуума и при больших скоростях потока. М.—Л., Госэнергоиздат, 1959 г.
37. Розанов Н. С., Скоморовский Я. Г. Модельные исследования статички гидросооружений. М., «Энергия», 1975.
38. Слесский С. М. Гидравлика эдашй гидрозлектростанций, М., «Энергия», 1970.
39. Справочник по гидравлическим расчетам под редакцией П. Г. Киселева. М., «Энергия», 1972.
40. Технические условия и нормы. Глубинные водосбросы и водоспуски гидроузлов. ВСН 38-70. Л., «Энергия», 1972.
41. Углицус А. А. Бомбичинский В. П., Контрольно-измерительная аппаратура гидротехнических сооружений. М., Госстройиздат, 1954.
42. Указания по проектированию гидротехнических туннелей. СН 238-73, М., Стройиздат, 1974.
43. Финк К., Рорбах Х. Измерение напряжений и деформаций. Пер. с нем., М., Машгиз, 1961.
44. Фрид С. А., Левених Д. П. Температурные воздействия на гидротехнические сооружения в условиях севера. Л., Стройиздат, 1978.
45. Фрохт М. М. фотоупругость М., Гостехиздат, 1950.
46. Чоговадзе Г. И. Гидроэлектростанций Грузии. М., «Энергия», 1971.
47. Чугаев Р. Р. Гидротехнические сооружения. Водосливные плотины. М., «Высшая школа», 1978.
48. Швайнштейн А. М., Водосбросы зарубежных гидроузлов в высоких бетонных плотинами. Л., «Энергия», 1973.
49. Эйдельман С. Я. Натурные исследования бетонных гидротехнических сооружений. М.—Л., «Госэнергоиздат», 1960.
50. Эрнстов В. С., Чураков А. И., Петров Г. Д. и др. Организация и планирование гидротехнического строительства. М., «Стройиздат», 1977.

ავტორისაგან	3
განყოფილება მეხუთე. სამდინარო ჰიდროკვანძების წყალსაგდებები, ჰიდრო-	
ტექნიკური საკეტები და მათი მექანიზმები	5
თ ა ვ ი XIII. სამდინარო ჰიდროკვანძების წყალსაგდებები	5
§ 13—1. წყალსაგდებ ნაგებობათა დანიშნულება და კლასიფიკაცია	5
§ 13—2. წყალსაგდებები კაშხალის ტანშია	6
§ 13—3. წყალსაგდებები კაშხალის ტანის გარეთ	16
თ ა ვ ი XIV. ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა საკეტები და მათი მოწყობილობანი	33
§ 14—1. ზოგადი ცნობები საკეტების შესახებ და მათი კლასიფიკაცია	33
§ 14—2. წყალსაშვები ხერცების ბრტყელი საკეტები და შანდორები	37
§ 14—3. სეგმენტური საკეტები	52
§ 14—4. ვალური საკეტები, მათი სქემები და მუშაობის პირობები	58
§ 14—5. საკეტები, რომლებიც გადასცემენ წყლის წნევას წყალსაშვების ზღურბლს	62
§ 14—6. ზედაპირული საკეტების ამჟამი მექანიზმები, საკეტების მონტაჟი და ექსპლუატაცია	67
§ 14—7. სიღრმულ ხერცების საკეტები	72
განყოფილება მეექვსე. სამდინარო ჰიდროკვანძების საპეციალური ნაგებობანი	77
თ ა ვ ი XV. თევზამტარი და თევზდამკაეი ნაგებობანი	78
§ 15—1. ზოგადი ცნობები შიგა წყალსატევების იზიოფაუნისა და მისი დაცვის ღონისძიებათა შესახებ	73
§ 15—2. თევზამტარ ნაგებობათა დაპროექტების საფუძვლები	87
§ 15—3. თევზსაეალები	82
§ 15—4. თევზსავალი რაბები, თევზამწეები და სხვა თევზამტარი ნაგებობანი	86
§ 15—5. თევზდამკაეი და თევზმიმმართველი მოწყობილობანი	91
§ 15—6. დაზრუნებული გზარმობელი თევზისა და ლიფსიტების გატარება	92
თ ა ვ ი XVI. წყალმიმღები ნაგებობანი	94
§ 16—1. წყალმიმღებ ნაგებობათა დანიშნულება და კლასიფიკაცია	94
§ 16—2. სამდინარო წყალმიმღები კვანძის ადგილის შერჩევა, ტიპის დადგენა და ნაგებობათა შეთანწყობა	95
§ 16—3. უკაშხალო წყალმიმღები ნაგებობანი	98
§ 16—4. კაშხალიანი წყალმიმღები ნაგებობანი	103
§ 16—5. ფსკერულგისოსიანი წყალმიმღებები	117
§ 16—6. ზედაპირულ წყალმიმღებთა მოწყობილობანი, ნაგავთან, ყინულთან, თოშთან და შეწონილ ნატანთან ბრძოლა	129
§ 16—7. ზედაპირულ (უდაწნეო) წყალმიმღებთა ტექნიკურ-ეკონომიკური და ჰიდრაულიკური განგარიშებანი	135
§ 16—8. სიღრმული (დაწნეითი) წყალმიმღებები	137
განყოფილება მეშვიდე. მდინარის წყლის გატარება, დროებითი ნაგებობანი ჰიდროკვანძების მშენებლობის დროს და ჰიდროკვანძების დაპროექტება	140
თ ა ვ ი XVII. მდინარის წყლის ხარჯების გატარება და დროებითი ნაგებობანი ჰიდროკვანძების მშენებლობის დროს	140
§ 17—1. ზოგადი დებულებანი	140
§ 17—2. ჰიდროკვანძის ნაგებობათა მშენებლობა კალაპოტიდან მდინარის გადაღვლებლად	141
§ 17—3. ჰიდროკვანძების მშენებლობა ქალური და კალაპოტიდან მდინარის გადაღვლების ხერხების გამოყენებით	146
§ 17—4. წყლის გატარება მშენებარე ნაგებობათა ხერცებით	151
§ 17—5. ზღუდარების ტიპები და კონსტრუქციები	154
თ ა ვ ი XVIII. გასწორის არჩევა და ჰიდროკვანძების შეთანწყობა	156
§ 18—1. სამდინარო ჰიდროკვანძების შეთანწყობის პრინციპები	155
§ 18—2. დაბალ-და საშუალოდაწნევიანი ჰიდროკვანძების შეთანწყობა ვაკის მდინარეებზე	157
§ 18—3. მაღალდაწნევიანი ჰიდროკვანძების შეთანწყობა	160
§ 18—4. ჰიდროკვანძის გასწორის არჩევა	167
§ 18—5. ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარება	169
§ 18—6. ჰიდროკვანძების დაპროექტების სტადიები	169

განყოფილება შერვე, წყალსატარი ნაგებობანი	171
თ ა ვ ი XIX. არხები და მათზე მოთავსებული ნაგებობანი	171:
§ 19—1. ზოგადი ცნობები არხების შესახებ და მათი კლასიფიკაცია	171
§ 19—2. არხის განოკეუთის ფორმები და წყლის ღინების სიჩქარეები	173
§ 19—3. წყლის დანაქარგები არხებიდან	179
§ 19—4. არხების საშოსები (მოპირკეთებანი)	181
§ 19—5. არხის ტრასა და გრძივი პროფილი	187
§ 19—6. არხებზე მოთავსებული მარგველირებელი ნაგებობანი	188
§ 19—7. წყალსატარი ნაგებობანი	191
§ 19—8. შემადგენელი ნაგებობანი	199
თ ა ვ ი XX. პიროტექნიკური გვირაბები	205
§ 20—1. ზოგადი ცნობები და კლასიფიკაცია	205
§ 20—2. სამთო წნევა	206
§ 20—3. სამთო წნეების განსაზღვრა მ. პროტოდიაკონოვის ხერხით	209
§ 20—4. სამთო ქანების უკუწნევა	214
§ 20—5. უდაწნეო გვირაბების საერთო დახასიათება	216
§ 20—6. უდაწნეო გვირაბების მოკეთებათა სტატკური განგარიშება	222
§ 20—7. სადაწნეო პიროტექნიკური გვირაბების საერთო დახასიათება	238
§ 20—8. სადაწნეო გვირაბების მოკეთებათა სტატკური განგარიშება	245
§ 20—9. სადაწნეო გვირაბების მოკეთებათა განგარიშება ზღვრული მდგომარეობის მეთოდით	252
§ 20—10. პიროტექნიკური გვირაბების დაპროექტება	257
§ 20—11. მოკლე ცნობები გვირაბთმშენებლობის სამშეოთა წარმოების ხერხების შესახებ	266
განყოფილება მეტყბე, კალაპოტის სარეგულაციო (გამასწორებელი) ნაგებობანი	270
თ ა ვ ი XXI. კალაპოტის პროცესები და მათი რეგულირება	270
§ 21—1. ნაკადისა და კალაპოტის ურთიერთქმედება და ნატანის ტრანსპორტირება	270
§ 21—2. მდინარეთა კალაპოტების ჩამოყალიბება და მათი მდგრადობა	271
§ 21—3. მდინარეების სათავეთა რეგულირება	277
§ 21—4. მდინარეთა რეგულირება შუა და ქვედა ღინებაში	279
§ 21—5. მდინარის კალაპოტისა და მისი ცალკეული უბნების საერთო და სპეციალური რეგულირება. სანაპირო მიწების დატბორვისაგან დაცვა	284
თ ა ვ ი XXII. სარეგულაციო ნაგებობანი	292
§ 22—1. სარეგულაციო ნაგებობათა კლასიფიკაცია, საშენი მასალები და კონსტრუქციული ელემენტები	292
§ 22—2. გრძივი და განივი მასიური სარეგულაციო ნაგებობანი	300
§ 22—3. გამჟოლი და სარეგულაციო ნაგებობანი	305
§ 22—4. ნაპირების გამაგრება	307
§ 22—5. საყრდენი, გამასწორებელი და გადამღობი ნაგებობანი	309
განყოფილება მეთაე, პიროტექნიკურ ნაგებობათა თერმული რეჟიმი, ტექნიკური ექსპლუატაცია და გამოკვლევები	312
თ ა ვ ი XXIII. პიროტექნიკურ ნაგებობათა თერმული რეჟიმი და ტემპერატურული ძაბვები	312
§ 23—1. ბეტონის ნაგებობებისა და მათი ნაწილების ტემპერატურული რეჟიმები	312
§ 23—2. ზოგიერთი ცნობა თბოგადაცემის თეორიიდან	315
§ 23—3. ზოგიერთი ცნობა თერმოდინკადობის თეორიიდან	317
§ 23—4. ბეტონის კაშხალების თერმული რეჟიმი სამშენებლო პერიოდში	322
§ 23—5. ბეტონის კაშხალების თერმული რეჟიმი ექსპლუატაციის პერიოდში	325
თ ა ვ ი XXIV. პიროტექნიკურ ნაგებობათა ტექნიკური ექსპლუატაცია და რეკონსტრუქცია	339
§ 24—1. პიროტექნიკურ ნაგებობათა ექსპლუატაციის ამოცანები და საექსპლუატაციო ღონისძიებათა შედგენილობა	339
§ 24—2. დაკვირვებანი პიროტექნიკურ ნაგებობებზე და მათი მოვლა	341
§ 24—3. პიროტექნიკურ ნაგებობათა რემონტი	344
§ 24—4. პიროტექნიკურ ნაგებობათა აღდგენა და რეკონსტრუქცია	316
თ ა ვ ი XXV. პიროტექნიკურ ნაგებობათა გამოკვლევები	348
§ 25—1. ლაბორატორიულ გამოკვლევათა ამოცანები	348

§ 25—2. ზოგიერთი ცნობა მსგავსების თეორიიდან	349
§ 25—3. ჰიდრაულიური მოდელირება	356
§ 25—4. ჰიდროტექნიკური ნაგებობებისა და მათი ფუძეების ლაბორატორიული გამოკვლევა სტატიკურ ზემოქმედებაზე	357
§ 25—5. ნაგებობათა მოდელირება დინამიკური და სეისმური ზემოქმედებისას	361
§ 25—6. ჰიდროტექნიკურ ნაგებობაში ტემპერატურული ზემოქმედების შედეგად წარმოშობილი ძაბვების მოდელირება	362
§ 25—7. ნაგებობათა მოდელური გამოკვლევების ჩატარების ტექნიკა	363
§ 25—8. ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ნატურული გამოკვლევები ლიტერატურა	372

Мочонелидзе Николай Семенович
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ
Часть II
(на грузинском языке)

ИБ № 1645

რედაქტორი მ. ლუღუშაური
 მხატვრული რედაქტორი ო. შვსხა
 ტექნიკური რედაქტორი ნ. დოგუზაშვილი
 უფრ. კორექტორი ც. ცინცაძე
 კორექტორი ლ. გოგუშვილი
 გამომშვეები ლ. ვაბარაშვილი

გადაეცა წარმოებას 6.10.81. ხელმოწერილია დასაბუქდალ 24.11.82.
 ნაბეჭდი თაბახი 23,5, პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 32,9. სააღრიცხვო-
 საგამომცემლო თაბახი 25,83. ქაღალდის ზომა 70X108 1/16., საბეჭდი ქაღალდი № 2

№ 00560

ტირაფი 2000

შეკვეთი № 1806

ფასი 1 მან. 30 კაბ.

ქ.

გამომცემლობა „განათლება“, თბილისი, შარანაშვილის ქ. 5.
 Издательство «Ганатლება», Тбилиси ул. Марджанишвили 5.

1982