

ზურაბ ლებანიძე

ბვირაბების სამაბრი
კონსტრუქციები და ბაანბარიშება

საგამომცემლო სახლი
„ტექნიკური უნივერსიტეტი“

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ზურაბ ლებანიძე

ბვირაბების სამაბრი
კონსტრუქციები და ბანბარიშება



დამტკიცებულია სალექციო კურსად

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სარედაქციო-საგამომცემლო საბჭოს

მიერ. 29.06.2018, ოქმი №2

თბილისი

2019

სალექციო კურსში განხილულია სამთო საწარმოების, ჰიდროტექნიკური, მეტროს, სარკინიგზო და საავტომობილო გვირაბების სამაგრი კონსტრუქციების სახეები და მათი გაანგარიშების მეთოდები. სალექციო კურსში მოცემულია ასევე დიდგანივკვეთიანი გვირაბების და კამერების სამაგრის გაანგარიშების ხერხები, შერჩევის მეთოდები და მოწყობის ტექნოლოგიური პროცესების აღწერა. კურსში დეტალურად არის განხილული ჰორიზონტალური, დახრილი და ვერტიკალური გვირაბების გარემომცველი სამთო მასივის ქანების დეფორმაციების და სამაგრზე მოქმედი სამთო წნევების განსაზღვრის მეთოდები.

სალექციო კურსი გარდა ბაკალავრიატის სტუდენტებისა, დიდ დახმარებას გაუწევს სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის მაგისტრანტებს, უმაღლესი პროფესიული განათლების პროგრამის სტუდენტებსა და სამთო საწარმოებში დასაქმებულ ინჟინერ-ტექნიკურ პერსონალს.

რეცენზენტები: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი კონსტანტინე ხაზალია,

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი აკაკი გონილეიშვილი

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2019

ISBN 978-9941-28-477-9 (PDF)

<http://www.gtu.ge>

ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის არც ერთი ნაწილის (იქნება ეს ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება არანაირი ფორმით და საშუალებით (იქნება ეს ელექტრონული თუ მექანიკური) არ შეიძლება გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

წიგნში მოყვანილი ფაქტების სიზუსტეზე პასუხისმგებელია ავტორი/ავტორები.

ავტორის/ავტორთა პოზიციას შეიძლება არ ემთხვეოდეს საგამომცემლო სახლის პოზიციას.



1. გვირაბების სამაგრი კონსტრუქციების

მიმართ არსებული ძირითადი მოთხოვნები

გვირაბის სამაგრი არის ხელოვნური კონსტრუქცია (ნაგებობა), რომელიც ეწყობა გარემომცველი სამთო ქანების ჩამოქცევის შესაძლებლობის გამოსარიცხად შახტების, მადაროების, ტუნელების, მეტროპოლიტენისა და სხვა მიწისქვეშა ნაგებობების მშენებლობისას. სამაგრის კონსტრუქცია დამოკიდებულია სამთო გამონამუშევრის განიკვეთის ფართზე, ფორმაზე, სამთო წნევის სიდიდეზე, ექსპლუატაციის ვადასა და სხვა ფაქტორებზე.

ექსპლუატაციის ხანგრძლივობის მიხედვით განასხვავებენ დროებით და მუდმივ სამაგრებს.

მასალის მიხედვით შესაძლებელია გამოყენებული იქნეს: ხის, ლითონის (ფოლადი), ბუნებრივი და ხელოვნური ქვის, ბეტონის, რკინაბეტონისა და შერეული (კომბინირებული) სამაგრი კონსტრუქციები.

გვირაბის განიკვეთის ფორმის მიხედვით განასხვავებენ: მართკუთხა, ტრაპეციულ, თაღურ, წრიულ, ელიფსურ და პოლიგონალურ სამაგრ კონსტრუქციებს.

მუშაობის ხასიათისა და სამაგრის ელემენტების შეერთების მიხედვით გამოიყენება: ხისტი, სახსრული, დამთმობი და კომბინირებული სამაგრი კონსტრუქციები.

გამონამუშევრის სახეობის მიხედვით შეირჩევა: კაპიტალური, მოსამზადებელი, დამჭრელი, საწმენდი, ჰორიზონტალური, დახრილი და ვერტიკალური გვირაბები-სათვის განკუთვნილი სამაგრი კონსტრუქციები.

სამთო ქანების მასივთან კონტაქტში მყოფი მიწისქვეშა ნაგებობების კონსტრუქციებს, სიმტკიცეზე გაანგარიშების თვალსაზრისით, განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს; რომლებსაც არ აქვს ანალოგი სამშენებლო და სხვა კონსტრუქციებს შორის. შესაბამისად მიწისქვეშა ნაგებობების სამაგრი კონსტრუქციების გაანგარიშების მეთოდები ხასიათდება მნიშვნელოვანი სირთულეებით, რაც დაკავშირებულია კონსტრუქციებზე მოქმედი დატვირთვების მნიშვნელობის განსაზღვრასთან. მათი ცალსახად განსაზღვრა

შეუძლებელია, რადგან ეს დატვირთვები წარმოიქმნება სამაგრი კონსტრუქციისა და გარემომცველი სამთო მასივის ურთიერთქმედების პროცესში. სამაგრი კონსტრუქციის დამაბული მდგომარეობა მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული გვირაბის გაყვანისა და სამაგრის ამოყვანის ტექნოლოგიურ პროცესებზე. აღნიშნული დატვირთვები (კონტაქტური ძაბვები) კი არ განისაზღვრება საწყისი მონაცემების სახით, როგორც ეს მიღებულია სხვა საინჟინრო კონსტრუქციებისათვის, არამედ - სამაგრის გაანგარიშების პროცესში.

მიწისქვეშა ნაგებობების კონსტრუქციების გაანგარიშება განსაკუთრებით რთულია, როგორც ამოცანის დასმის, ასევე გამოყენებული საანგარიშო მეთოდების თვალსაზრისით, რაც განპირობებულია სამაგრ კონსტრუქციაზე ძირითადი დატვირთვების (ზემდებარე ქანების წონა, ტექტონიკური ძაბვები, სეისმური ძალები, ზედაპირზე არსებული ნაგებობების წონა, პარალელურად მშენებარე გვირაბების ურთიერთგავლენა და სხვა) ზემოქმედებით, რომელებიც მოქმედებენ არა მხოლოდ სამაგრზე, არამედ გარემომცველ სამთო მასივზეც. შედეგად წარმოიქმნება ერთიანი დამაბულ-დეფორმირებადი სისტემა „სამაგრი-მასივი“. ამჟამად არსებული საანგარიშო მეთოდები ძირითადად დაფუძნებულია აღნიშნული სისტემის ბრტყელი ამოცანების ამოხსნაზე.

1.1. გვირაბების სამაგრის სახეები

როგორც ჩვეულებრივი სამთო გვირაბების, ასევე სხვა სახის მიწისქვეშა ნაგებობების გამოყენების ვადა სხვადასხვაა. ზოგიერთ გვირაბს იყენებენ თვეობით, ზოგიერთს კი - ათეული წლების ან განუსაზღვრელი პერიოდის განმავლობაში. გვირაბის არსებობის ანუ გამოყენების ვადა დამოკიდებულია მის დანიშნულებაზე. სასარგებლო ნამარხთა დამუშავების მიზნით გაყვანილი მოსამზადებელი გვირაბი არსებობს თვეობით, ხოლო მეტროპოლიტენის გვირაბი - განუსაზღვრელი ვადით. გვირაბის შეუფერხებელი ექსპლუატაციისათვის საჭიროა სხვადასხვა ღონისძიების ჩატარება. ისეთ ღონისძიებებს, რომელთა მიზანია გვირაბის წესიერ მდგომარეობაში დაცვა, გვირაბის შენახვას

უწოდებენ. გვირაბის შენახვა საკმაო ხარჯებს მოითხოვს (სამაგრის შეკეთება ან გამოცვლა, ლიანდაგის შესწორება, წყლის მოცილება და სხვ.). გარდა ამისა, შენახვის სამუშაოების ჩატარებისას, ხშირად, ძნელდება გვირაბის ნორმალური ექსპლუატაცია. ამიტომ გვირაბების დაგეგმარებისას ითვალისწინებენ ისეთ ღონისძიებებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ გვირაბის მდგრადობას და ამით აადვილებენ მის შენახვას. გვირაბის მდგრადობა ძირითადად დამოკიდებულია გვერდითი ქანების თვისებებზე, გვირაბის სათანადო ფორმასა და ზომებზე და ხელოვნური ნაგებობის - სამთო სამაგრის სახეზე. მაგარ ქანებში გაყვანილი გვირაბი, თუ მის კვეთს სათანადო ფორმასა და ზომებს მივცემთ, შესაძლებელია შეინახოს სამაგრის დადგმის გარეშე; მაგრამ გვირაბის მდგრადობის მაქსიმალურად უზრუნველყოფა და შესაბამისად მისი შენახვის პირობების გაუმჯობესება ძირითადად დამოკიდებულია სწორად შერჩეულ სამთო სამაგრზე და მისი ამოყვანის ხარისხზე.

1.2. გვირაბების სამაგრი კონსტრუქციების კლასიფიკაციები

სამთო გვირაბის ან სხვა სახის მიწისქვეშა ნაგებობის გაყვანით გაშიშვლებული ქანების არადრეკადად დეფორმირების შემთხვევაში მათი მდგრადობის უზრუნველყოფა ყველაზე უფრო ხშირად ხელოვნური ნაგებობების მეშვეობით ხორციელდება. ასეთ ნაგებობებს სამთო სამაგრი ეწოდება.

სამთო სამაგრის დადგმით მთლიანად უნდა შეიზღუდოს გვერდითი ქანების ჩამოქცევის შესაძლებლობა და დაცული იქნეს გვირაბის განივკვეთის საჭირო ზომები.

გვირაბის მდგრადობის უზრუნველყოფა, სამთო სამაგრის ტიპის (მასალისა და კონსტრუქციის) გარდა, დამოკიდებულია გვირაბის განივკვეთის რაციონალურ ფორმაზე. ამ მხრივ ხელსაყრელია გვირაბის მრუდხაზოვანი მოხაზულობა, რომელიც ხელს უწყობს სამაგრი მასალის ზიდვის უნარის სრულად გამოყენებას. გვირაბის განივკვეთის მრუდხაზოვანი ფორმის რაგვარობა დამოკიდებულია კონკრეტულ სამთო-გეოლოგიურ პირობებზე. მაგალითად, ჭერიდან საგულისხმო სამთო წნევის შემთხვევაში რაციონალური იქნება გვირაბის თაღოვანი ფორმა სწორი კედლებით, ხოლო თუ

მოსალოდნელია გვერდითი წნევა, ხელსაყრელი იქნება გვირაბს მიეცეს ნალისებრი მოხაზულობა; ყოველმხრივი სამთო წნევის დროს გვირაბებისათვის უფრო ხშირად ირჩევენ წრიულ ფორმას.

სამთო სამაგრი, როგორც ხელოვნური ნაგებობა, უნდა აკმაყოფილებდეს ტექნიკურ, საწარმოო და ეკონომიკურ მოთხოვნებს. ტექნიკური მოთხოვნები, რომელსაც სამაგრს უყენებენ, გამოიხატება მის სიმტკიცეში - სამაგრი ისე უნდა იყოს გათვლილი, რომ შეძლოს მასზე მოსული დატვირთვის ატანა.

თუ დატვირთვის შედეგად სამაგრის ელემენტების დეფორმაცია დრეკადობის ზღვარს არ სცილდება, მაშინ გვაქვს კონსტრუქციულად ხისტი სამაგრი, ზოგ შემთხვევაში სამაგრი იცვლის ფორმასა და ზომებს კონსტრუქციის შემადგენელი ელემენტების ურთიერთგადაადგილების ან პლასტიკური დეფორმაციის შედეგად, მაგრამ, ამავე დროს, ინარჩუნებს ზიდვის უნარს, ასეთ სამაგრს დამთმობი სამაგრი ეწოდება.

საწარმოო მოთხოვნების მიხედვით, სამაგრის კონსტრუქცია ხელს არ უნდა უშლიდეს სხვადასხვა საწარმოო ოპერაციას; სამაგრი არ უნდა იკავებდეს დიდ ადგილს გვირაბში და არ უნდა უქმნიდეს დიდ წინააღმდეგობას ჰაერის ჭავლს. ცალკეულ შემთხვევებში სამაგრს წაეყენება დამატებითი საწარმოო მოთხოვნები - წყალგაუვალობა, ხანძარმდეგობა და სხვ. სამთო სამაგრი უნდა შედგებოდეს ისეთი ელემენტებისაგან, რომელთა დამზადება შესაძლებელი იქნება მარტივი ტექნოლოგიით და გვირაბში დაყენება შესაძლებელი იქნება მცირე ზომების მქონე მსუბუქი მექანიზმებით.

ეკონომიკური მოთხოვნების მიხედვით, სამაგრის პირველადი ღირებულება არ უნდა იყოს დიდი, ხოლო მისი რემონტი იაფი უნდა ჯდებოდეს. აუცილებელია მხედველობაში მივიღოთ სამაგრის ამოყვანის სიადვილე. სამაგრის მუშაობის შესაძლებელი ხანგრძლივობა უნდა შეეფერებოდეს გვირაბის ექსპლუატაციის ვადას, ჩამოთვლილი მოთხოვნების სწორი სინთეზი საშუალებას მოგვცემს შევარჩიოთ სამთო სამაგრის ოპტიმალური ვარიანტი ამა თუ იმ პირობებისათვის. სამთო სამაგრები იყოფა: გასამაგრებელი გვირაბის გვარობის მიხედვით, კაპიტალური, მოსამზადებელი და წმენდითი გვირაბების სამაგრებად;

გამოყენებული მასალების მიხედვით - ხის, ლითონის, ბეტონის, ქვის, რკინაბეტონის და შერეულ სამაგრებად;

სივრცეში გვირაბის განლაგების მიხედვით - თარაზული, ვერტიკალური და დახრილი გვირაბების სამაგრებად;

სამაგრის სახის მიხედვით - ხისტ და დამთმობ სამაგრებად; სამაგრის მუშაობის პირობების მიხედვით - ჩვეულებრივ და სპეციალურ სამაგრებად;

სამაგრის კონსტრუქციული ნიშან-თვისებების მიხედვით - მონოლითურ და ასაწყობ სამაგრებად და სამაგრის ექსპლუატაციის ვადის მიხედვით - დროებით და მუდმივ სამაგრებად.

კაპიტალური გვირაბები ხასიათდება განსაკუთრებით დიდი ექსპლუატაციის ვადით (20-40 წელი და მეტიც). ეს გვირაბები განიცდის დამყარებული სამთო წნევის ზემოქმედებას, რის გამოც მათ გასამაგრებლად იყენებენ ბეტონის, რკინაბეტონისა და სხვა განუსაზღვრელად დიდი ექსპლუატაციის ვადის მქონე მასალებისაგან დამზადებულ ხისტი კონსტრუქციების სამაგრებს. მოსამზადებელი გვირაბები, უმრავლეს შემთხვევაში, განიცდის წმენდითი სამუშაოების გავლენას ანუ არადამყარებული სამთო წნევის ზემოქმედებას. ასეთ გვირაბებში იყენებენ დამთმობ სამაგრ კონსტრუქციებს, რომლებიც ძირითადად ლითონისაგან მზადდება.

ამა თუ იმ ტიპის სამთო სამაგრის შერჩევის დროს განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება სამაგრი მასალების თვისებებს, რომლებიც ძირითადად განსაზღვრავენ კონსტრუქციის ნიშან-თვისებებსა და გამოყენების არეს.

ჯერ კიდევ ფართოდაა გავრცელებული ხის სამაგრი, რომლის დადებითი მხარეებია: ხე-მასალის ადვილი და მოხერხებული დამუშავება, ადვილი გადატანა და დადგმა, გვირაბის მცირე გაბარიტული ზომები და შედარებით სიიაფე.

ხის სამაგრს გააჩნია შემდეგი უარყოფითი თვისებები: ვერ უძლებს დიდ სამთო წნევას, აქვს ექსპლუატაციის მცირე ვადა, არ გამოიყენება განმეორებით, არ არის ხანძარმედეგი, დიდ წინააღმდეგობას უქმნის ჰაერის ჭავლის მოძრაობას და კონსტრუქციული თვალსაზრისით არ იძლევა მრუდხაზოვანი ელემენტების გამოყენების შესაძლებლობას.

ქვისა და ბეტონის სამაგრების დადებითი მხარეებია: დიდი სამთო წნევის ატანის უნარი, ექსპლუატაციის განუსაზღვრელად დიდი ვადა და ხანძარმედეგობა.

ბეტონის სამაგრს გააჩნია აგრეთვე მონოლითურობა, რაც მისი უპირატესობაა ქვის სამაგრთან შედარებით. გარდა ამისა, ბეტონის სამაგრი მტკიცედ და უშუალოდ უკავშირდება გვერდით ქანებს, მაშინ როდესაც ქვით გამაგრებისას საჭირო ხდება სამაგრსა და ქანს შორის დარჩენილი სიცარიელის ამოყორვა.

ქვისა და ბეტონის სამაგრების ნაკლია: დიდი პირველადი ღირებულება, გვირაბის დიდი გაბარიტული ზომები, მექანიზაციის გარეშე სამაგრის ამოყვანის დაბალი სიჩქარე, დროებითი სამაგრის გამოყენების საჭიროება და რემონტის შედარებითი სირთულე. ბეტონის სამაგრის ნაკლად უნდა ჩაითვალოს ისიც, რომ მას არ ძალუძს ამოყვანის უმაღლე მიიღოს დატვირთვა.

რკინაბეტონის სამაგრს გააჩნია ბეტონის სამაგრისათვის დამახასიათებელი ყველა დადებითი თვისება. ერთსა და იმავე პირობებში იგი ნაკლებ მოცულობას მოითხოვს, ვიდრე ბეტონის სამაგრი, ხოლო თანაბარი სისქისას რკინაბეტონს გაცილებით მეტი დატვირთვის ატანა შეუძლია. რკინაბეტონის სამაგრის გამოყენება აუცილებელია არათანაბარი და დიდი სამთო წნევის პირობებში. ამასთანავე, უნდა აღინიშნოს რკინაბეტონის სიძვირე და სამაგრის ამოყვანისა და რემონტის სირთულე, რაც მაღალკვალიფიციურ მუშახელს მოითხოვს.

ლითონის სამაგრის ღირებებია: გვირაბის მცირე გაბარიტული ზომები, ადვილი და სწრაფი დადგმის შესაძლებლობა, ხანგრძლივი ექსპლუატაციის ვადა, ხანძარმედეგობა და მრავალჯერ გამოყენების შესაძლებლობა.

ლითონის სამაგრის გამოყენება შეიძლება ნებისმიერი ფორმის მქონე გვირაბში. ზოგიერთ შემთხვევაში, წყალგაუვალობის თვალსაზრისით, ლითონის სამაგრი წარმოადგენს ერთადერთ გამოსაყენებელ სამაგრს (გამაგრება ტიუბინგებით).

ლითონის სამაგრის უარყოფითი თვისებებია: მაღალი პირველადი ღირებულება და გარკვეული სირთულეები რემონტის დროს.

მიუხედავად დიდი პირველადი ღირებულებისა, ლითონის სამაგრი იძლევა მრავალჯერ გამოყენების საშუალებას და ყველაზე უფრო იაფ სამაგრს წარმოადგენს.

შერეულ სამაგრს გააჩნია იმ მასალების დადებითი და უარყოფითი თვისებები, რომლებითაც ხდება ასეთი სამაგრის ამოყვანა.

ზოგჯერ გვირაბის გამაგრება მოითხოვს ჯერ დროებითი სამაგრის, შემდეგ კი მუდმივი სამაგრის დადგმას. დროებითი სამაგრის დანიშნულებაა გვირაბის შენახვა მისი გაყვანისას, მუდმივი სამაგრის დადგამამდე.

დროებით სამაგრად იხმარება ხის ან ლითონის სამაგრი, რომელიც ადვილად ამოიყვანება. ასეთი სამაგრი შემდეგში იცვლება უფრო მასიური მტკიცე სამაგრით (ქვა, ბეტონი, რკინაბეტონი და სხვა). როდესაც მუდმივ სამაგრად იხმარება ხე ან ლითონი, მაშინ დროებითი სამაგრის დადგმა საჭიროებას აღარ წარმოადგენს.

სამთო სამაგრის შერჩევა საბოლოოდ უნდა დასაბუთდეს ეკონომიკური გაანგარიშებით. სამაგრი შეიძლება ჩაითვალოს რაციონალურად და მისი არჩევა დასაბუთებულად, თუ ჯამური დანახარჯები მის დადგმასა და მიმდინარე რემონტზე, გვირაბის არსებობის პერიოდში, იქნება მინიმალური ღირებულების, ყველა სხვა შესაძლო ვარიანტებთან შედარებით.

2. სამაგრი კონსტრუქციების შერჩევა

სამთო სამაგრის ანუ ხელოვნური ნაგებობის დასამზადებლად იგივე სამშენებლო მასალები გამოიყენება, რომლებსაც ფართოდ ხმარობენ სამრეწველო და სამოქალაქო მშენებლობაში. სამაგრი მასალის შეფასებისას ძირითად მაჩვენებლებს წარმოადგენს სიმტკიცე და მოცულობითი წონა. გვირაბების გამაგრებისას უპირატესობა ეძლევა უფრო მსუბუქ მასალებს, რადგან ასეთი მასალებისაგან დამზადებული კონსტრუქციის დადგმა გვირაბში ადვილია. ამასთანავე საჭიროა, რომ სამაგრ მასალას მაღალი სიმტკიცე გააჩნდეს. საყურადღებოა სამაგრი მასალის ფორიანობა. ფოროვანი მასალები ხასიათდება წყლის შეწოვის უნარით, რაც შეიძლება გახდეს მათი სიმტკიცის მნიშვნელოვანი შემცირების მიზეზი. სამაგრი მასალების შეფასებისას მხედველობაში უნდა მივიღოთ, აგრეთვე, მათი ყინვაგამძლეობა, ცეცხლგამძლეობა და ლპობისა და კოროზიისადმი წინააღობის უნარი. სამაგრი მასალა უნდა იყოს იაფი და არადეფიციტური.

2.1. ხის სამაგრი

სამაგრ მასალად გამოყენებული ხეტყე უნდა გამოირჩეოდეს მაღალი მექანიკური სიმტკიცით, ლპობისადმი კარგი გამძლეობით და, შეძლებისდაგვარად, სიიფით. სამთო სამაგრისათვის იხმარება წიწვოვანი და ფოთლოვანი ხეების სხვადასხვა ჯიში.

წიწვოვანი ჯიშებიდან გამოიყენება ფიჭვი, ნაძვი, ბალახფიჭვა, სოჭი და კედარი, ხოლო ფოთლოვანი ჯიშებიდან - მუხა, წიფელა, რცხილა, კოპიტი, აკაცია და სხვა. ყველაზე უფრო ფართო გამოყენება აქვს ფიჭვს, ნაძვს და მუხას. ფიჭვს ახასიათებს სწორი ღერო და მცირე ნუჟრიანობა, რაც მისი გამოყენების ხელსაყრელ პირობებს ქმნის, ფიჭვის მერქანი საკმაო რაოდენობით შეიცავს ფისს, რის გამოც ლპობისადმი კარგ წინააღმდეგობას იჩენს ფიჭვი მსუბუქი, იოლი მოსახმარი და ადვილი დასამუშავებელია. ნაძვის მერქანი უფრო ნაკლებად ფისიანია, ვიდრე ფიჭვისა და ნოტიო ადგილებში გამოყენებისას ადვილად ღებება.

სამაგრ კონსტრუქციებში ნაძვი, ფიჭვთან შედარებით, ნაკლებად იხმარება. ფიჭვი და ნაძვი კარგი სიგნალიზატორებია (სამთო წნევის გაზრდისას გამოსცემენ დამახასიათებელ ტკაცუნს).

ბალახფიჭვა (ლარიქსი) დიდ გამძლეობას იჩენს ლპობისადმი. იგი უფრო მეტ ფისს შეიცავს, ვიდრე ფიჭვი. ბალახფიჭვას მერქანი ფიჭვისაზე უფრო მკვრივია და გააჩნია კარგი მექანიკური სიმტკიცე. ბალახფიჭვას მერქანი ძნელად დასამუშავებელია. მას იყენებენ შედარებით ხანგრძლივი ექსპლუატაციისათვის განკუთვნილი გვირაბებში.

სოჭის მერქანი ნაძვისას წააგავს, მაგრამ უფრო ნაკლები სიმტკიცისაა და ლპობისადმი ნაკლებად გამძლეა. სოჭი, ისევე როგორც ნაძვი, გამოიყენება მცირე ექსპლუატაციის ვადის მქონე მშრალ გვირაბებში, როდესაც სამთო წნევა დიდი არ არის.

კედარის მერქანი მსუბუქი და რბილია, ახასიათებს ლპობისადმი კარგი გამძლეობა. მისი მექანიკური თვისებები ფიჭვისაზე უარესია, გვირაბების გამაგრებისას კედარი იშვიათად გამოიყენება.

მუხა გამოირჩევა დიდი მექანიკური სიმტკიცითა და ლპობისადმი წინააღმდეგობის უნარით. მუხა ძნელი დასამუშავებელია და მას იშვიათად აქვს გრძელი და სწორი ღერო.

მუხის მერქანი შედარებით მძიმე და ძვირია. მუხას იყენებენ ექსპლუატაციის დიდი ვადის მქონე გვირაბებში, მნიშვნელოვანი სამთო წნევის დროს.

წიფელსაც მაღალი მექანიკური სიმტკიცე აქვს, მხოლოდ ლპობისადმი მეტად მცირე წინაღობა ახასიათებს წიფელის მსგავსი თვისებები გააჩნია რცხილას. აკაცია მექანიკური სიმტკიცითა და ლპობისადმი წინაღობით მუხის მსგავსია. სამაგრ მასალად აკაციას ჩვენში არ იყენებენ, ვინაიდან მცირე რაოდენობით მოიპოვება.

მერქნის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებიდან ერთ-ერთ ყველაზე მნიშვნელოვან ფაქტორს, რომელიც მოქმედებს მერქნის სიმტკიცეზე, მოცულობით წონასა და სხვა თვისებებზე მოქმედებს, წარმოადგენს ტენიანობა. ახლად მოჭრილი ხის ტენიანობა მისი წონის 30-60 %-ს შეადგენს, რაც უფრო მკვრივია მერქანი, მით ნაკლებია ახლად მოჭრილი ხის ტენიანობა და მით მეტია მისი სიმტკიცე. ბუნებრივად გამშრალი ხის ტენიანობა მხოლოდ 10-20%-ის ტოლია, მერქნის მოცულობით წონას, სიმტკიცის უნარს და სხვა თვისებებს ბუნებრივად გამშრალ მდგომარეობაში საზღვრავენ.

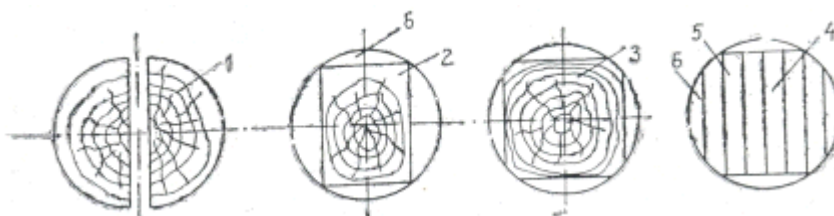
1-ელ ცხრილში მოცემულია ზოგიერთი ჯიშის მოცულობითი წონები და სიმტკიცეთა მნიშვნელობები სხვადასხვა სახის დეფორმაციებისას.

ბუნებრივად გამშრალი ყველა სახის მერქნისათვის ბოჭკოების გასწვრივ დეფორმაციის დროს დრეკადობის მოდული აიღება 100000 კგ/სმ^2 -ის ტოლად. გაზრდილი ტენიანობის მქონე მერქნისათვის დრეკადობის მოდული ცვალებადობს $E=7500+8500 \text{ კგ/სმ}^2$ -ის ფარგლებში.

ჯიში	წონა, კგ/მ ³	ნორმატიული (მრიცხველში) და საანგარიშო (მნიშვნელში) ძაბვები (კგ/სმ ²)		
		ლუნვა	გაჭიმვა ბოჭკოების გასწვრივ	კუმშვა ბოჭკოების გასწვრივ
ფიქვი	500—600	$\frac{330}{130}$	$\frac{370}{100}$	$\frac{200}{130}$
ნაძვი	450—550	$\frac{330}{130}$	$\frac{370}{100}$	$\frac{200}{130}$
ბალახფიქვა (ლარიქსი)	600—700	$\frac{396}{156}$	$\frac{444}{120}$	$\frac{240}{156}$
მუხა	800—1000	$\frac{429}{169}$	$\frac{481}{130}$	$\frac{260}{169}$
ერთგვაროვნობის კოეფიციენტი, <i>K</i>		0,4	0,27	0,65

2.1.1. სამაგრი ხეტყის სორტამენტი

ხე-მასალა შეიძლება იყოს მრგვალი ან დახერხილი. სამთო საქმეში ყველაზე უფრო გავრცელებულ სახეს წარმოადგენს ბივი. ბივის სიგრძე 0,5-დან 4,0 მეტრამდეა, ხოლო სისქე - 7-25 სმ. სისქე ზედა გადანაჭერში იზომება. 4 მ-ზე მეტი სიგრძის მრგვალ ხე-მასალას, რომლის სისქე 20 სმ ნაკლებია, ლატანმორი ეწოდება, ხოლო თუ სისქე 20 სმ მეტია - მორი. ნახ.1-ზე ნაჩვენებია დახერხილი ხეტყის სახეობანი.



ნახ. 2.1. სამაგრი ხეტყის სორტამენტი:

1- შუახერხილი; 2 - სუფთა ძელი; 3 - ძელი; 4 - სუფთა ფიცარი; 5 - ფიცარი; 6 - ნაგვერდული.

მორის სიგრძეზე გახერხვით ორ ნაწილად მიიღება შუახერხილი; მორის ქორდაზე ჩანახერხს ეწოდება ნაგვერდული, ხოლო მცირე ზომის ნაგვერდულს იომეს უწოდებენ.

ძელი მიიღება მორებიდან ნაგვერდულების წახერხვით ორი ან ოთხივე მხრიდან ორმხრივ წახერხილი მორის ერთ-ერთ სახეს წარმოადგენს შპალი. მორის ან ძელის დახერხვით მიიღება ფიცრები. ფიცარი ეწოდება ბრტყელ ხე-მასალას, რომლის სისქე ნაკლებია 100 მმ-ზე რომლის სიგანის შეფარდება სისქესთან ორს აღემატება.

2.1.2. მერქნის ექსპლუატაციის ვადის გაზრდის საშუალებები

ხის სამაგრის ექსპლუატაციის ვადის გასაზრდელად საჭიროა გავზარდოთ მერქნის გამძლეობა ლპობისადმი. ამ მიზნით სხვადასხვა ღონისძიებას მიმართავენ. ეს ღონისძიებებია: მერქნის გამოშრობა, სამაგრის შეღებვა დამცავი ნივთიერებით, ანტისეპტიკური ხსნარებით გაჟღენთვა და სხვ.

მერქნის ბუნებრივი გამოშრობის დროს ხეტყე ისე უნდა დაეწყოს, რომ ჰაერმა ყველა მხრიდან კარგად შემოუაროს. ბუნებრივი გამოშრობის ვადა 1-2 წელია. ინტენსიურ გამოშრობას ადგილი აქვს პირველი თვის განმავლობაში. ხეტყის ხელოვნური გამოშრობა მცირე დროს მოითხოვს (30-40 საათი), მაგრამ ტექნიკური სირთულის გამო სამთო მრეწველობაში იშვიათად გამოიყენება. მერქნის გამოშრობა მისი მექანიკური სიმტკიცის ზრდასაც იწვევს.

ხის სამაგრის შეღებვა დამცავი ნივთიერებით იცავს მას მადაროს ატმოსფეროს უშუალო მოქმედებისაგან. ასეთ საიზოლაციო მასალებს ეკუთვნის კირის ხსნარი, ქვანახშირის ფისი, კრეოზიტი და სხვ. ეს ღონისძიება მადაროში იშვიათად გამოიყენება, რადგან საიზოლაციო მასალები მძაფრ სუნს უშვებენ.

ლპობის მიმართ გამძლეობის გასაზრდელი საშუალებებიდან ამჟამად ყველაზე მეტად გავრცელებულია მერქნის გაჟღენთვა ანტისეპტიკური ხსნარებით.

მერქნის ფორებში ანტისეპტიკური ხსნარების შეყვანით ქმნიან ისეთ შხამიან არეს, რომელშიაც ლპობის გამომწვევი მიკროორგანიზმების განვითარება შეუძლებელი ხდება. მრავალი სახეობის ანტისეპტიკებიდან სამთო მრეწველობაში ყველაზე მეტად გავრცელებულია ნატრიუმფთორიდი (NaF) და კაჟიანფთოროვანი ნატრიუმი (Na_2SiF_6). ამ მინერალურ ანტისეპტიკებს არ გააჩნია მძაფრი სუნი და არც მერქნის სიმტკიცეს ამცირებს.

მერქანში ანტისეპტიკების შეყვანა წარმოებს წნევის ქვეშ ან ცხელი და ცივი აბაზანის საშუალებით.

წნევის ქვეშ გაჟღენთვა წარმოებს სათანადოდ მოწყობილ ხეტყის გამჟღენთ ქარხნებში. ხეტყე თავსდება ჰერმეტიულად დახურულ ლითონის ცილინდრში (ავტოკლავში). პროცესი იწყება ავტოკლავში ვაკუუმის შექმნით. ვაკუუმის შექმნის შედეგად ხდება ჰაერისა და ნაწილობრივ წვენიც გამოდენა ხის ფორებიდან. ამის შემდეგ ავტოკლავს შეავსებენ ცხელი ანტისეპტიკური ხსნარით და წნევას გაზრდიან 7-8 ატ-მდე, როდესაც მერქანი შეწყვეტს ანტისეპტიკური ხსნარის შთანთქმას, გაჟღენთვის პროცესი დამთავრებული იქნება.

ცხელი და ცივი აბაზანების მეთოდით გაჟღენთვისას ხეტყე 3-5 საათის განმავლობაში თავსდება 90-95^o-ზე გაცხელებულ ანტისეპტიკურ ხსნარში, მერქნის გაცხელების შედეგად ცხელდება მის ფორებში მოთავსებული ჰაერი და გაფართოების გამო ნაწილობრივ გარეთ გამოდის. ამის შემდეგ აბაზანაში ქვემოდან მიეწოდება ცივი ანტისეპტიკური ხსნარი, 20-25^o ტემპერატურით. მერქნის გაცივების შედეგად ცივდება და იკუმშება მის ფორებში დარჩენილი ჰაერი. ამის გამო მერქნის შიგნით იქმნება ვაკუუმი და ხდება ანტისეპტიკური ხსნარის შეწოვა.

1 მ³ მერქნის გასაჟღენთად იხარჯება 3-5 კგ ანტისეპტიკი.

ანტისეპტიკებით გაჟღენთილი სამაგრის ექსპლუატაციის ვადა 3 - 4-ჯერ იზრდება.

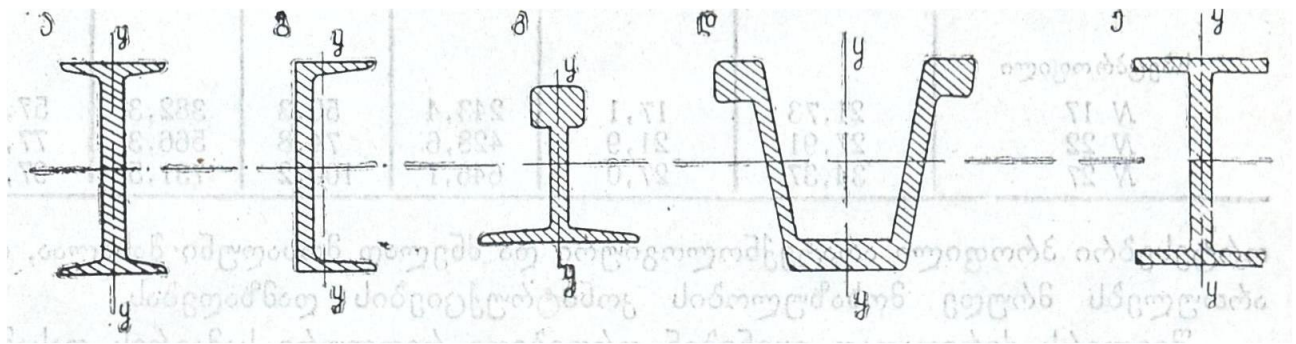
2.2. ლითონი

ლითონის დიდი სიმტკიცის გამო, მისი გამოყენებით დამზადებული სამაგრი ნებისმიერი ფორმის გვირაბისათვის მსუბუქი და ზიდვის უნარიანი გამოდის.

სამაგრ კონსტრუქციებში უმეტესად შავი ლითონები გამოიყენება. შავი ლითონები ისეთ ლითონებს და შენადნობებს ეწოდებათ რომელთა მთავარ შემადგენელ ნაწილს რკინა წარმოადგენს. შავი ლითონების ჯგუფს მიეკუთვნება ფოლადი და თუჯი.

ფოლადს იყენებენ სხვადასხვაგვარი ნაგლინის სახით, ხოლო თუჯს-ჩამოსხმული ელემენტების სახით.

მე-2 ნახაზზე ნაჩვენებია სხვადასხვა პროფილის ნაგლინი ფოლადი, რომელსაც სამთო გვირაბების გამაგრებაში მეტწილად გამოიყენება



ნახ. 2.2. სამაგრი ფოლადის პროფილები

ა. ორტესებრი; ბ. შველერი; გ. რელსი; დ. სპეციალური პროფილი; ე. ფართოთაროიანი ორტესებრი.

ამ პროფილების გეომეტრიული მახასიათებლები მოცემულია მე-2 ცხრილში.

ამ ცხრილიდან ნათლად ჩანს, რომ ორტესებრი პროფილის წინაღობის მომენტი $x-x$ ღერძის მიმართ ბევრად აღემატება წინაღობის მომენტს $y-y$ ღერძის მიმართ, რის გამოც პროფილი კარგად მუშაობს განივ ღუნვაზე ანუ დეფორმაციაზე, რომლის მღუნავი ძალების მიმართულება $y-y$ ღერძის თანხვედნილია. მაგრამ, არცთუ ისე იშვიათად, ორტესებრი პროფილს მუშაობა უხდება ირიბ ღუნვაზეც, რომელიც W_y წინაღობის მომენტის სიმცირის გამო, სუსტად ეწინააღმდეგება ასეთ დატვირთვას და სწრაფად დეფორმირდება. ასეთ პირობებში ბევრად უკეთესად მუშაობს ფართოთაროიანი ორტესებრი პროფილი, რომელიც ხასიათდება შედარებით გაზრდილი W_y წინაღობის მომენტით.

პროფილის დასახელება	განივკვე- თის ფარ- თობი, სმ ²	თეორიუ- ლი მასა, კგ/მ	x—x ღერძი		y—y ღერძი	
			ინერციის მომენტი J_x , სმ ⁴	წინალობის მომენტი W_x , სმ ³	ინერციის მომენტი, J_y , სმ ⁴	წინალობის მომენტი, W_y , სმ ³
ორტესებრი პრო- ფილი						
N 16	20,2	15,9	873	109	58,6	14,5
N 18	23,2	18,4	1290	143	82,6	18,4
N 20	26,8	21,0	1840	184	115,0	23,1
N 22	30,6	25,0	2550	232	157,0	28,6
შველერი						
N 12	13,3	10,4	304	50,6	31,2	8,5
N 14	15,6	12,3	491	70,2	45,4	11,0
N 16	18,1	14,2	747	93,4	63,3	13,8
რელსი						
R 18	23,07	18,06	240,0	51,1	47,1	10,3
R 24	32,7	25,6	468,0	87,2	80,6	17,5
R 33	42,7	33,5	967,9	146,86	166,7	30,3
სპეცპროფილი						
N 17	21,73	17,1	243,4	50,3	382,3	57,9
N 22	27,91	21,9	428,6	74,8	566,3	77,8
N 27	34,37	27,0	646,1	100,2	731,5	97,8

ორტესებრი პროფილი არატექნოლოგიური და ძნელად მოსაღუნი მასალაა, რაც ართულებს მრუდე მოხაზულობის კონსტრუქციების დამზადებას.

შველერს ძირითადად იყენებენ დროებითი რგოლური სამაგრის დასამზადებლად და ხმარობენ ვერტიკალური გვირაბების მშენებლობის დროს. რელსი, ორტესებრი პროფილის ანალოგიურად, კარგად მუშაობს განივ ღუნვაზე, მაგრამ ლითონის საგულისხმო ხარჯის გამო იშვიათად გამოიყენება.

სამაგრ კონსტრუქციებს შორის განსაკუთრებით გავრცელებულია სპეციალური ურთიერთშენაცვლებადი პროფილი CBI (ნახ. 2,2 დ).

სპეცპროფილი ხასიათდება თითქმის თანატოლი წინალობის მომენტებით ორივე მთავარი ღერძის მიმართ და კარგად ეწინააღმდეგება ირიბად მოქმედ დატვირთვებსაც.

კონსტრუქციულად მოხერხებული მისი ფორმა უზრუნველყოფს ლითონის მცირე ხარჯს და პროფილის საგულისხმო სიმტკიცეს.

CBII სპეციალური პროფილი ხასიათდება არც თუ დიდი წინაღობის მომენტებით და ძირითადად გამოიყენება დამთმობი სამაგრი კონსტრუქციების დასამზადებლად.

მრგვალი, ფურცლოვანი და ზოლოვანი ფოლადი გამოიყენება დამხმარე ელემენტების: ცალულების, ქანჩების, ზესადებებისა და სხვა ნაკეთობათა დასამზადებლად.

თუჯისაგან ამზადებენ ტიუბინგებს. თუჯს იყენებენ აგრეთვე სადგარების, ქვესადებების, ქუსლებისა და სხვა ნაწილების დასამზადებლად, ლითონისა და შერეული სამაგრის დადგმის დროს.

გვირაბში დადგმული ლითონის სამაგრი კოროზიას განიცდის. კოროზიის თავიდან ასაცილებლად სამაგრს მინერალური საღებავით ფარავენ. შეღებვის მიზანია ლითონის ზედაპირის იზოლირება გარემოსაგან. საჭიროების შემთხვევაში უნდა მოხდეს საღებავის ფენის განახლება. ზოგჯერ შეღებვის ნაცვლად ლითონის ზედაპირს ფარავენ ცემენტის ხსნარით. კოროზიის თავიდან ასაცილებლად იყენებენ აგრეთვე სპეციალურ ანტიკოროზიულ ლითონებს, მაგალითად, მცირედ ლეგირებულ ქრომ-ნიკელ-სპილენძოვან ფოლადს, რომლის მდგრადობა კოროზიისადმი ჩვეულებრივი ფოლადის მდგრადობას 50 %-ით და მეტითაც აღემატება.

სამაგრ კონსტრუქციებში გამოსაყენებელ ლითონს, კოროზიამდეგობის გარდა, მოეთხოვება ნაკლები სიმყიფე, მეტი პლასტიკურობა და დიდი სიმტკიცე.

მე-3 ცხრილში მოცემულია სხვადასხვა ნაგლინი ფოლადის სიმტკიცის მახასიათებლები.

დეფორმაციის სახე	ნორმატიული (მრიცხველში) და საანგარიშო (მნიშვნელში) ძაბვები კგ/სმ ² ფოლადებისათვის					
	ფ. 0 ფ. 1	ფ. 2.	ფ. 3	ფ. 4	ფ. 5	ფ. 6
გაჭიმვა, კუმშვა, ლუნვა	$\frac{1900}{1700}$	$\frac{2200}{2000}$	$\frac{2400}{2100}$	$\frac{2600}{2300}$	$\frac{2800}{2400}$	$\frac{3100}{2600}$
ჭრა	$\frac{1150}{1000}$	$\frac{1300}{1200}$	$\frac{1450}{1300}$	$\frac{1550}{1400}$	$\frac{1650}{1400}$	$\frac{1850}{1600}$
ერთგვაროვნობის K კოეფ.	0,9	0,9	0,9	0,9	0,85	0,85

სპეციალური პროფილის ნაგლინი მზადდება ფ. 5 მარკის ფოლადისაგან, ხოლო დანარჩენი სახის ნაგლინები - ფ. 3 მარკის ფოლადისაგან.

2.3. მჭიდა მასალები და დულაბები

მჭიდა მასალა ისეთ მასალას ეწოდება, რომელიც წყალში აზელვისას, შინაგანი ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების გავლენით, თხევადი ან ცომისებრი მდგომარეობიდან ქვისებრ მდგომარეობაში გადადის. მჭიდა მასალებს ფხვნილისებრი სახე აქვს. მათ იყენებენ სამშენებლო დულაბებისა და ბეტონის მისაღებად, გამოუწვავი ხელოვნური ქვის დასამზადებლად და სხვ. მჭიდა მასალა ან ბუნებრივი სახისაა, ანდა, უფრო ხშირად, ხელოვნურად მზადდება. ისეთ მჭიდა მასალებს, რომლებიც სიმაგრეს და სიმტკიცეს მხოლოდ ჰაერზე იძენენ, ჰაეროვანი მჭიდა მასალები ეწოდება; იმ მჭიდა მასალებს კი, რომლებსაც გამაგრება და სიმტკიცის შეძენა შეუძლიათ როგორც ჰაერზე, ისე წყალში, ჰიდრავლიკურ მჭიდა მასალებს უწოდებენ. მიწისქვეშა ნაგებობათა მშენებლობის დროს ძირითადად იყენებენ ჰიდრავლიკურ მჭიდა მასალებს, რომელთაგან ფართოდ გავრცელებულია პორტლანდცემენტი, წიდაპორტლანდცემენტი, თიხამიწოვანი ცემენტი და გაფართოებადი ცემენტი.

პორტლანდცემენტი მეტად გავრცელებული მჭიდა მასალაა, რომელიც წარმოადგენს კლინკერისა და თაბაშირის მინარევის წმინდად დაფქვის პროდუქტს. კლინკერი მიიღება ბუნებრივი მერგელის ან სათანადოდ დოზირებული ნედლეულის ნარევის თანაბარი გამოწვით შეცხოვამდე, პორტლანდცემენტს ახასიათებს შედარებით მუდმივი შედგენილობა, რომელიც შემდეგნაირადაა წარმოდგენილი: 64-67 % CaO, 19-24 % SiO₂, 4-7% Al₂O₃, 2-6% Fe₂O₃ და 5%-ზე ნაკლები MgO.

ცემენტის წყალში შერევა გარკვეული პროპორციით გვაძლევს ცემენტის ცომს, რომელიც თანდათან კარგავს პლასტიკურობას და იწყებს გამაგრებას. გამაგრების პროცესი გამოწვეულია ცემენტისა და წყლის ურთიერთქმედებით, რის შედეგად ცემენტის ცომი ცემენტის ქვად გადაიქცევა. ცემენტის შეკვრის პროცესი მიმდინარეობს რამდენიმე საათის განმავლობაში, ხოლო გამაგრების პროცესი შეიძლება გაგრძელდეს თვეებისა და წლების მანძილზეც.

პორტლანდცემენტი წმინდა ფხვნილია, რომლის მექანიკური სიმტკიცე განისაზღვრება ცემენტისა და ქვიშის ნარევისაგან დამზადებული ნიმუშის (პროპორციით 1:3) კუმშვაზე გამოცდით. ნიმუში გამოიცდება დამზადებიდან 28 დღის შემდეგ. ცემენტის ნიმუშის სიმტკიცის ზღვარს კუმშვაზე ეწოდება ცემენტის მარკა. პორტლანდცემენტს უშვებენ 300, 400, 500 და 600 მარკისას. წარმოებაში ფართო გავრცელებით სარგებლობს აგრეთვე სპეციალური პორტლანდცემენტები, რომლებიც სწრაფად შეკვრადი (БТЦ) და განსაკუთრებით სწრაფად შეკვრადი (О БТЦ) მჭიდა მასალებია. ეს ცემენტები ხასიათდება სწრაფად გამაგრებისა და მაღალი სიმტკიცის მიღების უნარით. სპეციალური პორტლანდცემენტები ძირითადად გამოიყენება ავარიული მდგომარეობის შემთხვევებში (გვირაბის ჩამოქცევა, წყლის შემოვარდნა და სხვა და აგრეთვე მაღალი სიმტკიცის ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციების დასამზადებლად.

მიწისქვეშა აგრესიული წყლების ზემოქმედება ცემენტზე (ბეტონში ან დულაბში) იწვევს ცემენტის სიმტკიცის შემცირებას ან, ზოგჯერ, მის სრულ დარღვევას. ამ მოვლენას ცემენტის კოროზია ეწოდება. როდესაც ბეტონი მკვრივია და სიცარიელები არ გააჩნია, მაშინ კოროზია მხოლოდ მის ზედაპირზე წარმოებს; ფორიან ბეტონში კი, როდესაც

წყალი ბეტონის მასაში გადის, კოროზიის პროცესი ინტენსიურად მიმდინარეობს. კოროზიის თავიდან ასაცილებლად ხმარობენ განსაკუთრებული სახის ცემენტებს. ასეთებს ეკუთვნის წიდაპორტლანდცემენტი, თიხამიწოვანი ცემენტი და სხვ. წიდაპორტლანდცემენტი მიიღება პორტლანდცემენტის კლინკერისა და გრანულირებული ბრძმედის წიდის ერთად დაფქვით. ბრძმედის წიდის წილი ცემენტის შედგენილობაში დამოკიდებულია ცემენტის მარკაზე და მისი წონის 30-60%-ია. წიდაპორტლანდცემენტს უშვებენ სიმტკიცით 200, 300, 400 და 500 მარკისას. ეს ცემენტი, ჩვეულებრივ პორტლანდცემენტთან შედარებით, ხასიათდება შეკვრის პროცესის დაბალი სიჩქარით. წიდაპორტლანდცემენტი გამოიყენება ბეტონისა და რკინაბეტონის ისეთ ნაგებობებში, რომლებიც განიცდიან მიწისქვეშა აგრესიული წყლების ზემოქმედებას. თიხამიწოვანი ცემენტი მაღალი სიმტკიცის ჰიდრავლიკური მჭიდი მასალაა, რომელიც სწრაფად მაგრდება. თიხამიწოვანი ცემენტი გამოირჩევა მინერალიზებული წყლების მოქმედებისადმი მდგრადობით. ამ სახის ცემენტის ნედლეულს წარმოადგენს ბოქსიტი, რომელიც მდიდარია თიხამიწით და კირქვით. ბოქსიტები ძვირფასი ნედლეულია და უმთავრესად ალუმინის მისაღებად გამოიყენება. თიხამიწოვან ცემენტს უშვებენ სამი მარკისას (400, 500 და 600). მისი ღირებულება 3-4-ჯერ აღემატება ჩვეულებრივი პორტლანდცემენტის ღირებულებას. ეს გარემოება ზღუდავს მის გამოყენებას და უმთავრესად იხმარება განსაკუთრებით რთულ სამთო-გეოლოგიურ პირობებში, როდესაც სამაგრს ამოყვანისთანავე უხდება დიდი წნევების ატანა.

გავრცობადი ცემენტები გამაგრების პროცესში მოცულობაში იმატებს. ჩვეულებრივი ცემენტებით დამზადებული ბეტონები და დუღაბები გამაგრების შემდეგ იკლებს მოცულობაში. გავრცობადი ცემენტები ძირითადად გამოიყენება რკინაბეტონის სამაგრ კონსტრუქციებში სხვადასხვა სახის ღრეჩოების შესავსებად და, შესაბამისად, მათთვის წყალგაუვალობის მისანიჭებლად. პრაქტიკაში იყენებენ თაბაშირიან თიხამიწოვან გავრცობად ცემენტს და გავრცობად პორტლანდცემენტს. თაბაშირიანი თიხამიწოვანი ცემენტი ჰაერზე გამაგრებისას არ იკლებს მოცულობაში, ხოლო წყალში გამაგრებისას- მოცულობაში იმატებს.

გავრცობადი პორტლანდცემენტის მოცულობაში მომატება იცვლება 0,15-2%-ის საზღვრებში. ეს ცემენტი მზადდება 400, 500 და 600 მარკის სიმტკიცით.

დ უ ლ ა ბ ე ბ ი შედგება მჭიდა მასალის, წყლისა და წერილი შემვსებისაგან (ქვიშა, დაფქული წიდა და სხვ.). დულაბი ბეტონისაგან მხოლოდ იმით განსხვავდება, რომ მასში არ შედის მსხვილი შემვსები (ხრეში ან ღორღი). მიწისქვეშა ნაგებობათა მშენებლობაში დულაბები გამოიყენება ქვის წყობისათვის, ტამპონაჟისათვის, ჰიდროიზოლაციისათვის და სხვა მიზნებისათვის დულაბის სიმტკიცე დამოკიდებულია გამოყენებული მჭიდა მასალის მარკაზე და მიახლოებით შეიძლება შემდეგი ფორმულით განისაზღვროს

$$R_{\text{დ}} = R_{\text{გ}} \left(\frac{1}{n} - 0,05 \right) + 5 \text{ კგ/სმ}^2, \quad (2.1)$$

სადაც $R_{\text{დ}}$ არის დულაბის მარკა;

$R_{\text{გ}}$ - ცემენტის მარკა;

n - ცემენტის ერთ მოცულობით წილზე აღებული ქვიშის მოცულობათა წილების რიცხვი.

ეს ფორმულა ვარგისია, როდესაც $12 > n > 2,5$.

წყობის სიმტკიცეზე ძირითადად გავლენას ახდენს ქვის სიმტკიცე და არა დულაბის მარკა; ამიტომ იყენებენ დაბალი სიმტკიცის დულაბებს (30-50 მარკა).

ჰიდროიზოლაციისა და ტამპონაჟისათვის გამოყენებული დულაბები უნდა ხასიათდებოდეს ადვილადჩაწყობადი თვისებებით. ადვილადჩაწყობადი დულაბის მისაღებად საჭიროა ოთხჯერ მეტი ცემენტის აღება, რაც არაეკონომიურია. ამიტომ დულაბში ცემენტის გარდა შეჰყავთ სპეციალური დანამატები, რომელიც დულაბს აძლევს ადვილადჩაწყობადობის უნარს. ასეთ დანამატებს პლასტიფიკატორები ეწოდება, ხოლო მათ შემცველ დულაბებს - შერეული დულაბები. პლასტიფიკატორებად ხმარობენ თიხას, კირს, დაფქულ წიდას და სხვა. ეს დანამატები ამცირებს დულაბების განშრევის საშიშროებას.

2.4. ბეტონი და რკინაბეტონი

ბეტონი ეწოდება ხელოვნურ საშენ მასალას, რომელიც მიიღება ცემენტის, ქვიშის, მსხვილი შემვსებისა (ხრეში, ღორღი) და წყლის ნარევის გამაგრების შედეგად. ცემენტი

და წყალი წარმოადგენს ბეტონის აქტიურ შემადგენელს. მათი ურთიერთქმედების შედეგად მიიღება ცემენტის ქვა, რომელიც კრავს წვრილ და მსხვილ შემვსებებს. შემვსებები მონაწილეობას არ ღებულობს ბეტონის ნარევის გამაგრებისას ქიმიური ნივთიერების შექმნაში, ამიტომ მათ ხშირად ინერტულ მასალებს უწოდებენ.

მოცულობითი წონის მიხედვით არჩევენ ბეტონის ოთხ სახეს: განსაკუთრებით მძიმე ბეტონი ($\gamma=2500$ კგ/მ³), მძიმე ბეტონი ($\gamma=1800-2500$ კგ/მ³), მსუბუქი ბეტონი ($\gamma=500-1800$ კგ/მ³) და განსაკუთრებით მსუბუქი ბეტონი ($\gamma\leq 500$ კგ/მ³).

მიწისქვეშა ნაგებობათა მშენებლობაში უმეტესად იყენებენ 150, 200 და 400 მარკის ბეტონებს.

ბეტონის ნარევის კონსისტენციის მიხედვით ასხვავებენ ხისტ, პლასტიკურ და სხმულ ბეტონს.

ხისტი ბეტონი შეიცავს წყლის მინიმალურ რაოდენობას (6,0-6,5%) და ხმარებისას საჭიროებს გაძლიერებულ დატკეპნას. ახლად დამზადებულ ხისტ ბეტონს ნოტიო მიწისებრი მასის შეხედულება აქვს.

პლასტიკური ბეტონის ნარევი წყლის რაოდენობა შეადგენს წონის 6,5-8%-ს. იგი უფრო მოძრავია, ვიდრე ხისტი ბეტონის ნარევი, მაგრამ ნიჩბით აღებისას არ გადმოიღვრება. პლასტიკური ბეტონის ხმარებისას საჭიროა მისი მსუბუქი დატკეპნა.

სხმული ბეტონის დამზადებისას წყლის შემცველობა ნარევი 8-10 %-ს შეადგენს. სხმულ ბეტონს ღარში დინების უნარი გააჩნია.

სამთო სამაგრის ამოყვანისას უმთავრესად ხისტი ბეტონი იხმარება. რკინაბეტონის სამაგრში უმჯობესია პლასტიკური ბეტონის გამოყენება, ვინაიდან იგი შედარებით ადვილად იტკეპნება და არ იწვევს არმატურის წყობის დაზიანებას, სხმულ ბეტონს სამთო სამაგრისათვის იშვიათად ხმარობენ.

სამთო საქმეში ბეტონის დასამზადებლად ძირითადად იყენებენ პორტლანდცემენტებს. წყალი, რომელიც ბეტონისათვის იხმარება, სუფთა უნდა იყოს და არ უნდა შეიცავდეს მავნე მინარევებს (გოგირდი, ქლორიანი მაგნიუმი და სხვ.)

ბეტონის დასამზადებლად საუკეთესო მასალად ითვლება კვარცული ქვიშა. ქვიშა არ უნდა შეიცავდეს 3%-ზე მეტ მიწოვან და თიხოვან მინარევებს 3 %-ზე ზევით (წონის მიხედვით).

მსხვილ შემკვებად იყენებენ ღორღს და იშვიათად - ხრეშს. ხრეშისა და ღორღის სიმტკიცე არ უნდა იყოს დასამზადებელი ბეტონის სიმტკიცეზე ნაკლები. საუკეთესოდ ითვლება გრანიტისა და ბაზალტისაგან დამზადებული ღორღი, შემდეგ - კირქვისა და ქვიშაქვის ღორღი. ხრეში ხმარების წინ საჭიროა გასუფთავდეს თიხის, წერილი ქვიშისა და ლამის მინარევებისაგან; ამ მიზნით ხრეშს რეცხავენ.

ბეტონის მოცულობა შემადგენელი ნაწილების მოცულობათა ჯამზე მუდამ ნაკლები გამოდის, რადგან ცემენტი ავსებს ქვიშაში არსებულ სიცარიელეს, ხოლო ქვიშა-ცემენტის ნარევი თავსდება ხრეშში ან ღორღში არსებულ სიცარიელეში. ბეტონის მოცულობის შეფარდებას შემადგენელი ნაწილების მოცულობათა ჯამთან ბეტონის გამოსავალი ეწოდება. ბეტონის გამოსავალი შეადგენს 0,6-0,7-ს.

ბეტონის შედგენილობა მიღებულია გამოისახოს თანაფარდობით $1 : A : B$,

სადაც 1 არის ცემენტის წონა, ხოლო A და B - ცემენტის წონის ერთეულზე მოსული ქვიშისა და ღორღის წონითი რაოდენობები.

ბეტონის სიმტკიცე ძირითადად ორ ფაქტორზეა დამოკიდებული ცემენტის აქტიურობასა და წყალ-ცემენტის შეფარდებაზე.

წყალ-ცემენტის შეფარდება ეწოდება ახლად დამზადებული ბეტონის ნარევი თავისუფალი (შემკვებების მიერ შთანთქმული) წყლის წონის შეფარდებას ცემენტის წონასთან (წ/ც).

ცდებით დადგენილია, რომ წყალ-ცემენტის შეფარდების გაზრდა გარკვეულ ზღვარს ზევით იწვევს ბეტონის სიმტკიცის შემცირებას.

ეს დამოკიდებულება გამოსახულია პროფ. ბელიაევის მიერ მოცემულ ემპირიულ ფორმულაში:

$$R_{28} = \frac{R_B}{A \left(\frac{V}{C}\right)^{2,5}}, \quad (2.2)$$

სადაც R_{28} არის ბეტონის სიმტკიცე 28 დღის ასაკში.

R_b - ცემენტის სიმტკიცე კუმშვაზე;

A - კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს მსხვილი შემვსების სახეს (ღორღისავის $A=3,5$, ხრემისათვის $A=4$).

ბეტონის სიმტკიცის განსაზღვრას ახდენენ 28 დღის ასაკის კუბის ფორმის ნიმუშზე, რომლის ზომებია $20 \times 20 \times 20$ სმ³.

ბეტონის სიმტკიცე გაჭიმვაზე შეადგენს მისი კუმშვაზე სიმტკიცის 5-8 %-ს.

მე-4 ცხრილში მოცემულია სხვადასხვა მარკის ბეტონის სიმტკიცის მახასიათებლები.

ცხრილი N4

ბეტონის დეფორმაციის სახე	ნორმატიული (მრიცხველში) და საანგარიშო (მნიშვნელში) მაბეები კგ/სმ ²				
	ბ ე ტ ო ნ ი ს მ ა რ კ ა				
	100	150	200	300	400
დერძული კუმშვა (პრიზმატული სიმტკიცე)	$\frac{80}{48}$	$\frac{115}{70}$	$\frac{145}{90}$	$\frac{210}{140}$	$\frac{280}{190}$
კუმშვა ღუნვის დროს	$\frac{100}{60}$	$\frac{140}{85}$	$\frac{180}{110}$	$\frac{260}{170}$	$\frac{350}{230}$
დერძული გაჭიმვა	$\frac{10}{4,5}$	$\frac{13}{5,8}$	$\frac{16}{7,2}$	$\frac{21}{10,5}$	$\frac{25}{12,5}$
ერთგვაროვნობის K კოეფ.	0.6	0.6	0.6	0.65	0.65

რკინაბეტონი ისეთი სამშენებლო მასალაა, რომელიც შედგება ბეტონისა და ფოლადისაგან. ბეტონი კარგად მუშაობს კუმშვაზე და ცუდად - გაჭიმვაზე; ამიტომ ბეტონის ლითონის ღეროებით დაარმატურება უზრუნველყოფს კონსტრუქციის საიმედო მუშაობას გაჭიმვაზეც. ბეტონისა და არმატურის (ფოლადის ღეროების) ერთდროული მუშაობის აუცილებელი პირობაა ამ მასალების ურთიერთშორის მტკიცე შეჭიდულება. ბეტონთან განსაკუთრებით კარგი შეჭიდულებით ხასიათდება არმატურა პერიოდული პროფილით არმატურის რაოდენობა და განლაგება რკინაბეტონის კონსტრუქციაში განისაზღვრება გაანგარიშებით. რკინაბეტონში გამოყენებული არმატურა შეიძლება იყოს

ჩვეულებრივი (მოქნილი) ან ხისტი.

ჩვეულებრივი ანუ მოქნილი არმატურა უმთავრესად მზადდება მრგვალი კვეთის 8-25 მმ დიამეტრის ფოლადის ღეროებისაგან, ხისტი არმატურად იყენებენ ორტესებრ სპეციალურ და სხვა სახის პროფილებს (ცხრილი N2).

მოქნილი საარმატურე ფოლადის საანგარიშო განივკვეთები და მასები მოცემულია მე-5 ცხრილში.

ცხრილი 5

ფოლადის ღეროს დიამეტრი d , მმ	ღეროს განივკვეთის ფართობი, $სმ^2$	1 მ ფოლადის ღეროს მასა, კგ
6	0,283	0,222
7	0,385	0,302
8	0,503	0,395
9	0,636	0,499
10	0,785	0,617
12	1,131	0,888
14	1,540	1,210
16	2,010	1,580
18	2,540	2,000
20	3,140	2,470
22	3,800	2,980
25	4,910	3,850
28	6,16	6,16

საარმატურე ფოლადი მექანიკური თვისებების მიხედვით იყოფა A-I, A-II, A-III და A-IV კლასებად.

A-I კლასის არმატურა წარმოადგენს მრგვალი კვეთის გლუვზედაპირიან ღეროს, ხოლო A-II, A-III და A-IV კლასის არმატურა კი - პერიოდული პროფილის ღეროებს.

საარმატურე ფოლადის მექანიკური და საანგარიშო მახასიათებლები მოყვანილია მე-6 ცხრილში.

საარმატურო ფოლადის კლასი	ფოლადის მარკა	დროებითი წინაღობა გაგლეჯვაზე, კგ/სმ ²	დრეკადობის მოდული $E \cdot 10^6$, კგ/სმ ²	ნორმატიული სიმტკიცე, კგ/სმ ²	ერთეფ. K კოეფ.	საანგარიშო სიმტკიცე, კგ/სმ ²	
						გაჭიმვა, კუმშვა	ჭრა
A—I	ფ. 3	3,800	2,1	2,400	0,9	2100	1700
A—II	ფ.5	5,000	2,1	3,000	0,9	2,700	2150
A—III	18Г2С	6,000	2,0	4,000	0,85	3,400	2700
A—IV	20ХГ2Ц	9,000	2,0	6,000	0,85	5100	4100

რკინაბეტონის ზიდვის უნარის გაზრდის ეფექტურ საშუალებად უნდა ჩაითვალოს წინასწარ დამატული არმატურის გამოყენება. ამ შემთხვევაში, რკინაბეტონის იმ ნაწილებში, რომლებიც გაჭიმვაზე მუშაობენ, წინასწარ ახდენენ არმატურის დაჭიმვას და შემდეგ ავსებენ მას მაღალი მარკის ბეტონით, ბეტონის შემკვრივების შემდეგ არმატურას ათავისუფლებენ დამჭიმავი მოწყობილობისაგან. არმატურა ცდილობს აღიდგინოს პირვანდელი მდგომარეობა, რასაც ეწინააღმდეგება შეჭიდულობა ბეტონსა და არმატურას შორის; ამის გამო ვღებულობთ ბეტონის დამატებით შეკუმშვას. კონსტრუქციის დატვირთვის დროს გარე ძალებს ჯერ წინააღმდეგობას უწევს ის მკუმშავი ძაბვები, რომლებიც რკინაბეტონში ხელოვნურად შევქმენით არმატურის წინასწარი დაჭიმვის საშუალებით. ამ ადგილებში დამატებითი მკუმშავი ძაბვების თანდათანობითი შემცირება და გადასვლა დამჭიმავ ძაბვებში უზრუნველყოფს კონსტრუქციის ზიდვის უნარის გადიდებას.

ცნობილია, რომ წინასწარ დამატული რკინაბეტონის ზიდვის უნარი ღუნვაზე ორჯერ აღემატება ჩვეულებრივი რკინაბეტონის ზიდვის უნარს და მასთან შედარებით მოითხოვს საარმატურო ფოლადის 4-5-ჯერ ნაკლებ ხარჯს. მაგრამ წინასწარ დამატული რკინაბეტონის დამზადება ხასიათდება რთული ტექნოლოგიით, რამაც პრაქტიკულად

შეზღუდა მისი გამოყენება სამაგრ კონსტრუქციებში. ამ თვალსაზრისით პერსპექტიულად უნდა ჩაითვალოს თვითდაძაბული რკინაბეტონის გამოყენება, რომელიც მზადდება თვითდაძაბული ცემენტის საშუალებით. ასეთი ცემენტით დამზადებული ბეტონი შეკვრის პროცესში იძლევა კარგ შეჭიდებას არმატურასთან და იმატებს მოცულობაში. ამის გამო ბეტონი გამაგრების პროცესში ჭიმავს არმატურას და თვითონ იკუმშება; ეს გარემოება კი ზრდის თვითდაძაბული რკინაბეტონის ზიდვის უნარს.

თვითდაძაბული ცემენტი მიიღება პორტლანდცემენტის, მიწოვანი ცემენტისა და თაბაშირის სათანადო დოზების მექანიკური ნარევის დაფქვით.

თვითდაძაბული რკინაბეტონის დამზადების მარტივი ტექნოლოგია მიზანშეწონილს ხდის მის გამოყენებას სამაგრ კონსტრუქციებში.

მონოლითური ბეტონისა და რკინაბეტონის სამაგრ კონსტრუქციებში იყენებენ 150 და 200 მარკის ბეტონს, ხოლო ასაწყობი რკინაბეტონის სამაგრის დასამზადებლად - 300 და 400 მარკის ბეტონს. წინასწარდაძაბული კონსტრუქციების დამზადება ხორციელდება 400 და მეტი მარკის ბეტონით.

2.5. ბუნებრივი და ხელოვნური ქვა

ბუნებრივი ქვა გამოიყენება ან დაუმუშავებელი (ყორე ქვა), ან ნათალი ქვების სახით. ზოგჯერ ყორე ქვა ფილების სახით გვხვდება (ფილაქანი) და წყობისას არ საჭიროებს გვერდების გათლას, ფილაქნის გამოყენება შეიძლება საძირკვლებისა და კედლების ამოსაყვანად. თლილი ქვა მიიღება ხელით ან მანქანით დამუშავების შედეგად და შეიძლება ჰქონდეს სწორკუთხა პარალელეპიპედის ან სოლისებრი ფორმა. თლილ ქვას ხმარობენ თაღების ამოსაყვანად. ვინაიდან მაგარი ქანების მექანიკური დამუშავება ძვირი ჯდება, ამიტომ ბუნებრივ თლილ ქვას სამთო საქმეში ფართო გავრცელება არა აქვს.

ხელოვნური ქვა ორი სახით გამოიყენება - აგური და ბეტონის ქვა.

სამშენებლო აგურს გააჩნია სწორკუთხა პარალელეპიპედის ფორმა და მზადდება 250X120X65 მმ ზომებით. აგურის მოცულობითი წონა ცვალებადობს 1,6-1,9 ტ/მ³

საზღვრებში. სიმტკიცის მიხედვით აგური ოთხი მარკისაა: 75, 100, 125 და 150. სამთო საქმეში იყენებენ 150 მარკის აგურს.

აგურის მექანიკური საშუალებებით დაწყოება სამაგრის ამოყვანისას, მისი მცირე ზომების გამო, ნაკლებად მოსახერხებელია და ამიტომ ეს სამუშაოები ხელით ხორციელდება. დღეისათვის აგურის გამოყენება სამთო საქმეში მეტად შეზღუდულია.

ბეტონის ქვები წონის მიხედვით იყოფა ბეტონიტებად და ბეტონის ბლოკებად. ბეტონიტის წონა, ჩვეულებრივად, არ აღემატება 40 კგ-ს, ხოლო ბეტონის ბლოკის წონა შეიძლება იყოს 100-200 კგ და მეტიც. ბეტონის ბლოკების დასაყენებლად აუცილებელია მექანიკური მოწყობილობების გამოყენება. ბეტონიტებისა და ბეტონის ბლოკების დასამზადებლად იყენებენ 200 და მეტი მარკის ბეტონს. ბეტონის ქვის ფორმა და ზომები მრავალნაირია. ვერტიკალური კედლების წყობისათვის იყენებენ სწორკუთხა პარალელეპიპედის ფორმის ბეტონის ქვას. სოლურ და სხვა ფორმის ბეტონის ქვებს ხმარობენ მრუდე მოხაზულობის ნაგებობათა მშენებლობაში. დღეისათვის ბეტონის ქვის (ბეტონიტისა და ბეტონის ბლოკის) სამაგრის გამოყენება ექსპერიმენტულ ხასიათს ატარებს. ტექნიკურ-ეკონომიური მაჩვენებლებით ეს მასალა კონკურენციას ვერ უწევს ვერც მონოლითურ ბეტონს და ვერც სხვა სამაგრ მასალებს. ბეტონის ქვის, როგორც მასალის, გამოყენების პერსპექტივა დაკავშირებულია ძირითადად ღრმად განლაგებული კაპიტალური გვირაბებისათვის დამთმობი სამაგრი კონსტრუქციების შემუშავებასთან და სამაგრის ამოყვანის მექანიზაციის პრობლემის გადაწყვეტასთან.

2.6. ახალი სამაგრი მასალები

ქიმიური მრეწველობის სწრაფმა განვითარებამ წარმოშვა მთელი რიგი ახალი მასალები, რომელთა გამოყენებამ სამთო სამაგრ კონსტრუქციებში ეფექტურად უნდა გადაწყვიტოს მიწისქვეშა ნაგებობათა მშენებლობისა და შენახვის პრობლემები. ამ მხრივ საინტერესოა ახალი სამაგრი მასალა - მინაბოჭკოვანი ანიზოტროპული ნივთიერება, რომელიც შედგება ბოჭკოვანი მინისა და პოლიმერული მასალებისაგან. ეს მასალა ხასიათდება მაღალი სიმტკიცით გაჭიმვაზე (9000 კგ/სმ²); ორჯერ უფრო მსუბუქია

ფოლადზე ($\gamma = 1,7+1,9$ გრ/სმ³) და კოროზიამდეგია. ამ მასალით დამზადებული სამაგრი იქნება მეტად მტკიცე და მსუბუქი. ეს მასალა, ჯერ კიდევ მაღალი ღირებულების გამო, სამთო საქმეში არ გამოიყენება.

გამოცდის სტადიაში იმყოფება პერსპექტიული სამაგრი მასალა - „პლასტბეტონი“. პლასტბეტონის შედგენილობაში არ შედის ცემენტი და წყალი. პლასტბეტონში მჭიდა მასალად იყენებენ სინთეზურ ფისებს (ეპოქსიდი და სხვ.), ხოლო ინერტულ შემავსებად-ქვიშასა და ხრეშს.

პლასტბეტონი წყალგაუვალი და მაღალი სიმტკიცის მასალაა, მაგრამ ხანგრძლივი დატენიანება უნახევრებს ზიდვის უნარს. პლასტბეტონი ძვირად ღირებული მასალაა.

ახალ მასალებს ეკუთვნის აგრეთვე სილიკალციტი, რომელიც წარმოადგენს კვარციანი, გრანულირებული წილისა და კირის ნარევს. კარგად და თანაბრად დაქუცმაცებული ნარევი დასველების შემდეგ, რკინაბეტონის ნაკეთობათა ანალოგიურად, ჩაიტვირთება შესაბამის ფორმებში; შემდეგ ფორმები მოთავსდება ავტოკლავებში და დამუშავდება დიდი წნევისა და ტემპერატურის ზემოქმედებით. ასეთი ტექნოლოგიის შედეგად მიღებული პროდუქტი-სილიკალციტი ხასიათდება სიმტკიცის მაღალი მაჩვენებლებით.

არანაკლებ საინტერესო მასალაა „უგლეპლასტი“, რომელსაც საფუძვლად უდევს წვრილად დაქუცმაცებული ქვანახშირი. ასეთი ქვანახშირისა და სხვადასხვა საწვავი ფისის ნარევის ცხელი დაწნებით მიიღება „უგლეპლასტი“. დაწნება ხორციელდება 150-180° ტემპერატურაზე 500-600 ატმოსფერული წნევით. „უგლეპლასტის“ სიმტკიცე კუმშვაზე ცვალებადობს 400-600 კგ/სმ²-ის ფარგლებში.

3. ჰორიზონტალური და დახრილი სამთო

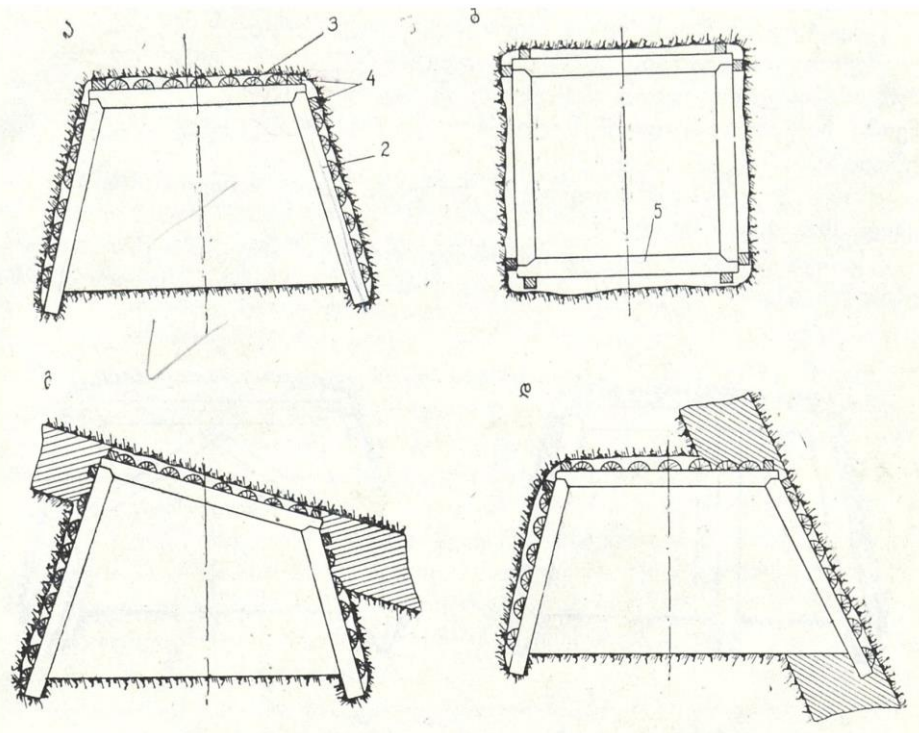
გვირაბების სამაგრი კონსტრუქციები

3.1. ხის სამაგრი

მიწისქვეშა ნაგებობათა მშენებლობაში ხის სამაგრი კონსტრუქციების გამოყენება დაკავშირებულია ხეტყის საგულისხმო დანახარჯებთან; ხეტყე კი დეფიციტურ მასალას წარმოადგენს და მისი დაზოგვა ჩვენი მეურნეობის ერთ-ერთი ძირითადი საზრუნავია.

ამიტომ დამკვიდრებულია ხის სამაგრის მაქსიმალურად შეცვლის ტენდენცია - უფრო ეკონომიური და ხანგრძლივად მომსახურე სამაგრი კონსტრუქციებით.

თარაზული გვირაბის ხის სამაგრის ძირითად კონსტრუქციას წარმოადგენს ჩვეულებრივი სამაგრი ჩარჩო (ნახ. 3.1. ა), რომელიც შედგება სამი მზიდი ელემენტისაგან: უღელი (1) და ორი ბიგი ანუ ფეხი (2). ამ ელემენტების დასამზადებლად იყენებენ 16-40 სმ დიამეტრის მრგვალ ხეტყეს. ჩვეულებრივ, სამაგრ ჩარჩოს ტრაპეციის ფორმა აქვს. ასეთი ფორმა, ერთი მხრივ, ამცირებს უღლის სიგრძეს 15-20%-ით და, შესაბამისად, აუმჯობესებს მის მუშაობას ღუნვაზე, ხოლო მეორე მხრივ, შესაძლებლობას აძლევს დახრილ ბიგებს აქტიური წინააღმდეგობა გაუწიონ გვერდით სამთო წნევას. ტრაპეციული ფორმის სამაგრის ბიგის დახრის კუთხე გვირაბის იატაკთან დაახლოებით 80°-ს შეადგენს.



ნახ. 3.1. ხის სამაგრი.

ა. არასრული ჩარჩო; ბ. სრული ჩარჩო; გ. დამახინჯებული ჩარჩოები: 1. უღელი; 2. ბიგი; 3. ხიმე 4. სოლი; 5. წოლანა.

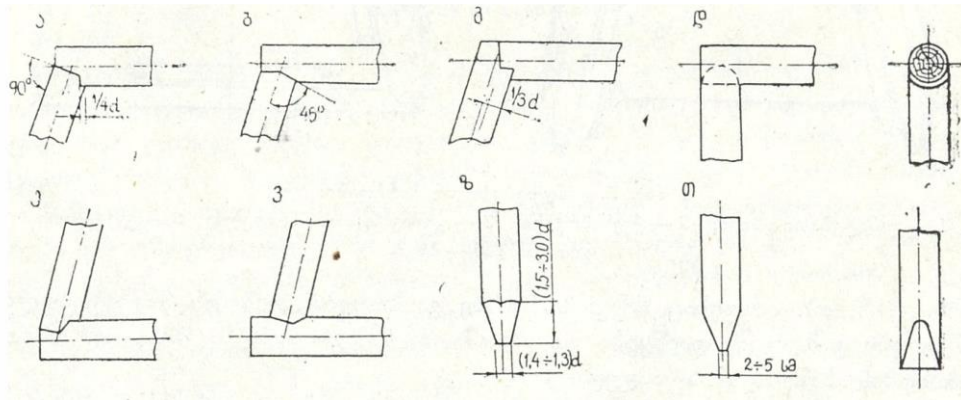
სამაგრი ჩარჩო იდგმება გვირაბის გრძივი ღერძის მართობულ სიბრტყეში. ჩარჩოებს შორის მანძილი დამოკიდებულია სამთო წნევის სიდიდეზე და ცვალებადობს 0.5-1 მ-ის

საზღვრებში. დიდი წნევის შემთხვევაში ჩარჩოების დაშორება უფრო ნაკლებია და ზოგჯერ ისინი ერთმანეთზე მიჯრით იდგმება. ჩარჩოს მეტი სიმდგრადისათვის, გვირაბის იატაკში ბიგების ჩასაყენებლად ითხრება მცირე ზომის ორმოები. ჩარჩოს დაყენების შემდეგ ხდება მისი მჭიდროდ გაჭევა მცირე სოლების საშუალებით. სოლები (4) კეთდება გვირაბის ზედა კუთხეებში (ნახ. 3.1, ა). იმისათვის, რომ ჩარჩოებს შორის არ მოხდეს ქანის ჩამოქცევა, კეთდება ხიმე (3). ხიმე იდგმება ან მხოლოდ გვირაბის ჭერში, ანდა, საჭიროების შემთხვევაში, როგორც ჭერში, ისე გვირაბის გვერდებშიც. ხიმედ ხმარობენ ფიცრებს ან ნაგვერდულებს. სამაგრი ჩარჩო მჭიდროდ არ ეკვრის ქანს, ამიტომ ახდენენ მათ შორის არსებული სივრცის ამოყორვას. ამოყორვა კეთდება ქანის ნატეხებისაგან. ამოყორვის შეკავება ხდება ხიმეს მეშვეობით.

გვირაბის იატაკიდან წნევის შემთხვევაში იყენებენ სრულ სამაგრ ჩარჩოს (ნახ. 3.1, ბ), რომელიც ჩვეულებრივი ჩარჩოსაგან იმით განსხვავდება, რომ დამატებული აქვს წოლანა (5).

აღწერილი სამაგრი ჩარჩოების გარდა იყენებენ აგრეთვე სამაგრი ჩარჩოების დამახინჯებულ ფორმებს. როდესაც ფენის დაქანება მცირეა (არა უმეტეს 12°), მაშინ, გვირაბის უკეთესი მდგრადობის უზრუნველსაყოფად, სახურავი გვერდის მონგრევას არ ახდენენ და უღელს აძლევენ ფენის შესაბამის დახრას (ნახ 3.1, გ). ამ შემთხვევაში დამახინჯებული ჩარჩოს ფეხები სხვადასხვა სიმაღლისა გამოდის. ციცაბო ფენის შემთხვევაში, სახურავი გვერდის მხრიდან დაყენებული ბიგის დახრას ფენის დახრის ტოლს იღებენ და ამით თავიდან იცილებენ სახურავი გვერდის მონგრევას, რაც აუმჯობესებს გვირაბის შენახვის პირობებს (ნახ 3.1, დ). საგები გვერდის მხრიდან დაყენებულ ბიგს ჩვეულებრივი დახრა ეძლევა (80°).

სამაგრი ჩარჩოს ნაწილების საიმედო შეერთებისათვის იყენებენ სხვადასხვა სახის კლიტეს (ნახ. 3.2.). როდესაც ადგილი აქვს, უმთავრესად, წნევას გვირაბის ჭერიდან, იყენებენ ნახ. 3.2,ა და ბ-ზე ნაჩვენებ თათურ შეერთებას. ამ შემთხვევაში ზევიდან მოქმედი წნევა ბიგის თითქმის მთელ განივკვეთის ფართობზე გადაეცემა. თუ გვირაბში გვერდითი წნევა ჭარბობს, მაშინ იყენებენ ნახ. 3.2, გ-ზე ნაჩვენებ თათურ შეერთებას. ამ შემთხვევაში დატვირთვა გადანაწილდება უღლის მთელ განივკვეთზე.



ნახ. 3.2. სამაგრი ჩარჩოს ნაწილების შეერთება.

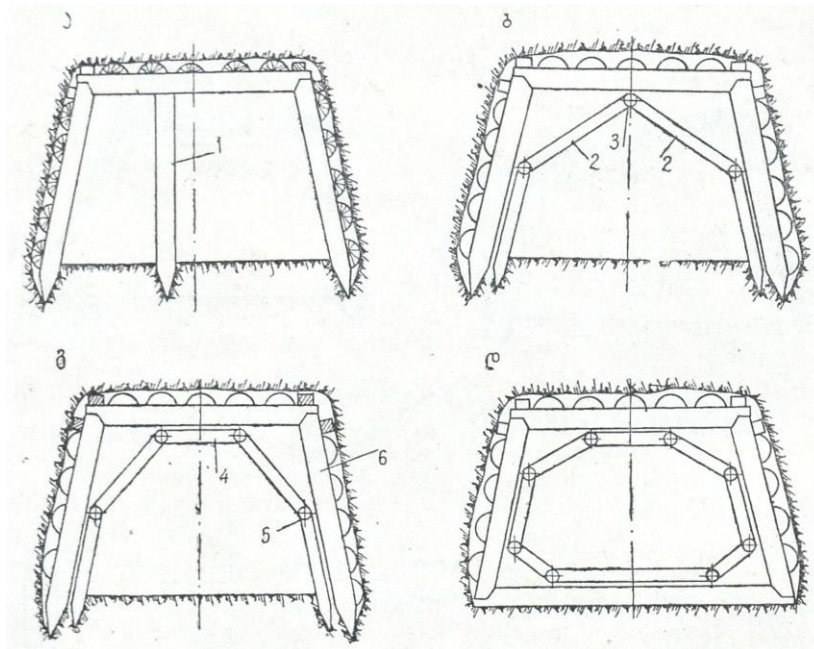
ა, ბ, გ, ე. თათური შეერთება; დ. ნარიმანდული შეერთება; ვ. კბილა შეერთება.

ნახ. 3.2, დ-ზე ნაჩვენებ შეერთებას იყენებენ სამაგრის რემონტის დროს. ეს შეერთება საშუალებას გვაძლევს ადვილად შევცვალოთ გატეხილი უღლები მუშაობისათვის უხერხულ პირობებში, მეტადრე, როდესაც ჩარჩოები ერთმანეთზე მიჯრით არის დაყენებული. ასეთ შეერთებას ნარიმანდული შეერთებ ეწოდება.

ბიგის წოლანასთან დაკავშირება შეიძლება მოხდეს თათური (ნახ. 3.2, ე) ან კბილა (ნახ. 3, ვ) შეერთებით.

სამაგრ ჩარჩოს გარკვეულ დამთმობუნარიანობას ანიჭებს ბიგების ბოლოების წაწვეტება, რომელთაც შეიძლება ჰქონდეს პირამიდის ან სოლის ფორმა (ნახ. 3.2, ზ, თ). როდესაც წნევა სამაგრზე გაიზრდება, ფეხების წაწვეტებული ნაწილები დათელვას დაიწყება. ეს გარემოება სამაგრ ჩარჩოს 100 - 120 მმ-ით დათმობის საშუალებას აძლევს.

გვირახის დიდი კვეთის დროს ან დიდი სამთო წნევის პირობებში საჭირო ხდება ჩვეულებრივი სამაგრი ჩარჩოების გაძლიერება დამატებითი ელემენტებით. ამგვარად, ვდებულობთ გამაგრებას გაძლიერებული ჩარჩოებით (ნახ. 3.3).



ნახ. 3.3. გაძლიერებული ჩარჩოები:

1. დამატებითი ბიგი; 2. ქვესაბრჯენი; 3. გრძივანა; 4. რიგელი; 5. გვერდითი გრძივანა; 6. ბიგი

განიერ გვირაბებში, უპირველეს ყოვლისა, საჭირო ხდება უღლის გაძლიერება. ყველაზე მარტივი ხერხია დამატებითი ბიგის დადგმა გვირაბის შუაზე ან ცოტა უფრო გვერდზე (ნახ. 3.3, ა), მაგრამ ამ ხერხის გამოყენება ყოველთვის არ შეიძლება, რადგან შუაზე დაყენებული ბიგი ხშირად ხელს უშლის ტრანსპორტს და, ამასთანავე, მნიშვნელოვან წინააღმდეგობას უქმნის ჰაერის მოძრაობას.

როდესაც უღლის გასაძლიერებლად დამატებითი ბიგის დადგმა შეუძლებელია, მიმართავენ უღლის გაძლიერებას ქვესაბრჯენების სისტემით (ნახ. 3.3, ბ). ამ შემთხვევაში უღელს ქვემოდან, გვირაბის ღერძის გასწვრივ დებენ გრძივანას (ბიგი), რომელსაც უყენებენ ქვესაბრჯენებს. ქვესაბრჯენები, თავის მხრივ, მოკლე ბიგებს ეყრდნობა გვერდითი გრძივანების საშუალებით. ქვესაბრჯენების ასეთი სისტემა აძლიერებს როგორც სამაგრი ჩარჩოს უღელს, ასევე ფეხებსაც.

სამაგრი ჩარჩოს გასაძლიერებლად, საკმაოდ განიერ გვირაბებში, შეიძლება გამოყენებულ იქნეს რიგელიანი ქვესაბრჯენების სისტემა (ნახ. 3.3, გ), რომელიც ზემოთ აღწერილისაგან იმით განსხვავდება, რომ უღლის ქვემოთ, ორ გრძივანას შორის,

მოთავსებულია რიგელი (მწეკოჭი), ამ შემთხვევაში ულელი დამატებით ეყრდნობა ორ შუალედს საყრდენს და მისი ზიდვის უნარი რამდენჯერმე იზრდება. რიგელიანი ქვესაბრჯენების სისტემით აძლიერებენ აგრეთვე სრულ სამაგრ ჩარჩოებს (ნახ. 3.3, დ), რომლებსაც იყენებენ ყოველმხრივი სამთო წნევის დროს რთულ სამთო-გეოლოგიურ პირობებში. ასეთ კონსტრუქციებში გაძლიერებულია სამაგრი ჩარჩოს ყველა ელემენტი, რაც, შესაბამისად, ზრდის მათ ზიდვის უნარს.

უნდა აღინიშნოს, რომ ხის გაძლიერებული ჩარჩოებით გამაგრება ხეტყის დიდ ხარჯს იწვევს, საკმაოდ შრომატევადია და ზრდის გვირაბის განივკვეთს; ამიტომ პრაქტიკაში მათ შედარებით იშვიათად იყენებენ და ცვლიან ლითონის სამაგრით.

3.2. ლითონის სამაგრი

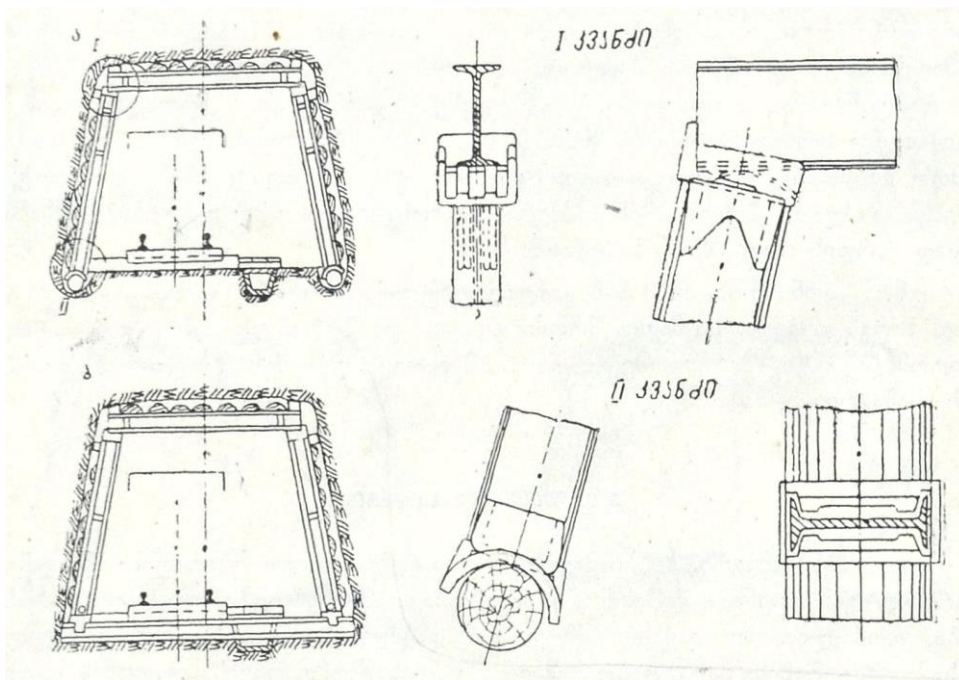
ლითონის სამაგრი, ხის სამაგრთან შედარებით დიდი უპირატესობის გამო, ფართოდ გამოიყენება მიწისქვეშა ნაგებობათა მშენებლობაში. ეს იმით აიხსნება, რომ ლითონი თავისი სიმტკიცით, გამძლეობითა და კონსტრუქციული შესაძლებლობებით საუკეთესო სამაგრ მასალას წარმოადგენს. ლითონის სამაგრი საშუალებას იძლევა მიეცეს გვირაბს ნებისმიერი, რაციონალური მოხაზულობა და უზრუნველყოს მისი ხანგრძლივი მდგრადობა და მუშა მდგომარეობაში შენახვა. გვირაბის ექსპლუატაციის ვადის დასრულებისას ლითონის სამაგრი ადვილად იხსნება და შესაძლებელი ხდება მისი ხელახალი გამოყენება. ამით აიხსნება ლითონის სამაგრის ეკონომიურობა მცირევადიან გვირაბებში გამოყენებისას. ლითონის სამაგრი, უმრავლეს შემთხვევაში, კონსტრუქციულად მარტივი, ადვილად გადასატანი და დასაყენებელია.

ლითონის სამაგრი გამოიყენება სხვადასხვა სამთო-გეოლოგიურ პირობებში მშენებარე კაპიტალურ და მოსამზადებელ გვირაბებში. თარაზულ გვირაბებში იყენებენ ლითონის ხისტ, დამთმობ და სახსრიან სამაგრ კონსტრუქციებს, რომელთაც შეიძლება ჰქონდეთ ჩარჩოსმაგვარი, თაღოვანი ან რგოლური ფორმა.

დამყარებული სამთო წნევის შემთხვევაში (როდესაც წნევა მუდმივია და დროის მიხედვით არ იცვლება) ლითონის სამაგრი უნდა იყოს ხისტი. სამთო წნევის ინტენსიუ-

რად გამოვლინების დროს აუცილებელი ხდება დამთმობი სამაგრის გამოყენება, რომელიც ამცირებს წნევის აქტიურ ზემოქმედებას თავისი გეომეტრიული ზომების დამოკლების ხარჯზე. ამის გამო, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება სამაგრის დათმობის ხარისხს დაუმყარებელი სამთო წნევის მოქმედების გარემოში. სახსრიანი სამაგრის გამოყენება მიზანშეწონილია არასიმეტრიული (ირიზად მოქმედი) დაუმყარებელი სამთო წნევის ინტენსიურად გამოვლინების დროს. სახსრულობის გამო, სამაგრს შეუძლია შეიცვალოს ფორმა და თანაბრად გადაინაწილოს სამთო წნევის აქტიური ზემოქმედება.

ხისტი სამაგრის ერთ-ერთ მარტივ სახეს წარმოადგენს ლითონის სამაგრი ჩარჩო, რომელსაც, უმეტესად, ტრაპეციული ფორმით იყენებენ. სამაგრი ჩარჩოს დასამზადებლად



ნახ. 3.4. ლითონის სამაგრი ჩარჩოები:
 ა. არასრული ჩარჩო; ბ. სრული ჩარჩო

ძირითადად ხმარობენ ორტესებრ პროფილს, ხოლო იშვიათად - რელსებს. ლითონის სამაგრი ჩარჩო, ისევე როგორც ხის ჩარჩო, შედგება ულლისა და ორი ფეხისაგან (ნახ. 3.4). ულლის შეერთება ფეხებთან ხდება ზესადებებითა და კანჭიკებით ან სპეციალურად

გაკეთებული ქუსლების საშუალებით, რომლებიც ფეხების ზედა ბოლოებზეა წამოგებული და ამავე დროს უღლის საყრდენს წარმოადგენს (ნახ. 3.4, I კვანძი).

მაგარი და საშუალო სიმაგრის ქანის დროს ჩარჩოს ფეხები იდგმება უშუალოდ გვირაბის იატაკზე, 5-10 სმ სიღრმის ორმოებში. სუსტი იატაკის შემთხვევაში, ფეხების ქანში ჩაჭრის თავიდან ასაცილებლად, მათი დადგმა ხდება გრძივად გადებულ ხის წოლანებზე. ამისათვის ფეხებს ქვედა ბოლოებზე უკეთებენ ლითონის საყრდენ ქუსლებს (ნახ 3.4, II კვანძი). ლითონის სამაგრ ჩარჩოებს შორის მანძილი 0,5-1,2 მეტრია. ჩარჩოებს შორის თავსდება ხის ბიგები ან ლითონის გამბრჯენები, რომლებიც ზღუდავენ მათ გადახრას ვერტიკალური სიბრტყიდან, ლითონის ჩარჩოს დადგმის შემდეგ ხდება მისი გასოლვა, ისევე, როგორც ხის ჩარჩოს შემთხვევაში. მცირეგადიან გვირაბებში ხიმედ იყენებენ ნაგვერდულებს ან მცირე დიამეტრის მრგვალ ხეტყეს, ხოლო გრძელგადიან გვირაბებში - ზოლოვან რკინას ან რკინაბეტონის ხიმეს.

ლითონის სრული ჩარჩო გამოიყენება გვირაბში იატაკის ქანების ბურცვის დროს (ნახ- 3.4, ბ)

ლითონის სამაგრი ჩარჩოს უარყოფით მხარედ უნდა ჩაითვალოს ლითონის დიდი ხარჯი (150-300 კგ ერთ ჩარჩოზე) და შედარებით მცირე ზიდვის უნარი. ამიტომ, მიუხედავად კონსტრუქციის სიმარტივისა, სამთო გვირაბებში ის იშვიათად გამოიყენება.

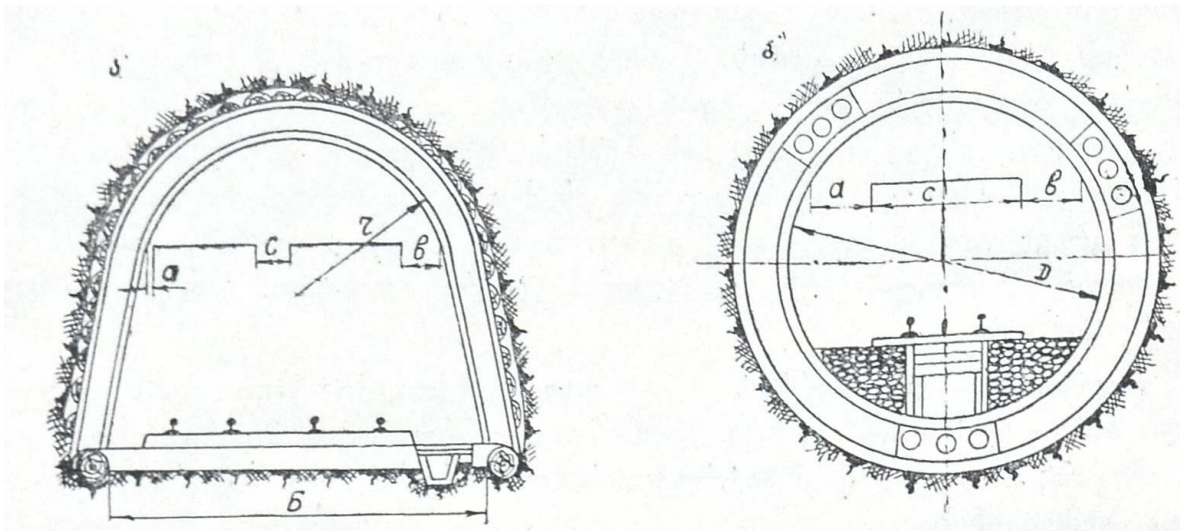
გამონაკლისია ისეთი კაპიტალური დახრილი გვირაბები (ქანობები, ბრემსბერგები და სხვ.), რომელთა ჭერი წარმოდგენილია მდგრადი ქანებით (ქვიშაქვები, კირქვები) და მათი მონგრევა გვირაბის მდგომარეობის გაუარესების საშიშროების გამო არახელსაყრელია. ასეთ შემთხვევაში გვირაბის განიკვეთის ტრაპეციული ფორმა და ლითონის სამაგრი ჩარჩოს გამოყენება არის ყველაზე მეტად რაციონალური და ოპტიმალურია.

სხვა შემთხვევებში ტრაპეციული ფორმა არარაციონალურია, რადგან ლითონის თანაბარი ხარჯის შემთხვევაში, ასეთი ფორმის ჩარჩოს ზიდვის უნარი, ლითონის თაღოვან სამაგრთან შედარებით, დაახლოებით 1,5-2-ჯერ ნაკლებია.

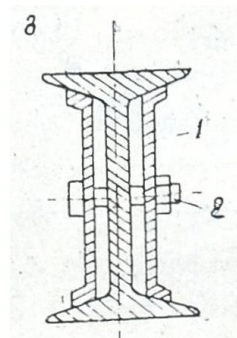
დიდი ზიდვის უნარის გამო ლითონის თაღოვანი სამაგრი საშუალებას იძლევა შევამციროთ გვირაბის კვეთი. სამაგრის ზომების შემცირების ხარჯზე არჩევენ ღია და შეკრული ფორმის თაღოვან სამაგრს. შეკრული ფორმის თაღოვანი სამაგრი მოიცავს

გვირაბის მთელ პერიმეტრს. ღია თაღოვანი სამაგრი გამოიყენება გვირაბის ჭერიდან წნევის შემთხვევაში გვერდითი წნევის არსებობის დროს თაღოვანი სამაგრის ფეხებს დახრას აძლევენ. შეკრული თაღოვანი სამაგრის გამოყენება მიზანშეწონილია ყოველმხრივი სამთო წნევის დროს.

ლითონის თაღოვანი სამაგრის დასამზადებლად იყენებენ ორტესებრ ძელებს (N 14-20) ან მალაროსა და რკინიგზის ნახმარ რელსებს. ლითონის თაღოვანი სამაგრი ცალკე სეგმენტებისაგან შედგება (ნახ. 3.5, ა). ღია სამაგრში, ჩვეულებრივ, ორი-სამი სეგმენტია, ხოლო შეკრულში - სამი-ოთხი და მეტიც.



ნახ. 3.5. ლითონის ხისტი კონსტრუქციები:
 ა. თაღოვანი სამაგრი; ბ. რგოლური სამაგრი;
 გ. შეერთების კვანძი; 1. ზესადები; 2. ჭანჭიკი



თაღოვანი სამაგრის სეგმენტებად დაყოფისას მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული სამაგრის აწყობისა და გადატანის სიადვილე.

სეგმენტების შეერთება ხისტ თაღოვან სამაგრში ხდება ზესადებებისა და ჭანჭიკების საშუალებით. მნიშვნელოვანი სამთო წნევისას ასეთი შეერთება ხშირად განიცდის

დეფორმაციას ჭანჭიკის გადაჭრის გამო, რაც კონსტრუქციის უარყოფით მხარედ უნდა ჩაითვალოს.

ლითონის თალები (კამარები) იდგმება ერთმანეთისაგან 0,5-1,0 მ მანძილზე. გვირაბის გრძივი ღერძის გასწვრივ სიმდგრადის მიცემის მიზნით, ლითონის თალებს შორის ხდება წვრილი ბიგების გაბრჯენა ან ლითონის განმბრჯენების გამოყენება. ხიმეს გასაკეთებლად იხმარება ნაგვერდულები, მრგვალი ხეტყე, რკინის ტალღისებრი ფურცლები ან გამოიყენება რკინაბეტონის ფილები.

ხისტი თაღოვანი სამაგრი კონსტრუქციულად მეტად მარტივია და მონტაჟისა და დემონტაჟისათვის მცირე დროს მოითხოვს.

სამაგრის უარყოფით მხარედ უნდა ჩაითვალოს ნახევართალის დიდი წონა, (90-150 კგ) და მნიშვნელოვანი სიგრძე (3,5 მ და მეტი), რაც აძნელებს გვირაბაში მათ ტრანსპორტირებას.

ლითონის ხისტი რგოლური სამაგრი იმავე, ზემოთ აღწერილი კონსტრუქციების, მასალებით მზადდება. რგოლი შედგება სამი ან ოთხი სეგმენტისაგან, რომლებიც ერთმანეთს უკავშირდება ზესადებებითა და ჭანჭიკებით (ნახ. 3.5, ბ). ლითონის რგოლური სამაგრი გამოიყენება ყოველმხრივ მოქმედი გაზრდილი სამთო წნევის შემთხვევაში. რგოლური სამაგრის მდგრადობის უზრუნველსაყოფად გვირაბის გრძივი ღერძის გასწვრივ, რგოლებს შორის, აყენებენ ხის ან ლითონის განმბრჯენებს. სამაგრის რგოლებს შორის მანძილი დამოკიდებულია სამთო-გეოლოგიურ პირობებზე და ცვალებადობს 0,5-1,2 მ-ის ფარგლებში. ლითონის ხისტ რგოლურ სამაგრშიც ხიმედ იყენებენ ნაგვერდულებს, მრგვალ ხეტყეს, ტალღისებრ ლითონს ან რკინაბეტონის ფილებს.

საყურადღებოა ის გარემოება, რომ გვირაბების ლითონის კონსტრუქციებით გამაგრებისას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ხიმეს, როგორც სამაგრის ელემენტს. არსებობს შეხედულება, რომ ხიმეს ძირითადი დანიშნულებაა გვირაბის დაცვა ცალკეული ქანის ნატეხების ჩამოცვენისაგან და არ საჭიროებს კონსტრუქციული ელემენტი იყოს მეტ-ნაკლებად ზიდვის უნარით.

თუ გავითვალისწინებთ, რომ ხიმე წარმოადგენს ორ საყრდენზე მოთავსებულ კოქს, რომელიც სამთო წნევას განსაკუთრებით სუსტი ქანების შემთხვევაში მიიღებს თავის

თავზე და გადასცემს სამაგრს, იგი აუცილებლად უნდა იყოს ელემენტი ზიდვის უნარით, და მისი სიმტკიცე უნდა შეესაბამებოდეს სამაგრი კონსტრუქციის ზიდვის უნარს სინამდვილეში ხიმეს, რომელსაც ფართოდ იყენებენ სამთო საქმეში, გააჩნია დაბალი სიმტკიცე, ნაადრევად ტყდება და საჭიროებს აუცილებელ შეცვლას.

ხიმეს შეცვლა დაკავშირებულია დამატებით შრომასთან და მატერიალურ დანახარჯებთან, რაც, თავის მხრივ, აძვირებს გვირაბის ღირებულებას.

თუ ნაგვერდულებს მრგვალი ხეტყით შევცვლით, ხე-მასალის ხიმეს სიმტკიცის გაზრდა მარტივად გადაწყდება; მაგრამ, რკინაბეტონის ხიმე, რომელთა სტანდარტული ფილების სიმტკიცე საჭიროზე 3-5-ჯერ ნაკლებია, საჭიროებს ხელახალ დამუშავება-დაპროექტებას და ახალი ტიპის ფილების გამოშვებას.

დამთმობი სამაგრი ძირითადად მოსამზადებელ გვირაბებში გამოიყენება. მოსამზადებელი გვირაბი განიცდის წმენდითი სანგრევის გავლენას და ხანგრძლივი დროის განმავლობაში იმყოფება გვერდითი ქანების ინტენსიური მოძრაობით გამოწვეული მზარდი სამთო წნევის ზემოქმედების ქვეშ.

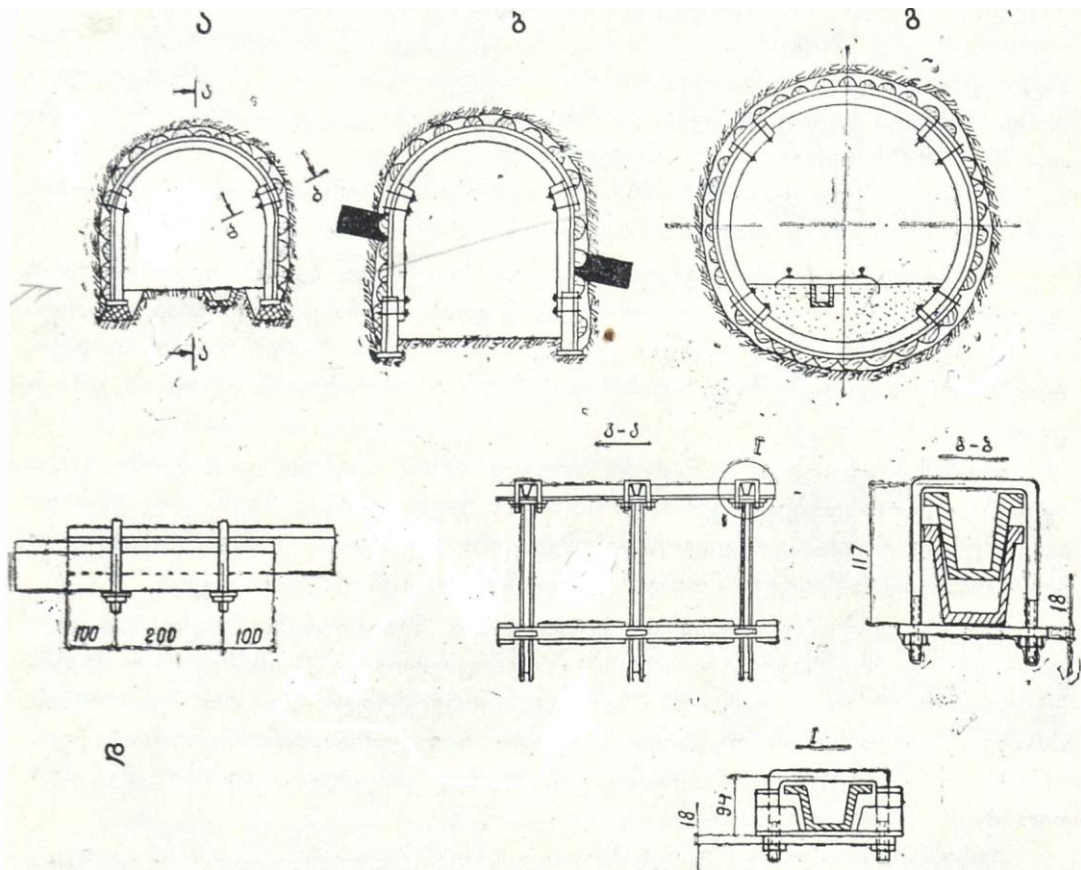
ასეთ პირობებში გვირაბის მდგრადობის შენარჩუნება ხისტი სამაგრის გამოყენებით პრაქტიკულად თითქმის შეუძლებელია და ეკონომიკურად მიზანშეწონილიც არ არის. დამთმობი სამაგრი, გეომეტრიული ზომების შემცირების ხარჯზე, ზღუდავს სამთო წნევის აქტიურ ზეგავლენას, ინარჩუნებს ზიდვის უნარს და გარკვეული დროის შემდეგ სტაბილურს ხდის გვირაბის მდგომარეობას.

დამთმობი სამაგრი გამოიყენება თაღოვანი ან რგოლური ფორმით და მზადდება სპეციალური პროფილის (CBII) ძელებისაგან.

როგორც ვიცით, ასეთი პროფილის უპირატესობაა წინააღმდეგობის მომენტების თითქმის თანაბარი სიდიდე მისი კვეთის ვერტიკალური და თარაზული ღერძების მიმართ. ამის შედეგად ადგილი აღარ აქვს სამაგრის გადახრასა და გრეხას, რაც აღინიშნება ორტესებრივი პროფილის გამოყენების დროს და გამოწვეულია ხოლმე გვირაბის ირგვლივ მდებარე ქანების მოძრაობით.

თაღოვანი დამთმობი სამაგრი სამი ელემენტისაგან შედგება (ნახ. 3.6, ა): მოხრილი ულლისა და ორი ფეხისაგან. ამ ელემენტების ერთმანეთთან შეერთება ცალულებით

ხორციელდება. სამაგრის დათმობა ხდება ელემენტების შეერთების ადგილებში მათი ერთმანეთის მიმართ გადაადგილების (ჩასხლეტის) შედეგად. იმისდა მიხედვით, თუ



ნახ. 3.6. დამთმობი სამაგრი კონსტრუქციები:

- ა. სამეულემენტოანი თაღოვანი სამაგრი; ბ. ხუთეულემენტოანი თაღოვანი სამაგრი;
 გ. რგოლური სამაგრი; დ. დათმობის კვანძი

რა ძალით მოხდება ქანჩების დაჭერა ცალულებზე, მივიღებთ სხვადასხვა ხარისხის დათმობას. ამგვარად, ქანჩების დაჭერის ცვალებადობით შესაძლებელია სამაგრის დათმობის რეგულირება.

აღწერილი თაღოვანი სამაგრი თავდაპირველად მუშაობს, როგორც ხისტი კონსტრუქცია. შემდეგში, დატვირთვის გაზრდის გამო, ადგილი აქვს სამაგრის ელემენტების ნახტომისებრ ჩასხლეტას. ჩასხლეტის ნახტომისებრი ხასიათი იმით აიხსნება, რომ ხახუნის კოეფიციენტი უძრაობის მდგომარეობაში ჭარბობს ხახუნის კოეფიციენტს მოძრაობისას; ჩასხლეტის დაწყებისას კლიტეში წარმოშობილი ძალები ვეღარ წონასწორდება ხახუნის ძალებით. სამაგრის ნაწილების გადაადგილების შემდეგ

გარე დატვირთვა კლებულობს, ხახუნის ძალები კვლავ აწონასწორებს მოქმედ ძალებს და წყვეტს ჩასხლექას. საჭიროა აღინიშნოს, რომ წნევის გაზრდასთან ერთად სამაგრის წინაღობაც მატულობს, რადგან ამ დროს იზრდება პროფილის გვერდითი სიბრტყეების განბრჯენა და ურთიერთგასოლვა. სამაგრის წინაღობა იზრდება აგრეთვე მისი პერიმეტრის მოკლების შედეგად.

მეზობელი თაღები (კამარები) ერთმანეთთან ერთდება ლითონის თამასებით. ლითონის თამასები უზრუნველყოფს თაღების მდგრადობას გვირაბის გრძივი ღერძის გასწვრივ. სამაგრის პერიმეტრზე 3-4 თამასა მოდის (ნახ. 3.6, გ). გვირაბის ჭერსა და გვერდებზე აკეთებენ ხის ხიმეს.

თაღოვანი სამაგრის ფეხებს აყენებენ ან უშუალოდ ქანზე (მაგარი ქანები), ან გვირაბის გასწვრივ გადებულ ხის წოლანაზე. ქანზე უშუალოდ დადგმისას თაღის ფეხებზე აღულებენ ლითონის საყრდენ ფირფიტებს, ხოლო წოლანაზე დასაყრდნობად კეთდება ლითონისავე თათები. ღრეჩოები სამაგრსა და გვირაბს შორის მთელ პერიმეტრზე მჭიდროდ უნდა ამოივსოს ქანის ნატეხებით. ეს ხელს უწყობს სამთო წნევის თანაბარ განაწილებას, რაც აუმჯობესებს სამაგრის მუშაობის პირობებს. ლითონის თაღებს შორის მანძილი დამოკიდებულია სამთო წნევის სიდიდეზე და შეადგენს 0,5-1 მეტრს.

სამელემენტოვანი თაღოვანი სამაგრის დათმობის უნარი 300-350 მმ-ით განისაზღვრება. უფრო მეტი დათმობის საჭიროების შემთხვევაში (1000 მმ-მდე) იყენებენ ხუთ-ელემენტოვან თაღოვან სამაგრს (ნახ. 3.6, ბ), რომელსაც ოთხი დათმობის კვანძი გააჩნია.

ქანის მოძრაობის შეწყვეტის ანუ სამთო წნევის სტაბილიზების შემდეგ საჭიროა ცალულებზე ქანების კარგად მოჭერა და სამაგრის გადასვლა ხისტ რეჟიმზე სამუშაოდ.

როდესაც გვირაბი სუსტ ქანებში გაიყვანება და ადგილი აქვს ყოველი მხრიდან მოქმედსა და დიდ სამთო წნევას, მაშინ თაღოვანი სამაგრის ნაცვლად უმჯობესია გამოვიყენოთ ლითონის რგოლური დამთმობი სამაგრი (ნახ. 3.6, გ). ეს სამაგრიც სპეციალური პროფილის (CBII) ძელებისაგან მზადდება. იგი შედგება ოთხი სეგმენტისაგან. სეგმენტების შეერთება და საერთოდ სამაგრის მუშაობის ხასიათი ისეთივეა, როგორც ლითონის თაღოვანი სამაგრის შემთხვევაში.

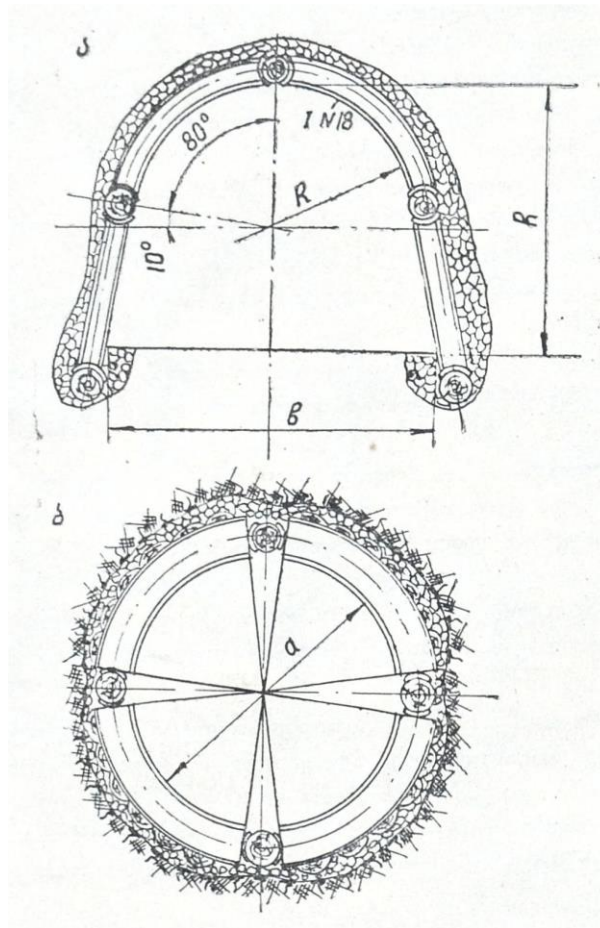
სახსრიანი სამაგრი ძირითადად თაღური და რგოლური ფორმის მზადდება. მრუდე მოხაზულობის, ნებისმიერი ფორმის სამაგრი რთულ დეფორმაციაზე მუშაობს და განიცდის მკუმშავი და მღუნავი ძალების ერთდროულ ზემოქმედებას. სამაგრი კონსტრუქციებისათვის განსაკუთრებით არასასურველია მღუნავი ძალები, რომელთა შემცირება შეიძლება სახსრების გამოყენებით.

სამაგრ კონსტრუქციაში გამოყენებული სახსარი ამცირებს საანგარიშო ძალს, რომელიც პროპორციულ დამოკიდებულებაშია მღუნავ მომენტთან ამიტომ სახსართა რაოდენობა განსაზღვრავს სამაგრში მღუნავი მომენტების შემცირების ოდენობას. უფრო ზუსტად რომ ვთქვათ, რაც უფრო მოკლეა ორ მეზობელ სახსარს შორის მანძილი (საანგარიშო ძალი), მით უფრო ნაკლებია კონსტრუქციაში მოქმედი მღუნავი მომენტები.

სახსრიან სამაგრ კონსტრუქციებში, მღუნავი მომენტების შემცირების გამო, განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება გრძივ ანუ მკუმშავ ძალებს, რომელთა ზემოქმედება აუმჯობესებს სამაგრის მუშაობის პირობებს და საგულისხმოდ ზრდის მის ზიდვის უნარს.

სახსრიან სამაგრს, სახსრებში შემობრუნების შედეგად, შეუძლია გეომეტრიული ფორმის შეცვლა, რაც მას დათმობის უნარს ანიჭებს და საშუალებას აძლევს მთელ კონტურზე თანაბრად გადაანაწილოს მოქმედი გარე დატვირთვა.

ლითონის სახსრიანი სამაგრის დამზადებისას უმეტესად გამოიყენება N 16-18 ორტესებრი პროფილის ფოლადი. იყენებენ, აგრეთვე, რკინიგზისა და მაღაროს ნახმარ რელსებს. სამაგრი შედგება ოთხი ან მეტი ელემენტისაგან. ელემენტს (სეგმენტს) ბოლოებზე მიდუღებული აქვს 14-16 მმ სისქის ფოლადის თათები. სამაგრში სახსრებად იყენებენ 18-20 სმ დიამეტრის ხის ბიგებს.



ნახ. 3.7. ლითონის სახსრიანი სამაგრი კონსტრუქციები:
 ა. თალოვანი სამაგრი; ბ. რგოლური სამაგრი

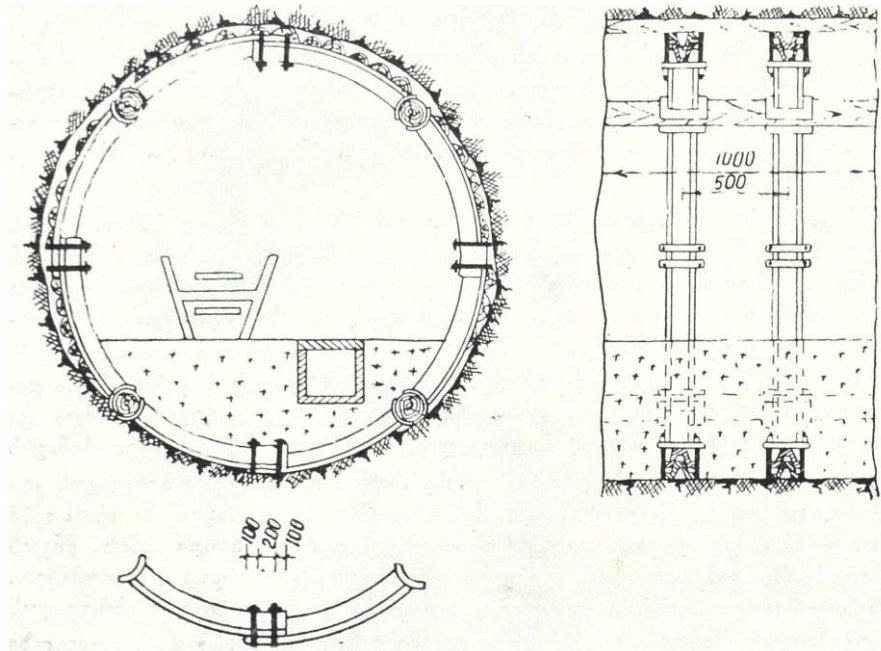
თალოვანი კონსტრუქციებიდან უფრო მეტი გამოყენება აქვს ლითონის ხუთსახსრიან თალოვან სამაგრს (ნახ. 3.7, ა), რომელიც შედგება ოთხი სეგმენტისა და ხუთი სახსრისაგან. სახსრებად გამოყენებულ ხის ბიგებს სეგმენტები ეყრდნობა თათების საშუალებით. ორი მეზობელი თალი ერთმანეთთან დაკავშირებულია იმავე ხის გრძივი ბიგების საშუალებით. თალებს შორის მანძილი 0,5-1,0 მეტრია. სამაგრის დადგმის შემდეგ სახსრებთან კარგად გაისოლება, სამაგრსა და გვირაბის კონტურს შორის არსებული სიცარიელე შეივსება ნაგვერდულების მჭიდრო ხიმეთი და ქანის ნატეხებით.

ლითონის ხუთსახსრიანი თალოვანი სამაგრი დამთმობ სამაგრთა რიცხვს მიეკუთვნება. ამ შემთხვევაში დათმობას ადგილი აქვს როგორც ხის სახსრების დათელვის შედეგად, ისე სამაგრის კონფიგურაციის შეცვლის გამო. როდესაც ადგილი აქვს დიდსა

და ყოველმხრივ მოქმედ სამთო წნევას, მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ ლითონის-სახსრიანი რგოლური სამაგრი (ნახ. 3.7, ბ). ამ შემთხვევაშიც რგოლებს შორის მანძილი 0,5-1,0 მ-ია. ორი მეზობელი რგოლის ერთმანეთთან დაკავშირება ხორციელდება სახსრებად ხმარებული გრძივი ბიგებით. რგოლურ სამაგრში ხიმედ იყენებენ სქელ ნაგვერდულებს ან წვრილ ბიგებს. თაღოვანი და რგოლური სახსრიანი სამაგრები ხასიათდება მცირე დათმობის უნარით. ამ კონსტრუქციების დათმობა 150-200 მმ-ია.

ყოველმხრივ მოქმედი უთანაბრო და ინტენსიურად მზარდი სამთო წნევის პირობებში ზემოაღწერილი კონსტრუქციების გამოყენება მიზანშეწონილი არ იქნება, ვინაიდან მათი დათმობის შესაძლებლობა საკმარისი არ აღმოჩნდება და ხის სახსრების დათელების შემდეგ სეგმენტების თათები ერთმანეთს მიეხეიანება. ეს გარემოება გამოიწვევს სახსრების გახისტებას და მათ დეფორმირებას, რაც სამაგრს მწყობრიდან გამოიყვანს. ეს რომ არ მოხდეს, საჭირო იქნება დათელილი ბიგების შეცვლა, რისთვისაც აუცილებელია რგოლის დაშლა და ხელახალი აწყობა. ამიტომ სასურველია, რომ ლითონის რგოლურ სამაგრს მეტი დათმობა გააჩნდეს. დიდი დათმობა გააჩნია სპეციალური პროფილის კოჭებისაგან დამზადებულ რგოლურ სამაგრს (ნახ. 3.7, გ), მაგრამ მას სახსრები არ გააჩნია და ამიტომ, უთანაბრო და ინტენსიურად მზარდი სამთო წნევის პირობებში გამოყენებისას ადგილი აქვს სეგმენტების დიდ დეფორმაციას. ზემოაღწერილი სახსრიან-რგოლური სამაგრისა და სპეციალური პროფილის კოჭებისაგან შედგენილი სამაგრის ელემენტების კომბინაციის საფუძველზე დ. შარვაშიძემ შეიმუშავა ახალი ტიპის სამაგრი, რომელსაც გააჩნია როგორც ფორმის შეცვლის უნარი, უთანაბრო სამთო წნევის პირობებთან შესაგუებლად, ისე დიდი დათმობა, რაც ქმნის სამაგრის რთულ პირობებში გამოყენების შესაძლებლობას. ეს სამაგრი წარმოადგენს სახსრიან რგოლს ორმაგი დათმობით (ნახ. 3.8), რომლის სეგმენტები შედგენილია სპეცპროფილის კოჭის ორ-ორი მონაკვეთისაგან. თითოეულ მონაკვეთს ერთ ბოლოზე მიდუღებული აქვს თათი, ხოლო მათი მეორე ბოლოები უერთდება ერთმანეთს ცალულებით. სეგმენტების ერთმანეთთან შეერთება და რგოლების ერთმანეთთან დაკავშირება ხდება ხის სახსრების საშუალებით, ისევე, როგორც სახსრიან რგოლურ სამაგრში. უმეტესად სამაგრის რგოლებს შორის მანძილი აიღება 0,5 მ. სამაგრის დათმობა ხორციელდება ხის სახსრების დათელებითა და სეგ-

მენტების დამოკლებით. სეგმენტის დათმობის კვანძის მუშაობა ანალოგიურია თაღოვანი დამთმობი სამაგრის კვანძის მუშაობისა.



ნახ. 3.8. ლითონის სახსრიანი რგოლური სამაგრი ორმაგი დათმობით

4. რკინაბეტონის სამაგრი კონსტრუქციები

მონოლითური რკინაბეტონის სამაგრის გამოყენება მიზანშეწონილია ისეთ გვირაბებში, სადაც ადგილი აქვს დიდ და არათანაბარ სამთო წნევას.

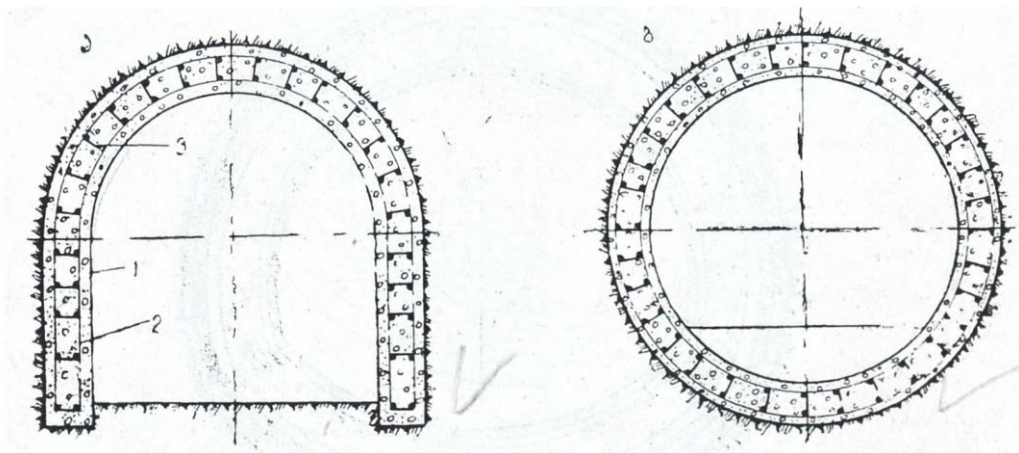
რკინაბეტონის სამაგრი გამოირჩევა დიდი სიხისტით, კარგად მუშაობს როგორც მკუმშავ, ისე გამჭიმ ძაბვებზე, არ საჭიროებს განსაკუთრებულ ზედამხედველობას და დეფორმაციის გარეშე ფუნქციონირებს გვირაბის არსებობის მთელი ვადის განმავლობაში.

მონოლითურ რკინაბეტონს იყენებენ უმთავრესად თაღებში, მრუდხაზოვან კედლებში და, საერთოდ, ოვალური მოხაზულობის სამაგრში.

რკინაბეტონის სამაგრში გამოიყენება ჩვეულებრივი - მოქნილი ან ხისტი არმატურა. ჩვეულებრივი (მოქნილი) არმატურა მზადდება მრგვალი კვეთის გლუვზედაპირიანი ან

პერიოდული პროფილის ფოლადის ღეროებისაგან. ხისტ არმატურად იყენებენ მცირე ზომის ორტესებრ ან სპეციალური პროფილის ძელებს, მაღაროს რელსებს და სხვ.

რკინაბეტონის სამაგრის ამოყვანისას განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს არმატურის სწორ განაწილებას. არმატურა უნდა მოთავსდეს სამაგრის იმ ნაწილებში, რომლებიც გამჭიმვი ძაბვების გავლენის ქვეშ იმყოფებიან. სამაგრის ამ ნაწილებში საჭირო ხდება არმატურის ერთი რიგის ანუ ერთმაგი არმატურის გამოყენება, რაც ლითონის მცირე ხარჯთან არის დაკავშირებული. მაგრამ სამაგრში მოქმედი გამჭიმვი ძაბვების ადგილმდებარეობა დამოკიდებულია წნევის მრუდის მდებარეობაზე, რომლის ზუსტად დადგენა თითქმის შეუძლებელია, სამთო წნევის ხასიათის გაურკვევლობის გამო. ამიტომ, მიუხედავად ლითონის დიდი ხარჯისა, მონოლითური რკინაბეტონის სამაგრში მუდამ ორმაგი არმატურა იხმარება, რაც უზრუნველყოფს კონსტრუქციის გამართულ მუშაობას წნევის მრუდის ნებისმიერი მდებარეობისას.



ნახ. 4.1. მონოლითური რკინაბეტონის სამაგრი მოქნილი არმატურით:

ა. თაღოვანი ფორმა; ბ. წრიული ფორმა; 1. მუშა არმატურა;

2. მანაწილებელი არმატურა; 3. ცალულები

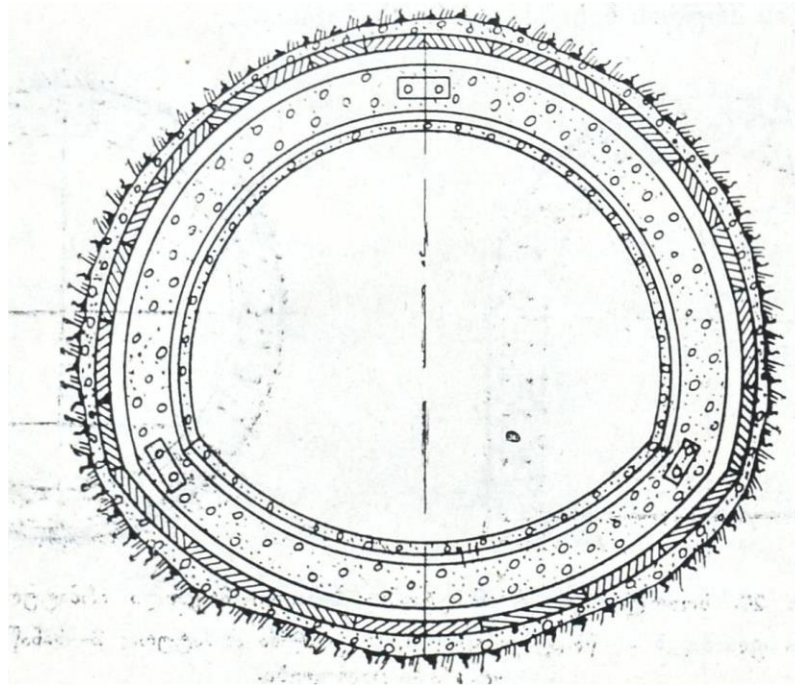
სამაგრის კონტურის პარალელურად განლაგებულ ფოლადის ღეროებს, რომლებსაც გამჭიმვი ძაბვების ატანა უხდებათ და ამით ზრდიან კონსტრუქციის ზიდვის უნარს, მუშა არმატურა ეწოდება. მუშა არმატურის დაყენება ხდება გვირაბის ღერძის მართობულ სიბრტყეში, ერთმანეთის პარალელურად. მუშა არმატურის ღეროების სისქე 8-25 მმ-ია, ხოლო მათ შორის მანძილი (გვირაბის ღერძის გასწვრივ) - 200-300 მმ.

მუშა არმატურის ერთმანეთისაგან გარკვეულ მანძილზე გასაჩერებლად გამოიყენება მანაწილებელი არმატურა. იგი წარმოადგენს გვირაბის ღერძის გასწვრივ დაწყობილ ღეროებს, რომლებიც მუშა ღეროებთან რკინის მავთულითაა შეკრული. მანაწილებელი არმატურის ღეროების სისქე 5-12 მმ-ია, ხოლო მათ შორის მანძილი - 100-350 მმ. მუშა და მანაწილებელი არმატურა გვადლევს სწორკუთხა უჯრედებიან ბადეს ორმაგი არმატურის შემთხვევაში ორი ასეთი ბადე გვაქვს (ნახ. 4.1). ბადეების ერთმანეთთან დაკავშირება ხდება 5-9 მმ სისქის განივი ღეროებით (ცალულებით). ცალულებს შორის მანძილი 200-300 მმ-ია. არმატურის ბადე სამაგრის შიგა ზედაპირიდან დაცილებულია 15-20 მმ-ით. ეს სისქე ფოლადის არმატურას დაჟანგვისაგან იცავს.

რკინის რაოდენობა რკინაბეტონის სამაგრში განისაზღვრება მუშა ღეროების ჯამური კვეთის ფართობის შეფარდებით ბეტონის კვეთის ფართობთან. ეს შეფარდება გამოისახება პროცენტობით და მონოლითურ კონსტრუქციებში, ჩვეულებრივად, 1-1,5%-ს შეადგენს.

მონოლითური რკინაბეტონის სამაგრის ამოყვანა ბეტონის სამაგრის ამოყვანისაგან იმით განსხვავდება, რომ დამატებით საჭიროებს არმატურის დაყენებას. რკინაბეტონის სამაგრისათვის იყენებენ პლასტიკურ ბეტონს.

მონოლითური რკინაბეტონი მოქნილი არმატურით გამოიყენება ისეთ შემთხვევებში, როცა შესაძლებელია გვირაბის გარკვეულ ნაწილზე დროებითი სამაგრის მოწყობა, არმატურის დაყენება, ყალიბების დადგმა და დაბეტონება. სუსტი ქანების შემთხვევაში შეუძლებელი ხდება დროებითი სამაგრის მოხსნა იმ მცირე დროით მაინც, რომელიც მუდმივი სამაგრის ამოყვანას სჭირდება. ასეთ პირობებში გვირაბებში, სადაც სამთო წნევა სწრაფად გამოვლინდება და მნიშვნელოვან სიდიდეს ღებულობს, იყენებენ მონოლითური რკინაბეტონის სამაგრს ხისტი არმატურით (ნახ. 4.2.).

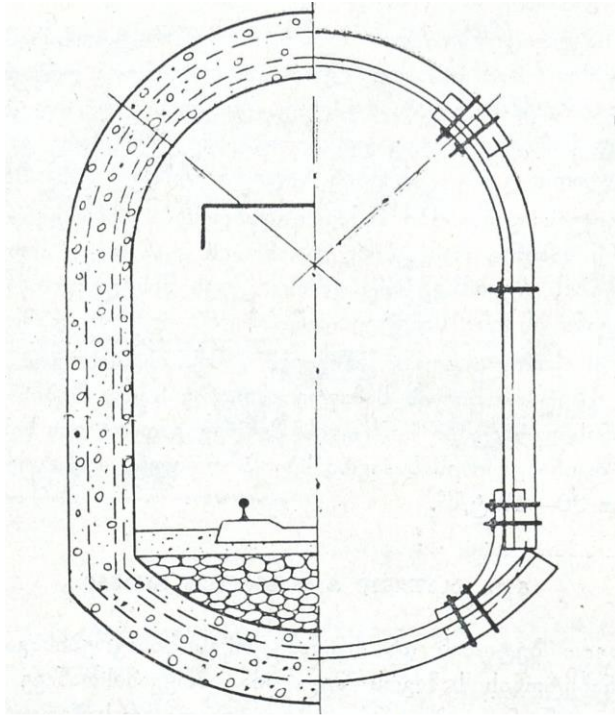


ნახ. 4.2. რკინაბეტონის სამაგრი ხისტი არმატურით

დროებითი სამაგრი ანუ ხისტი არმატურა, რომელიც მზადდება N 18-20 ორტესებრი პროფილის ძელებისაგან, თავისთავად წარმოადგენს საკმაოდ მტკიცე კონსტრუქციას, რომელსაც დადგმისთანავე შეუძლია დატვირთვის მიღება. დროებითი სამაგრის ჩარჩოებს, სანგრევის წინ-წაწვეასთან ერთად, ერთმანეთისაგან 0,5-0,7 მეტრის დაშორებით აყენებენ. ჩარჩოები ურთიერთშორის ლითონის თამასებით გაიბრჯინება. სამაგრი ამოიხიმება რკინაბეტონის ფილებით. კონსტრუქციის დაბეტონება ხდება სანგრევიდან 15-30 მეტრის დაშორებით. დროთა განმავლობაში, ე. ი., ბეტონის გამაგრების შემდეგ, ასეთი სამაგრი განსაკუთრებულ სიმტკიცეს იძენს.

ხისტი არმატურის მქონე რკინაბეტონის სამაგრის უარყოფით მხარეს წარმოადგენს ლითონის მეტად დიდი ხარჯი.

აღსანიშნავია, რომ ზოგიერთ შემთხვევებში და, განსაკუთრებით, დიდ სიღრმეებზე მშენებარე გვირაბებში, აღწერილი კონსტრუქციის სამაგრი ხშირად ვერ იძლევა სასურველ შედეგს და ვერ უზრუნველყოფს გვირაბის მდგრადობას მისი არსებობის მთელი ვადის განმავლობაში.



ნახ. 4.3. რკინაბეტონის სამაგრი სპეცპროფილის არმატურით

საქმე ისაა, რომ დიდ სიღრმეებზე ქანები ინტენსიურად ამჟღავნებენ რეოლოგიურ თვისებებს, ხანგრძლივი დროის განმავლობაში დეფორმირდებიან და გადაადგილდებიან გვირაბის შიგნით.

ქანების ასეთი მოძრაობა-გადანაცვლების ჩაქრობამდე დადგმული სამაგრის ხისტი კონსტრუქცია იშვიათად თუ გაუძლებს ინტენსიურად მზარდ დატვირთვებს და დეფორმირდება. ამიტომ საჭირო ხდება ისეთი დამთმობი სამაგრის გამოყენება, რომელიც იმუშავებს როგორც დამთმობი კონსტრუქცია გვერდითი ქანების მოძრაობა-გადანაცვლების ჩაქრობამდე, ასევე სამთო წნევის დამყარების შემდეგ ამ შემთხვევაში ის გამოიყენება, როგორც ხისტი არმატურა მონოლითური რკინაბეტონის სამაგრისათვის.

ამ მხრივ საყურადღებოა მონოლითური რკინაბეტონის სამაგრი სპეცპროფილის არმატურით (ნახ. 4.3), რომელიც განკუთვნილია ღრმად განლაგებული კაპიტალური გვირაბების გასამაგრებლად. ეს კონსტრუქცია კარგად მუშაობს აგრეთვე რთულ სამთო-გეოლოგიურ პირობებში მშენებარე გვირაბებშიც, სადაც ქანის მოძრაობა-გადანაცვლების სიდიდე 150-350 მმ-ს აღწევს.

სპეცპროფილის დამთმობი სამაგრი დაიდგმება სანგრევის წინ წაწევასთან ერთად. სამაგრს გააჩნია რამდენიმე დათმობის კვანძი და პირველ პერიოდში მუშაობს დათმობის რეჟიმში, რაც გამორიცხავს მის დეფორმაციას. გვირაბში ბეტონის ამოყვანა იწყება სანგრევიდან 30-50 მეტრის დაშორებით.

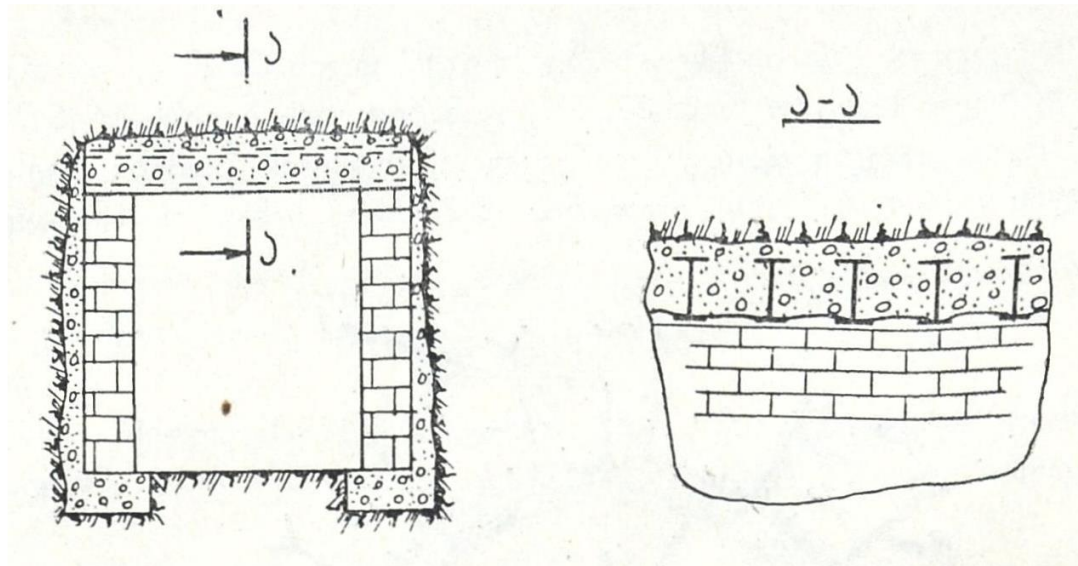
გვირაბის ეს ნაწილი აღარ განიცდის ქანის ინტენსიური გადანაცვლების ზემოქმედებას, სპეცპროფილის სამაგრი ამთავრებს დათმობის რეჟიმზე მუშაობას და ბეტონის გარსაცმში მოქცევის შემდეგ გადაიქცევა ხისტ არმატურად. მონოლითური რკინაბეტონის სამაგრი სპეცპროფილის არმატურით ხასიათდება დიდი ზიდვის უნარით - 30-40 ტ/მ².

4.1. შერეული სამაგრი

არცთუ ისე იშვიათად იყენებენ სამაგრს, რომელიც შედგება სხვადასხვა სამაგრი მასალისაგან. ასეთ სამაგრ კონსტრუქციას შერეული სამაგრი ეწოდება. შერეული სამაგრის გამოყენების პერსპექტიულობა დამოკიდებულია ადგილობრივი მასალების გამოყენებაზე, იაფფასიანი კონსტრუქციების შერჩევაზე, დეფიციტური მასალების შემცირებასა და სხვა პირობებზე.

მაგალითად, მაღაროს მიმდებარე ეზოს ზოგიერთი კამერის გასამაგრებლად შეიძლება გამოვიყენოთ სამაგრი აგურის ან ბეტონიტების კედლებით და ბრტყელი გადახურვით, ორტესებრი პროფილის ძელებისა და ბეტონისაგან (ნახ. 4.4).

ასეთი სამაგრის დადებით მხარედ უნდა ჩაითვალოს ამოყვანის სიმარტივე და სამაგრის დადგმისთანავე სამთო წნევის მიღების შესაძლებლობა. სამაგრის კედლების სისქე ერთნახევარი, ორი აგურის ზომის აიღება, ხოლო ლითონის ძელების ზომები და მათ შორის მანძილები შეირჩევა გაანგარიშებით. ორტესებრი ძელებს შორის სივრცე შეივსება ბეტონით, რაც მარტივად სრულდება. ფიცრისაგან დამზადებული მცირე ქარგილები რკინის კაკვებით ჩამოიკიდებდა ლითონის ძელების ქვედა თაროებზე და თაღის ამოყვანა ბეტონით მოხდება გვირაბის ერთი გვერდიდან მეორისაკენ.

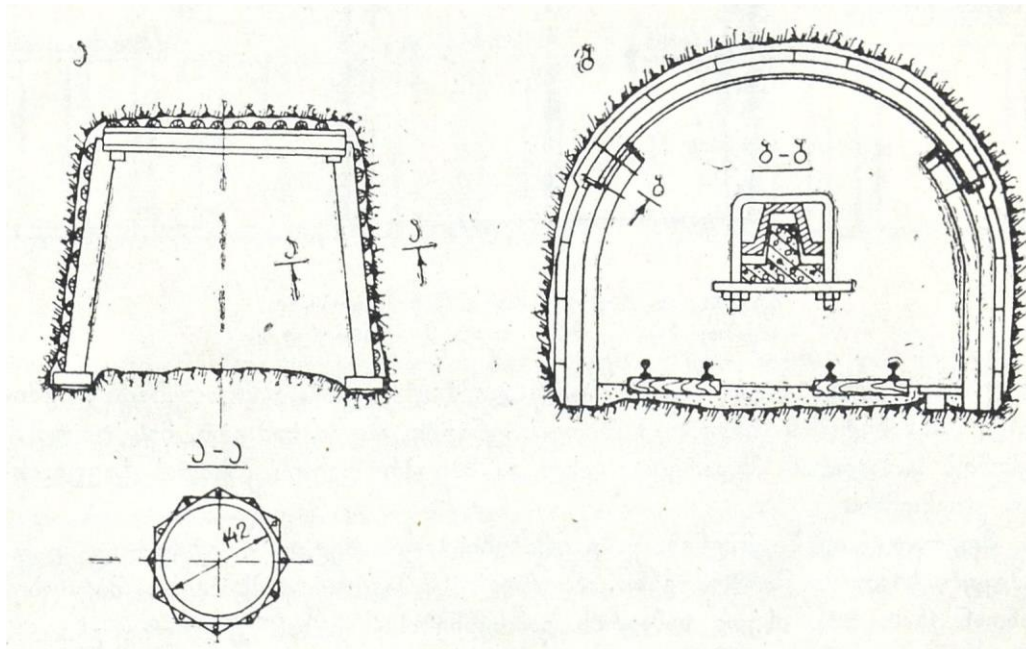


ნახ. 4.4. ქვის სამაგრი ლითონის გადახურვით

შერეული სამაგრი შეიძლება იყოს ჩარჩოს სახის, ტრაპეციული ან თაღოვანი ფორმის (ნახ. 4.5), რომელსაც ფეხები (ბიგები) აქვს რკინაბეტონის, ხოლო უღელი - ლითონის. ტრაპეციული ჩარჩო შედგება ორტესებრი პროფილის ლითონის უღლისა და რკინაბეტონის მილისებრი ბიგებისაგან (ნახ. 4.5, ა).

რკინაბეტონის მილები 160 და 200 მმ დიამეტრის მზადდება. მილის კედლის სისქე 30-40 მმ-ია, ხოლო წონა (სიგრძის მიხედვით) - 70-120 კგ. ასეთ ბიგებს ამზადებენ მაღალი მარკის ცემენტქვიშის დულაბისაგან, ცენტრიფუგირების მეთოდით.

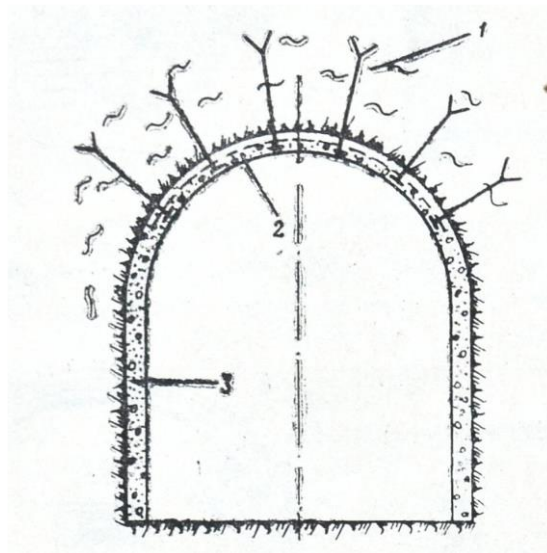
ტრაპეციული სამაგრი ჩარჩო განკუთვნილია ვერტიკალური დამყარებული სამთო წნევის პირობებისათვის.



ნახ. 4.5. შერეული სამაგრი რკინაბეტონისა და ლითონისაგან:

ა. ტრაპეციული; ბ. თაღოვანი.

დაუმყარებული სამთო წნევის შემთხვევისათვის შექმნილია თაღოვანი დამთმობი შერეული სამაგრი (ნახ. 4.5, ბ). რკინაბეტონის ბიგებს (ფეხებს) აქვს T-სებრი ან ტრაპეციული ფორმის განივკვეთი, რომლის ზომები შეესაბამება სპეცპროფილის ღარის ზომებს. ლითონის დამთმობი სამაგრის ანალოგიურად, უღელს ამზადებენ სპეცპროფილისაგან



ნახ 4.6. ანკერული სამაგრი შპრიცბეტონით:

1. ანკერი; 2. ლითონის ბადე; 3. შპრიცბეტონი.

და ცალულების საშუალებით აკავშირებენ რკინაბეტონის ბიგებთან ზიდვის უნარით ასეთი სამაგრი, მის ტოლფას დამთმობ სამაგრთან შედარებით, იძლევა სპეცპროფილის მასალის საგულისხმო ეკონომიას.

მდგრად ქანებში მშენებარე გვირაბებისათვის მეტად ეფექტურ და ეკონომიკურ სამაგრს წარმოადგენს ანკერული სამაგრის კომბინაცია შპრიცბეტონთან (ნახ. 4.6). ასეთი სამაგრის გამოყენებისას მიზანშეწონილია გვირაბს მიეცეს თაღოვანი ფორმა.

ამ დროს იყენებენ მარტივ - სოლური ტიპის შტანგებს. გვირაბის ჭერის დიდი დანაპრალიანების შემთხვევაში ანკერებთან (შტანგებთან) ერთად ხმარობენ ლითონის ბადეს; ამის შემდეგ გვირაბის გაშიშვლებულ ზედაპირს ფარავენ 8-10 სმ სისქის შპრიცბეტონით. ჩვეულებრივი ბეტონის სამაგრთან შედარებით, ეს კომბინირებული სამაგრი ბევრად იაფია და საშუალებას გვაძლევს მექანიზებული გავხადოთ სამაგრის ამოყვანის პროცესი.

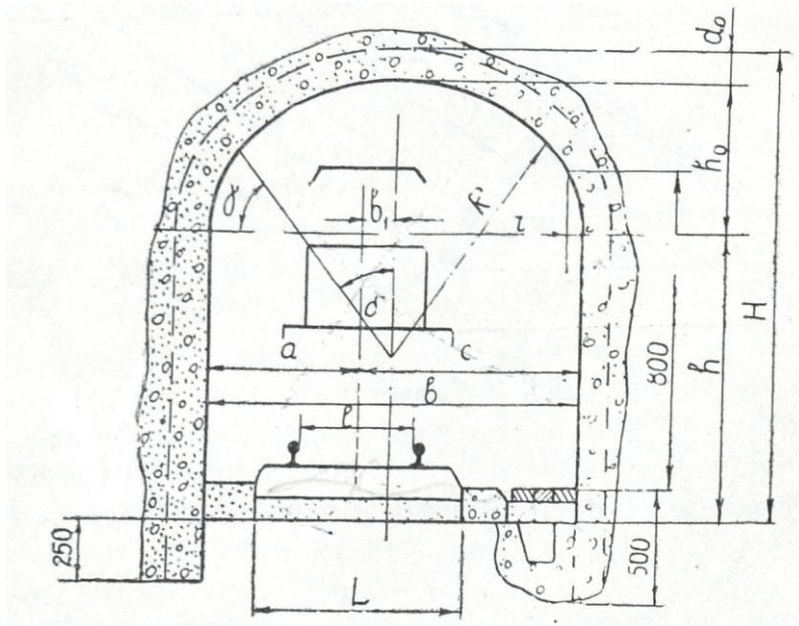
5. მონოლითური სამაგრი კონსტრუქციები

5.1. მონოლითური ბეტონის სამაგრი

ბეტონის სამაგრი წარმოადგენს მონოლითურ კონსტრუქციას. რომელიც მთლიანად ფარავს გვირაბის ჭერსა და კედლებს, ხოლო ზოგჯერ - იატაკსაც (ნახ. 5.1). ბეტონის სამაგრის გამოყენების პირობები, მისი სახეობები და ამოყვანის თანამიმდევრობა იგივეა, რაც ქვის სამაგრის შემთხვევაში. ბეტონის სამაგრი არ საჭიროებს ამოყვანის გაკეთებას, რადგან თვით ბეტონი კარგად ავსებს ყოველ უსწორმასწორობას.

ბეტონის სამაგრის სისქე საშუალოდ 200-500 მმ-ია. სამთო გვირაბებში იყენებენ 150, 200 მარკის ხისტ ან პლასტიკურ ბეტონს. ხისტი კონსტრუქციის ბეტონი ამოიყვანება ხელით, ხოლო პლასტიკური - მექანიკური საშუალებებით.

ბეტონის სამაგრის ამოსაყვანად იხმარება ფორმები. მათი დანიშნულებაა სამაგრის სათანადო ზომების უზრუნველყოფა ბეტონის ჩაწყობისა და გამაგრებისას.



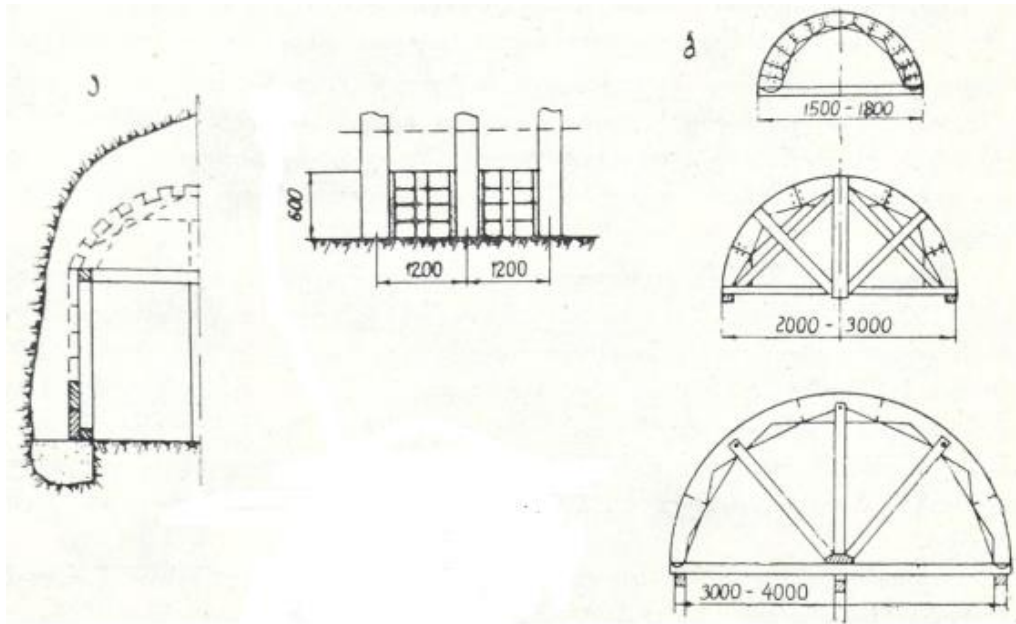
ნახ. 5.1. ბეტონის სამაგრი

ფორმები (ყალიბები) კეთდება ხისაგან, ლითონისაგან ან ხისა და ლითონისაგან (კომბინირებული ფორმები).

ვინაიდან ახლად დამზადებული ბეტონი მოძრავ მასას წარმოადგენს, ამიტომ მისი ჩაწყობისა და დატკეპნისას ფორმები გარკვეულ დატვირთვას განიცდის. ამის გამო ბეტონის სამაგრის ამოყვანისას აუცილებელ პირობას წარმოადგენს ფორმების საკმაო სიხისტე და სიმტკიცე. ფორმები მარტივი კონსტრუქციისა უნდა იყოს და გვირაბში მცირე ადგილს უნდა იკავებდეს.

ვერტიკალური კედლების ამოსაყვანი ფორმები შედგება ბიგებისა და ამოფიცვრისაგან (ნახ. 5.2, ა). ბიგები ეყრდნობა წოლანებს, რომლებიც საძირკვლის ნაპირზე ან გვირაბის იატაკზე იდგმება.

ბიგებს ზემოდან გაიდება გრძივი ბიგები, რომლებიც შემდეგში ქარგილების დასადგმელად გამოიყენება. ბიგებს შორის მანძილი 0,7-1,2 მეტრს შეადგენს; ამოფიცვრა კეთდება 25-40 მმ სისქის ფიცრებისაგან. ფიცრების სიგრძე ბიგებს შორის არსებული მანძილის ჯერადი უნდა იყოს.



ნახ. 5.2. ბეტონის ამოსაყვანი ხის ფორმები:
 ა. კედლების ამოსაყვანი ფორმა; ბ. ქარგილები თაღისათვის.

ვინაიდან ბეტონი ხესთან მნიშვნელოვან შეჭიდულებას იძლევა, ამიტომ ამოფიცვრის მოსახსნელად დიდი ძალაა საჭირო. ამოფიცვრის მოხსნის გასაადვილებლად საჭიროა ბეტონისაკენ მოქცეულ მხარეზე მოხდეს ფიცრების გაშალაშინება და რაიმე საცხები მასალით დაფარვა (ოლიფა, საპნის ხსნარი და სხვ.). ეს ღონისძიება თავიდან გვაცილებს აგრეთვე ფიცრების გაჟღენთვას და გამრუდებას, რასაც ადგილი აქვს ხოლმე ბეტონის სველ მასასთან შეხების შედეგად.

ამოფიცვრის მოხსნა ადვილდება ფარების გამოყენების დროს. ფარი იკვრება 50 მმ სისქის 3-4 ფიცრისაგან. ფარის სიმაღლე ისე უნდა ავირჩიოთ, რომ კედლის ამოყვანისას მივიღოთ მათი მთელი რიცხვი. ფარის სიგანე ბიგებს შორის მანძილზეა დამოკიდებული (ერთმაგი ან ორმაგი მანძილის ტოლია). ფარის შეკვრა ხდება ფიცრებზე თასმების დაჭედებით. ზოგჯერ იყენებენ ლითონის ფარებს. ასეთი ფარი წარმოადგენს კუთხოვანი პროფილისაგან გაკეთებულ ლითონის ჩარჩოს, რომელზეც 5 მმ სისქის ფურცლოვანი რკინა არის გადაკრული.

ბეტონის ჩაწყობისას ამოფიცვრის ამოყვანა თანდათანობით წარმოებს. ბეტონის ჩაწყობა ხდება 15-25 სმ სისქის შრეებად. ყოველი შრის ჩაწყობის შედეგად აწარმოებენ ბეტონის დატკეპნას. ამისათვის იყენებენ ხელის ან მექანიკურ სატკეპნელებს.

ბეტონის დატკეპნის ყველაზე ეფექტურ საშუალება ვიბრატორების გამოყენებაა. ამ შემთხვევაში ბეტონის ნარევი განიცდის რყევას, რომელთა რიცხვი წუთში 1600-4000-ია. ამის შედეგად ბეტონის შემადგენელ ნაწილაკებს შორის ხახუნის მცირდება და იგი ლეზულობს მძიმე ბლანტი სითხის თვისებებს, რის გამოც ბეტონი უდიდესი სიმკვრივისა გამოდის.

ბეტონის ვიბრაციის გამოყენება ზრდის აგრეთვე ბეტონის სიმტკიცესა და წყალგაუვალობას და შეფიცვრის უფრო მალე მოხსნის საშუალებას იძლევა.

ბეტონის თაღის ამოყვანა ისეთივე ქარგილების გამოყენებით ხდება, როგორც ქვის სამაგრის დროს იხმარება. ქარგილის ნეკნებს შორის მანძილი 1 მეტრს უდრის. როდესაც თაღის მალი 1,5 მეტრს აღემატება, მთლიანი ნეკნი მეტად მძიმე გამოდის და ამის გამო მისი გადატანა და დაყენება მოუხერხებელია. ამ შემთხვევაში ნეკნებს კრავენ 20-30 მმ სისქის ფიცრის ამონაჭრებისაგან, რომელთა სიგანეა 220-250 მმ-ია (ნახ. 5.2, ბ). ცალკე ნაჭრების ერთმანეთთან შეერთება ხდება ზესადებებისა და ლურსმნების საშუალებით. ნეკნის გასაძლიერებლად მის ქვედა ბოლოებს ძელს აჭედებენ. ნეკნის სიგრძის ზრდასთან ერთად მატულობს მამლიერებელი ელემენტების რიცხვი. მეტი სიხისტისათვის თვით ფიცრის ამონაჭრები ერთმანეთს ორ ან სამ წყებად ედება. ამოფიცვრისათვის იყენებენ 20-40 მმ სისქის ერთ მხარეზე გაშალაშინებულ ფიცრებს.

ქარგილები იდგმება ბიგებზე (ნახ. 5.2, ა). ქარგილის თითოეული ნეკნი ეყრდნობა ბიგებზე გადებულ გრძივ ბიგებს დამშვები სოლების საშუალებით. სოლების შემწეობით ხდება ქარგილის ზუსტი დაყენება საჭირო მდგომარეობაში და მისი ადვილად მოხსნა ბეტონის სათანადო გამაგრების შემთხვევაში.

თაღის ამოყვანა იწყება კედლების სათანადოდ გამაგრების შემდეგ და წარმოებს ორივე საყრდენიდან კლიტის მიმართულებით.

აღსანიშნავია, რომ ხის ფორმების მრავალჯერ გამოყენება შეუძლებელია, რადგან ყოველი გადატანისას ხის ნაწილები მნიშვნელოვნად იმტვრევა. ამ მიზეზით იმტვრევა

და უვარგისი ხდება ქარგილების, ბიგებისა და სოლების 10-20%, ხოლო შეფიცვრისათვის განკუთვნილი ფიცრების დანაკარგები 50%-მდე აღწევს.

ამ მხრივ უპირატესობა აქვს ლითონის ფორმებს. ლითონის ქარგილი მზადდება შველერებითა და ფურცლოვანი რკინით, ხოლო კედლებისათვის იყენებენ ლითონის ფარებს რომლებიც მზადდება 5 მმ სისქის ფურცლოვანი რკინით და მცირე ზომის კუთხოვანა პროფილით. ლითონის ფორმები (ყალიბები) გამოიყენება მრავალჯერ. მათი გამოყენება ბეტონის ვიბრირების უკეთეს პირობებს ქმნის და ზრდის სამაგრის სიმტკიცეს.

ბეტონის სამაგრის ხელით ამოყვანა ტექნოლოგიურად რთულ და მეტად შრომატევად პროცესს წარმოადგენს. განსაკუთრებით არახელსაყრელია ბეტონის სამაგრის ხელით ამოყვანა დიდი სიგრძის გვირაბებში, რაც შესამჩნევად ამცირებს მშენებლობის ტემპს და ზრდის სამაგრის ღირებულებას. ასეთ პირობებში, ბეტონის სამაგრის ამოყვანის მექანიზაციის მიზნით, იყენებენ ლითონის გადასაადგილებელ ყალიბებსა (ფორმებს) და ბეტონჩამწყობ მანქანებს. მათი გამოყენება აუმჯობესებს მონოლითური ბეტონის სამაგრის ამოყვანის ტექნოლოგიას და ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებს. ბეტონის სამაგრის ამოყვანის სრული მექანიზაციითა და უმნიშვნელო შრომატევადობით ხასიათდება ტორკრეტირებისა და შპრიცბეტონის გამოყენება.

ტორკრეტ-ბეტონით გამაგრება ანუ ტორკრეტირება მდგომარეობს ბეტონის თხელი შრით ქანების გაშიშვლებული ზედაპირის დაფარვაში, რაც შეკუმშული ჰაერის საშუალებით წარმოებს. ბეტონის შრე მტკიცედ უკავშირდება ქანებს და ქმნის დამცველ გარსს.

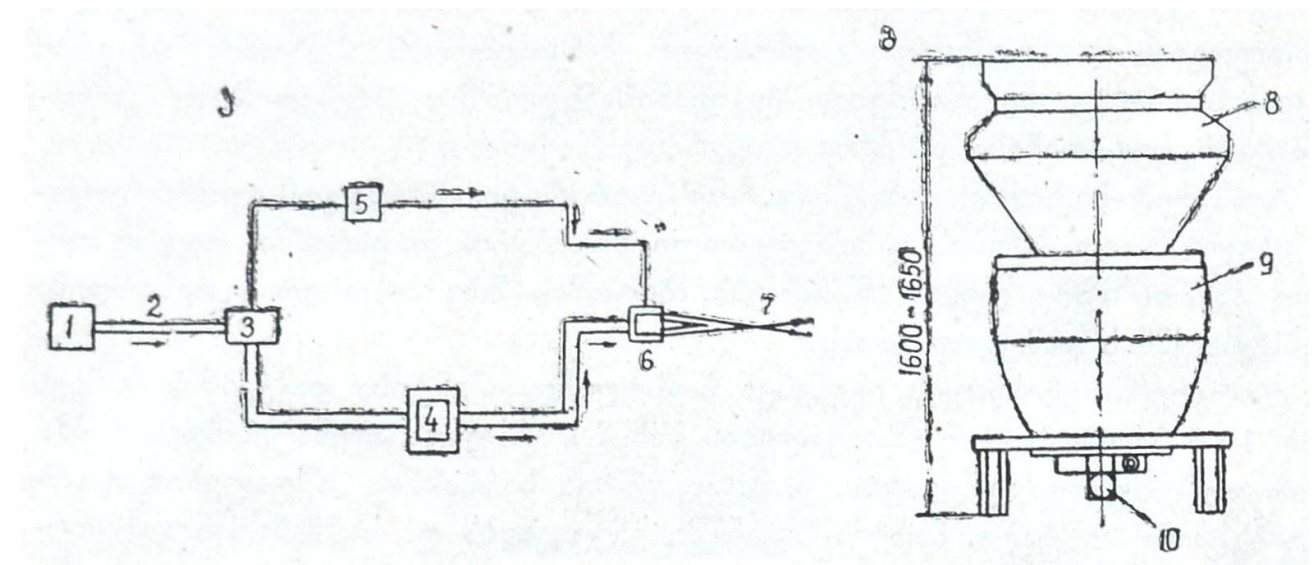
ტორკრეტირებისათვის იყენებენ პორტლანდცემენტისა და ქვიშის ნარევს 1:3-1:8 პროპორციით (მარცვლების სიმსხო არ უნდა აღემატებოდეს 5 მმ-ს. ძირითადი სამუშაო აგრეგატის, ე. წ. ცემენტის ზარბაზნის საშუალებით ტორკრეტ-ბეტონის მშრალი ნარევი შლანგში გაიდევნება და საქმენიდან გატყორცნის წინ წყლით სველდება.

სველი ნარევის გატყორცნის სიჩქარე 100 მ/წმ-ს აღემატება. ცემენტის ზარბაზნის მწარმოებლურობაა 1,5 მ³/სთ. შეკუმშული ჰაერის სამუშაო წნევა - 2,5 ატ. ერთ ჯერზე დაშეფებული ტორკრეტ-ბეტონის სისქე 5-7 მმ-ზე მეტი გამოდის. ჩვეულებრივ, ღებუ-

ლობენ ორ-სამ შრეს. ტორკრეტირებას იყენებენ მაგარ ქანებში, რომლებსაც გამოფიტვი-სადმი აქვთ მიდრეკილება.

შპრიცბეტონი, ტორკრეტ-ბეტონისაგან განსხვავებით, შეიცავს უფრო მსხვილ შემ-ვსებს (არა უმეტეს 25 მმ), სპეციალურ დანამატებს ბეტონის გამყარების დასაჩქარებლად (თხევადი მინა, ცემენტის წონის 6-12%, ქლოროვანი კალციუმი - 5-10% და სხვ.). ცემენტი და შემვსები აიღება პროპორციით 1 : 2-1 : 4.

შპრიცბეტონის დაშეფება ქანის ზედაპირზე წარმოებს სპეციალური ბეტონ-შპრიცმანქანით (ნახ. 5.3, ბ), რომელიც ორი კამერისაგან შედგება. პირველი კამერიდან მშრალი ნარევი მიეწოდება მეორე კამერას, რომელშიაც მოთავსებულია მანაწილებელი თეფში. თეფში ბრუნავს და გარკვეულ ულუფებად აწვდის მშრალ ნარევს მასალის მილ-ყელს, საიდანაც მშრალი ნარევი შეკუმშული ჰაერის ზეგავლენით გადაადგილდება შლანგით საქშენისაკენ. საქშენთან მშრალი ნარევი დასველდება წნევიანი წყლით (ნახ. 5.3, ა) და დაეშეფება გასამაგრებელ ზედაპირს. ბეტონ-შპრიცმანქანის მწარმოებლობაა 4-4,5 მ³/სთ, შეკუმშული ჰაერის საშუალო წნევა - 4-6 ატ.



ნახ. 5.3. შპრიცბეტონის მოწყობის სქემა:

ა - მოწყობილობის სქემა; ბ - ბეტონ-შპრიცმანქანა; 1 - კომპრესორი; 2 - შეკუმშული ჰაერის მილსადენი; 3 - ჰაერსაწმენდი; 4 - ბეტონ-შპრიცმანქანა; 5 - წყლის ავზი; 6 - საქშენი; 7 - ბეტონის დასველებული ნარევი; 8 - ზედა კამერა; 9 - ქვედა კამერა; 10 - მასალის მილყელი.

ერთჯერადი დაშხეფებით მიღებული შპრიცბეტონის შრის სისქე გვირაბის კედელზე შეადგენს 5-7 სმ-ს, ხოლო გვირაბის თაღში - 3-5 სმ-ს. მომდევნო შრის დაშხეფება შესაძლოა 10 წუთის შემდეგ.

ჩვეულებრივ, შპრიცბეტონის სამაგრის სისქე აიღება 5-15 სმ (ერთი ან ორი შრე), მაგრამ საჭიროების შემთხვევაში პრაქტიკულად შესაძლებელია ნებისმიერი სისქის სამაგრის ამოყვანა. ამიტომ შპრიცბეტონი შეიძლება შედარებით სუსტი ქანების შემთხვევაშიც გამოვიყენოთ. შპრიცბეტონს, ჩვეულებრივ ნატკეპნ ბეტონთან შედარებით, მაღალი მექანიკური მაჩვენებლები აქვს, მისი სიმტკიცე კუმშვაზე დაახლოებით ორჯერ მეტია, ხოლო გაჭიმვაზე - ერთნახევარჯერ. ეს აიხსნება ბეტონის დაშხეფების დროს მომდევნო ჭავლით უკვე მიკრული შრის განუწყვეტელი დატკეპნით, რის გამოც შპრიცბეტონის სიმკვრივე და სიმტკიცე იზრდება. ეს ხელს უწყობს აგრეთვე ბეტონისა და ქანის კარგ შეჭიდულობას, ვინაიდან უშუალოდ ქანს თავდაპირველად წვრილი ნაწილაკების აფსკი ეკვრის, რომელიც კარგად ავსებს მასში არსებულ ბზარებს, ამიტომ შპრიცბეტონი მაღალი წყალგაუვალობით ხასიათდება.

ტორკრეტ-ბეტონითა და შპრიცბეტონით გამაგრება სამთო-ტექნიკურ ლიტერატურაში უყალიბო დაბეტონების სახელწოდებითაა ცნობილი. გამაგრების ეს მეთოდები არ მოითხოვს ყალიბების დადგმას და დროებით სამაგრებს.

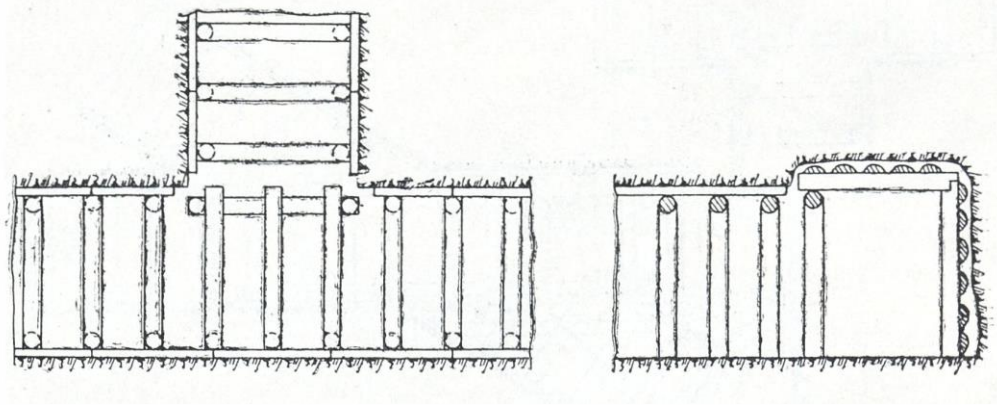
5.2. გვირაბების შეუღლებისა და გადაკვეთის სამაგრი

სხვადასხვა გვირაბის შეუღლების ან გადაკვეთის მოწყობა დამოკიდებულია სამაგრის სახესა და შეუღლების კუთხეზე.

თუ შეუღლების კუთხე 90°-ია, მაშინ შეუღლება ან გადაკვეთა სწორი მიიღება, ხოლო სხვა კუთხის შემთხვევაში შეუღლება ან გადაკვეთა ირიბი იქნება. გვირაბების შეუღლებისა და გადაკვეთის მოწყობის საკითხი სხვადასხვაგვარად წყდება ბრტყელი გადახურვის მქონე და თაღური ფორმის სამაგრის გამოყენებისას.

ხის სამაგრი ჩარჩოების გამოყენების შემთხვევაში გვირაბების შეუღლებისა და გადაკვეთის ადგილის გამაგრება წარმოებს კამერული ჩარჩოს შემოწყობით.

სწორი შეუღლების შემთხვევაში (ნახ. 5.4.) კამერული ჩარჩოს უღელი წარმოადგენს შეუღლების ადგილზე დადგმული არასრული ჩარჩოების უღლების საყრდენს (არასრული ჩარჩოები შედგება ცალი ბიგისა და უღლისაგან).



ნახ. 5.4. სწორი შეუღლება ხის სამაგრით

კამერულ ჩარჩოს უხდება დიდი დატვირთვის ატანა, ამიტომ მის დასამზადებლად აიღება მაგარი ჯიშის ხეტყე (მუხა). ზოგჯერ კამერული ჩარჩოს მუხის ბიგებითა და ლითონის უღლით აყენებენ. უღლად იყენებენ ორტესებრი პროფილის ძელებს ან რკინიგზის რელსებს. კამერული ჩარჩო ისე უნდა დაიდგას, რომ მისი ბიგები გვირაბში დადგმული ჩარჩოების ხაზზე მოხვდეს.

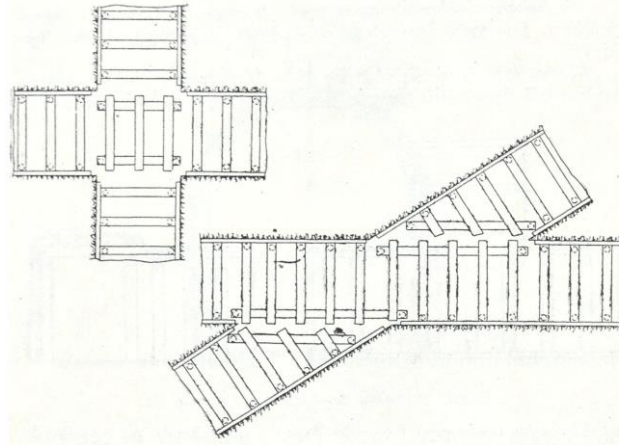
დიდი სამთო წნევის დროს შეიძლება ორი კამერული ჩარჩოს დადგმა ერთმანეთზე მიჯრით.

გვირაბების სწორი გადაკვეთისას გადაკვეთის მოპირდაპირე მხარეებზე საჭიროა ორი კამერული ჩარჩოს დადგმა. ამ ჩარჩოებზე გაიდება ცალკეული უღლები (ნახ. 5.5, ა). ირიბი გადაკვეთისას (ან ირიბი შეუღლების დროს) კამერულ ჩარჩოებთან ერთად საჭიროა დამხმარე ჩარჩოების გამოყენება (ნახ. 5.5, ბ).

აღსანიშნავია, რომ ირიბი შეუღლებისა და გადაკვეთის შემთხვევაში ვღებულობთ მახვილ კუთხეებს, რაც ამცირებს გვირაბის მდგრადობას. სუსტი ქანების შემთხვევაში

გვირაბის მახვილკუთხოვან ნაწილებს იღებენ და მათ ადგილას ამოჰყავთ ქვის ან ბეტონის კედელი, რაც უფრო მტკიცე საყრდენია კამერული ჩარჩოს უღლისათვის.

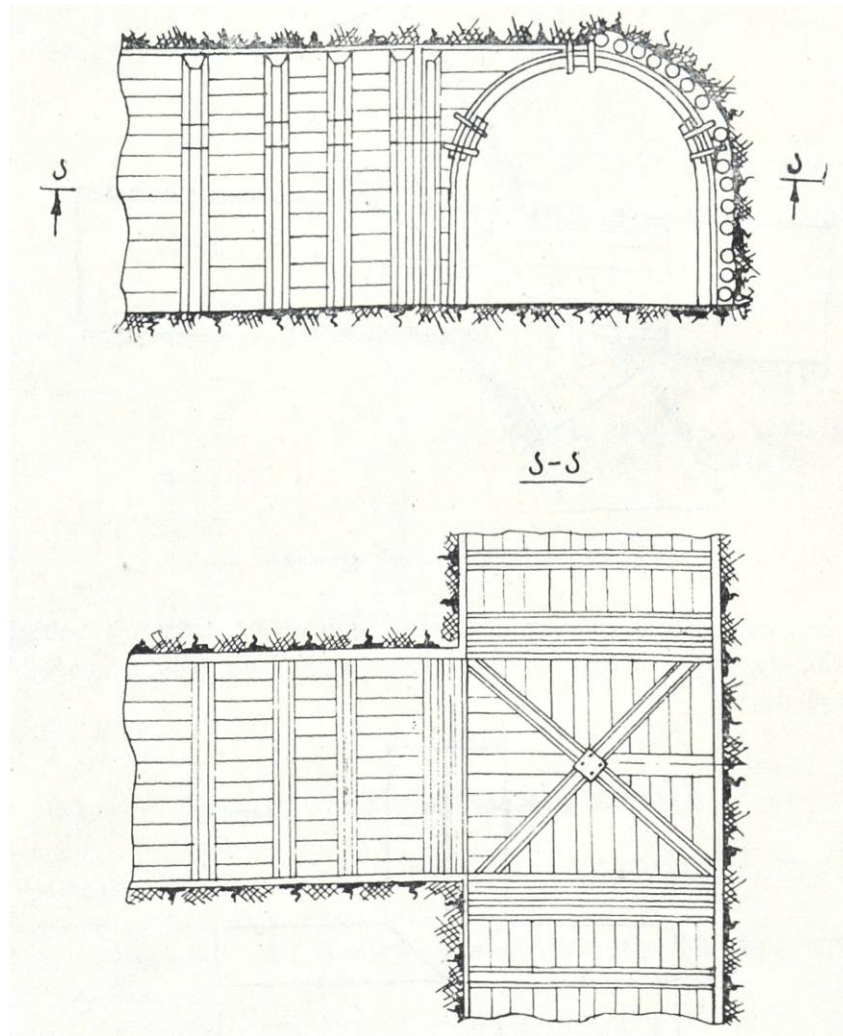
გვირაბების შეუღლებისა და გადაკვეთის მოწყობა თაღური ფორმის სამაგრის გამოყენებისას (ლითონისა და ბეტონის სამაგრი) შედარებით უფრო რთულად ხორციელდება.



**ნახ. 5.5. გვირაბების გადაკვეთის მოწყობა ხის სამაგრით:
ა-სწორი გადაკვეთა; ბ-ირიბი გადაკვეთა.**

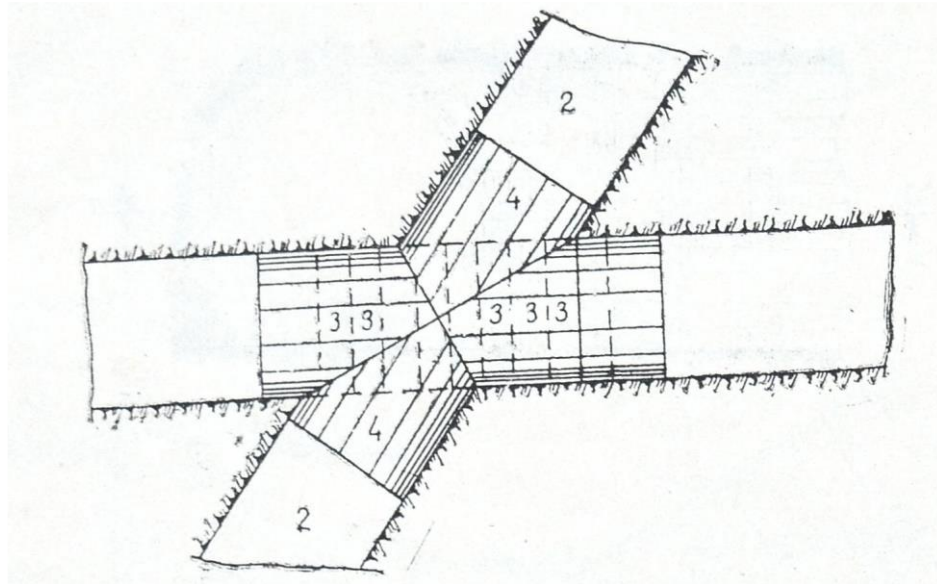
მაგალითად, სპეცპროფილის თაღოვანი სამაგრის გამოყენებისას სწორი შეუღლების მისაღებად დიაგონალურად დაიდგმება ორი თაღოვანი ჩარჩო, რომელზეც დაეყრდნობა ძირითადი გვირაბის ნახევარჩარჩო (ნახ. 5.6.). შეუღლების ადგილი ამოიხიმება 130—170 მმ დიამეტრის მქონე ბიგებით. გარდა ამისა, დიაგონალური ჩარჩოების მიჯნაზე, ორივე გვირაბში, მიჯრით ამოიყვანება ორ-ორი თაღოვანი ჩარჩო, რაც გამოწვეულია შეუღლების ადგილზე მოქმედი გაზრდილი სამთო წნევით.

ბეტონის სამაგრის შემთხვევაში გვირაბების შეუღლებისა და გადაკვეთის ადგილები მაგრდება ჯვრისებრი ან ცილინდრული თაღით. ჯვაროვანი თაღი მიიღება თანაბარი ამალლების მქონე ორი ცილინდრული თაღის გადაკვეთით.



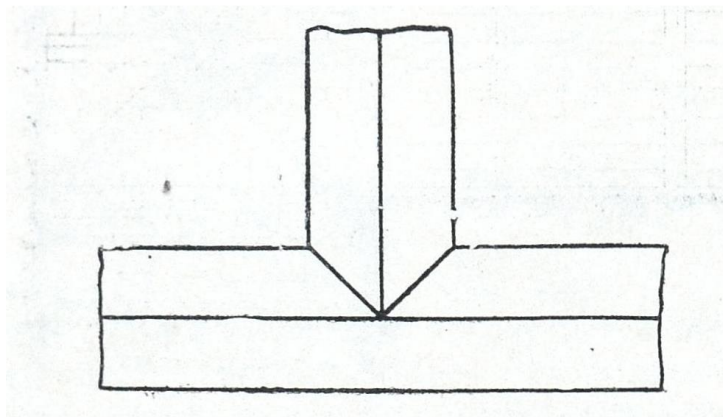
ნახ. 5.6. სწორი შეუღლება სპეცპროფილის სამაგრი

თარაზული გვირაბების შეუღლებისა და გადაკვეთის ადგილების ცილინდრული თაღით გადახურვის მოწყობისას ამოჰყავთ ჩვეულებრივი ბეტონის თაღები. ჯვრისებრი თაღის ამოსაყვანად კი ერთ-ერთი გვირაბის ღერძის მართობულად იდგმება ქარგილის ნეკნები (3), რომლებზეც მთლიანად კეთდება ამოფიცვრა (ნახ. 5.7). ნეკნებს შორის მანძილი 0,5-0,6 მ-ია. შემდეგ მეორე გვირაბში იდგმება ქარგილის ნეკნები (4). ამ ქარგილების ამოფიცვრას იწყებენ საყრდენიდან კლიტისაკენ. ფიცრების სიგრძე აიღება (4) ნეკნიდან (3) ნეკნზე გაკეთებული ამოფიცვრის ზედაპირამდე. ამ ფიცრების შეხების წერტილები (3) ქარგილების ამოფიცვრასთან ჯვრისებრი თაღის დიაგონალებზე მდებარეობს (მჭიდრო შეხებისათვის ფიცრების ბოლოები ირიბად არის ჩახერხილი).



ნახ. 5.7. ორიბი გადაკვეთის ჯვრისებრი თალი

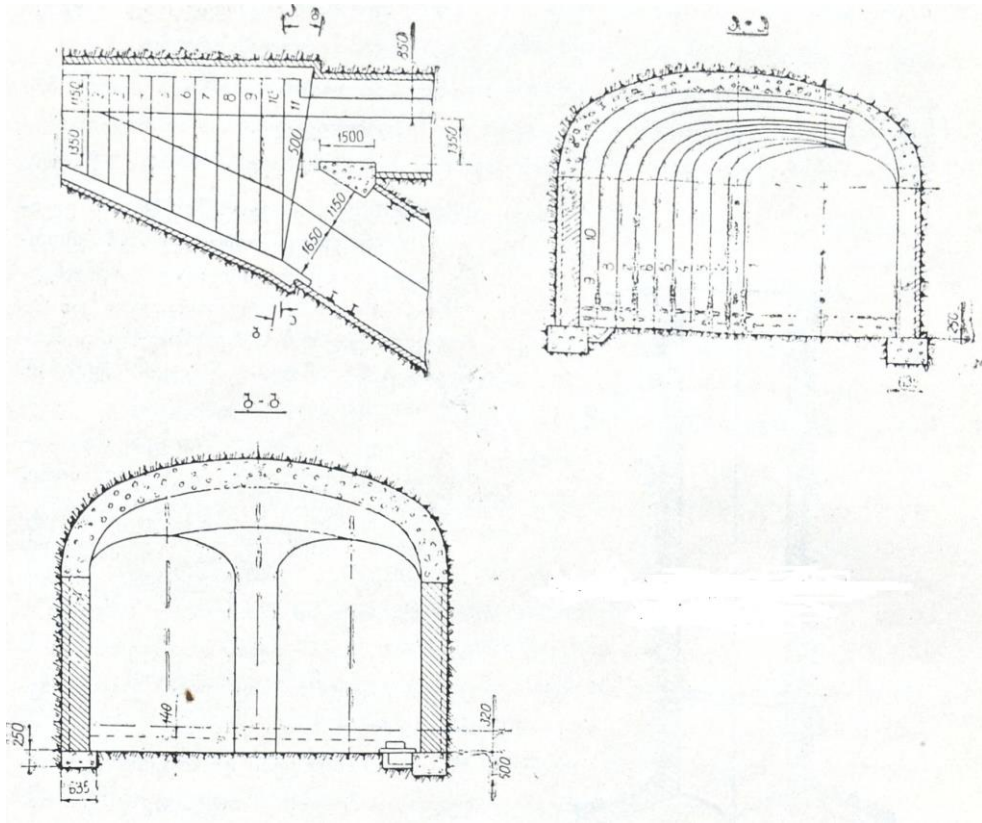
ამოფიცვრის გაკეთებასთან ერთად თანდათან ახდენენ თალის ამოყვანას. ბეტონით ივსება მთელი სივრცე ამოფიცვრასა და გვირაბის ჭერს შორის. დაბეტონების შედეგად ვლდებულობთ ჯვრისებრ თალს, რომელსაც გააჩნია მსხვილი დიაგონალური წიბოები. მათი სისქე, ამოფიცვრის ფორმის შემწეობით, თალის სისქეზე მეტი გამოდის.



ნახ. 5.8. სწორი შეუღლება თაღოვანი გადახურვით

გვირაბების სწორი შეუღლების ადგილზე ამოყვანილი თალი წარმოადგენს ჯვრისებრი თალის ნახევრისა და ცილინდრული თალის ნახევრის კომბინაციას (ნახ. 5.8). ქარგილების მოწყობა აქ იმგვარადვე წარმოებს, როგორც ზევით იყო აღწერილი.

ბეტონის სამაგრიტ ორი გვირაბის შეუღლების ტიპური სახე ნაჩვენებია ნახ. 5.9-ზე.



ნახ. 5.9. შეულღების კვანძი ბეტონის სიმაგრით

ასეთი კონსტრუქციისათვის დამახასიათებელია სამაგრის კედლების მუდმივი სიმაღლე და თაღოვანი ნაწილის ცვალებადობა სიგანესა და სიმაღლეში.

6. ანკერული სამაგრი

ანკერული სამაგრი წარმოადგენს შედარებით ახალი სახის სამაგრ კონსტრუქციას, რომლის დანიშნულებაა გვირაბის ირგვლივ მდებარე ქანების მდგრადობის გაზრდა. ეს ხდება გვირაბის უშუალო ჭერის ნაკლებად მდგრადი შრეების დაკავშირებით (ჩამაგრებით) მის ზემოთ მდებარე მდგრად ქანებთან ან რამდენიმე თხელი შრის შეკვრით, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის შრეების ჯამური წინაღობის მომენტს ანუ მათ ზიდვის უნარს. ნაპრალოვან, არაშრეულ ქანებში ანკერების გამოყენება ზრდის მათ ბმულობას და, მამასადამე, მდგრადობასაც.

ანკერული სამაგრი, დროულად დაყენების შემთხვევაში, საგულისხმო გავლენას ახდენს სამთო წნევის გამოვლინების პროცესზე და ხშირად უზრუნველყოფს გვირაბის მდგრადობას დამატებითი სამაგრის გამოყენების გარეშე. ზოგ შემთხვევაში ანკერული სამაგრი დამხმარე საშუალებას წარმოადგენს, რომელიც აუმჯობესებს ძირითადი სამაგრის მუშაობის პირობებს. მიწისქვეშა ნაგებობათა მშენებლობის პრაქტიკაში ხშირად ვხვდებით ანკერების გამოყენებას შპრიცბეტონის, ლითონისა და ხის სამაგრ კონსტრუქციებთან ერთად.

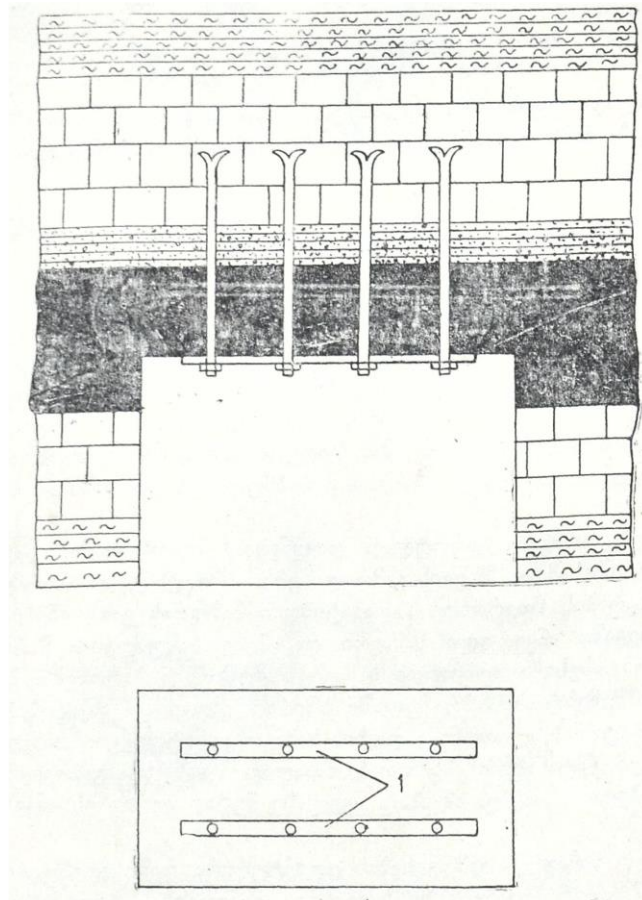
ანკერული (შტანგური) სამაგრის მასალად შეიძლება გამოვიყენოთ ლითონი, რკინა-ბეტონი ან ხე. ამჟამად ყველაზე მეტად ლითონის ანკერებს იყენებენ.

ანკერული სამაგრის გამოყენების ეფექტურობა დამოკიდებულია ქანების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე, გვირაბის განლაგების სიღრმეზე, ანკერის შპურში ჩამაგრების ხერხზე, ანკერის სიგრძის შერჩევაზე, ანკერებს შორის მანძილსა და მათი დაყენების სიმტკიცეზე.

ანკერული სამაგრი ხასიათდება უმნიშვნელო აეროდინამიკური წინააღმდეგობით, მცირე ღირებულებით და დაყენების სრულყოფილი მექანიზაციით. ანკერების (შტანგების) ჩასაყენებელი შპურების ბურღვა არ განსხვავდება ჩვეულებრივი (ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოებისათვის გათვალისწინებული) შპურების ბურღვისაგან.

საანკერე შპურების ბურღვის დროს უნდა ხორციელდებოდეს შპურის სიღრმისა და დიამეტრის კონტროლი, რასაც ახორციელებენ სპეციალური საზომი მილის შპურში მოთავსებით.

ყოველ ანკერს ცალ მხარეს გააჩნია კლიტე, რომელიც ქანში იჭეკება, ხოლო მეორე მხარეს - ხრახნკუთხვილი ქანჩი, რომლის საშუალებითაც სამაგრის საჭირო დაჭიმულობას აღწევენ.

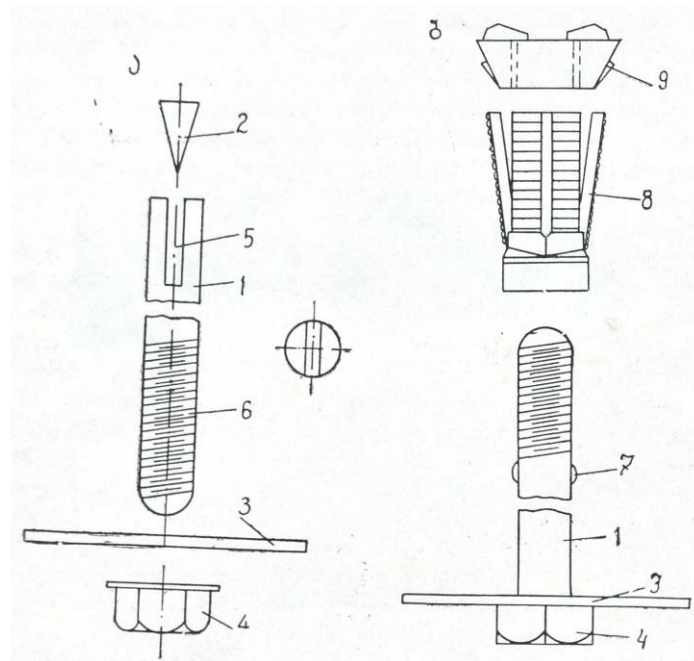


ნახ. 6.1. ანკერული გამაგრება

კლიტე უნდა მოთავსდეს შეძლებისდაგვარად მაგარ ქანში, რათა მისი გაჭეკვის დროს წარმოშობილმა გამბრჯენმა ძალებმა არ გადალახოს ქანის სიმტკიცის ზღვარი.

ლითონის შტანგებით (ანკერებით) გამაგრებული გვირაბის სქემა ნაჩვენებია ნახ. 6.1-ზე. ასეთ სქემას იყენებენ ჭერის ქანების დიდად დანაპრალიანების შემთხვევაში. ამ დროს გვირაბის ჭერის შეკავება ანკერებთან ერთად ხდება შველერის ან სპეციალური პროფილის ძელებით, რომლებიც ულლის (დამჭერის) როლს ასრულებენ. სხვა შემთხვევაში ხმარობენ სწორკუთხა ფორმის ფურცლოვანი ლითონის ფილებს (სისქით 6-8 მმ), რომლებსაც ქანის მორგებამდე წამოაგებენ ანკერებს. ზოგ შემთხვევაში ჭერის ქანების დანაპრალიანება იმდენად დიდია, რომ მხოლოდ უღლების დაყენება ვერ იცავს გვირაბს ქანის ცალკეული ნატეხების ჩამოცვენისაგან. ასეთ პირობებში უღლებთან ერთად მიმართავენ გვირაბის ჭერის ამოხიმვას. ამოხიმვა შეიძლება გაკეთდეს ხის

ფიცრებით, რკინაბეტონის ფილებით ან ლითონის ბადით. ლითონის ანკერები (შტანგები) კეთდება მრგვალი კვეთის, 18-25 მმ დიამეტრის, ფოლადის ღეროებისაგან ან საარმატურე, პერიოდული პროფილის ფოლადისაგან. ანკერის სიგრძე დამოკიდებულია სამთო-გეოლოგიურ პირობებზე და შეადგენს 1,5-2 მ-ს. ანკერის ყველაზე საპასუხისმგებლო ნაწილია კლიტე, რადგან ამ სახის სამაგრის გამოყენების ეფექტურობა დამოკიდებულია მისი ჩამაგრების სიმტკიცეზე. კლიტის კონსტრუქციის მიხედვით არჩევენ სოლისა და განმბრჯენის ტიპის ანკერებს.



ნახ. 6.2. ლითონის ანკერების კონსტრუქციები:

ა - სოლური ტიპის ანკერი; ბ - განმბრჯენის ტიპის ანკერი; 1- შტანგა; 2 - სოლი; 3 - საყელური (ფილა); 4 - ქანჩი; 5 - განაჭერი სოლისათვის; 6 - კუთხვილი; 7 - ბორცვი; 8 - განმბრჯენი მასრა; 9 - კონუსური ქანჩი.

სოლური კლიტის (თავის) მქონე ლითონის ანკერი (ნახ. 6.2, ა) ძირითადად მრგვალი განივკვეთის (22-24 მმ სისქის) ფოლადის ღეროსაგან მზადდება. შტანგას ერთ მხარეზე აქვს განაჭერი, რომელშიც ანკერის შპურში შეყვანის წინ იდება სოლი. შტანგა შპურში შეჰყავთ ძირამდე (შპურის ძირზე სოლის მიბრჯენამდე), რის შემდეგ შპურიდან გამოწეული შტანგის ბოლოზე ახდენენ დარტყმებს. ამის შედეგად სოლი ებრჯინება შპურის ძირს, თანდათან განზე გაწევს შტანგის განაჭერს და ჰეჰავს მას შპურის კედლებს შორის. ქანჩის ჩახრახნით ანკერი დაიჭიმება, რაც უზრუნველყოფს დაანკერებული

შრეების შეკავშირებას. განაჭერის სიგრძე 150-200 მილიმეტრია, ხოლო სოლის სიგრძე მასზე 10-20 მმ-ით ნაკლებია. სოლის დიამეტრი შტანგის დიამეტრის ტოლი ან მასზე 2-3 მმ-ით ნაკლები აიღება. რაც უფრო მცირეა განსხვავება შტანგისა და შპურის დიამეტრებს შორის, მით უფრო საიმედო გაჭექვას ვღებულობთ. გაჭექილი ანკერის გამოსადგობად საჭირო ძალვა, საშუალო პირობებში, 10 ტონაზე ნაკლები არ არის.

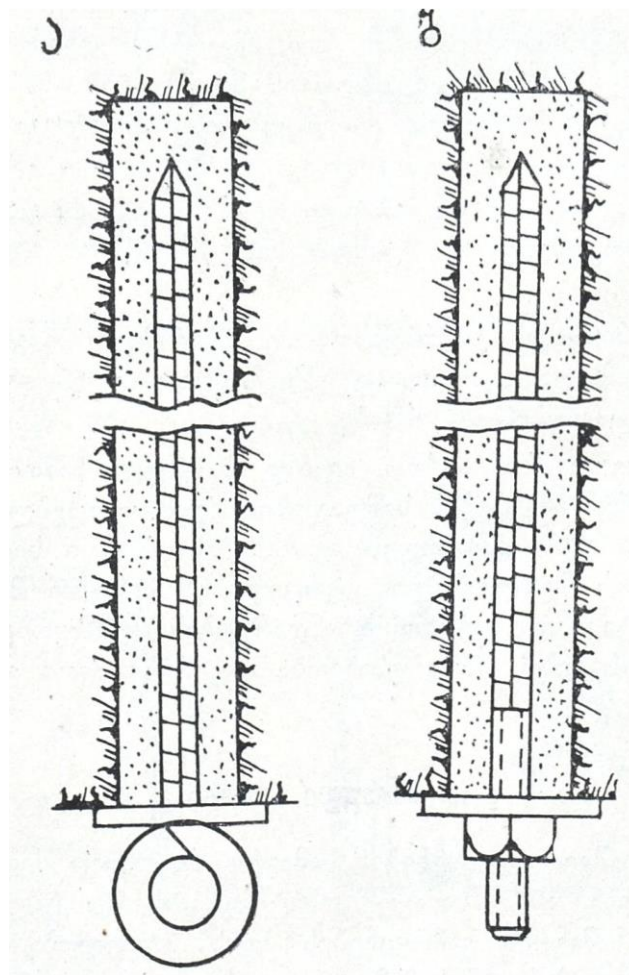
სოლური ანკერების ღირსებას წარმოადგენს კონსტრუქციის სიმარტივე, დამზადების შედარებით მცირე ღირებულება, საკმაოდ მაღალი ზიდვის უნარი საშუალო სიმაგრისა და მაგარ ქანებში ($f=4-12$). მათი ნაკლია გამოღების შეუძლებლობა ხელახალი გამოყენების მიზნით, რბილ და ძალიან მაგარ ქანებში ჩამაგრების მცირე სიმტკიცე, შტანგის დასუსტება განაჭერით.

განმბრჯენის ტიპის ანკერების შპურში ჩამაგრება ხდება არა შტანგის ბოლოს გაწევიით, არამედ ამა თუ იმ კონსტრუქციის დამატებითი ელემენტის გაფართოების შედეგად (ნახ. 6.2, ბ). ქანთან ასეთი კლიტის კონტაქტის ფართობი უფრო მეტია, ვიდრე სოლური კლიტის შემთხვევაში, რის გამოც ანკერის ჩამაგრების სიმტკიცეც იზრდება. შპურში შტანგა ისე შეჰყავთ, რომ კონუსური ქანჩი შპურის ძირს ებჯინება, ხოლო მასრა - ბორცვებს. შტანგას აბრუნებენ მის ბოლოზე მორგებული გასაღებით, რის შედეგად მასრა ზევით იწევს და ქმნის პირველად განბრჯენას. ამის შემდეგ მომჭერი ქანჩის ტრიალით აღწევენ კონუსური ქანჩის ქვევით დაწევას, რაც იწვევს მასრის ფრთების მჭიდრო გაჭექვას შპურში. ანკერის გამოსაღებად საჭიროა მომჭერი ქანჩის მოშვება და შტანგის ბრუნვა საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით.

განმბრჯენის ტიპის ანკერის ღირსებას წარმოადგენს მისი საიმედო გაჭექვა სხვადასხვა სიმაგრის ქანებში და ხელახალი გამოყენების შესაძლებლობა, რაც ამცირებს ლითონის ხარჯს. მათი ნაკლია უფრო მეტი ღირებულება და კლიტის კონსტრუქციის სირთულე, სოლური ტიპის ანკერებთან შედარებით.

რბილ ქანებში, რომლებშიც სოლური და განმბრჯენი ტიპის ანკერები საიმედოდ არ მაგრდება, ზოგჯერ იყენებენ მილისებრ ანკერებს, რომლებიც იჭექება მათ შიგნით მცირე აფეთქების შედეგად.

სიახლოე და კონსტრუქციის სიმარტივით ხასიათდება რკინაბეტონის ანკერები (ნახ. 6.3).



ნახ. 6.3. რკინაბეტონის ანკერები

რკინაბეტონის ანკერის მისაღებად შპურში წინასწარ ათავსებენ ლითონის არმატურას, რომელსაც შემდეგ ავსებენ ბეტონით. არმატურად იყენებენ პერიოდული პროფილის (12-20 მმ სისქის) ან გლუვზედაპირიან ფოლადის ღეროებს, ზოგჯერ ხმარობენ აგრეთვე ძველი ბაგირის ნაჭრებს. შპურის შევსება ხდება 300-400 მარკის ბეტონით, რომლის შედგენილობაში მიზანშეწონილია გამაგრების დამაჩქარებელი დანამატების შეყვანა.

რკინაბეტონის ანკერების გამოყენება შესაძლებელია სხვადასხვა სიმაგრის ქანებში. განსაკუთრებით ეფექტურია რკინაბეტონის ანკერების ხმარება გვირაბის იატაკის მბურცავი ქანების გასამაგრებლად. ამ შემთხვევაში ანკერების სიღრმე ქანის დაძვრის

სიღრმეზე მეტი უნდა იყოს და იატაკის დონეზე მათ შორის ხისტი კავშირი უნდა არსებობდეს.

რკინაბეტონის ანკერების უარყოფითი მხარეა შპურების ბეტონით შევსების შრომატევადობა. ამ სამუშაოს გაადვილებისა და მექანიზაციის მიზნით იყენებენ სპეციალურ მოწყობილობას, რომელიც სერიულად მზადდება. მისი საშუალებით ხდება ქვიშა-ცემენტის დუღაბის დამზადება და შპურში დაჭირხვნა. მოწყობილობაში შედის პნევმოდამჭირხნი და სამი კონტეინერი, რომლებიც უზრუნველყოფენ დუღაბის კომპონენტების მშრალი ნარევის შენახვას და ტრანსპორტირებას. ასეთი მოწყობილობით შესაძლებელია საათში 15 ანკერის დაყენება. მოწყობილობის პნევმოდამჭირხნი 60 კგ-ს იწონის. ამჟამად შემუშავებულია ხელის პნევმოდამჭირხნის კონსტრუქცია, რომელიც 16 კგ-ს იწონის. ყველა პნევმოდამჭირხნი მუშაობს 5 ატ წნევით.

შესაძლებელია ხის ანკერების გამოყენებაც, თუმცა გვირაბების გამაგრების პრაქტიკაში მათ ფართო გავრცელება არა აქვთ. ასეთი ანკერები უმეტესად მზადდება ხის მაგარი ჯიშებისაგან. შტანგის დიამეტრია 40-70 მმ, სიგრძე - 0,9-2,0 მ. მის ორივე ბოლოზე კეთდება ჩანაჭერი (ურთიერთმართობულ სიბრტყეებში) სოლების მოსათავსებლად. ე. ი., ანკერების გაჭექვა ხდება როგორც შპურის ძირში, ისე მის პირთან. სოლების სიგრძე აიღება 150-350 მმ. ხის ანკერების ღირსებაა დამზადებისა და დაყენების სიმარტივე და მცირე ღირებულება. მისი ნაკლია დაბალი სიმტკიცე და ექსპლუატაციის მოკლე ვადა.

საერთოდ, ანკერებს შორის მანძილი რიგში, ისევე როგორც მანძილი რიგებს შორის, დამოკიდებულია შტანგის სიმტკიცეზე და, ჩვეულებრივ, 1,2 მეტრს შეადგენს.

მიუხედავად მრავალი უპირატესობისა, ანკერული სამაგრის გამოყენების ხვედრითი წონა სამამულო სამთო საქმეში მცირეა და არ აღემატება გამაგრების საერთო მოცულობის 5-6 %-ს.

ზოგიერთი მკვლევარის აზრით, ჩვენში არსებული სამთო-ტექნიკური პირობები ისეთია, რომ ანკერების საშუალებით (დამოუკიდებლად ან სამაგრთან კომბინაციით) შეიძლება გამაგრდეს გვირაბების ჯამური სიგრძის 40-50%. ანკერული სამაგრის შეზღუდული გავრცელების მიზეზია მისი კუსტარული დამზადების პრაქტიკა და

საერთო სტანდარტების უქონლობა. ანკერების არსებული კონსტრუქციების მრავალსახეობა ამცირებს მათი გამოყენების საიმედოობას.

7. ვერტიკალური გვირაბების სამაგრი კონსტრუქციები

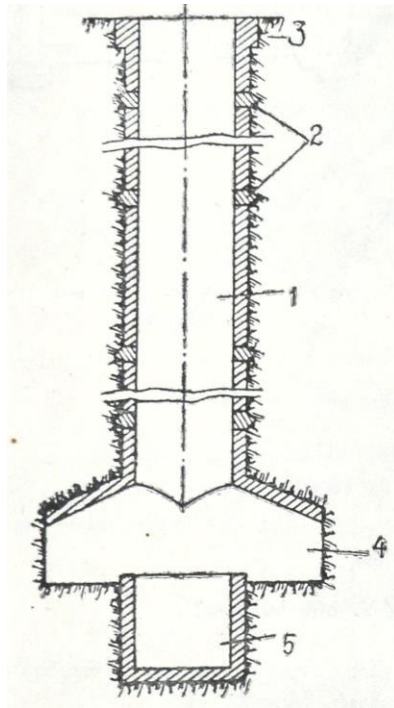
ვერტიკალური გვირაბების - ჭაურების, აღმავლებისა და შურფების გასამაგრებლად იყენებენ სხვადასხვა სამაგრ მასალას.

კაპიტალური ჭაურები, რომელთა ექსპლუატაციის ვადა 50-60 წელია, მაგრდება ბეტონის, რკინაბეტონის სამაგრით; რთულ ჰიდროგეოლოგიურ პირობებში - ფოლადის ან თუჯის ტიუბინგების სამაგრით. საძიებო შურფებს, აღმავლებსა და მცირე ექსპლუატაციის ვადის მქონე ჭაურებს ამაგრებენ ხის სამაგრით.

ვერტიკალური გვირაბის კვეთის ფორმა დამოკიდებულია სამაგრის მასალასა და სამთო-ტექნიკურ პირობებზე. პრაქტიკაში ვხვდებით მრგვალი, სწორკუთხოვანი და ელიფსური კვეთის ფორმის ვერტიკალურ გვირაბებს.

ამჟამად ყველაზე მეტად გავრცელებულია მრგვალი კვეთის ფორმა, რომელიც დამახასიათებელია კაპიტალური ჭაურებისათვის. ამ შემთხვევაში გამოიყენება ბეტონის, რკინაბეტონისა და ლითონის სამაგრები (ე. ი., ყველა სახის სამაგრი, გარდა ხის სამაგრისა). მრგვალი კვეთის ფორმა უზრუნველყოფს ჭაურის მაქსიმალურ მდგრადობას და მოსახერხებელია გაყვანის თვალსაზრისით.

ვერტიკალური გვირაბის სწორკუთხა კვეთის შემთხვევაში შესაძლებელია ხის სამაგრის გამოყენება. მისი გამოყენება მიზანშეწონილია მცირე სიდიდის სამთო წნევისა და შედარებით მოკლევადიანი ვერტიკალური გვირაბის ვადის შემთხვევაში (10-15 წელი).



ნახ. 7.1. კაპიტალური ჭაურის ჭრილი:

1 - ჭაური; 2 - საყრდენი გვირგვინი; 3 - ჭაურის პირი; 4 - ჭაურის შეუღლება მადაროს ეზოსთან; 5 - ზუმფი.

ვერტიკალური გვირაბის კვეთს ელიფსური ან მრუდხაზოვანი ფორმა ეძლევა განსაკუთრებულ შემთხვევებში, როცა, მაგალითად, ხით გამაგრებული ჭაურების რეკონსტრუქციისას ხდება ხის სამაგრის შეცვლა ქვის ან ბეტონის სამაგრიტ.

კაპიტალური ჭაური შედგება სამი ძირითადი ნაწილისაგან - ჭაურის პირი, საკუთრივ ჭაური და ზუმფი (ნახ. 7.1).

ჭაურის პირის სამაგრი ყოველთვის გაძლიერებულ კონსტრუქციას წარმოადგენს, რადგან ძირითადად ასრულებს ურნალის სამირკვლის მოვალეობას. საკუთრივ ჭაური, საყრდენი გვირგვინების საშუალებით, იყოფა ცალკეულ უბნებად. საყრდენი გვირგვინის დანიშნულებაა მიიღოს თავის თავზე და გადასცეს გვერდით ქანებს სამაგრის წონა ერთი უბნის ფარგლებში. საყრდენი გვირგვინები კეთდება მაგარ ქანებში, ამიტომ ჭაურის უბნების სიმაღლეები ერთმანეთისაგან განსხვავებულია და აიღება 30-50 მეტრის ფარგლებში. აღსანიშნავია, რომ ბეტონის სამაგრის გამოყენების შემთხვევაში საყრდენი გვირგვინები არ წარმოადგენს ჭაურების სამაგრის აუცილებელ ელემენტებს.

დღეისათვის, ბეტონის სამაგრის ამოყვანის ტექნოლოგიის სრულყოფის პირობებში, უმრავლეს შემთხვევაში, საყრდენ გვირგვინებს აღარ იყენებენ.

ჭაურების ხით გამაგრებისას უბნის სიმაღლე აიღება მცირე და შეადგენს 5-15 მეტრს.

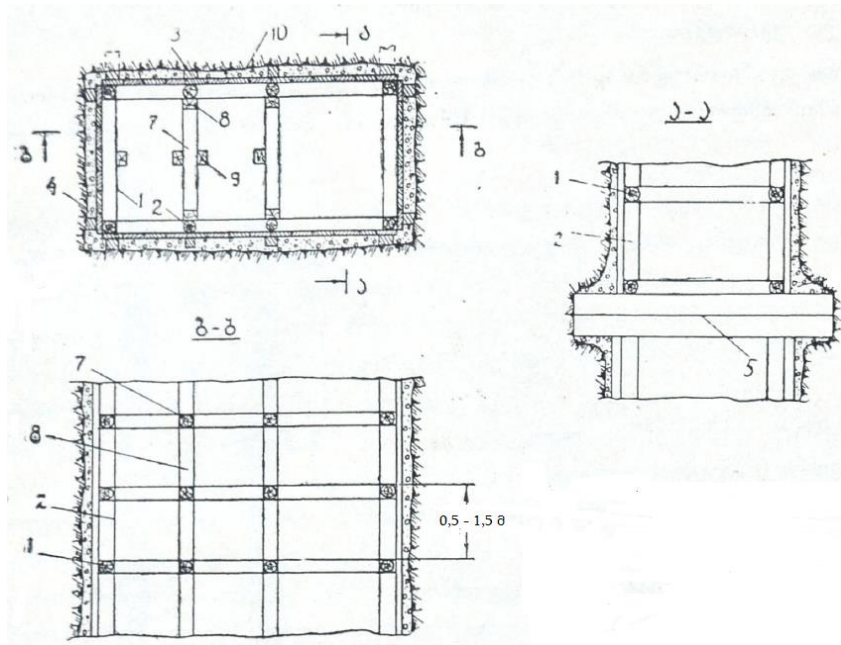
7.1. ხის სამაგრი

ხის სამაგრი შედგება სწორკუთხა ფორმის გვირგვინებისაგან. გვირგვინი (ჩარჩო) აიწყობა ოთხი ელემენტით, რომლებიც მზადდება მორების ან ძელებისაგან. სამაგრის ელემენტები ერთმანეთს სხვადასხვა სახის კლიტის საშუალებით უერთდება.

ხის გვირგვინოვანი სამაგრი იყოფა სამ სახედ: სამაგრი გვირგვინებით კუტებზე, მთლიანი გვირგვინოვანი სამაგრი და ჩამოსაკიდი გვირგვინოვანი სამაგრი.

სამაგრი გვირგვინებით კუტებზე გამოიყენება მდგრად ქანებში, როდესაც სამთო წნევას ადგილი არა აქვს ან მხოლოდ უმნიშვნელოდ გამოვლინდება. სამაგრის ამოყვანა საყრდენი გვირგვინის მოწყობით იწყება. მორების სიგრძე, რომელიც გვირგვინის მოკლე გვერდებში გამოიყენება, აღემატება ამ გვერდის სიგრძეს. ამგვარად ვღებულობთ ძირითადი (საყრდენი) გვირგვინის თათებს, რომლებითაც იგი იდგმება გვირაბის კედლებში. გაკეთებულ ღრმულებში. თათის სიგრძე 0,5-0,7 მეტრია. ზოგჯერ საყრდენის მისაღებად, გვირგვინის მაგიერ, იყენებენ ორ ძელს (ან მორს), რომლებიც ასევე მაგრდება ქანის ღრმულებში ჭაურის მოკლე გვერდებთან. ასეთი წესის უპირატესობა იმაში მდგომარეობს, რომ ამ დროს აღარ ხდება მორების დასუსტება ამონაჭერების გაკეთებით, რასაც ადგილი აქვს ჩარჩოების შეკვრის შემთხვევაში. საყრდენი გვირგვინები უფრო სქელი მორებისაგან მზადდება, ვიდრე ჩვეულებრივი სამაგრი ჩარჩოები (გვირგვინები).

საყრდენი გვირგვინის მოწყობის შემდეგ მასზე უშუალოდ დებენ ჩვეულებრივ გვირგვინს. ამ გვირგვინის კუთხეებში იდგმება მოკლე ბიგები - კუტები, რომლებზეც აყრდნობენ მორივ სამაგრ ჩარჩოს (გვირგვინს); შემდეგ კვლავ კუტები იდგმება, მერე ისევ ჩარჩო და ა. შ. ამგვარად მიიღება სამაგრი გვირგვინებით კუტებზე (ნახ. 7.2).



ნახ. 7.2. ხის სამაგრი გვირგვინებით კუთხეებზე:

- 1 - გვირგვინი; 2 - კუტი; 3 - სოლი; 4 - ხიმე 5 - ძირითადი გვირგვინი; 6 - ღრმული ძირითადი გვირგვინისათვის; 7 - გამბრჯენი; 8 - ვანდრუტი; 9 - მიმმართველი; 10 - ამოყორვა.

სამაგრ ჩარჩოებს შორის მანძილი 0,5-1,5 მეტრს შეადგენს. ჩარჩოების დადგმასთან ერთად კეთდება ხიმე სამაგრის მთელ პერიმეტრზე. ამის შემდეგ ჩარჩოები კარგად გაისოლება. ხიმეს დაყენებასთან ერთად ხდება სიცარიელების ამოყორვა ქანის ნატეხებით. ხიმედ იყენებენ ნაგვერდულებს ან ფიცრებს.

როგორც საყრდენი, ისე ჩვეულებრივი გვირგვინების დაყენება ზუსტად თარაზულ სიბრტყეებში უნდა ხდებოდეს. ასევე აუცილებელია კუთხეების ვერტიკალური მდებარეობის დაცვა.

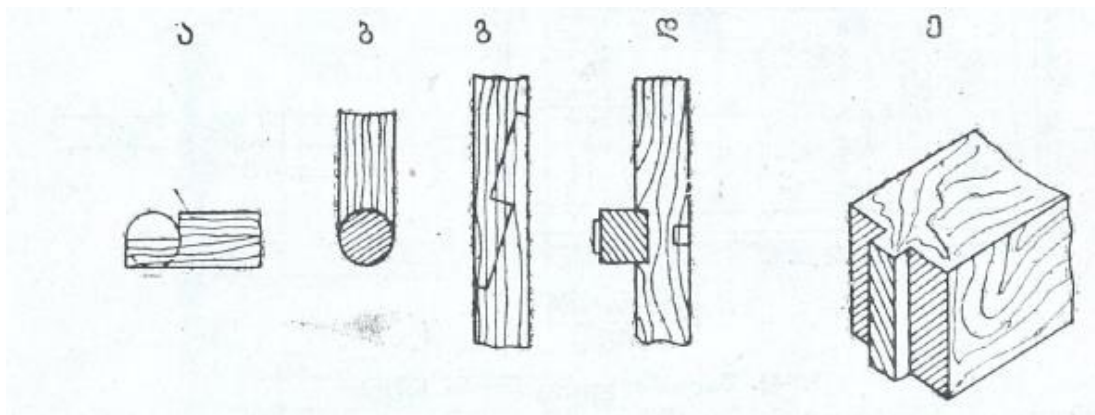
ჭაურების გამაგრების შემდეგ ახდენენ მის დაარმატურებას (ეწყობა გამბრჯენები, გამყოლები, საკიბე განყოფილება და სხვა). განყოფილებების მოწყობა ხდება ვანდრუტებისა და გამბრჯენების საშუალებით. გამბრჯენებზე მაგრდება მიმმართველები (ნახ. 7.2).

ვანდრუტები წარმოადგენს სწორკუთხა ან კვადრატულ ძელებს. ასეთი ძელები ვერტიკალურად მაგრდება სამაგრი ჩარჩოების გრძელ გვერდებზე, ერთმანეთის პირდაპირ, ჭაურის მთელ სიღრმეზე. თითოეული ვანდრუტის სიგრძე 4-6,5 მეტრია, ხოლო კვეთი - 140X160-160X180 მმ.

გამბრჯენები მრგვალი ან სწორკუთხა კვეთისაა და თარაზულად მაგრდება ვანდრუტებს შორის. გამბრჯენების სიგრძე რამდენადმე აღემატება ვანდრუტებს შორის მანძილს. ამის გამო გამბრჯენები ვანდრუტებს შორის მჭიდროდ იჭეჭება.

გამბრჯენების კვეთის ზომებია 180X220-200X240 მმ. გამბრჯენების დადგმა ხდება სამაგრი გვირგვინების სიბრტყეებში, ერთმანეთისაგან 1,5-2,0 მ მანძილზე.

მიმმართველები, რომლებიც ემსახურებიან ამწევი ჭურჭლების მოძრაობას, ემსახურება, გამბრჯენებზე მაგრდება. ყოველ ამწევ განყოფილებაში წყვილი მიმმართველია; მათ მუხის ან ფიჭვის ძელებისაგან აკეთებენ. თითოეული მიმმართველის სიგრძე 6 მეტრია, ხოლო კვეთი - 140X160; 160X180 და 180X200 მმ. მიმმართველების მიმაგრებას გამბრჯენებთან ახდენენ მალულთავიანი ჭანჭიკებითა და ქანჩებით (ნახ. 7.3, დ)



ნახ. 7.3. ხის სამაგრის ელემენტების შეერთება:

ა - ცალმხრივი სწორი თათი; ბ - ნარიმანდული შეერთება; გ - ვანდრუტების შეერთება ირიბი კლიტით; დ - მიმმართველის დამაგრება გამბრჯენზე; ე - თხემი გამბრჯენის ბოლოზე.

როდესაც გამბრჯენი ორივე მხრიდან უერთდება მიმმართველს, მაშინ შესაძლებელია ორივე მიმმართველის დამაგრება ერთი ჭანჭიკით. მიმმართველების შეერთებას (გადაბმას) ახდენენ გამბრჯენებს შორის პირაპირულად, რისთვისაც იყენებენ ძელის ნაჭერს, რომელსაც ათავსებენ გამბრჯენებს შორის და მასზე ამაგრებენ მიმმართველების ბოლოებს მალულთავიანი ჭანჭიკებით.

როგორც აღვნიშნეთ, გვირგვინის ნაწილები ერთმანეთს სხვადასხვა სახის კლიტის საშუალებით უერთდება. კლიტე ადვილად გასაკეთებელი უნდა იყოს და უზრუნველყოფდეს ნაწილების მჭიდრო შეერთებას. ამ მოთხოვნას თათური შეერთება

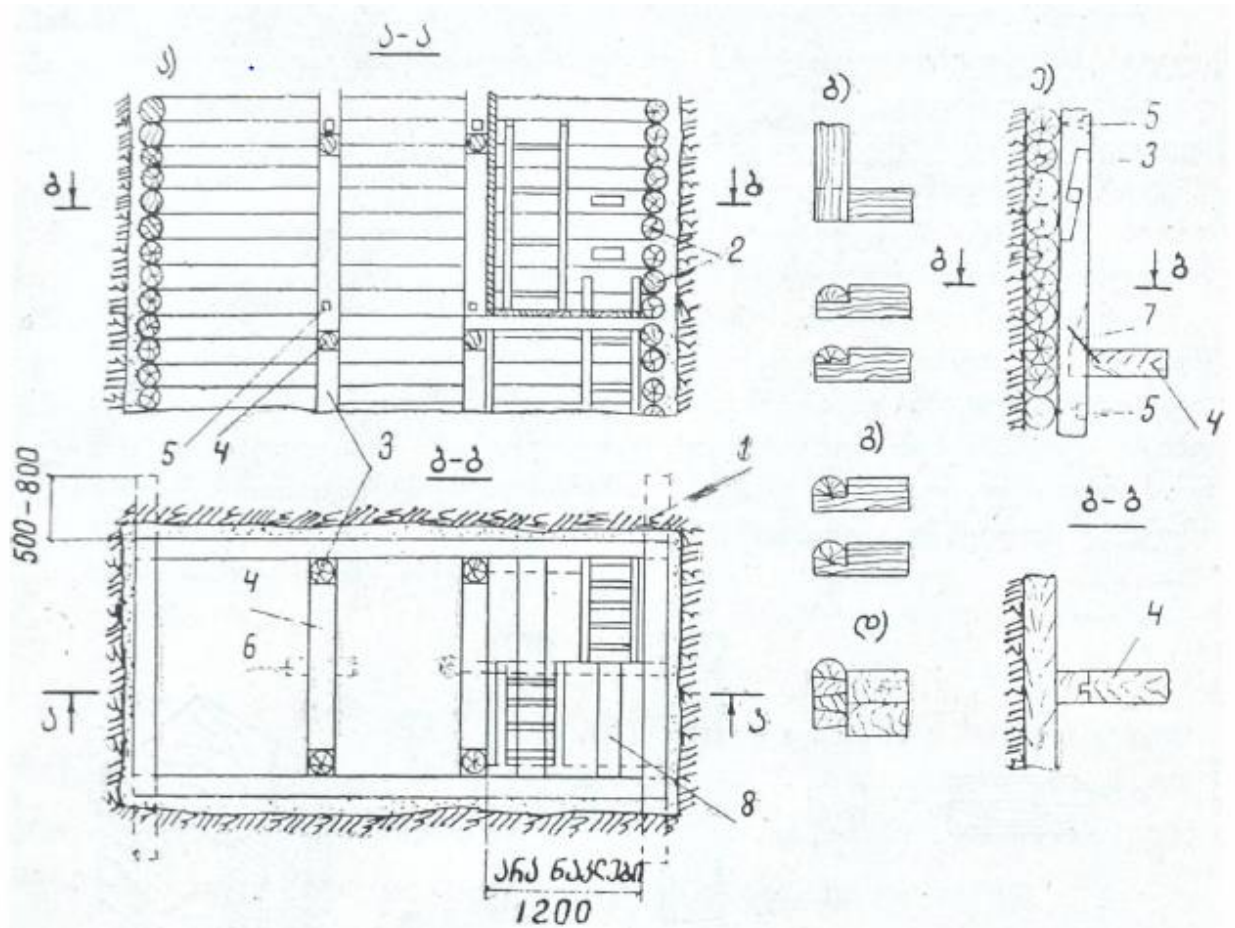
აკმაყოფილებს და პრაქტიკაშიც უმეტესად ის გამოიყენება. ამ შემთხვევაში გვირგვინის ნაწილები ერთმანეთს უკავშირდება ცალმხრივი სწორი თათით (ნახ. 7.3, ა). კუტი გვირგვინს უერთდება ნარიმანდულად (ნახ. 7.3, ბ), რასაც ხშირად აძლიერებენ რკინის კაკვებით.

ვანდრუტების გადაბმა, უმთავრესად, ირიბი კლიტის საშუალებით ხდება (ნახ. 7.3, გ). ასეთი კლიტე უზრუნველყოფს შეერთების მუშაობას გაჭიმვაზე, რასაც ვანდრუტები განიცდის. ვანდრუტების მიჭედება სამაგრზე წარმოებს სპეციალური ლურსმნებით (ომბოხებით). ვანდრუტებთან შესაერთებლად გამბრჯენის თითოეულ ბოლოზე კეთდება თხემი, რომლებითაც იგი ვანდრუტებში ამოჭრილ ბუდეებში იდგმება (ნახ. 7.3, ე).

მთლიანი გვირგვინოვანი სამაგრი გამოიყენება სუსტ და საშუალო სიმაგრის ქანებში ვერტიკალური გვირაბების მშენებლობისას. მთლიანი გვირგვინოვანი სამაგრი მიიღება გვირგვინების უშუალოდ ერთიმეორეზე დადგმით (ნახ. 7.4).

მთლიანი გვირგვინოვანი სამაგრი, ჩვეულებრივ, მრგვალი ხეტყისაგან მზადდება. გვირგვინის ელემენტები ერთმანეთთან შეიძლება შეერთდეს ცალმხრივი სწორი თათით (ნახ. 7.4, ბ), ცალმხრივი ირიბი თათით (ნახ. 7.4, გ) და ორმხრივი სწორი ან ირიბი თათით (ნახ. 7.4, დ). ამ სამაგრის გამოყენების შემთხვევაშიც გამაგრება უბნებად ხდება. თითოეული უბნის გამაგრება იწყება ძირითადი (საყრდენი) გვირგვინის დადგმით და წარმოებს ქვემოდან ზემოთ.

ასეთი სამაგრი ხიმეს გაკეთებას არ საჭიროებს. გვირგვინების დაყენებისას ხდება მათი გასოღვა კუთხეებში. ამასთან ერთად, ახდენენ სამაგრსა და ვერტიკალურ გვირაბს შორის არსებული სიცარიელების ამოვსებას ქანის ნატეხებით.



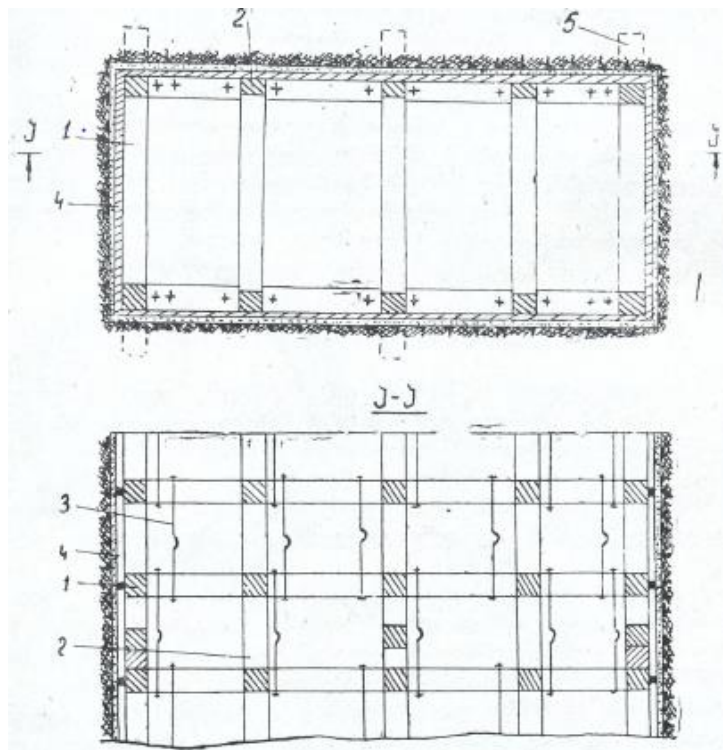
ნახ. 7.4. მთლიანი გვირგვინოვანი სამაგრი:

- ა - სამაგრის საერთო ხედი; ბ - ცალმხრივი სწორი თათი; გ - ცალმხრივი ირიბი თათი;
- დ - ორმხრივი ირიბი თათი; ე - დაარმატურების ელემენტები; 1 - ძირითადი გვირგვინი;
- 2 - ჩვეულებრივი გვირგვინი; 3 - ვანდრუტი; 4 - გამბრჯენი; 5 - ომბოხი; 6 - მიმმართველი;
- 7 - რკინის კაკვი; 8 - საკიბე განყოფილება.

საძიებო ვერტიკალურ გვირაბებში, ბრმა ჭაურებსა და სხვა გვირაბებში ითვალისწინებენ საკიბე განყოფილების მოწყობას. ამ მიზნით გვირაბის ერთ-ერთი განყოფილება ამოფიცვრით გამოიყოფა დანარჩენი განყოფილებებისაგან. საკიბე განყოფილებაში, ყოველი 4-6 მეტრის დაშორებით, ეწყობა თაროები. თაროებში ითვალისწინებენ საძრომებს, რომელთა მინიმალური ზომები უნდა იყოს 600X700 მმ.

თაროებს შორის აყენებენ და მტკიცედ ამაგრებენ ხის კიბეებს. კიბის სიგანე აიღება 400 მმ, ხოლო მისი დახრის კუთხე ჰორიზონტთან - 80°.

ჩამოსაკიდი გვირგვინოვანი სამაგრი წარმოადგენს გვირგვინოვან სამაგრს კუტებზე, რომლებიც ვერტიკალური გვირაბის გაყვანასთან ერთად იდგმება, ე.ი. ამ შემთხვევაში სამაგრის დადგმა წარმოებს ზემოდან ქვემოთ (ნახ. 7.5).



ნახ. 7.5. ჩამოსაკიდი გვირგვინოვანი სამაგრი:

1 - გვირგვინი; 2 - კუტი; 3 - ჩამოსაკიდი კაკვი; 4 - ფიცრის ხიმი; 5 - ძირითადი გვირგვინი.

ჩამოსაკიდი სამაგრის გვირგვინები მზადდება ძელებისაგან, რომელთა კვეთია 160X160, 200X200 ან 250X250 მმ. გვირგვინებს შორის მანძილი, ქანის სიმაგრის მიხედვით, შეადგენს 1-2 მეტრს.

გვირგვინის ნაწილები ერთმანეთს თათისებურად უერთდება. ამასთანავე, მოკლე ნაწილი მუდამ გრძელი ნაწილის ზევიდან იდება.

სიმაგრის დადგმა ხდება გვირგვინების ჩამოკიდებით კაკვებზე, რომლებიც მზადდება 25-35 მმ სისქის მრგვალი ფოლადისაგან. კაკვს მოპირდაპირე ბოლოზე გააჩნია კუთხვილი, რომელსაც უკეთდება ქანჩი საყელურით. კაკვებზე იკიდება გვირგვინის გრძელი ელემენტები, რისთვისაც მათ ნახვრეტები უკეთდებათ.

გამაგრება იწყება ძირითადი გვირგვინის დადგმით რომელიც ზემოთ აღწერილის ანალოგიურად სრულდება. ზოგჯერ, მეტი სიმტკიცის მისაღებად, ძირითად გვირგვინს 2 ან 3 ერთმანეთზე დადებული კოჭებისაგან ამზადებენ.

რიგითი გვირგვინის ჩამოკიდება ხდება შემდეგნაირად: ზემოთ მდებარე გვირგვინის გრძელი ძელების ნახვრეტებში ქვემოდან უყრიან კაკვების კუთხვილიან ბოლოებს და მათ ამაგრებენ ქანჩებით. შემდეგ დასაყენებელი გვირგვინის გრძელ ძელებს მათზე დამაგრებული კაკვებით კიდებენ ზედა გვირგვინიდან ჩამოშვებულ კაკვებზე. გრძელი ძელების ბოლოებზე დებენ მოკლე ძელებს, ამასთანავე, აყენებენ კუტებსა და გამბრჯენებს; ამის შემდეგ ახდენენ ქანჩების მჭიდროდ მოჭერას. ვანდრუტები ჩამოსაკიდ სამაგრში არ გამოიყენება. კუტები იდგმება გამბრჯენების გვირგვინთან შეერთების ადგილზეც. სივრცეს, სამაგრსა და ქანს შორის ამოხიმავენ 40-50 მმ სისქის ფიცრებით, ხოლო სიცარიელებს ამოყორავენ ქანის წვრილი ნატეხებით.

ჩამოსაკიდი გვირგვინოვანი სამაგრი ძირითადად გამოიყენება მდგრად და მკვრივ ქანებში. ამ სამაგრს იყენებენ აგრეთვე რბილ ქანებშიც, როდესაც შეუძლებელია გვირაბის კედლების გაშიშვლება, გვირგვინებს შორის მანძილზე უფრო მეტი სიღრმით. მკვრივ თიხებში შეიძლება გამოვიყენოთ ჩამოსაკიდი სამაგრი გვირგვინებით კუტებზე, ხოლო სუსტ თიხოვან ქანებში საჭიროა მთლიანი გვირგვინოვანი ჩამოსაკიდი სამაგრი.

7.2. ლითონის სამაგრი

ჭაურების მშენებლობაში იყენებენ ლითონის მუდმივ და დროებით სამაგრებს. ლითონის მუდმივი სამაგრი გამოიყენება ნებისმიერი ფორმის ჭაურებში, ექსპლუატაციის დიდი ვადისა და სუსტი გვერდითი ქანების შემთხვევაში.

ლითონის დროებითი სამაგრი გამოიყენება, როგორც დამხმარე საშუალება ქვითა და ბეტონით გასამაგრებელი ჭაურების გაყვანისას.

ლითონის მუდმივი სამაგრი ორი ტიპისაა. ერთი მათგანი განკუთვნილია სწორკუთხა კვეთის ჭაურებისათვის და წარმოადგენს გვირგვინოვან სამაგრს, ხოლო

მეორე გამოიყენება მრგვალი კვეთის ჭაურებში და მთლიანად ფარავს გასამაგრებელი გვირაბის კედლებს (ტიუბინგები).

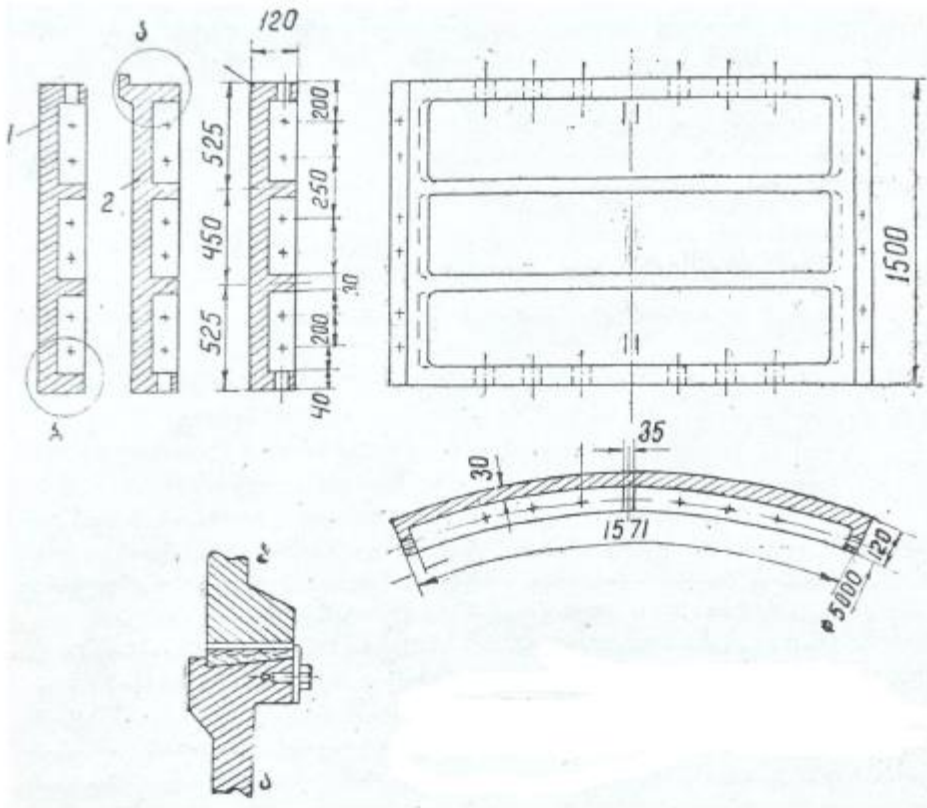
ლითონის გვირგვინოვანი სამაგრის კონსტრუქცია ხის გვირგვინოვანი სამაგრის ანალოგიურია (გვირგვინები კუტებზე) და მისი ამოყვანაც ხდება უბნებად, ქვემოდან ზემოთ ან ზევიდან ქვემოთ, ისეთივე წესით, როგორც ხის სამაგრის შემთხვევაში გვექონდა. ასეთი სამაგრისათვის იყენებენ ფოლადის ორტესებრ ძელებს ან რკინიგზის რელსებს. გვირგვინის ნაწილების შეერთება ხდება ზესადებებითა და ჭანჭიკებით. ასევე ხდება გამბრჯენების შეერთება გვირგვინის გრძელ გვერდებთან და კუტების დაკავშირება გვირგვინებთან.

ლითონის გვირგვინოვანი სამაგრი ამჟამად იშვიათად გამოიყენება.

ტიუბინგებით გამაგრებას იყენებენ სუსტ ქანებში ჭაურის გაყვანისას, წყლის მნიშვნელოვანი მოდენის დროს, როდესაც სამაგრს სრული წყალშეუღწევადობა მოეთხოვება.

ტიუბინგები მზადდება ფოლადის ან თუჯისაგან. ფოლადის ტიუბინგები თუჯის ტიუბინგებთან შედარებით მეტი სიმტკიცისაა და სხვა თანაბარ პირობებში უფრო მსუბუქი გამოდის, რაც აადვილებს მათ ტრანსპორტირებას და დაყენებას. მათი ნაკლია მაღალი ღირებულება და კოროზიის მიმართ დიდი მიდრეკილება, ამიტომ ჩვენში უფრო მეტად თუჯის ტიუბინგები გამოიყენება.

თუჯის ტიუბინგები ძირითადად ორი ტიპისაა. ერთ მათგანს თაროები და სიხისტის წიბოები ჭაურის შიგნით აქვს მიქცეული. ასეთი ტიუბინგების ერთმანეთთან დაკავშირება ხდება ჭანჭიკებით, რისთვისაც ტიუბინგის თაროებს უკეთდება სათანადო ნახვრეტები (ნახ. 7.6). მეორე ტიპის ტიუბინგის თაროები და სიხისტის წიბოები მიქცეულია ჭაურის კედლებისაკენ. ამ შემთხვევაში ტიუბინგების ერთმანეთთან დაკავშირება ხდება ჭანჭიკებით შეერთების გარეშე, ამიტომ ასეთი სამაგრის ამოყვანა შესაძლებელია მხოლოდ ქვევიდან ზემოთ. ამ ტიპის ტიუბინგებით გამაგრებული ჭაურის შიგა ზედაპირი გლუვია.



ნახ. 7.6. შიგათაროიანი ტიუბინგები:

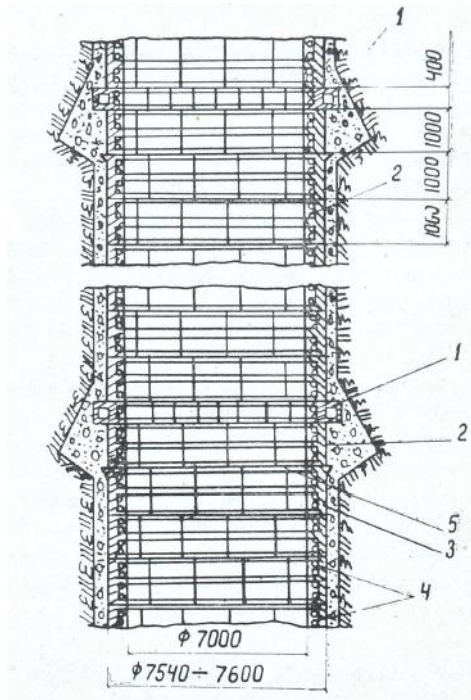
1-ზედა შემაერთებული ტიუბინგი; 2-ქვედა შემაერთებული ტიუბინგი; 3-ნორმალური ტიუბინგი.

პირველი ტიპის ტიუბინგებს ეწოდება შიდათაროიანი ან ჭანჭიკიანი, ხოლო მეორე ტიპისას - გარეთაროიანი ან უჭანჭიკო.

შიგათაროიანი ანუ ჭანჭიკიანი ტიუბინგები გამოიყენება სამაგრის როგორც ზემოდან ქვემოთ, ისე ქვემოთ ზემოთ ამოყვანისას. ჭაურის გამაგრება ამ დროს ხდება უბნებად, რომელთა სიმაღლე 20-30 მეტრის ტოლია. სამაგრი შედგება ძირითადი გვირგვინისა და რიგითი ტიუბინგების რგოლებისაგან (ნახ. 7.7).

ძირითადი გვირგვინი წარმოადგენს მოცემულ უბანზე ამოყვანილი ტიუბინგების საყრდენს და ამავე დროს ქმნის სამაგრის უკან ჩამომდინარე წყლის შემაჩერებელ ზღუდეს. საყრდენი გვირგვინის ტიუბინგები კოლოფა კვეთისაა და წონის შემცირების მიზნით ღრუტანიანი მზადდება. სიმტკიცის გასაზრდელად მათ შიგნიდან ვერტიკალური ტიხრები გააჩნიათ. ტიუბინგის სიგანე 450-500 მმ-ია, სიმაღლე - 350-400 მმ, კედლის

სისქე - 35-55 მმ, მისი წონა - 860-1210 კგ. საყრდენი გვირგვინი 8-12 ტიუბინგისაგან შედგება. გვირგვინის დაყენების შემდეგ მისი შემადგენელი ტიუბინგების სიღრუეები ცემენტის ხსნარით ან ბეტონით შეივსება.



ნახ. 7.7. ტიუბინგოვანი სამაგრის კონსტრუქცია:

1 - საყრდენი გვირგვინი; 2 - ზედა შემაერთებელი რგოლი; 3 - ქვედა შემაერთებელი რგოლი; 4 - რგოლი ნორმალური ტიუბინგებით; 5 - პიკეტაჟის ნაკერი.

რიგითი ტიუბინგები შეიძლება იყოს ნორმალური და შემაერთებელი. შემაერთებელი ტიუბინგების გამოყენება საჭირო ხდება სამაგრის ქვემოდან ზემოთ ამოყვანისას, მათი დანიშნულებაა ქვედა უბნის სამაგრის მჭიდრო მიერთება ზედა უბნის სამაგრთან.

ნორმალური ტიუბინგის სიმაღლე 1,5 მეტრია, სიგრძე რკალზე - 1,5-2,0 მ, ხოლო კედლის სისქე - 27 მმ და მეტი. კედლის სისქე აიღება მოსალოდნელი წნევის მიხედვით (კედლის სისქის მიხედვით ნორმალური ტიუბინგები ხუთ სერიად იყოფა: ყოველ მომდევნო სერიაში სისქე 5 მმ-ით მატულობს). ტიუბინგოვანი სამაგრის თითოეული რგოლი 10 ნორმალურ ტიუბინგს შეიცავს. ტიუბინგის წონა 811-1286 კგ-ია.

შემაერთებელი ტიუბინგისაგან აწყობენ ორ რგოლს, რომლებიც ერთმანეთთან ჭანჭიკებით არ ერთდება (ნახ. 7.7). ზედა რგოლის ქვედა თაროს (ნახ.7.6, ბ) და ქვედა რგოლის

ზედა თაროს (ნახ. 7.6, ა) არსებულ ნაკერში მჭიდროდ თავსდება ხის ნაჭრები. შემაერთებელი ტიუბინგების ზედა რგოლი ჭანჭიკებით ერთდება საყრდენ გვირგვინთან, ქვედა რგოლი კი - ნორმალური ტიუბინგების რგოლთან (ნახ. 7.7).

შემაერთებელი ტიუბინგების გამოყენების აუცილებლობა იმით არის გამოწვეული, რომ გასამაგრებელი უბნის ზუსტად განსაზღვრა, ე.ი., საყრდენ გვირგვინებს შორის ტიუბინგების ზუსტად ჩადგმა, პრაქტიკულად შეუძლებელია. ამიტომ უბნის სიღრმეს მცირე მარაგით იღებენ, რის შედეგადაც შემაერთებელი ტიუბინგების რგოლებს შორის ღრეჩო იქმნება. წყალშეუღწევობის უზრუნველსაყოფად ეს ღრეჩო, როგორც აღვნიშნეთ, გაისოლება ხის ნაჭრებით, რასაც პიკეტაჟი ეწოდება. იმისათვის, რომ ხის სოლები არ გამოვარდეს, ქვედა რგოლის ზედა თაროზე, შიგა მხრიდან, ჭანჭიკებით მაგრდება ლითონის რგოლური თამასა (ნახ. 7.6, ა, ბ). შემაერთებელი პიკეტაჟი ასრულებს აგრეთვე ტემპერატურული კომპენსატორის როლს. საპიკეტაჟო ღრეჩოს სიდიდე 2-3 სმ-ს არ უნდა აღემატებოდეს, რადგან, წინააღმდეგ შემთხვევაში, წყლის დიდი წნევის გამო შეიძლება ადგილი ექნეს პიკეტაჟის დარღვევას.

თუ მოცემულ უბანზე ტიუბინგების დაყენებისას საპიკეტაჟო ღრეჩო დასაშვებზე დიდი გამოვიდა, მასში დებენ ლითონის რგოლურ შუასაფენებს, რომლებიც სპეციალურად ამ მიზნისათვის მზადდება. მათი სისქე 2-10 მმ-ია.

ტიუბინგების ამოყვანა ქვემოდან ზემოთ მოითხოვს უბნის გაყვანას გარკვეულ სიღრმეზე, დროებითი სამაგრის გამოყენებით. ჭაურის გაყვანა ისეთი კვეთით ხდება რომ მივიღოთ სამაგრსა და ქანს შორის 30 სმ სიგანის თავისუფალი სივრცე, რაც შემდეგში ბეტონით ან ცემენტის ხსნარით ამოივსება.

ტიუბინგების სვეტის ამოყვანა იწყება ძირითადი გვირგვინის დადგმით, რომლის შემადგენელი ტიუბინგების დაყენებისას ვერტიკალურ თაროებს შორის ტყვიის შუასადაბებს ათავსებენ.

როდესაც რგოლის შეკვრა დამთავრდება, ტიუბინგებში არსებულ სიღრმეს ავსებენ ცემენტის ხსნარით. ხსნარით შევსების შემდეგ ახდენენ საყრდენ გვირგვინსა და ჭაურის კედლებს შორის არსებული რგოლური სივრცის პიკეტაჟს. პიკეტაჟი იწყება რგოლური სივრცის ამოვსებით ფიჭვის ან ვერხვის მშრალი ფიცრებით, რომელთა ზომებია

40X200X300 მმ. შემდეგ ფოლადის სოლით ახდენენ ამ ფიცრების გაწევას და მათ შორის ხის სოლებს არჭობენ. პიკეტაჟი მეტად მჭიდროდ და გულდასმით უნდა იქნეს ჩატარებული.

ნორმალური ტიუბინგების დაყენების წინ საყრდენი გვირგვინის ზედა თაროზე ათავსებენ ტყვიის შუასადებს, რომელსაც გაკეთებული აქვს ჭანჭიკების გასაყრელი ნახვრეტები. ტყვიის შუასადები გადმოცილებულია თაროს შიგა ნაპირიდან 3-4 მმ-ით, რაც საჭიროა ნაკერის ამოსაკერად. ნორმალური ტიუბინგების რგოლის აწყობისას ტყვიის შუასადებები ვერტიკალურ თაროებს შორისაც თავსდება.

ყოველი რგოლის ამოყვანის შემდეგ ხდება სამაგრსა და ქანს შორის სივრცის ბეტონით ამოვსება, რაც ზრდის სამაგრის სიმტკიცესა და წყალშეუღწევადობას. ტიუბინგების ამოყვანის სამუშაოები წარმოებს ჩამოსაკიდი თაროდან. სამაგრის ამოყვანისას ყურადღება ექცევა ვერტიკალური ნაკერების ჭადრაკულ განლაგებას. ტიუბინგოვანი სამაგრის წყალშეუღწევადობისათვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ნაკერების წესიერ ამოჭედვა-ამოკვერვას. ნაკერიდან ჭაურის შიგნით შემოწეულ ტყვიის შუასადებს ჭეჭყავენ ჩაქუჩის დარტყმით და შემდეგ ფოლადის საკვერით ახდენენ მის მკვრივად ჩაჭდობას ნაკერში. ჭანჭიკების ნახვრეტების მკვრივ ამოვსებას აღწევენ ტყვიისა და ფოლადის საყელურების კომბინაციით. ჭანჭიკის მოჭერისას ფოლადის საყელური აწვება ტყვიისას და ახდენს მის ჩაწყლეტას ჭანჭიკისა და ნახვრეტი ნაპირებს შორის არსებულ ღრეჩოში.

როგორც აღვნიშნეთ, შიდათაროიანი ტიუბინგების დაყენება შესაძლებელია ზემოდან ქვემოთ, ჭაურის გაყვანასთან ერთად. ამ შემთხვევაშიც თავდაპირველად იდგმება ძირითადი გვირგვინი, რომელზეც შემდეგ წარმოებს ნორმალური ტიუბინგების ჩამოკიდება ჭანჭიკების საშუალებით. ამ შემთხვევაშიც, რგოლის აწყობის დროს ხდება ტყვიის შუასადებების მოთავსება თარაზულ და ვერტიკალურ ნაკერებში. ყოველი ახალი რგოლის დაყენების შემდეგ ახდენენ სამაგრის რგოლური სივრცის ამოვსებას ცემენტის ხსნარით. ამისათვის რგოლურ სივრცეს ქვემოდან გადაკეტავენ ხის სოლებით, ანუ მოაწყობენ პიკეტაჟს.

ტიუბინგების ზემოდან ქვემოთ დაყენებისას ყოველი 20-25 მეტრის შემდეგ უნდა დაიდგას ძირითადი გვირგვინი. უკანასკნელი ძირითადი გვირგვინის ქვემოთ აუცილებლად უნდა მოეწყოს ერთი ან ორი ნორმალური ტიუბინგების რგოლი. ეს საჭიროა ქანის საფეხურის მთლიანობის დასაცავად, რომელზეც ძირითადი გვირგვინი ეყრდნობა. ჭაურში ტიუბინგების ზემოდან ქვემოთ დაყენების დროს არ გამოიყენება შემაერთებელი ტიუბინგების რგოლები და ლითონის დროებითი სამაგრი.

ზემოთ აღწერილ შიგა და გარეთაროიან ტიუბინგებს შახტური ტიპის ტიუბინგები ეწოდება. მათ გარდა ჭაურების გამაგრებისას იყენებენ აგრეთვე ტონელის ტიპის ტიუბინგებს.

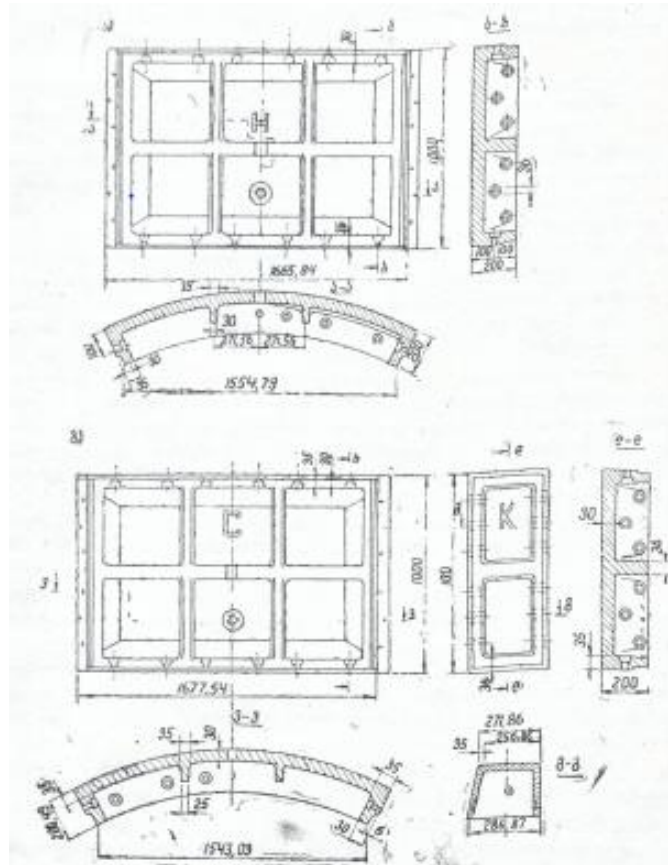
გვირაბის ტიპის ტიუბინგი განსხვავდება ზემოაღწერილთაგან მცირე ზომებითა და წონით. თითოეულ ტიუბინგს, შიგა თაროების გარდა, გააჩნია ვერტიკალური და თარაზული სიხისტის წიბოები. ამ ტიპის ტიუბინგოვანი რგოლი შეიცავს ერთი კლიტის, ორ მომიჯნავე და დანარჩენ ნორმალურ ტიუბინგებს (ნახ. 7.8). შახტური ტიპის ტიუბინგოვან რგოლში კი ყველა ტიუბინგი სრულიად ერთნაირია; ესაა ტონელის და შახტური ტიპის ტიუბინგებს შორის ძირითადი განსხვავება.

ტიუბინგები ერთმანეთს ჭანჭიკებით უერთდება. თაროს სიგანეა 200 მმ, მისი სისქე კედელთან - 45 მმ, ხოლო მოპირდაპირე მხარეს - 40 მმ. სისქის ცვალებადობის გამო, რასაც წონის შესამცირებლად აკეთებენ, თაროს შიგა ზედაპირი დაქანებული გამოდის.

ტიუბინგის თაროებს, როგორც თარაზულს, ისე ვერტიკალურს, გარე მხრიდან მთელ სიგრძეზე ზოლისებრი ამონაჭერი გააჩნია; შედეგად, ტიუბინგების შეერთებისას მიიღება 12 მმ სიგანისა და 30 მმ სიღრმის ღარი, რაც ხელს უწყობს წყალშეუღწევადობის მისაღებად საიმედო შეერთების მოწყობას.

ყოველ ტიუბინგს, კლიტის ტიუბინგის გარდა, ცემენტის ხსნარის დასაჭირხნად გააჩნია ნახვრეტი, რომელშიც საცობი იხრახნება.

კლიტის ტიუბინგი ნორმალური ტიუბინგისაგან განსხვავდება ზომებითა და ვერტიკალური თაროების მიმართულებით. ნორმალურ ტიუბინგში ასეთი თაროების მიმართულება რადიალურია, ხოლო კლიტის ტიუბინგში იგი გადახრილია რადიალურიდან დაახლოებით 7⁰-ით. ამის გამო კლიტის ტიუბინგის ვერტიკალური თაროების



ნახ. 7.8. გვირაბის ტიპის ტიუბინგები:
 ა - ნორმალური; ბ - მომიჯნავე; გ - კლიტის.

მიმართულებათა გადაკვეთა ხდება არა ჭაურის ცენტრში, არამედ ჭაურის კედლისაკენ. ამის გამო თითოეული მომიჯნავე ტიუბინგის ერთ-ერთი ვერტიკალური თარო რადიალურია, ხოლო მეორე - კლიტის ტიუბინგის ვერტიკალური თაროს პარალელური.

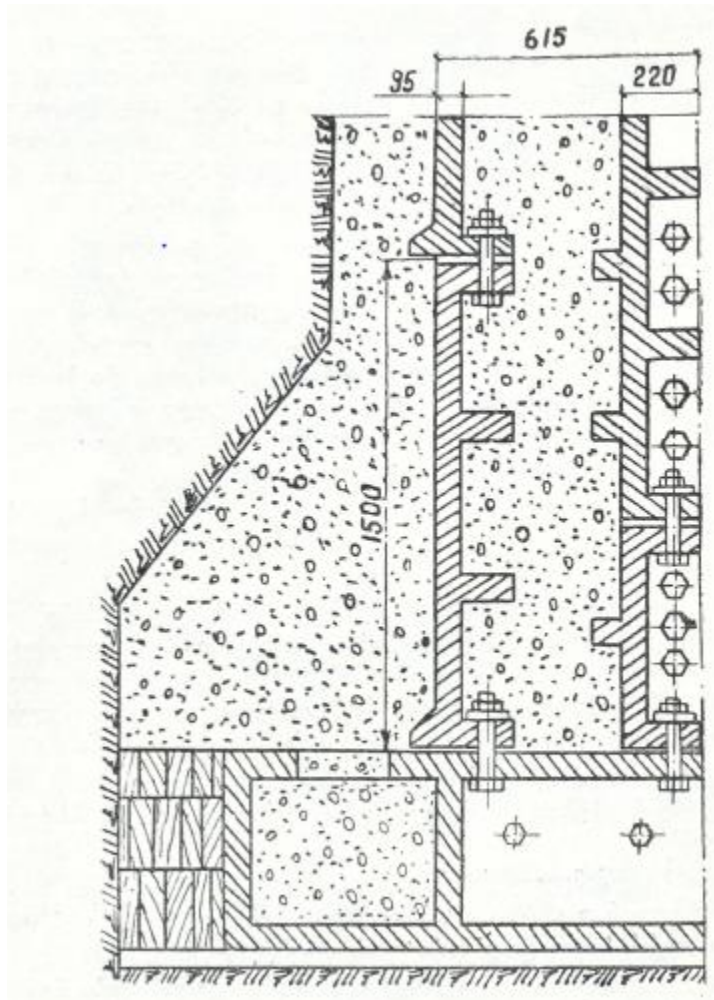
ტიუბინგოვანი სამაგრის აწყობისას კლიტის ტიუბინგი სულ ბოლოს იდგმება. აღწერილი კონსტრუქცია ადვილებს კლიტის ტიუბინგის ჩადგმას მომიჯნავე ტიუბინგებს შორის.

კლიტის ტიუბინგის არსებობა აუცილებელია თარაზულ გვირაბებში ტიუბინგოვანი სამაგრის ამოყვანისას. ჭაურის შემთხვევაში ასეთი აუცილებლობა არ არსებობს. მაგალითად, 5-6 მ დიამეტრის ჭაური შეიძლება გამაგრდეს გვირაბის ტიპის ტიუბინგოვანი სამაგრით, რომლის ყოველი რგოლი შედგენილია 12 ნორმალური ტიუბინგისაგან. ასეთი რგოლის წონაა 10,4 ტონა.

გვირაბის ტიპის ტიუბინგები უმთავრესად გამოიყენება მცირე სიღრმის ჭაურებში. ღრმა ჭაურების შემთხვევაში უპირატესობა, ენიჭება შახტური ტიპის ტიუბინგებს.

სუსტ და წყალშემცველ ქანებში ჭაურის გაყვანისას სიღრმის ზრდასთან ერთად მნიშვნელოვნად იზრდება სამთო წნევის სიდიდე, რაც იწვევს ტიუბინგის კედლის სისქის სათანადოდ მომატების აუცილებლობას. ღრმა ჭაურებისათვის ტიუბინგის კედლის საჭირო სისქე იმდენად დიდი გამოდის, რომ ძნელდება მისი ჩამოსხმა. ამ შემთხვევაში გამოიყენება ორმაგი ტიუბინგოვანი სამაგრი (ნახ. 7.9).

გარე ტიუბინგოვანი სვეტის დადგმა ხდება ზემოდან ქვემოთ, რითაც თავიდან არის აცილებული დროებითი სამაგრის საჭიროება. ტიუბინგების გარე რგოლური სივრცე ივსება ცემენტის ხსნარით. შიგა ტიუბინგოვანი სვეტის ამოყვანა, როგორც წესი, წარმოებს ქვემოდან ზემოთ. ამ დროს ხდება გარე და შიგა ტიუბინგებს შორის ბეტონის ჩასხმა. ტიუბინგების ორივე სვეტს ან საერთო საყრდენი გვირგვინი აქვს, ან თითოეულ მათგანს ცალკე საყრდენი გააჩნია. გარე სვეტის საყრდენ გვირგვინებს შორის მანძილი დამოკიდებულია ქანების მდგრადობაზე და, ჩვეულებრივ 30-40 მ-ს შეადგენს. შიგა ტიუბინგების ამოსაყვანად კი საკმარისია სვეტის ბოლოში მხოლოდ ერთი საყრდენი გვირგვინის დადგმა. აღწერილი სამაგრი ხასიათდება მეტად დიდი სიმტკიცით და წყალშეუღწევადობით.



ნახ. 7.9. ორმაგი ტიუბინგოვანი სამაგრი.

მუდმივი სამაგრის ამოყვანამდე ლითონის დროებითი სამაგრი გამოიყენება, როგორც დამხმარე საშუალება ჭაურის კედლების მდგრადობის უზრუნველსაყოფად.

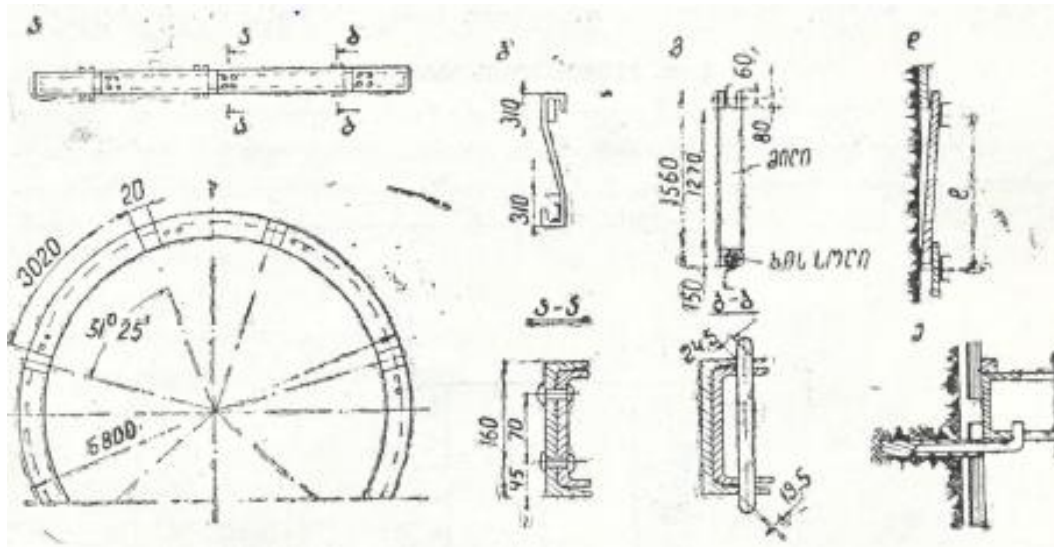
დროებითი სამაგრი წარმოადგენს ლითონის რგოლებს, რომლებიც ერთმანეთზე ლითონისავე საკიდებით დაიკიდება. რგოლების დაკიდება ხდება ჭაურის ჩაღრმავებასთან ერთად. რგოლების დასამზადებლად უმეტესად ხმარობენ შველერის პროფილის N 14-20 ძელებს.

რგოლი შედგება 6-8 სეგმენტისაგან. მათი რიცხვი იმ ვარაუდით აიღება, რომ თითოეული სეგმენტის წონა არ აღემატებოდეს 60-70 კგ-ს.

შველერების ერთმანეთთან შეერთება ხდება შველერისავე ფორმის ზესადებითა და მანჭვალებით. ზესადებები მზადდება 10 მმ სისქის ფოლადის ფურცლებისაგან ან

შველერის გადანაჭრებისაგან, რომელიც ორი ნომრით ნაკლები ზომისაა სეგმენტის შველერის ზომაზე. ზესადების სიგრძე 0,4-0,5 მეტრია, მანჭვლის დიამეტრი 20-30 მმ.

ზესადები ერთ-ერთი ბოლოთი შედუღდება ან დამოქლონდება დროებითი სამაგრის სეგმენტთან, ხოლო მეორე ბოლოთი მაგრდება მომიჯნავე სეგმენტთან ორი მანჭვალით (ნახ. 7.10). დროებითი სამაგრის მეზობელ რგოლებს შორის მანძილი დამოკიდებულია ქანების მდგრადობაზე და 0,5-2 მ-ის ფარგლებში მერყეობს; უფრო ხშირად ირჩევენ 1-1,5 მეტრს.



ნახ. 7.10. ლითონის დროებითი სამაგრი:

ა - დროებითი სამაგრის რგოლი, ბ - საკიდარი; გ - გამბრჯენი;
დ - ხიმე; ე - სამაგრის ჩამოკიდება ტაბიკურათი.

რგოლების დასაყენებლად ხმარობენ სწორ ან ზეცის ფორმის საკიდრებს, რომლებიც 25-32 მმ სისქის მრგვალი ან კვადრატული ფოლადისაგან მზადდება (ნახ. 7.10, ბ). საკიდრებს შორის მანძილი ჭაურის პერიმეტრზე 1,5-2 მეტრის ტოლი აიღება.

სამაგრის უკეთესი მდგრადობის უზრუნველსაყოფად რგოლებს შორის აყენებენ ბიგის გადანაჭრებს ან ლითონის მილებს (ნახ. 7.10, გ). ეს ღონისძიება განსაკუთრებით საჭიროა ასაფეთქებელი სამუშაოების შესრულების დროს, საკიდრებიდან რგოლის გადმოგდების თავიდან ასაცილებლად.

რგოლების ჩამოკიდებასთან ერთად აყენებენ ხიმეს. ხიმედ გამოიყენება ნაგვერდულები, ფიცრები ან მცირე დიამეტრის ბიგები (სუსტი ქანების შემთხვევაში). ხიმეს მდგრა-

დობას უზრუნველყოფენ სოლების გაჭექვით, რაც აუმჯობესებს აგრეთვე რგოლების მდგრადობას და ამცირებს დატვირთვის საკიდრებზე (ნახ. 7.10, დ).

გასამაგრებელ უბანზე პირველი რგოლის ჩამოკიდება ხდება ზედა უბნის მუდმივი სამაგრის საყრდენ გვირგვინში ჩამაგრებულ კაკვებზე. ამ კაკვებს აყენებენ საყრდენი გვირგვინის ამოყვანისას.

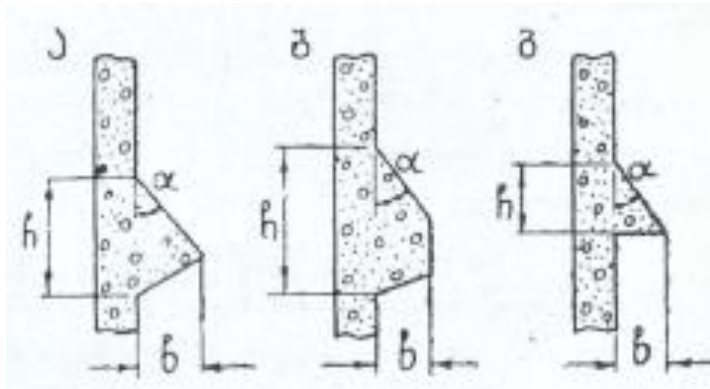
პირველი რგოლის დაყენება შესაძლებელია აგრეთვე ტაბიკურების საშუალებით (ნახ. 7.10, ე). ტაბიკურების ჩამაგრება ხდება მცირე სიღრმის შპურებში, რომლებსაც წინასწარ ხის საცობები უკეთდება. მთელ რგოლზე 6-8 ტაბიკურა მოდის. ტაბიკურები მზადდება 30-50 მმ სისქის მრგვალი ფოლადისაგან. საკიდრებზე დატვირთვის შესამცირებლად ასეთი ტაბიკურები უკეთდება გასამაგრებელი უბნის ყოველ მესამე-მეხუთე რგოლს.

მუდმივი სამაგრის ამოყვანისას დროებით სამაგრს თანდათან ხსნიან და ამოაქვთ ზედაპირზე. მას ხელახლა იყენებენ შემდეგი უბნის ჩაღრმავება-გაყვანის დროს.

სუსტი ქანების შემთხვევაში დროებით სამაგრს არ ხსნიან.

7.3. მონოლითური ბეტონის სამაგრი

ბეტონის სამაგრი განსაკუთრებით ფართოდ გამოიყენება კაპიტალური ჭაურების მშენებლობისას. ჭაურების მრგვალი განივკვეთის გამო ბეტონის სამაგრი წარმოადგენს მთლიან ცილინდრს, რომლის კედლის სისქე დამოკიდებულია გვერდითი ქანების მდგრადობაზე და ცვალებადობს 200-600 მმ-ის ფარგლებში, ხოლო შიგა დიამეტრი 4,5-8 მეტრია. ბეტონის ქანთან კარგი შეჭიდულობისა და სამაგრის კონსტრუქციის რაციონალური ფორმის გამო მისი ზიდვის უნარი საკმაოდ მაღალია და 30-40 ტ/მ²-ს აღწევს. ბეტონის შედგენილობის შერჩევით და სამაგრის ამოყვანის შესაბამისი ტექნოლოგიის გამოყენებით, რომელიც ითვალისწინებს გვერდითი ქანების ტამპონაჟსაც, შეიძლება მივიღოთ გადიდებული ხარისხის წყალშეუღწევადი ბეტონის სამაგრი და წყლის მოდენა ჭაურში შევამციროთ დასაშვებ სიდიდემდე.



ნახ. 7.11. საყრდენი გვირგვინების ფორმები:
 ა - ორმაგკონუსური; ბ - კომბინირებული; გ - ერთმაგკონუსური.

ეკონომიური თვალსაზრისით ბეტონის სამაგრი უფრო ხელსაყრელია სხვა სახის სამაგრებთან შედარებითი.

ჭაურის სამაგრში გამოყენებული ბეტონის მარკა შეირჩევა მოსალოდნელი დატვირთვებისა და სამაგრის ამოყვანის ტექნოლოგიის გათვალისწინებით. მდგრად ქანებში, სამაგრის ქვემოდან ზემოთ ამოყვანისას, ბეტონის სიმტკიცე 150 მარკაზე ნაკლები არ უნდა იყოს.

ბეტონის სამაგრის ამოყვანის დაწყებამდე უნდა მოეწყოს საყრდენი გვირგვინი. საყრდენი გვირგვინები კეთდება ერთმაგკონუსური, ორმაგკონუსური ან კომბინირებული ფორმის (ნახ. 7.11). მაგარ ქანებში კეთდება ერთმაგკონუსური, ხოლო სუსტ და საშუალო სიმაგრის ქანებში - ორმაგკონუსური ან კომბინირებული გვირგვინები.

საყრდენი გვირგვინის ზომები დამოკიდებულია გვერდითი ქანების მდგრადობაზე, გვირგვინის მასალასა და გასამაგრებელი უბნის სიმაღლეზე. საყრდენი გვირგვინის სიგანე, ჩვეულებრივ, აიღება $b=0,4-1,0$ მეტრის ფარგლებში. მისი სიმაღლე იმ ვარაუდით შეირჩევა, რომ კონუსურობის α კუთხე იყოს $30-35^\circ$ -ის საზღვრებში. უმეტეს შემთხვევაში საყრდენი გვირგვინის სიმაღლე $h=1,0-1,3$ მეტრია.

როგორც საყრდენი გვირგვინის, ისე ბეტონის სამაგრის ამოყვანა მოითხოვს ყალიბის (შეფიცვრის) გამოყენებას, რომლის დანიშნულებაც სამაგრის საპროექტო ფორმის უზრუნველყოფა ბეტონის ჩაწყობისა და გამაგრების განმავლობაში. ყალიბები კეთდება ხის ან ლითონისაგან. ხის ყალიბი (ქარგილი) შედგება თარაზული ნეკნებისა და

ვერტიკალური შეფიცვისაგან. ნეკნები კეთდება 40-50 მმ სისქის ფიცრებიდან გამოხერხილი სეგმენტებისაგან. შეფიცვისათვის იყენებენ 25-40 მმ სისქის ფიცრებს. ყალიბის სიმაღლე 1,0-1,5 მეტრია.

ხის ყალიბების გამოყენება მიზანშეწონილია მცირე სიღრმისა და მცირე დიამეტრის ჭაურებში. ხის ყალიბებს იყენებენ აგრეთვე ნებისმიერ ჭაურებში ბეტონის საყრდენი გვირგვინების ამოსაყვანად, როდესაც ჭაურის სამაგრი ქვისაგან კეთდება.

ლითონის ყალიბი წარმოადგენს კუთხური ან ფურცლოვანი ფოლადისაგან დამზადებულ ნეკნებს, რომლებზეც შემოკრულია 3-4 მმ სისქის ფურცლოვანი ფოლადი. ყალიბი შედგება 4-6 სეგმენტისაგან. მათი შეერთება ხდება კაუჩუბით, რომლებიც ლითონის სოლებითაა მოჭიმული. ყალიბები ერთმანეთს უერთდება ჭანჭიკების საშუალებით.

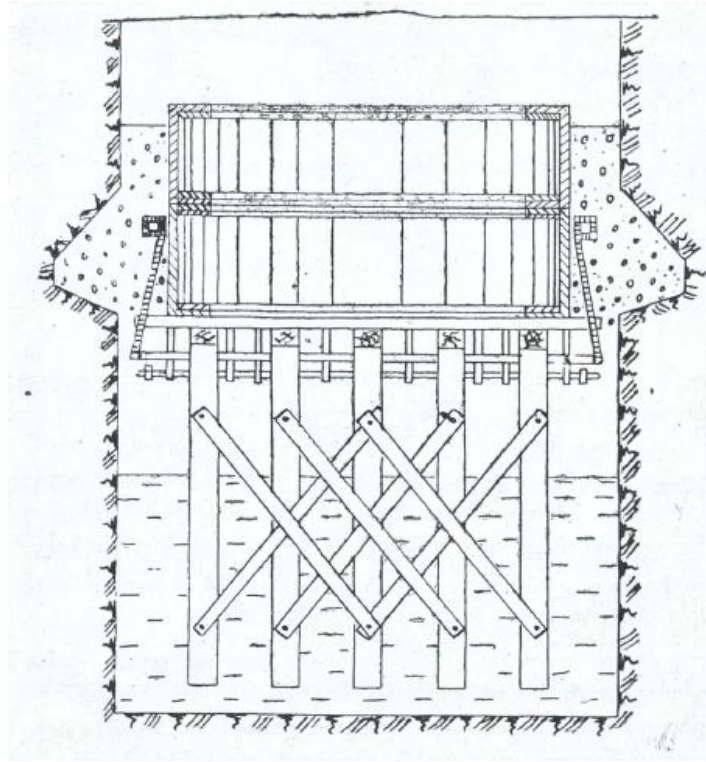
ყალიბების მოხსნის გასაადვილებლად ერთ-ერთ სეგმენტს ნაკლები სიგანისას აკეთებენ. სეგმენტების დაყენებისა და მოხსნის მოხერხებულობისათვის მათ მიდუღებულ აქვთ სახელურები.

ლითონის ყალიბების უპირატესობას წარმოადგენს მრავალჯერ გამოყენების შესაძლებლობა დიდი სიმტკიცე და აგრეთვე. დაყენებისა და მოხსნის სიმარტივე.

საყრდენი გვირგვინის ამოყვანის წინ ჭაურის სანგრევს მოასწორებენ და მასზე ფიცარნაგს აწყობენ. წყლის დიდი მოდენის შემთხვევაში ფიცარნაგს აკეთებენ 2-2,5 მ სიმაღლის ბიგებზე, რათა ადგილი არ ექნეს ახლად ჩაწყობილი ბეტონის წყლით დაფარვას (ნახ. 7.12).

ამის შემდეგ ფიცარნაგზე დგამენ ხის ან ლითონის ყალიბს და ახდენენ საყრდენი გვირგვინის დაბეტონებას. საყრდენი გვირგვინის მოწყობის შემდეგ ჭაურში სამაგრის ამოყვანა წარმოებს ჩამოსაკიდი თაროს გამოყენებით ბეტონის დამზადებას ახდენენ ზედაპირზე. ახლად დამზადებული ბეტონი ბადეებით ჩაიშვება ჭაურში და იცლება თაროზე, საიდანაც ნიჩბების საშუალებით გადაიყრება ყალიბსა და კედლებს შორის არსებულ რგოლურ სივრცეში.

ზედაპირიდან ბეტონის მისაწოდებლად ზოგჯერ იყენებენ მილსადენს.



ნახ. 7.12. ბეტონის სამაგრის ამოყვანის სქემა

ბოლო დროს საკმაოდ გავრცელდა ამ ხერხით ბეტონის მიწოდება.

ბეტონის ჩაწობას ახდენენ 15-25 სმ სისქის შრეებად. ყოველი შრის ჩაწობის შემდეგ ახდენენ მის დატკეპნას მექანიკური სატკეპნელით. ერთი ყალიბის მთელ სიმაღლეზე დაბეტონებისთანავე ზემოდან უმატებენ ახალ ყალიბს შემდეგი რგოლის დასაბეტონებლად.

ყალიბების მოხსნა დაიშვება დაბეტონებიდან 6-7 დღის შემდეგ. ქვემოთ მოხსნილი ლითონის ყალიბი ზემოთ გადააქვთ და ხელახლა აყენებენ შემდეგი რგოლის დასაბეტონებლად. ჭაურში ბეტონის სამაგრის ამოსაყვანად, ჩვეულებრივ, საკმარისია გვექონდეს 12-15 ყალიბის კომპლექტი და აგრეთვე რამდენიმე სათადარიგო ყალიბი, რაიმე მიზეზით დაზიანებული ნაწილების შესაცვლელად.

ბეტონის სამაგრის მონოლითურობა, მაღალი წყალშეუღწევადობა, უმნიშვნელო აეროდინამიკური წინააღმდეგობა, ამოყორვის არსაჭიროება და სხვა დადებითი თვისებები. ზოგჯერ, იჩრდილება იმის გამო, რომ სამაგრს არ შეუძლია მიიღოს დატვირთვა

ამოყვანისთანავე, რადგან საჭიროებს გარკვეულ დროს გამტკიცებისათვის. ამ მხრივ საყურადღებოა სწრაფმყარებადი ბეტონების გამოყენება, რომელთა საშუალებით სამაგრის ამოყვანის ტექნოლოგია დღეისათვის ფართოდ გავრცელდა კაპიტალური ჭაურების მშენებლობისას. სწრაფმყარებადი ბეტონი მზადდება 200-300 მარკის და საპროექტო სიმტკიცეს აღწევს დაყალიბებიდან რამდენიმე საათის შემდეგ.

ასეთი ბეტონი ამოიყვანება სპეციალური საგდულებიანი ყალიბის საშუალებით, ჭაურის სანგრევის წინ წაწევასთან ერთად.

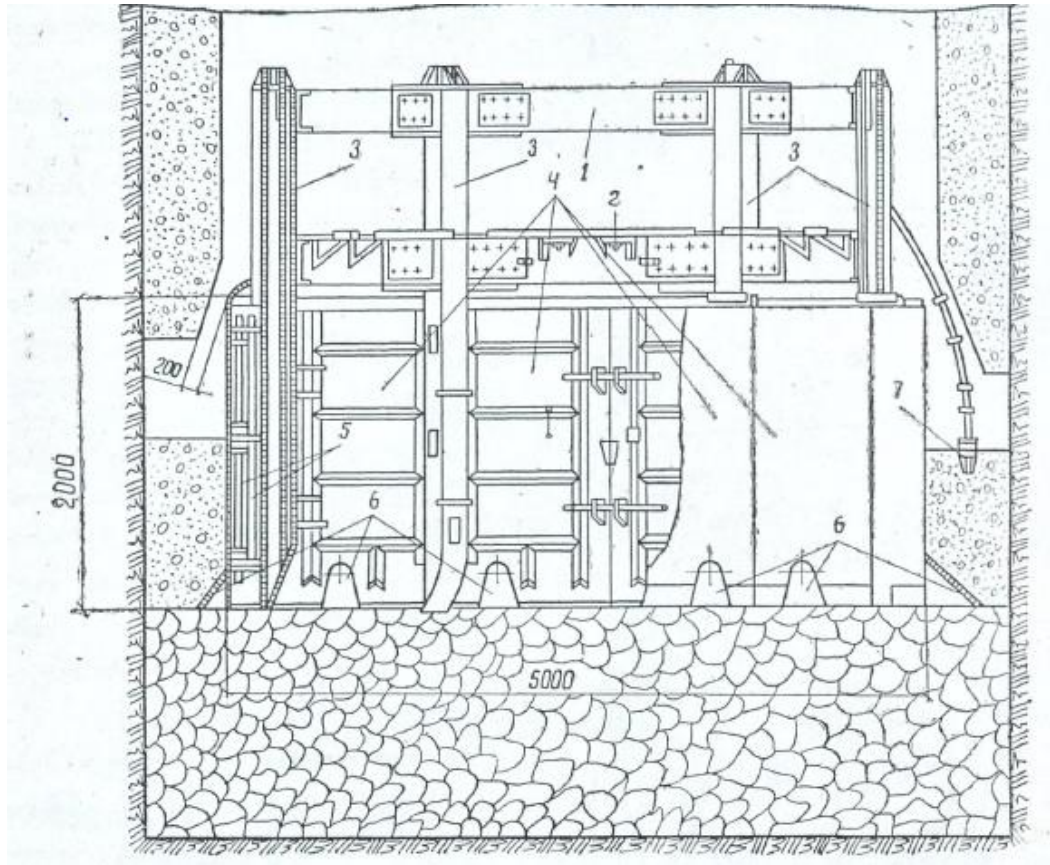
სწრაფმყარებადი ბეტონის კარგი შეჭიდულობა გვერდით ქანებთან და ამოყვანისთანავე საჭირო სიმტკიცის მიღება გამორიცხავს ჭაურში საყრდენი გვირგვინების მოწყობის აუცილებლობას.

ეს გარემოება, სამაგრი მასალის ეკონომიურობასთან ერთად, აუმჯობესებს სამაგრის ამოყვანის ტექნოლოგიას და ზრდის ჭაურების მშენებლობის ტემპებს.

საგდულებიანი ყალიბით ბეტონის სამაგრი ამოიყვანება ცალკეულ რგოლებად, ზემოდან ქვემოთ. რგოლის სიმაღლე დამოკიდებულია ჭაურის მშენებლობის ტექნოლოგიურ სქემაზე და შეიძლება იყოს ერთიდან ხუთ მეტრამდე. რგოლში ბეტონის ჩაწყობა წარმოებს ქვემოდან ზემოთ. ყოველი ახლად ამოყვანილი რგოლი მჭიდროდ და მტკიცედ უკავშირდება მის წინამორბედს, რაც უზრუნველყოფს მთლიანი (უნაკერო) ბეტონის სამაგრის მიღებას.

საგდულებიანი ყალიბი შედგება N2 24 შველერისაგან დამზადებული, ექვსსექციანი ზედა და ქვედა რგოლებისაგან (ნახ. 7.13).

ზედა და ქვედა რგოლები ერთმანეთთან ხისტად არიან დაკავშირებული ლითონის ექვსი დგარით, რომლებზეც მაგრდება მოსაბრუნებელი ჩარჩოს კრონშტეინები და 8 მმ სისქის ფურცლოვანი ლითონის 12-20 ცალი საგდული. საგდულები ერთმანეთთან და კრონშტეინებთან დაკავშირებულია სახსრულად. მოსაბრუნებელ ჩარჩოს საგდულებთან ერთად შეუძლია შემობრუნდეს 30-35°-ით, რაც სრულიად საკმარისია საგდულების გახსნისა და ყალიბის გარე დიამეტრის 100-120 მმ-ით შემცირებისათვის.



ნახ. 7.13. საგდულეზიანი ყალიბი:

1-ზედა რგოლი; 2-ქვედა რგოლი; 3-დგარ; 4-საგდული; 5-მოსაბრუნებელი ჩარჩოს კრონშტეინი; 6-ყალიბის ქვეშე; 7-პნევმოვიბრატორი.

საგდულეზიანი ყალიბი გახსნილ მდგომარეობაში თავისუფლად გადაადგილდება ჭაურში სამი ბაგირის საშუალებით. ყალიბის მომსახურებისათვის ზედაპირზე აყენებენ სამ ხუთტონიან ჯალამბარს. საგდულეზიანი ყალიბით ბეტონის სამაგრის ამოყვანის პროცესი მოიცავს ყალიბის დაყენებას მუშა მდგომარეობაში, საგდულეზის გარე ზედაპირსა და ყალიბის ქვეშეზე საცხების (ემულსის) წასმას და ყალიბსა და ქანს შორის რგოლური სივრცის დაბეტონებას პნევმოვიბრატორების გამოყენებით. ყალიბს უკან ბეტონი მიეწოდება ჭაურში ჩაკიდებული მილსადენების საშუალებით. ყალიბის ქვედა რგოლთან დაკავშირებულია აგრეთვე გადასახსნელი (400 მმ სიგანის) ბაქნები, რომლებზეც იმყოფებიან მუშები და ბეტონის ჩაწყობასთან ერთად აწარმოებენ მის ვიბრირებას. ყალიბის დაბეტონების შემდეგ ახდენენ ჭაურის სანგრევში ქანის აწმენდას, შპურების გაბურღვას, დამუხტვის, აფეთქებას და სანგრევის განიავებას. შემდეგ კი

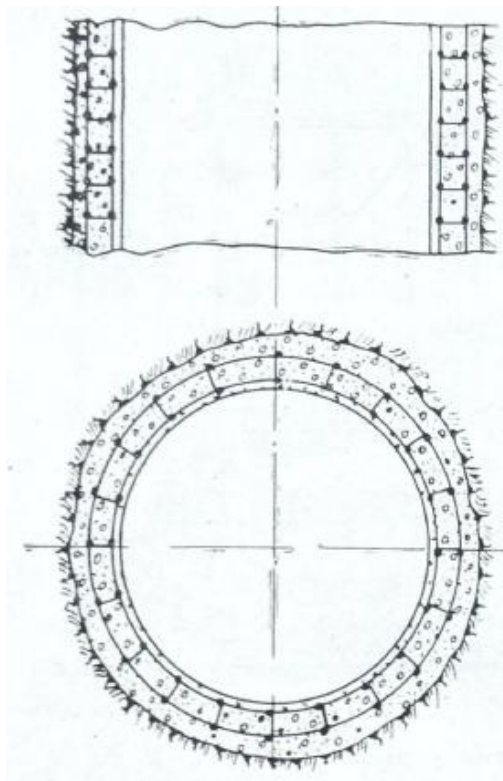
სამაგრის ამოყვანის პროცესი მეორდება, რისთვისაც საგდულებიან ყალიბს მოხსნიან და ჩაუმვებენ ჭაურში, მომდევნო რგოლის (სარტყლის) დასაბეტონებლად.

7.4. რკინაბეტონის სამაგრი

დიდი და უთანაბრო სამთო წნევის შემთხვევაში ქვისა და ბეტონის სამაგრის ზიდვის უნარი საკმარისი არ არის ჭაურზე მოქმედი დატვირთვების მისაღებად, ან მათი სისქე მეტად დიდი და ყოველმხრივ არარაციონალური გამოდის.

ასეთი პირობები შეიძლება წარმოიშვას ქანების ციცაბო დაქანების დროს ან ჭაურის მიერ მიწისქვეშა მაღალწნევიანი წყლების ჰორიზონტის გადაკვეთის შემთხვევაში. ასეთ პირობებში მიზანშეწონილი ხდება რკინაბეტონის მონოლითური ან ასაწყობი სამაგრის გამოყენება.

მონოლითური რკინაბეტონის სამაგრი ძირითადად გამოიყენება მრგვალი კვეთის ჭაურებში (ნახ. 7.14) და ამოიყვანება უმეტესად ორმაგი არმატურით.



ნახ. 7.14. მონოლითური რკინაბეტონის სამაგრი

მუშა არმატურის შიგა და გარე რგოლები ერთმანეთს უკავშირდება ცალულებით, მუშა არმატურის რგოლებს შორის მანძილი ვერტიკალური მიმართულებით 150-250 მმ-ია. მუშა არმატურის რგოლები ვერტიკალური მიმართულებით უკავშირდება ერთმანეთს მანაწილებელი არმატურით, რომელთა შორის მანძილი აიღება 300-400 მმ-ის ტოლი. მუშა არმატურად იყენებენ პერიოდული პროფილის 12-30 მმ დიამეტრის ფოლადის ღეროებს, ხოლო მანაწილებელ არმატურას ამზადებენ 6-8 მმ დიამეტრის მრგვალი კვეთის გლუვი ფოლადის ღეროებისაგან. ასეთი სამაგრის ამოსაყვანი ბეტონი აუცილებლად უნდა იყოს 300 და მეტი მარკის სიმტკიცის მქონე. მონოლითური რკინაბეტონის სამაგრის ყოველ კუბურ მეტრზე საარმატურე ფოლადის ხარჯი შეადგენს 50-100 კგ-ს.

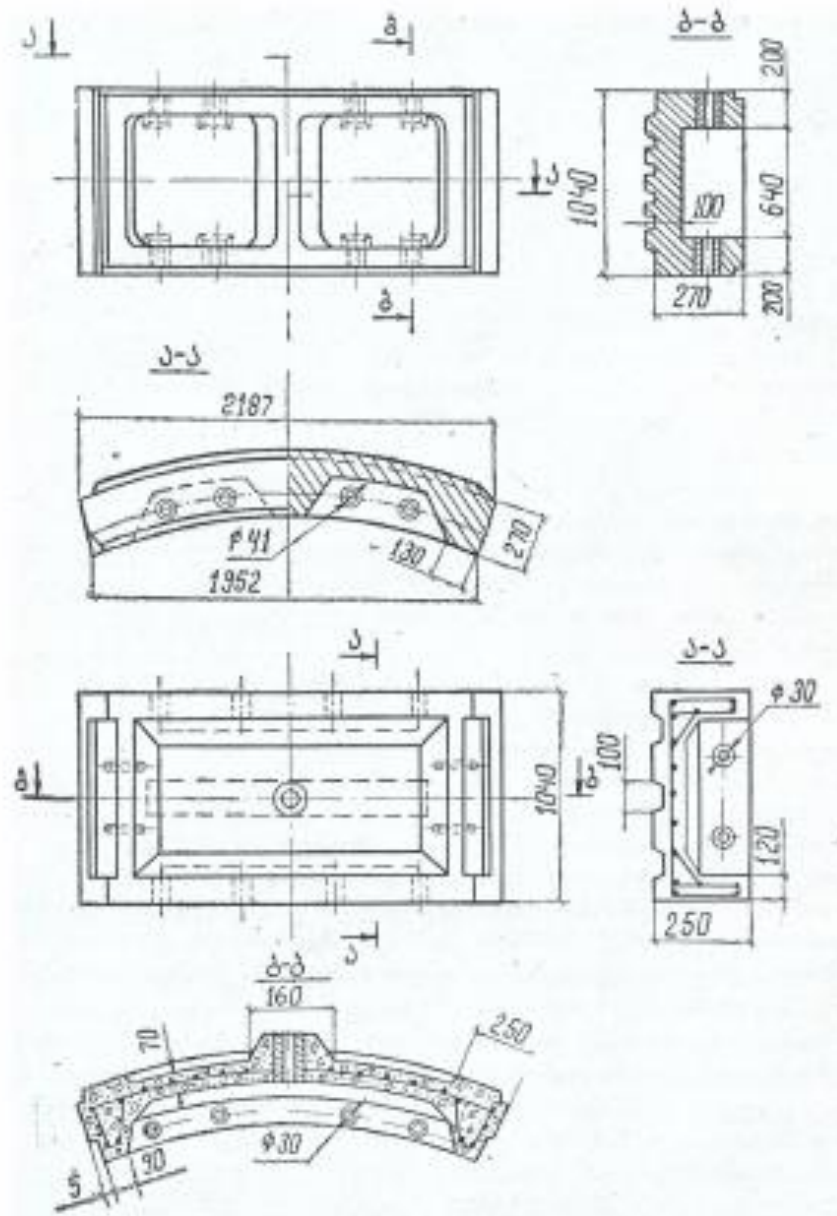
უნდა აღინიშნოს, რომ მონოლითური რკინაბეტონის ამოყვანა საჭიროებს კომპლექსური მუშაობის ორგანიზებას, ვინაიდან საჭირო ხდება ყალიბის დადგმა, გამწვანებულია არმატურის ზუსტად დაყენება და დაბეტონება და სხვ. გარდა ამისა, მნიშვნელოვანი წყლის მოდენის შემთხვევაში მოსალოდნელია ახლად ჩაყრილი ბეტონიდან ცემენტის გამორეცხვა, რაც მეტად საზიანოა სამაგრის სიმტკიცისათვის; ამიტომ მონოლითური რკინაბეტონის სამაგრს იშვიათად და განსაკუთრებულ შემთხვევებში იყენებენ, როგორცაა ჭაურების მშენებლობა რთულ სამთო-გეოლოგიურ პირობებში ან ავარიულ მდგომარეობაში მყოფი სამაგრის ლიკვიდაცია-აღდგენა.

ჭაურების მშენებლობის პრაქტიკაში 50-იანი წლების ბოლოს შედარებით ფართო გავრცელებით სარგებლობდა რკინაბეტონის ტიუბინგებისაგან ასაწყობი სამაგრი. ამისათვის იყენებდნენ „ვნიომშის“ და CTK-ს ტიპის ტიუბინგებს.

„ვნიომშის“ ტიპის რკინაბეტონის ტიუბინგი (ბლოკი) წარმოადგენს წიბოვან სეგმენტს (ნახ. 7.15, ა), რომელსაც გააჩნია ორი თარაზული და სამი ვერტიკალური სიხისტის წიბო.

ტიუბინგის გარსის სისქე 100 მმ-ია, ხოლო სიმაღლე - 1040 მმ. ტიუბინგის სიხისტის წიბოს სიმაღლე აიღება 270 მმ-დან 350 მმ-მდე, რაც უზრუნველყოფს სამაგრის თანაბარი ზიდვის უნარს სხვადასხვა დიამეტრის ჭაურებისათვის. სეგმენტის სიგრძე გარე რკალზე ცვალებადობს 2290-დან 2480 მილიმეტრამდე, ხოლო წონა - 1060-დან 1540 კილოგრამამდე.

წიბოვან ტიუბინგებში იხმარება 200, 250 და 300 მარკის ბეტონი, რომლის დასამზადებლად 300 ან 400 მარკის სილიკატურ ცემენტს იყენებენ. ასეთი ტიუბინგებით შესაძლოა გავამაგროთ ჭაურები, რომელთა დიამეტრი სინათლეში 4,5-8,0 მეტრია. ჭაურის დიამეტრის მიხედვით, ტიუბინგური სამაგრის რგოლი 7-11 სეგმენტისაგან შედგება. "ვნიომშის" ტიპის ტიუბინგის ზიდვის უნარი 40 ტ/მ²-ია.



ნახ. 7.15. რკინაბეტონის ტიუბინგები:
 ა - „ვნიომშის“ ტიპის; ბ - C T K-ს ტიპის.

ტიუბინგები რგოლში ერთმანეთს უკავშირდება სახსრების საშუალებით, რომლებიც მიიღება სეგმენტის ერთი რადიალური წიბოს ამობურცული და მეორე - ჩაზნექილი ზედაპირების ერთმანეთში მოთავსებით. სამაგრის რგოლები დაკავშირებულია ერთმანეთთან ჭანჭიკებით, რომლებიც ტიუბინგის ჰორიზონტალურ წიბოებში არსებულ ნახვრეტებში გაიყრება.

სივრცე სამაგრსა და ქანს შორის ამოივსება სატამპონაჟო ცემენტის (წნევიანი) ხსნარით, რომელიც იძლევა მტკიცე კავშირს ქანსა და სამაგრს შორის. ამგვარად მიღებული რგოლური სარტყელი ასრულებს საყრდენი გვირგვინის მოვალეობას.

სამაგრის ნაკერების ჰიდროიზოლაცია წარმოებს გაფართოებადი ცემენტის ხსნარით და კვერვის მოწყობით. ამისათვის თითოეული სეგმენტის გარე წიბოებს (თაროებს), როგორც თარაზულს, ისე ვერტიკალურს, მთელ სიგრძეზე ზოლისებრი ამონადარი გააჩნია. ამის გამო, სეგმენტების შეერთებისას მიიღება 14 მმ სიგანისა და 50 მმ სიღრმის ღარი, რაც ხელს უწყობს საიმედო კვერვის მოწყობას.

„ვნიომშის“ ტიპის ტიუბინგებისაგან განსხვავებით, CTK-ს ტიპის ტიუბინგები გამოირჩევიან მცირე წონით (600 კგ), არ გააჩნია შუალედური ვერტიკალური წიბო და აქვს შედარებით შემცირებული კონსტრუქციული ზომები (ნახ. 7.15, ბ). ამ ტიუბინგის გარსის სისქე 70 მმ-ია, ხოლო წიბოს სიმაღლე - 250 მმ-ია. CTK-ს ტიპის ტიუბინგების ზიდვის უნარი - 40 ტ/მ²-ია. ასეთი ზიდვის უნარი ხორციელდება შედარებით მაღალი მარკის ბეტონის გამოყენებით. CTK-ს ტიპის ტიუბინგების დასამზადებლად ხმარობენ ხისტ ბეტონს, რისთვისაც იყენებენ 500-600 მარკის ცემენტს და ინერტულ მასალას, რომლის სიმტკიცე კუმშვაზე არანაკლებ 1000 კგ/სმ²-ია. შეკვრის დამაჩქარებლად ბეტონს უმატებენ ქლოროვან კალციუმს, რომლის რაოდენობა შეადგენს ცემენტის წონის 1,5-2%-ს.

ამ ტიპის ტიუბინგს გააჩნია ნახვრეტები როგორც ვერტიკალურ, ისე ჰორიზონტალურ წიბოებზე (თაროებზე). სამაგრის რგოლების აწყობა და რგოლების ერთმანეთთან დაკავშირება ხორციელდება ამ ხვრეტებში ჭანჭიკების გაყრით და მოჭერით.

სამაგრის ნაკერების ჰიდროიზოლაცია წარმოებს სპეციალური ჰიდროსაიზოლაციო მასტიკის გამოყენებით. ამ მიზნით სამაგრის აწყობის წინ, ტიუბინგების შესაერთებელ ზედაპირებს (წიბოებს) კარგად გაპოხავენ მასტიკით. CTK-ს ტიპის სამაგრის ტამპონაჟი

ხორციელდება ცემენტის (წნევიანი) ხსნარით, რომელიც სამაგრის უკანა სივრცეში ჩაისხმება ტიუბინგის ცენტრში დატოვებული სპეციალური ხვრელით. ამ შემთხვევაშიც სამაგრის ამოყვანის დროს საყრდენი გვირგვინები არ გამოიყენება.

ტიუბინგებიანი სამაგრის ამოყვანა ძირითადად ზემოდან ქვემოთ ხდება. ეს გარემოება ამარტივებს ჭაურის გაყვანის ორგანიზაციას; სამაგრის ამოსაყვანად საჭირო აღარ არის ჩამოსაკიდი თარო და ჭაურის გაყვანა წარმოებს დროებითი სამაგრის გარეშე. გამბრჯენების დაყენება არ მოითხოვს სამაგრში ღრმულების ამოჭრას, რადგან საამისოდ ტიუბინგის თარაზული თაროები გამოიყენება. მიუხედავად ამისა, დღეისათვის რკინაბეტონის ტიუბინგებს თითქმის აღარ იყენებენ ჭაურების მშენებლობაში. მათი გამოყენება შეზღუდა ბეტონის სამაგრის ამოყვანის სრულყოფილმა ტექნოლოგიამ და მექანიზაციამ. ამჟამად საგდულებიანი ყალიბების გამოყენებამ და ზედაპირიდან ჭაურში მილსადენებით ბეტონის მიწოდებამ მინიმუმამდე დაიყვანა მონოლითური ბეტონის სამაგრის ღირებულება და მეტად გაამარტივა მისი ამოყვანის ორგანიზება.

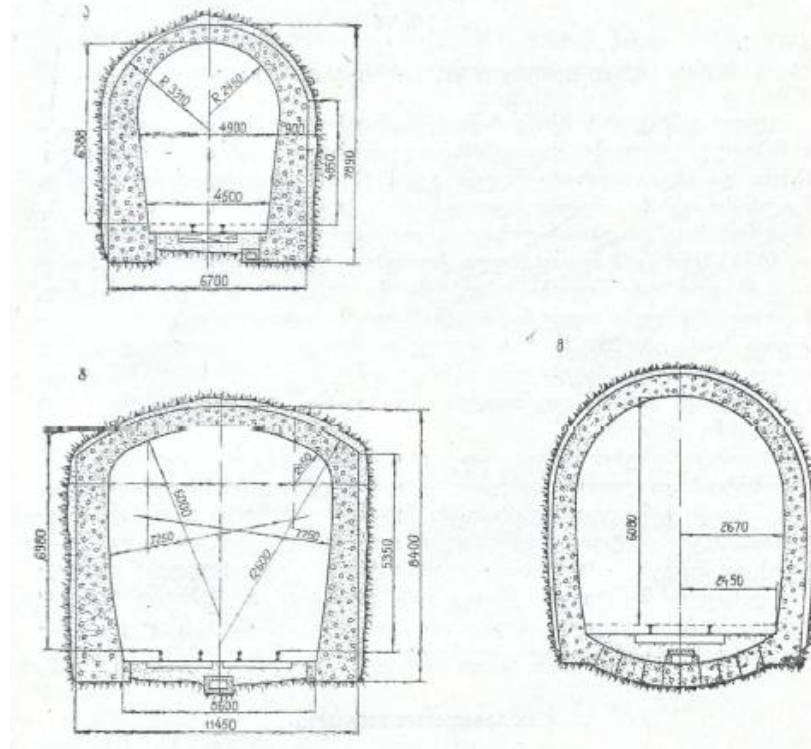
8. სარკინიგზო და საავტომობილო გვირაბების სამაგრი კონსტრუქციები

8.1. სარკინიგზო გვირაბები

სარკინიგზო გვირაბები მიეკუთვნება მნიშვნელოვან კაპიტალურ ნაგებობებს, რის გამოც მათი დაგეგმარებისას გათვალისწინებულია რკინიგზის ტრანსპორტის განვითარების მომავალი პერსპექტივები. სარკინიგზო გვირაბების მუდმივი სამაგრის კონსტრუქციების დაგეგმარება ხდება ახალი მოქმედი „CW“ გაბარიტის მიხედვით, რომელიც ითვალისწინებს რკინიგზის ერთლიანდაგიანი გვირაბის სამ ტიპს. პირველი ტიპი დამუშავებულია მაგარი ქანებისათვის (სიმაგრის კოეფიციენტი $f > 6$), მეორე ტიპი - საშუალო სიმაგრის ქანებისათვის ($f = 3-5$) და მესამე ტიპი - სუსტი ქანებისათვის ($f = 1-2,5$). ყველა ტიპის გვირაბში „C“ გაბარიტით გათვალისწინებულ გვირაბის სიგანეს ემატება ზომები კავშირგაბმულობის, სიგნალიზაციის, ელექტროკაბელების, საგზაო და გამაფრთხილებელი ნიშნებისა და სხვა მოწყობილობათა მოსათავსებლად. საკონტაქტო ხაზის ჩამო-

კიდების სახის მიხედვით „C“ გაბარიტის გვირაბის სიმაღლე 6,3-6,5 მ, ხოლო მაქსიმალური სიგანე - 6,2 მ.

მაგარ მონოლითურ ქანებში მშენებარე გვირაბები უმეტეს შემთხვევაში სამაგრს, როგორც მზიდ კონსტრუქციას, არ საჭიროებს. ასეთ შემთხვევებში მიზანშეწონილია



ნახ. 8.1. რკინიგზის გვირაბის სამაგრის კონსტრუქციები

ტორკრეტ-ბეტონის გამოყენება, რომელიც საიმედოდ დაიცავს გაშიშვლებულ ქანებს გამოფიტვის პროცესისაგან.

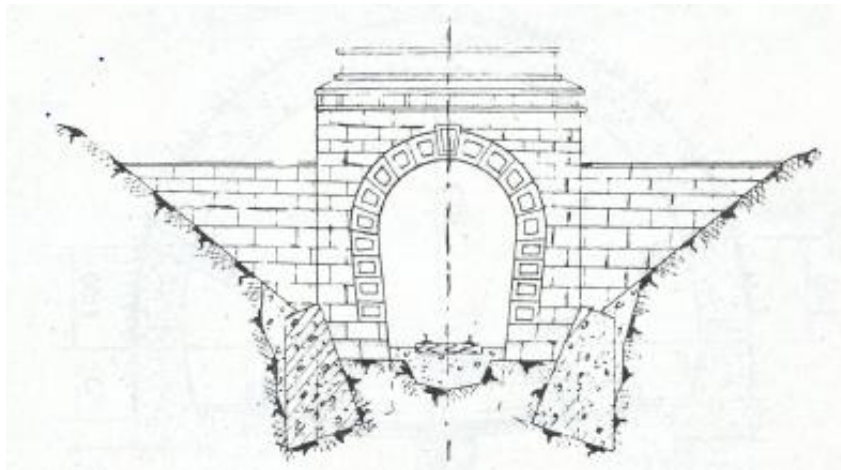
მაგარ დანაპრალიანებულ ქანებში მშენებარე გვირაბებს ამაგრებენ მონოლითური ბეტონით და აძლევენ თაღოვან მოხაზულობას (ნახ. 8.1, ა); საშუალო სიმაგრის ქანებში გამავალ გვირაბს აქვს ნალისებრი მოხაზულობა (ნახ. 8.1, ბ), ხოლო სუსტ ქანებში მშენებარე გვირაბს-ნალისებრი მოხაზულობა უკუთაღით (ნახ. 8.1, გ).

თაღის სისქე კლიტეში საშუალოდ 600-700 მმ-ია, ხოლო კედლის სისქე საძირკველთან აიღება ორჯერ მეტი - 1300 მმ; ბეტონის ხარჯი გვირაბის ერთ გრძივ მეტრზე ცვალებადობს 20-25 მ³-ის ფარგლებში.

გვირაბის სამაგრის ტიპის შერჩევა დამოკიდებულია ქანების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე. სხვადასხვა თვისებისა და აგებულების ქანებში სამაგრის სხვადასხვა ტიპი გამოიყენება. აღსანიშნავია, რომ ლითოლოგიურად განსხვავებული ქანების კონტაქტების უბნებზე იყენებენ გაძლიერებული სამაგრის კონსტრუქციას, რომელიც ამოწყავთ 10-15 მეტრის სიგრძეზე.

როგორც ცნობილია, არცთუ ისე დიდი ხნის წინათ, დიდი კვეთის გვირაბების სამაგრ მასალად იყენებდნენ ყორე ქვას.

ყორე ქვა წარმოადგენს ადგილობრივ იაფფასიან მასალას და მისგან ამოყვანილ სამაგრს აქვს უნარი დადგმისთანავე მიიღოს გარე დატვირთვები, რასაც განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება სუსტი ქანების შემთხვევაში. დიდი სამთოწნევის გამოვლინებისას უმჯობესია სამაგრი გაკეთდეს თლილი ქვებისაგან. ორივე შემთხვევაში ქანის



ნახ. 8.2. სარკინიგზო გვირაბის პორტალი

გაშიშვლებასთან კარგი კონტაქტის მისაღებად უნდა მოეწყოს სამაგრის უკანა სივრცის ტამპონირება ქვიშა - ცემენტის ხსნარით. ხელოვნური და ბუნებრივი ქვის სამაგრის უდიდეს უარყოფით მხარედ უნდა ჩაითვალოს სამაგრის ხელით ამოყვანის დაბალი ნაყოფიერება. ამიტომ, დღეისათვის სამაგრის ძირითად მასალად იყენებენ ბეტონს, რომელიც საშუალებას იძლევა სამაგრის ამოყვანის პროცესი მთლიანად მექანიზებული გახადოს. სუსტი ქანების შემთხვევაში იყენებენ დროებით სამაგრს ლითონის თაღებისაგან, რომლებსაც ბეტონის სამაგრში ტოვებენ.

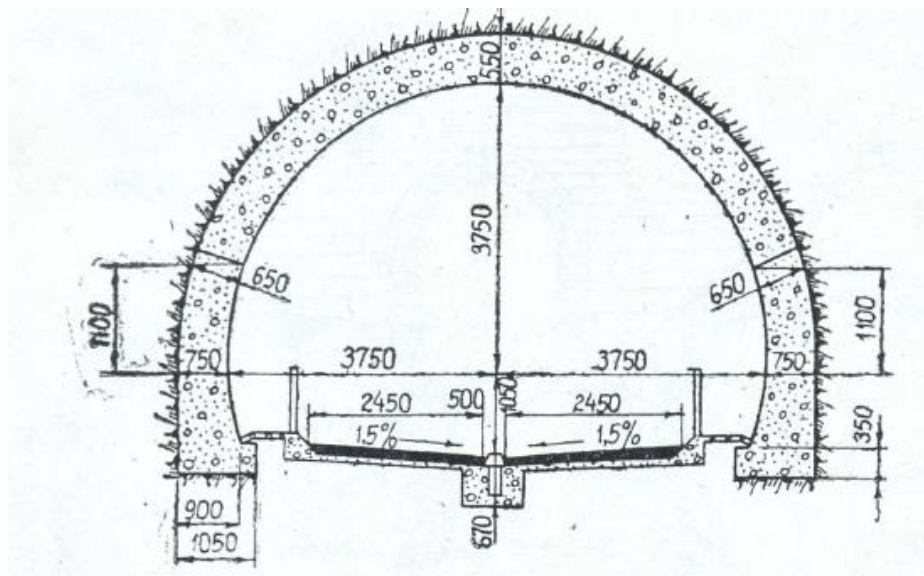
მუშების უსაფრთხოებისათვის გვირაბის კედლებში ეწყობა ნიშები და კამერები. ნიში კეთდება ერთი მეტრი სიღრმის და ორი მეტრი სიგანისა და სიმაღლის. ნიშები კეთდება გვირაბის ორივე მხარეს, ყოველი 50 მეტრის შემდეგ, და ერთმანეთის მიმართ განლაგებულია ჭადრაკულად. კამერების სიგანეა 4 მ, სიმაღლე - 2,8 მ და სიღრმე - 2,5 მ. კამერებში ინახავენ სხვადასხვა სახის მოწყობილობას.

დედამიწის ზედაპირიდან გვირაბის შესასვლელი არქიტექტურულადაა გაფორმებული და მას პორტალი ეწოდება.

პორტალი უმეტესად თლილი ქვით არის მოპირკეთებული (ნახ. 8.2).

8.2. საავტომობილო გვირაბები

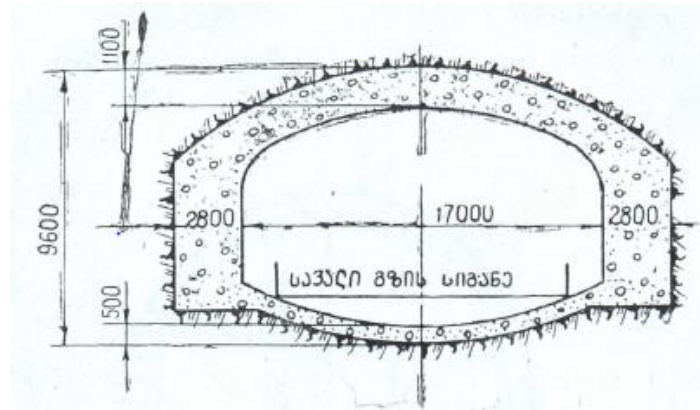
საავტომობილო გვირაბები კონსტრუქციულად თითქმის არ განსხვავდება სარკინიგზო გვირაბებისაგან. ძირითადი განსხვავება მათ შორის სავალი ნაწილის მოწყობა და განიავების საჭიროებაა. საავტომობილო გვირაბის სიგანე უნდა აკმაყოფილებდეს მასში ორი სავალი ნაწილის მოთავსების პირობას. ამ შემთხვევაშიც გვირაბს გააჩნია



ნახ. 8.3. საავტომობილო გვირაბი ორი სავალი ნაწილით

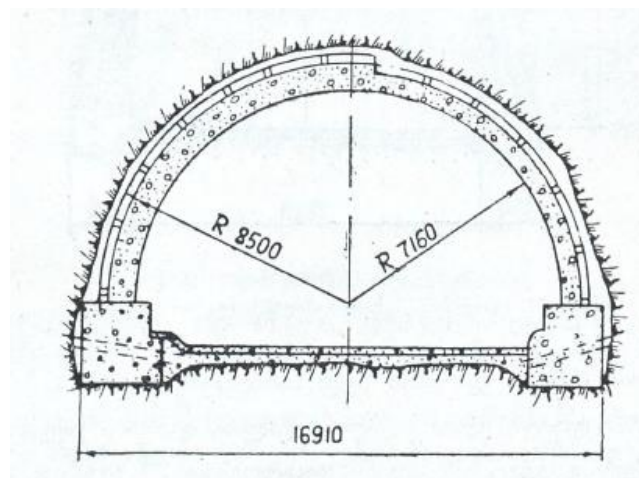
თაღოვანი მოხაზულობა (ნახ. 8.3), ხოლო ბრტყელი ძირი (ღარი) დაფარულია ასფალტობეტონის საფარით. გვირაბს ცენტრალურ ნაწილში მოწყობილი აქვს ბეტონის წყალსარი-ნი არხი. სუსტი ქანების შემთხვევაში ირჩევენ გვირაბის სამაგრის ჩაკეტილ ფორმას შებენი რუნებული თაღით; ამასთან, სამაგრის კონსტრუქციული ზომები მეტად დიდი გამოდის.

მაგალითად, გვირაბის სამაგრის კონსტრუქცია ოთხი სავალი ნაწილით (ნახ. 8.4) საჭიროებს მეტად სქელი კედლების ამოყვანას (2,8 მ), რაც გამოწვეულია დამრეცი თაღებით აღძრული მაქსიმალური გამბრჯენი ძალებით.



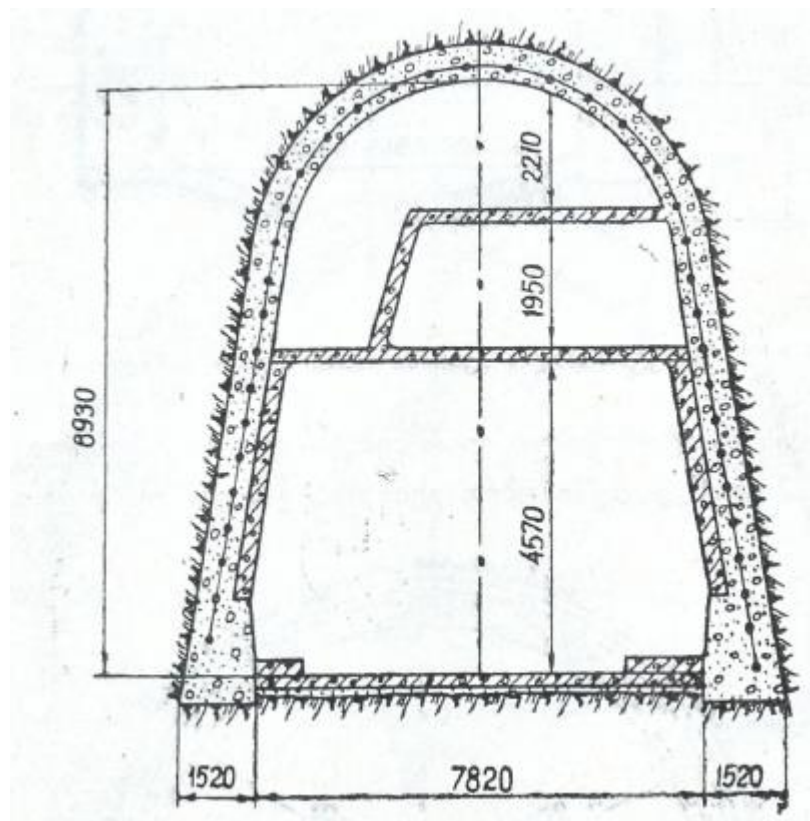
ნახ.8.4. საავტომობილო გვირაბი ოთხი სავალი ნაწილით

სუსტ ქანებში გვირაბების მშენებლობის დროს, სამაგრის სისქის შემცირების მიზნით, იყენებენ მონოლითურ რკინაბეტონის სამაგრს კომბინირებული არმატურით (ნახ. 8.5).



ნახ. 8.5. გვირაბის რკინაბეტონის სამაგრი კომბინირებული არმატურით.

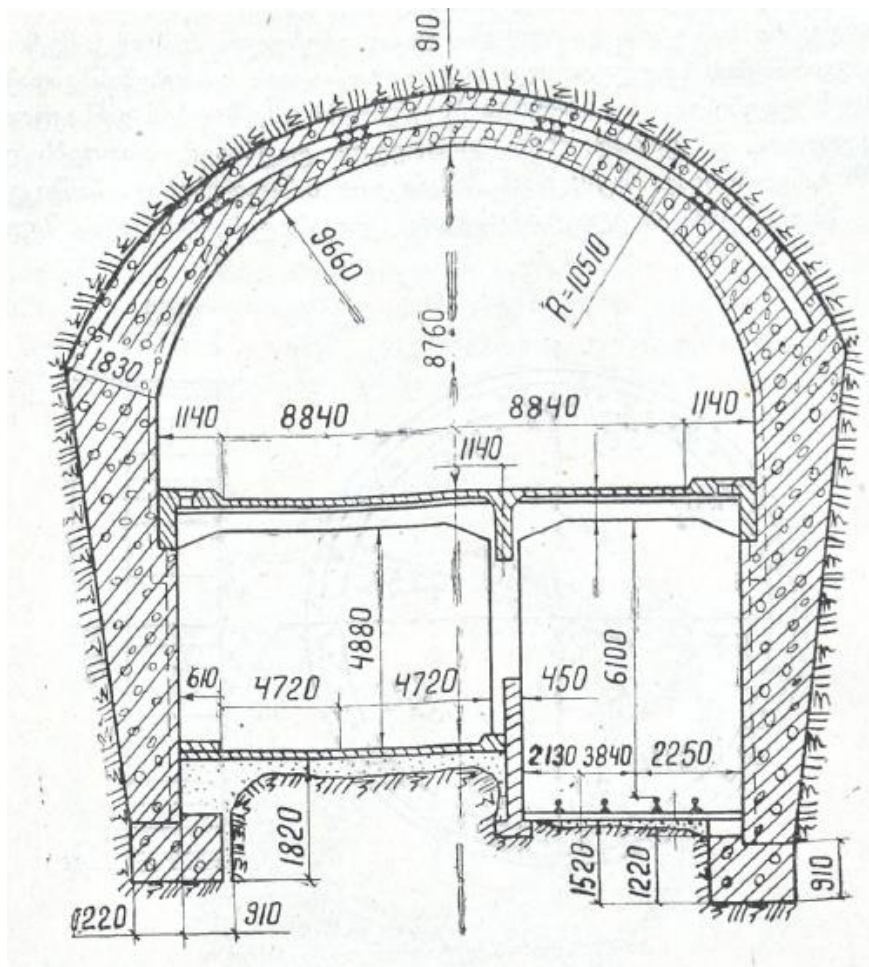
გარე, ხისტი არმატურა გვირავის გაყვანის დროს ასრულებს დროებითი სამაგრის ფუნქციას, ხოლო ბეტონის ამოყვანისას გადაიქცევა არმატურის კარკასად, რომელიც გაძლიერდება შიგნითა რიგის მოქნილი არმატურით. ამგვარად შედგენილი ორმაგი არმატურა საშუალებას გვაძლევს გავზარდოთ სამაგრის ზიდვის უნარი და, შესაბამისად, შევამციროთ მისი სისქე, დიდი სიგრძის საავტომობილო გვირავებისათვის აუცილებელია ხელოვნური განიავება. ამასთან დაკავშირებით გვირავის განივკვეთს დაყოფენ რკინაბეტონის ტიხრებით ისე, რომ მოეწყოს არხები სუფთა ჰაერის მისაწოდებლად და გამონაბოლქვი აირებით გაჭუჭყიანებული ჰაერის მოსაცილებლად (ნახ. 8.6). გვირავის ქვედა ნაწილი განკუთვნილია ავტოტრანსპორტის ორი მოძრავი რიგისათვის.



ნახ. 8.6. გვირავის სამაგრი სავენტილაციო არხებით

არსებობს აგრეთვე შერეული ტიპის გვირავები, რომლებშიც მოთავსებულია სარკინიგზო და საავტომობილო გზები.

ხშირ შემთხვევაში ასეთი არჩევანი მეტად ეკონომიური გამოდის. შერეული ტიპის გვირაბის საუკეთესო მაგალითს წარმოადგენს კალიფორნიაში გაყვანილი გვირაბი (ნახ. 8.7).



ნახ. 8.7. შერეული ტიპის გვირაბი

გვირაბის განივკვეთი გაყოფილია სამ ნაწილად. გვირაბის ქვედა ორ ნაწილში მოწყობილია ორლიანდაგიანი რკინიგზა და საავტომობილო გზა ორი სავალი ნაწილით, ხოლო გვირაბის ზედა სართულზე (მესამე ნაწილი) მოწყობილია ავტოგზატკეცილი ექვსი სავალი ნაწილით. გვირაბი გაყვანილია ნაპრალოვან ქვიშაქვებში. გვირაბის სიგანე დაახლოებით 20 მეტრია; თაღის სისქე კლიტეში - 0,91 მ, ქუსლში - 1,83 მ. გვირაბის სამაგრი მონოლითური რკინაბეტონია ორმაგი არმატურით. გვირაბის თაღში გამოყენებულია ხისტი არმატურა ორტესებრი ძელებისაგან. ზედა სართულის სავალი ნაწილი მოთავსე-

ბულია რკინაბეტონის ჩარჩოზე, რომელიც აგრეთვე მონოლითურ კონსტრუქციას წარმოადგენს.

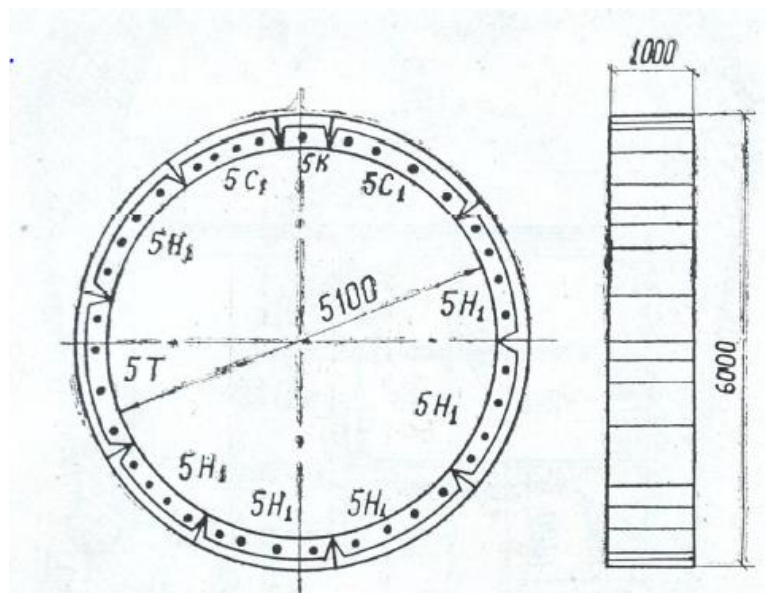
9. მეტროპოლიტენის მიწისქვეშა ნაგებობათა სამაგრი კონსტრუქციები

9.1. სამაგრი კონსტრუქციები სამთო წესით მშენებლობის დროს

მეტროპოლიტენების გვირაბების მშენებლობა უმეტესად ხორციელდება გვირაბამყვანი ფარების საშუალებით, რის გამოც მათ სამაგრს წაეყენება დამატებითი მოთხოვნები.

სამთო წნევით გამოწვეული დატვირთვის, მიწისქვეშა წყლების წნევისა და საკუთარი წონის გარდა სამაგრმა უნდა მიიღოს ფარის დომკრატებით გამოწვეული დროებითი დატვირთვები. ამიტომ სამაგრის მასალად ირჩევენ თუჯის, იშვიათად - ფოლადის ან რკინაბეტონის ტიუბინგებს და აგრეთვე ბეტონის ბლოკებს.

ჩვენი ქვეყნის მეტროპოლიტენების მშენებლობაში ყველაზე მეტად გავრცელდა თუჯის ტიუბინგოვანი სამაგრი. ტიუბინგოვანი სამაგრის რგოლი შედგება ათი ტიუბინგისაგან (ნახ. 9.1), რომელთაგან ექვსი ნორმალურია, ერთი - სამი მეოთხედი ზომის (5T), ორი - მომიჯნავე (5C) და ერთი - კლიტის (5K) ტიუბინგი.



ნახ. 9.1. გვირაბის ტიუბინგოვანი სამაგრი

კლიტის (ჩამკეტი) ტიუბინგი თავსდება რგოლის ზედა ნაწილში. თუჯის ტიუბინგოვანი სამაგრის გამოყენება დაკავშირებულია აგრეთვე მეტროპოლიტენის გვირაბების სრულყოფილი ჰიდროიზოლაციის საკითხების გადაჭრასთან. ამისათვის ტიუბინგოვანი სამაგრის ელემენტებს განსაკუთრებული გულისყურითა და ყურადღებით ამუშავენ. თითოეული ტიუბინგის თაროებს და მილტუჩებს ხანგრძლივად ამუშავებენ მექანიკური საშუალებებით. ჭანჭიკებს უკეთებენ აზობიტუმის ან პლასტმასის გამამკვრივებელ საყელურებს. მილტუჩებს შორის არსებულ ღრეჩოს ამოკვერავენ ტყვიის საშუალებით. სატამპონაჟო ხრახნკუთხვილიან ხვრელებს დახურავენ სურინჯითა და ძენძით გამკვრივებული ხრახნიანი საცობებით.

ტიუბინგოვანი სამაგრის ამოყვანა-აწყობა გაადვილებულია შემადგენელი ტიუბინგების ნიშანდებით. ნორმალური ტიუბინგების შიგა ზედაპირზე ამოტვიფრულია H ასო, მომიჯნავე ტიუბინგზე - C ასო და კლიტის ტიუბინგზე - K ასო.

ტიუბინგოვანი სამაგრის დადგმის შემდეგ მის უკანა სივრცეში, ტიუბინგებში არსებული სატამპონაჟო ხვრელებიდან ჭირხნიან ცემენტის ან ქვიშა-ცემენტის ხსნარს. მუდმივი სამაგრის უკან ნაჭირხნი ხსნარი გამაგრების შემდეგ თხელ ფენად გადაეკვრება სამაგრის უკანა სიბრტყეს და ხელს უშლის მასთან წყლის მისვლას; იგი მუდმივ სამაგრს მეტად აკავშირებს ქანთან და ხელს უწყობს მათ ერთობლივ მუშაობას.

ფოლადის ტიუბინგებს იყენებენ შედარებით იშვიათად. მათ უპირატესობას თუჯის ტიუბინგებთან შედარებით შეადგენს მაღალი პლასტიკურობა და უნარი - კარგად აიტანოს როგორც მკუმშავი, ასევე გამჭიმავი ძაბვების ზემოქმედება. ამიტომ უთანაბრო და მაღალი სამთო წნევის დროს ფოლადის ტიუბინგოვანი სამაგრი წარმოადგენს ძირითად საიმედო კონსტრუქციას გვირაბის შენახვისათვის. ფოლადის ტიუბინგების მთავარი უარყოფითი მხარე, რომელიც ზღუდავს მათ ფართო გამოყენებას, არის მეტად დაბალი მედეგობა კოროზიის მიმართ. გარდა ამისა, ფოლადის ტიუბინგები თუჯის ტიუბინგებთან შედარებით დაბალი ეკონომიური მაჩვენებლებით ხასიათდება.

რკინაბეტონის ტიუბინგები და ბეტონის ბლოკები მეტროპოლიტენის გვირაბებისათვის პროგრესული სამაგრი მასალებია. დიდი განივკვეთის თარაზული გვირაბის რკინაბეტონის ტიუბინგების კონსტრუქცია ანალოგიურია ჭაურების რკინაბეტონის

ტიუბინგებისა. განსხვავება მდგომარეობს იმაში, რომ მეტროპოლიტენების რკინაბეტონის ტიუბინგები, თუჯის ტიუბინგების მსგავსად, გამოიყენება სამი სახის: ნორმალური, მომიჯნავე და კლიტის, მაშინ, როდესაც ჭაურის გასამაგრებლად იყენებენ მხოლოდ ერთი ზომის ნორმალურ ტიუბინგებს.

რკინაბეტონის ტიუბინგოვანი სამაგრის გამოყენების დროს კიდევ უფრო ძნელდება გვირაბის ჰიდროიზოლაციის მოწყობა. ამ შემთხვევაშიც ტიუბინგების თაროებს (მილტუჩებს) შორის დარჩენილი ღრეჩოებია მიწისქვეშა წყლების ფილტრაციის ძირითადი გზები. ამ ადგილების ჰიდროიზოლაციისათვის იყენებენ კრეოზიტში გაჟღენთილ სადებებს, ხის ფირფიტებს, გავრცობად ცემენტს და სამაგრის უკანა სივრცეს უკეთებენ ტამპონაჟს.

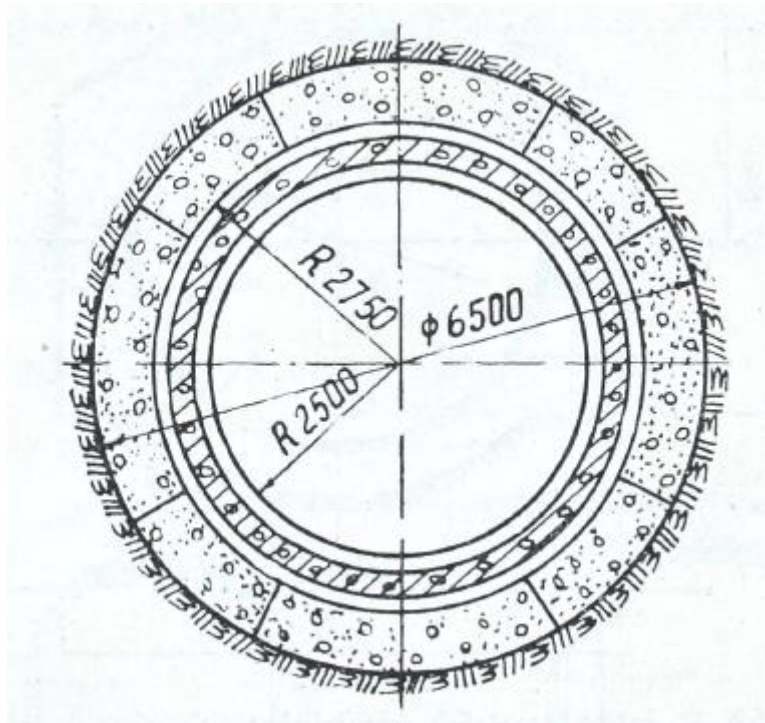
ბეტონის ბლოკების გამოყენების დროს სამაგრს ორშრიანს აკეთებენ. ბეტონის ბლოკების დაყენების შემდეგ გვირაბის შიგნით ამოჰყავთ სამაგრის მეორე შრე მონოლითური რკინაბეტონისაგან. ბეტონის ბლოკების გამოყენება განპირობებულია საარმატურე ფოლადის საგულისხმო ეკონომიით.

ბეტონის ბლოკი წარმოადგენს სოლისებრი ფორმის ხელოვნურ ქვას, რომლის სისქე ნაანგარიშებია მაქსიმალური სამთო წნევის მიხედვით. მეტროპოლიტენებში იყენებენ 750 მმ სიგრძისა და 500 მმ სისქის ბეტონის ბლოკებს.

სამაგრის ერთი რგოლი აიწყობა 12 ბლოკისაგან. რგოლებს შორის კავშირი ხორციელდება ბლოკების ტორსულ ზედაპირებზე არსებული ბურცობებითა და ჩაღრმავებებით. ამ მიზნით თითოეულ ბლოკს ერთ მხარეზე გააჩნია 50 მმ სიმაღლის ორი ბურცობი, ხოლო მეორე მხარეზე - 40 მმ სიღრმის ორი ჩაღრმავება. ამის შედეგად, სამაგრის აწყობის შემდეგ ორ მეზობელ რგოლს შორის მთელ პერიმეტრზე გაჩნდება 10 მმ სიგანის ღრეჩო. ბლოკებს გააჩნია ხვრელები სატამპონაჟო ხსნარის მიწოდებისათვის. ღრეჩოებში ცემენტის ხსნარის დაჭირხნა ამ ხვრელებში ბეტონის ბლოკების სამაგრს უზრდის მონოლითურობას. ფარის დომკრატების მიერ განვითარებული ძალების ატანის მიზნით ბლოკების ტორსული ზედაპირების რგოლური წიბოები დაარმატურებულია ლითონით.

ბეტონის ბლოკებისაგან სამაგრი ამოიყვანება ერექტორის საშუალებით. ბეტონის ბლოკების ამოყვანის ანუ სამაგრის პირველი შრის დადგმის შემდეგ ეწყობა სამაგრის

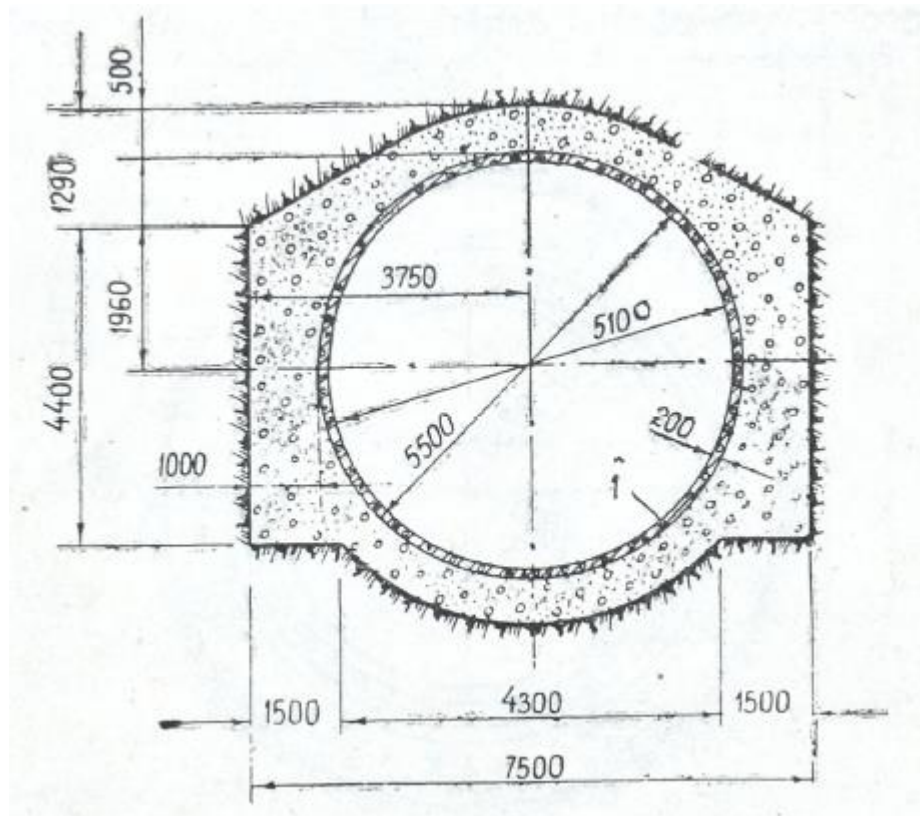
მეორე შრე მონოლითური რკინაბეტონისაგან. მოსკოვის მეტროპოლიტენში ასეთი მონოლითური რკინაბეტონის გარსის სისქე შეადგენდა 200-400 მმ-ს (ნახ. 9.2).



ნახ. 9.2. მეტროპოლიტენის გვირაბის სამაგრი ბეტონის ბლოკებისაგან

მეტროპოლიტენის გვირაბების ფარის გარეშე აგებისას იყენებენ მონოლითური ბეტონის სამაგრს, რომელიც აუცილებლად ჩაკეტილი კონტურით ან შებრუნებული თაღით (უკუთაღით) უნდა მოეწყოს.

მოსკოვის მეტროპოლიტენის მშენებლობის დროს გამოყენებული მონოლითური ბეტონის სამაგრის (ნახ. 9.3) შიგა ზედაპირი წრიული ფორმისაა, ხოლო გარე ზედაპირი - თაღოვანი ფორმის, სწორი კედლებითა და შებრუნებული თაღით. სამაგრის სისქე თაღის კლიტეში შეადგენს 500 მმ, ხოლო კედლებში-საშუალოდ 1000 მმ. გვირაბში მიწისქვეშა წყლების შეუღწევლობის მიზნით სამაგრს შიგა მხრიდან უკეთდება მონოლითური რკინაბეტონის 200 მმ სისქის გარსი. ბეტონის სამაგრსა და რკინაბეტონის გარსს შორის ეწყობა ჰიდროიზოლაციის ფენა. მიწისქვეშა წყლების მცირე წნევისა და უმნიშვნელო რაოდენობის შემთხვევაში გვირაბის ჰიდროიზოლაციისათვის საკმარისია 20—30 მმ სისქის ტორკრეტბეტონის დამატებითი შრის ამოყვანა.

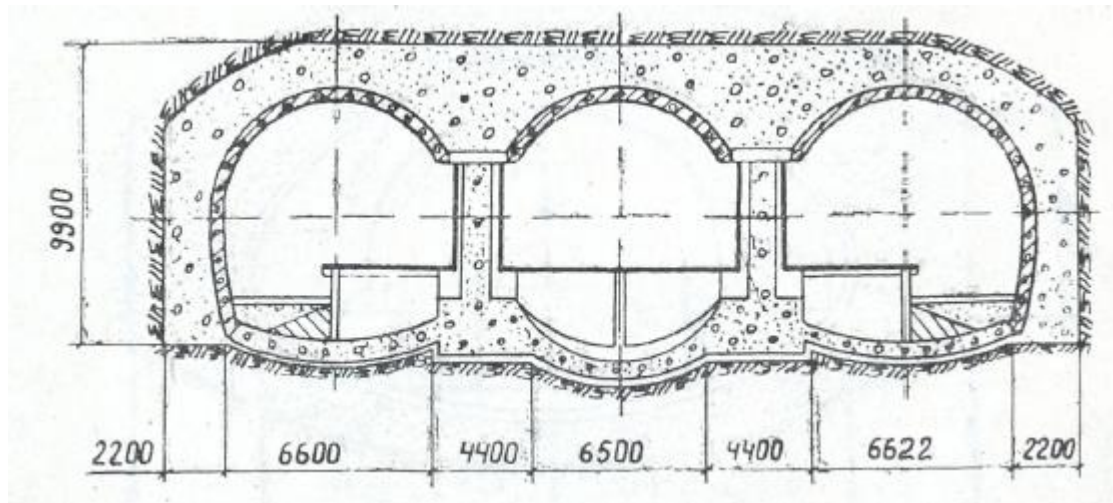


ნახ. 9.3. მეტროპოლიტენის გვირაბის ბეტონის სამაგრის კონსტრუქცია

მეტროპოლიტენის ნაგებობებში მნიშვნელოვანი ადგილი ეკუთვნის სადგურების კონსტრუქციებს. მათთვის დამახასიათებელია გვირაბების დიდი სიგანე და განივკვეთის სირთულე. ძირითადად გავრცელებულია სადგურების ოთხი ტიპი: სამთალოვანი, ორთალოვანი, ერთთალოვანი და მრავალსართულიანი.

ყველაზე მეტად გავრცელებულია სადგურები სამთალოვანი კონსტრუქციის სამაგრით. სადგურის ასეთი ტიპი ხასიათდება მშენებლობის ტექნოლოგიურობით, რაც საშუალებას იძლევა ერთდროულად ვაწარმოოთ გაყვანისა და გამაგრების სამუშაოები რამდენიმე უბანზე. გარდა ამისა, შუალედური საყრდენების მოწყობით შესაძლებელი ხდება სადგურის სიგანის საანგარიშო მალის შემცირება, რაც საბოლოოდ ზრდის გვირაბის სამაგრის ზიდვის უნარს. სამთალოვანი სადგურის (ნახ. 9.4) საერთო სიგანეა 33 მ, ხოლო სადგურის დარბაზის საშუალო სიგანე - 8,15 მეტრი. ცენტრალური თაღის საყრდენი შედგენილია დარბაზის ორივე მხარეზე ჩარიგებული სვეტებისაგან. სვეტის განივკვეთი შეადგენს 2x2 მ; სვეტებს შორის მანძილი (რიგში) არის 4 მეტრი. სავალი

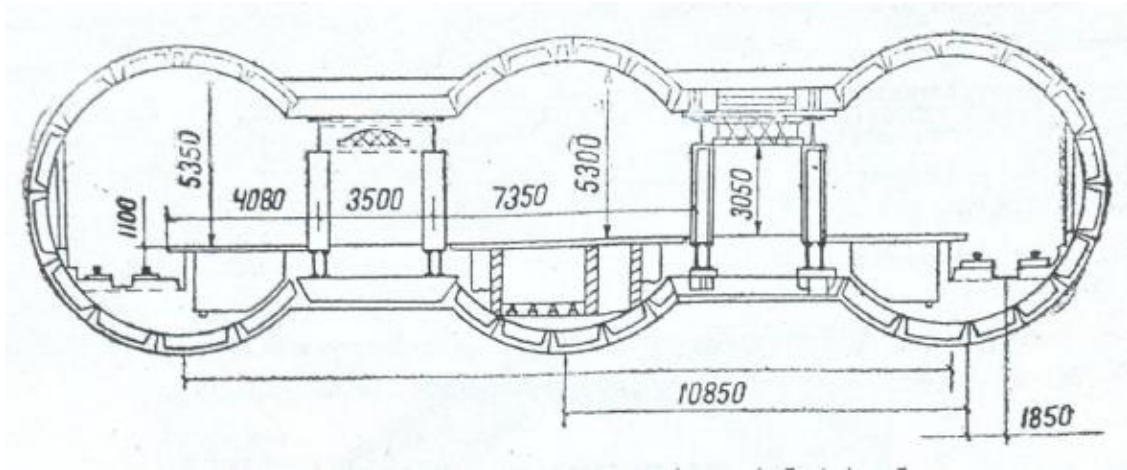
ნაწილები და მგზავრებისათვის განკუთვნილი ბაქნები განლაგებულია განაპირა გვირაბებში.



ნახ. 9.4. სამთაღოვანი სადგურის კონსტრუქცია ბეტონის სამაგრიტ

განაპირა თალები ერთ მხარეზე ეყრდნობა გვირაბის კედლებს, ხოლო მეორე მხარეზე - იმავე სვეტებს, რომლებზეც ცენტრალური თალი არის დაყრდნობილი. სადგურის ყველა გვირაბის შიგნით დამატებით ეწყობა მონოლითური რკინაბეტონის გარსი ჰიდროიზოლაციისათვის.

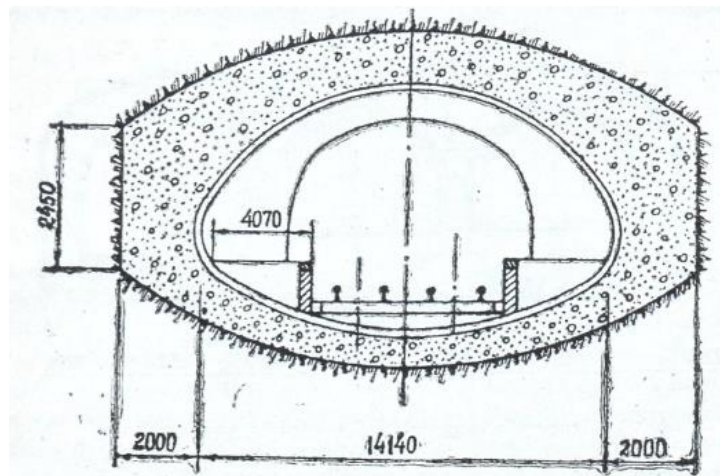
იმ შემთხვევაში, როცა სადგურის გვირაბები ფარის საშუალებით შენდება, მათ ხშირად თუჯის ტიუბინგებით ამაგრებენ. ამ დროს სადგური შედგება სამი პარალელური გვირაბისაგან, რომელთა დიამეტრი 9,5 მ და ღერძებს შორის მანძილი 10,85 მ აიღება (ნახ. 9. 5). განაპირა გვირაბებს ცენტრალურ გვირაბთან აკავშირებენ გამკვეთებით, რომელიც ცენტრალურ მანაწილებელ დარბაზს წარმოადგენს. სამაგრის ჰიდროიზოლაცია ხორციელდება ტიუბინგების ღრეჩოების მოკვერვით სადგურის შიგნითა ზედაპირს აპირკეთებენ ბეტონით, რაც ხელს უწყობს ნაგებობის საიმედო და ხანგრძლივ არსებობას. სადგურის განაპირა გვირაბებში ეწყობა სავალი ნაწილი და მგზავრების პლატფორმა. გვირაბების ქვედა სართულები გამოიყენება განიავებისათვის და სხვა-დასხვა სახის სამსახურებისათვის.



ნახ. 9.5. სამთალოვანი სადგური თუჯის ტიუბინგებისაგან

ორთალოვან სადგურებს იშვიათადიყენებენ, ვინაიდან ისინი ხასიათდება დაბალი საექსპლუატაციო მაჩვენებლებით.

მეტროპოლიტენების პრაქტიკაში საკმაოდ გავრცელებულია ერთთალოვანი სადგურები (ნახ. 9.6). ასეთი სადგურები მაგრდება ბეტონით, რკინაბეტონით ან შერეული კონსტრუქციის სამაგრიტ. უმრავლეს შემთხვევაში სამაგრს ეძლევა თარაზულად გაწეილი ელიფსის ფორმა. გვირაბის ცენტრში ეწყობა სავალი ნაწილი, ხოლო მგზავრებისთვის განკუთვნილი პლატფორმები კეთდება გვირაბის კედლებთან.



ნახ. 9.6. ერთთალოვანი სადგურის სამაგრის კონსტრუქცია

ზოგ შემთხვევაში ხელსაყრელია მგზავრებისთვის განკუთვნილი პლატფორმა მოეწყოს გვირაბის ცენტრში, ხოლო სავალი ნაწილი კი - მის ორივე მხარეს გვირაბის კედლებთან.

9.2. სამაგრი კონსტრუქციები ღია წესით მშენებლობის დროს

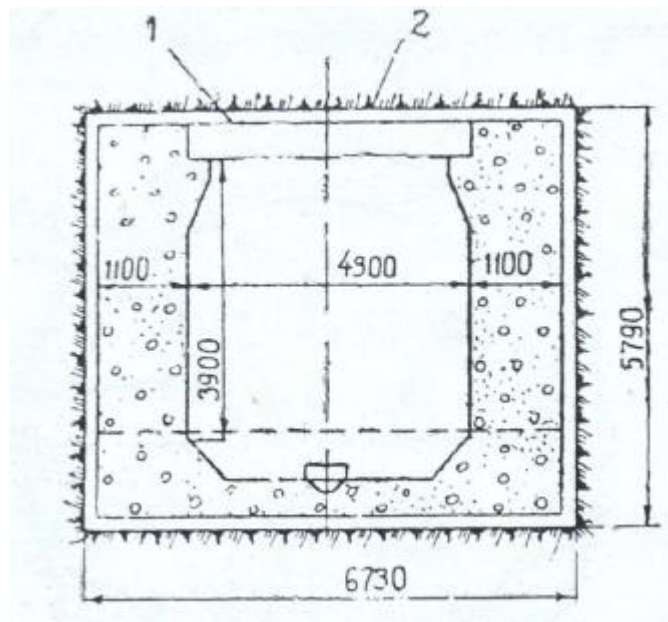
ღია წესით მშენებარე გვირაბების სამაგრი შედგება ღარი - საძირკვისაგან, კედლებისა და გადახურვისაგან.

ღარი-საძირკვის ხისტი კონსტრუქცია თანაბრად ანაწილებს და ამცირებს დატვირთვებს გვირაბის იატაკზე; ამ მოვლენას კი განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება სუსტი გრუნტების შემთხვევაში.

ღარი-საძირკველი არის აგრეთვე საფუძველი სავალი ნაწილის ზედა ნაგებობისათვის და საჭიროა წყლის მოცილება-დრენაჟისათვის.

ღია წესით მშენებარე გვირაბებისთვის იყენებენ ბრტყელ გადახურვას, რაც საშუალებას გვაძლევს მაქსიმალური სისქის მიწაყრილით დავფაროთ გვირაბი.

ღარი-საძირკველი და კედლები მზადდება ბეტონისაგან, ხოლო გადახურვა - რკინაბეტონისაგან (ნახ. 9.7).

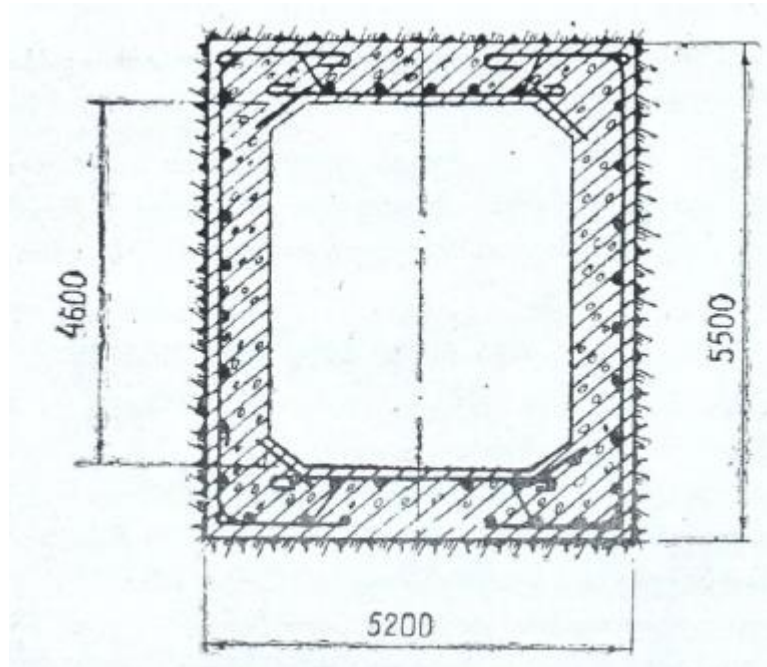


ნახ. 9.7. ღია წესით მშენებარე გვირაბის სამაგრი:
1. 1,5 სმ სისქის იზოლაციის ფენა; 2. 6 სმ სისქის დამცავი შრე.

გადახურვის ფილა ბრტყელი ან წიბოვანია, თუ გვირაბის სიგანე სინათლეში 5 მეტრს არ აღემატება. იყენებენ ბრტყელი გადახურვის ფილას, ვინაიდან მისი სიმაღლე 1,5-2-ჯერ ნაკლებია წიბოვანი ფილის სიმაღლეზე. ზედაპირული წყლების მოცილების მიზნით გადახურვას უკეთდება მცირე ქანობი; როდესაც გრუნტის წყლების დონე აღემატება გადახურვის დონეს, მას ქანობი აღარ უკეთდება. გადახურვის დასაყრდნობად კედლებში გათვალისწინებულია კონსოლური შვერილი, რაც ამცირებს გადახურვის საანგარიშო სიგანეს და აუმჯობესებს მისი მუშაობის პირობებს.

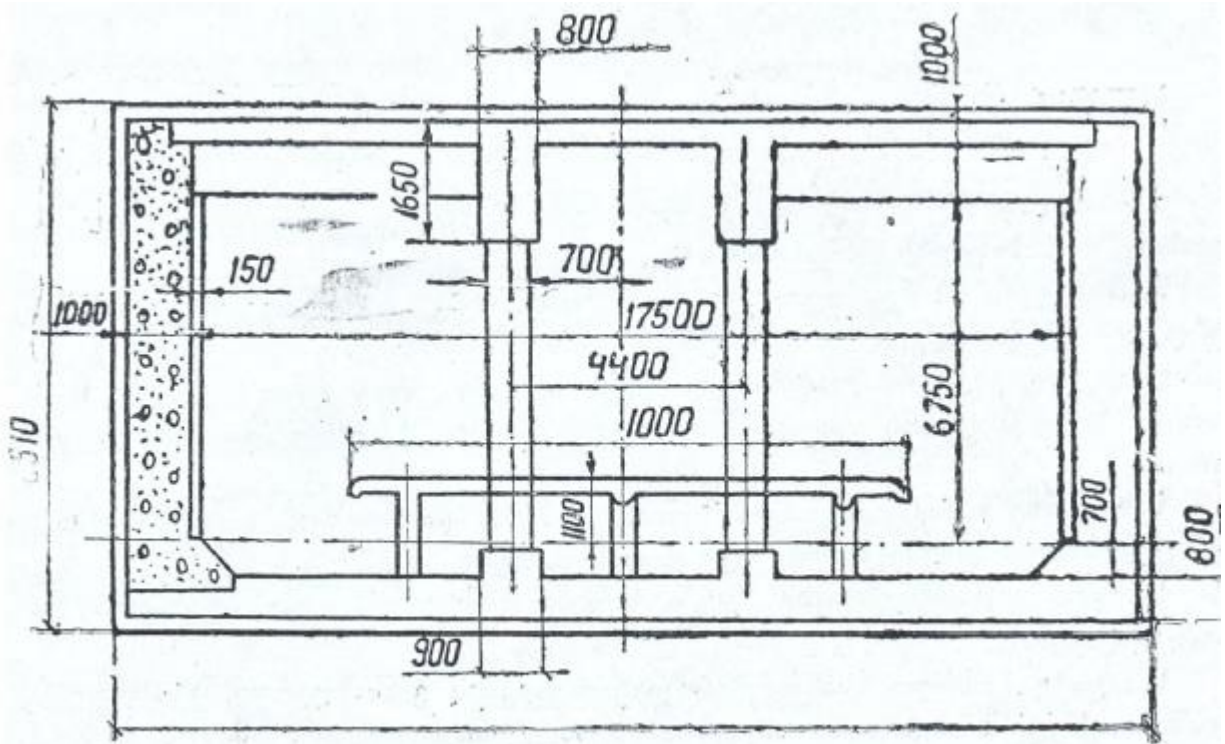
სამაგრის კედლის სისქე აიღება გაანგარიშების მიხედვით, მაგრამ კონსტრუქციულად არ შეიძლება შეირჩეს 50 სმ-ზე ნაკლები. ეს აუცილებლობა გამოწვეულია იმით, რომ სამაგრს ჰქონდეს საკმაო მასა, რათა ჩააქროს მატარებლების მოძრაობით გამოწვეული ვიბრაციები. ასევე შეირჩევა ღარი-სადირკვლის საჭირო ზომები.

ასეთი კონსტრუქციის სამაგრი ხასიათდება ბეტონის დიდი ხარჯით. უფრო ეკონომიურია რკინაბეტონის სამაგრი, რომელსაც ჩარჩოსმაგვარს ამზადებენ (ნახ. 9.8). დიდი სიხისტის გამო სამაგრის გამოყენება შეიძლება მეტად სუსტ გრუნტებში მშენებარე გვირაბებში.



ნახ. 9.10. რკინაბეტონის სამაგრი ღია წესით მშენებარე გვირაბებისათვის

ღია წესით მშენებარე მეტროპოლიტენის სადგურის გვირაბები კონსტრუქციულად ჩვეულებრივი გვირაბების მსგავსია; ასეთი სადგურების დაგეგმარებისას ცდილობენ რაც შეიძლება მეტად მიუახლოონ ზედაპირს მგზავრებისათვის განკუთვნილი პლატფორმა. თუ სადგურის დარბაზის სიმაღლე 5-6 მეტრია, გვირაბის განლაგების სიღრმე არ უნდა აღემატებოდეს 9-10 მეტრს. სადგურის ზომები დამოკიდებულია პლატფორმის სიგანეზე და შეადგენს 16-25 მეტრს. სადგურის დიდი სიგანის შემთხვევაში პლატფორმაზე აწყობენ საყრდენი სვეტების ერთ ან ორ რიგს (ნახ. 9. 9). სადგურის გადახურვა კეთდება ბრტყელი ან წიბოვანი რკინაბეტონის ფილებით. სადგურის კედლები, რომლებიც ამოიყვანება ბეტონით ან რკინაბეტონით, ხისტად უკავშირდებიან ღარ-საძირკველს. სადგურის კედლები და ღარი-საძირკველი შეიძლება აიგოს ასაწყობი რკინაბეტონის ელემენტებითაც.



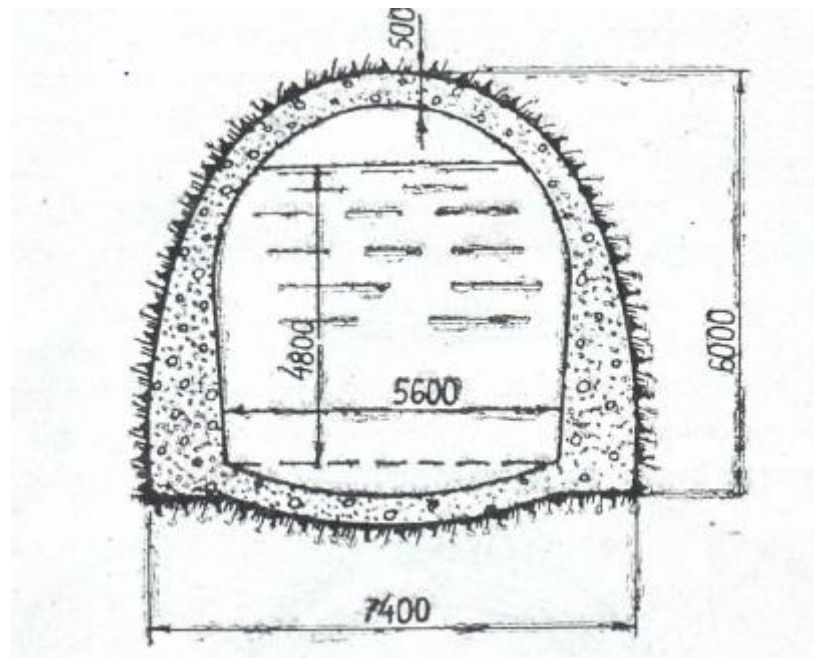
ნახ. 9. 9. სადგურის სამაგრი კონსტრუქცია

10. მიწისქვეშა ჰიდროტექნიკური გვირაბებისა და ნაგებობების სამაგრი კონსტრუქციები

ჰიდროტექნიკური გვირაბები იყოფა წნევიან და უწნეო გვირაბებად. წნევიანი გვირაბის განივკვეთი მთლიანად შევსებულია წყლით და მასში წყლის დაწნევა აღწევს 70 კპ-ს და მეტ სიდიდეს; უწნეო გვირაბების განივკვეთი ნაწილობრივ ივსება წყლით.

ჰიდროტექნიკურ გვირაბებს, როგორც წესი, ამაგრებენ ზიდვის უნარის სამაგრი კონსტრუქციებით. ასეთი გვირაბების სამაგრი შეიძლება იყოს ერთი ან რამდენიმე შრისაგან შედგენილი.

ჰიდროტექნიკური გვირაბის სამაგრის დანიშნულებას სამთო წნევითა და მიწისქვეშა წყლებით გამოწვეულ დატვირთვებთან ერთად თავის თავზე მიიღოს გვირაბში მოძრავი წყლის დაწნევაც. გარდა ამისა, სამაგრი საიმედოდ უნდა ზღუდავდეს გვირაბიდან წყლის გაპარვა-გაჟონვის შესაძლებლობას.

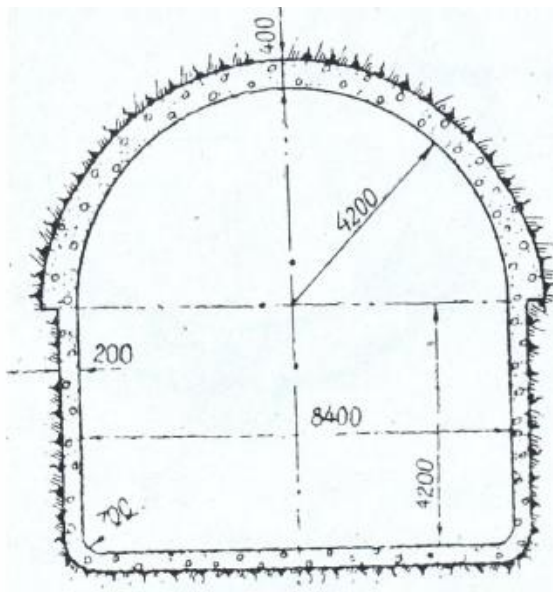


ნახ.10.1. უწნეო გვირაბის ბეტონის სამაგრი

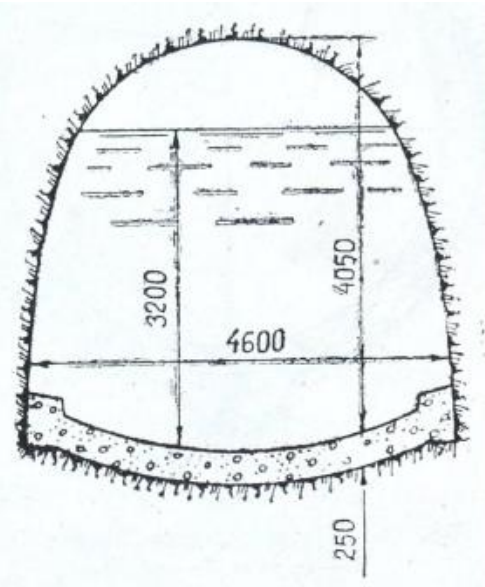
წნევიანი გვირაბის სამაგრი მთელ კონტურზე უნდა იყოს თანაბარი სისქის. უწნეო გვირაბებში სამაგრის კონსტრუქციას ირჩევენ სამთო-გეოლოგიური პირობების

მიხედვით. ნაპრალოვან და არამდგრად ქანებში, ყოველმხრივი სამთო წნევის დროს, უწნეო გვირაბის სამაგრს აძლევენ ჩაკეტილ ფორმას (ნახ. 10.1). სამაგრი ამოჰყავთ რკინაბეტონით ან ბეტონით. შედარებით მდგრად ქანებში ამაგრებენ გვირაბის მხოლოდ თაღოვან ნაწილს (ნახ. 10.2). გვირაბის კედლებსა და იატაკს ფარავენ ბეტონის თხელი შრით, ჰიდრავლიკური მაჩვენებლების გასაუმჯობესებლად.

მეტად მაგარ ქანებში გვირაბის მშენებლობის დროს ბეტონის თხელი შრისაგან აწყობენ მხოლოდ ღარს ანუ გვირაბის იატაკს აძლევენ ღარის ფორმას (ნახ. 10.3).



ნახ. 10.2. უწნეო გვირაბის შემსუბუქებული სამაგრი



ნახ. 10.3. უწნეო გვირაბი მაგარ ქანებში

სამაგრის თხელი შრის ამოყვანას ან გვირაბის ზედაპირის მოსწორებას ხშირად ახდენენ შპრიცბეტონით ან ტორკრეტ-ბეტონით.

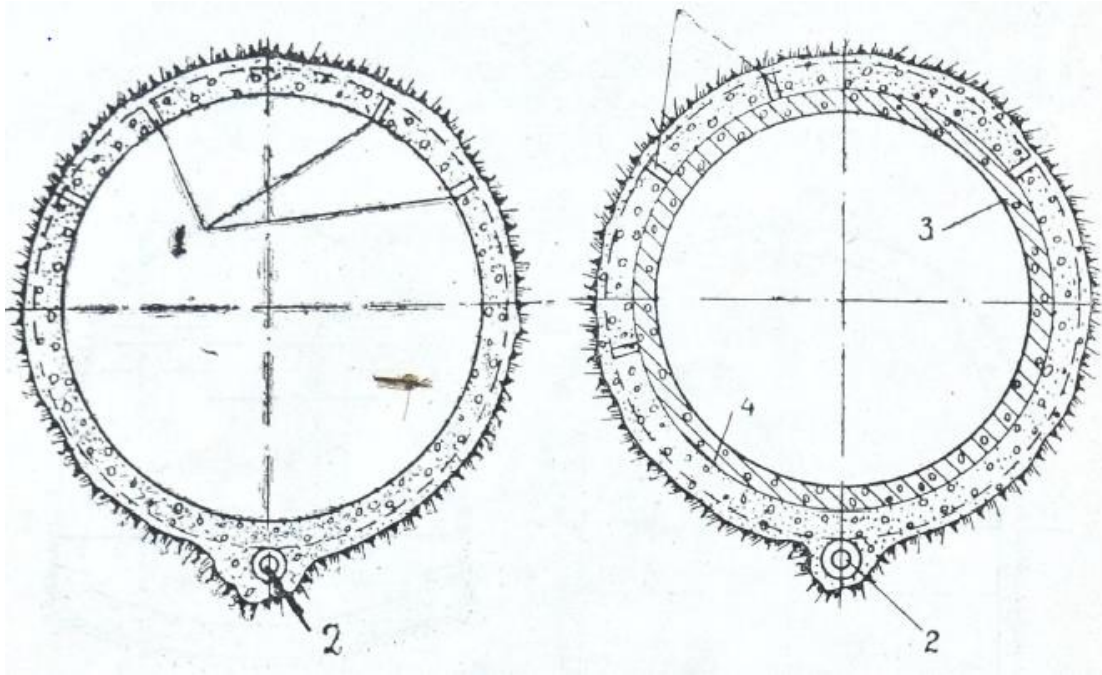
ბეტონი ყველა შემთხვევაში უნდა იყოს წყალმდეგი და ზოგიერთ შემთხვევაში - ყინვამდეგიც, თუ გვირაბი გაიყვანება მკაცრ კლიმატურ პირობებში. წნევიანი გვირაბების სამაგრს, იმის გამო, რომ განიცდის ორმხრივ დატვირთვას, არ უნდა გააჩნდეს ნაპრალები, რომელთა საშუალებითაც გაჟონილმა წყალმა შეიძლება მოახდინოს ქანების გამორეცხვა, სამაგრს უკან სიცარიელების გაჩენა, ქანის ჩამოქცევა და გვირაბის დანგრევა. წნევიანი გვირაბის რაციონალური ფორმა არის წრიული მოხაზულობა.

მონოლითურ კლდოვან ქანებში აგებული წნევიანი გვირაბის სამაგრი ასრულებს შიგა წნევის გადაცემის მოვალეობას, რომლის დატვირთვა მთლიანად შთაინთქმება კლდოვანი ქანების მასივის მიერ, საშუალო სიმაგრის ქანებში ჰიდროსტატიკური წნევა ნაწილდება სამაგრსა და გვერდით ქანებს შორის. სუსტი ქანების შემთხვევაში მთელი შიგა წნევის ატანა უხდება სამაგრს, რის გამოც მის კონსტრუქციას რამდენიმე შრისაგან აწყობენ.

ჰიდროტექნიკური გვირაბების ნორმალური ექსპლუატაციისათვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება გვერდითი ქანების შემდგომ ცემენტაციას.

ცემენტაციის შემდეგ გვირაბის ირგვლივ მდებარე ქანები იძენს მონოლითურობას და ამჟღავნებს დრეკად თვისებებს; ეს გარემოება კი საშუალებას იძლევა შევამციროთ სამაგრის სისქე, ვინაიდან ჰიდროსტატიკური წნევა ამ დროს კარგად შთაინთქმება ცემენტაციით გაძლიერებული ქანის გარემოს მიერ.

მაგარ ქანებში მშენებარე წნევიანი გვირაბის სამაგრის სისქე (ნახ. 10.4) ცვალებადობს 250-600 მმ-ის ფარგლებში და დამოკიდებულია გვირაბში გამავალი წყლის დაწნევაზე. ცემენტაციის წარმოებისათვის სამაგრში ხდება მილების ჩაყენება. მაღალი წყალშეუღწევლობის მისაღწევად სამაგრის შიგა ზედაპირი იფარება ტორკრეტ-ბეტონით. ხშირად იყენებენ კომბინირებულ სამაგრს, რომელიც შედგება ორი ან მეტი შრისაგან. ნახ. 10.5-ზე ნაჩვენებია წნევიანი გვირაბის კომბინირებული სამაგრი. სამაგრი შედგება გარე ბეტონის რგოლისა და შიგა ლითონ-ტორკრეტბეტონის შრისაგან.



ნახ. 10.4. წნევიანი გვირაბი მაგარ ქანებში:
1. საცემენტაციო მილები; 2. დრენაჟი

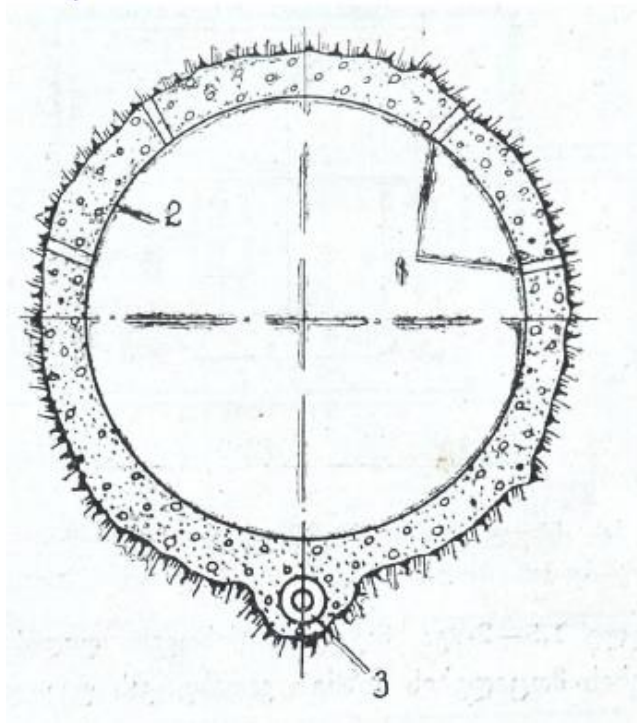
ნახ. 10.5. წნევიანი გვირაბის
კომბინირებული სამაგრი:
1. მილაკი ცემენტაციისათვის; 2. დრენაჟი;
3. მუშა არმატურა; 4. მანაწილებელი
არმატურა

ბეტონის რგოლი გაანგარიშებულია გვერდითი ქანების დატვირთვაზე, ხოლო ლითონ-ტორკრეტბეტონის შრე განკუთვნილია წყლის დაწნევით გამოწვეული დატვირთვის მისაღებად და წყალშეუღწევობის უზრუნველსაყოფად. ასეთ კომბინირებულ სამაგრს შეუძლია მიიღოს წყლის დაწნევა 6-7 კპა-ს ფარგლებში, თუ გვირაბის დიამეტრი სინათლეში არის 3-4 მ და ბეტონის სამაგრის სისქე - 30-70 სმ, ხოლო ლითონ-ტორკრეტბეტონისა - 8-10 სმ. მეტი საიმედოობისათვის გვირაბს დამატებით უკეთებენ ცემენტაციასაც.

შედარებით სუსტ ქანებში და ნაწილობრივ ფართო გაყვანის შემთხვევაში კომბინირებული სამაგრი შედგება ბეტონის ბლოკების გარე რგოლისა და მონოლითური რკინაბეტონის შიგა შრისაგან.

განსაკუთრებით რთულ პირობებში და წყლის დიდი დაწნევის დროს იყენებენ ბეტონის ბლოკებს შიგა ლითონის გარსით (ნახ. 10.6). შიგა ლითონის გარსი (ცილინდრი)

მზადდება 3-4 მმ ფურცლოვანი ფოლადისაგან. ამ შემთხვევაში შიგა ლითონის გარსის დანიშნულებაა სამაგრის იზოლაცია წყლისაგან.



ნახ. 10.6. კომბინირებული სამაგრი ლითონის გარსით:
1. მილაკი ცემენტაციისათვის; 2. ლითონის გარსი; 3. დრენაჟი

შიგა გარსის ამოყვანა შეიძლება ტიუბინგების საშუალებით. სამაგრის ასეთი კონსტრუქცია გამოიყენება მეტად დიდი დაწნევის დროს და განსაკუთრებულად სუსტ ქანებში, მაგრამ მაღალი ღირებულების გამო ამ კონსტრუქციას იშვიათად იყენებენ.

11. სპეციალური დანიშნულების მიწისქვეშა ნაგებობათა

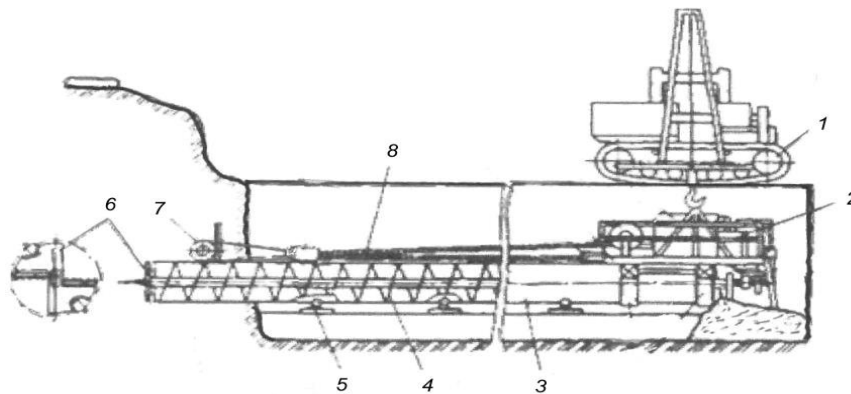
სამაგრი კონსტრუქციები

11.1. კოლექტორების გაყვანა ტრანშეის გარეშე

ამჟამად მსოფლიოს მრავალი განვითარებული ქვეყნის ქალაქი-მეგაპოლისების კომუნალური სამსახურები სხვადასხვა დანიშნულების მილსადენების, კაბელებისა და სხვა საინჟინრო ქსელების გასაყვანად მეტწილად ირჩევენ ისეთ ტექნოლოგიებს, რომლებიც არ საჭიროებენ ღია ტრანშეის მოწყობას. კოლექტორების ტრანშეის გარეშე

გაყვანის ოპტიმალური მეთოდის შერჩევა დამოკიდებულია გასაყვანი კოლექტორის (მილსადენის) გეომეტრიულ ზომებზე, მოწყობის სიღრმეზე, ტრასის გასწვრივ არსებული გრუნტების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე და სხვ. ასეთ ტექნოლოგიებს მიეკუთვნება: ჰორიზონტალურად მიმართული ბურღვა, ბურღვა საბურღი შნეკების გამოყენებით, გაჩხვლეტის მეთოდი და ჩაჭყლეტის მეთოდი, და მიკროტუნელირების მეთოდი. განვიხილოთ თითოეული ცალ-ცალკე.

კომუნიკაციების გაყვანა ტრანშეების გარეშე წარმოებს ჰორიზონტალურად მიმართული ბურღვის ტექნოლოგიის გამოყენებით (ნახ. 11.1), რაც გამორიცხავს ლანდშაფტის, არსებული კომუნიკაციებისა და ნაგებობების დაზიანებას. ჭაბურღილის დიამეტრი 25-30%-ით უნდა აღემატებოდეს მასში გასატარებელი კომუნიკაციის დიამეტრს.

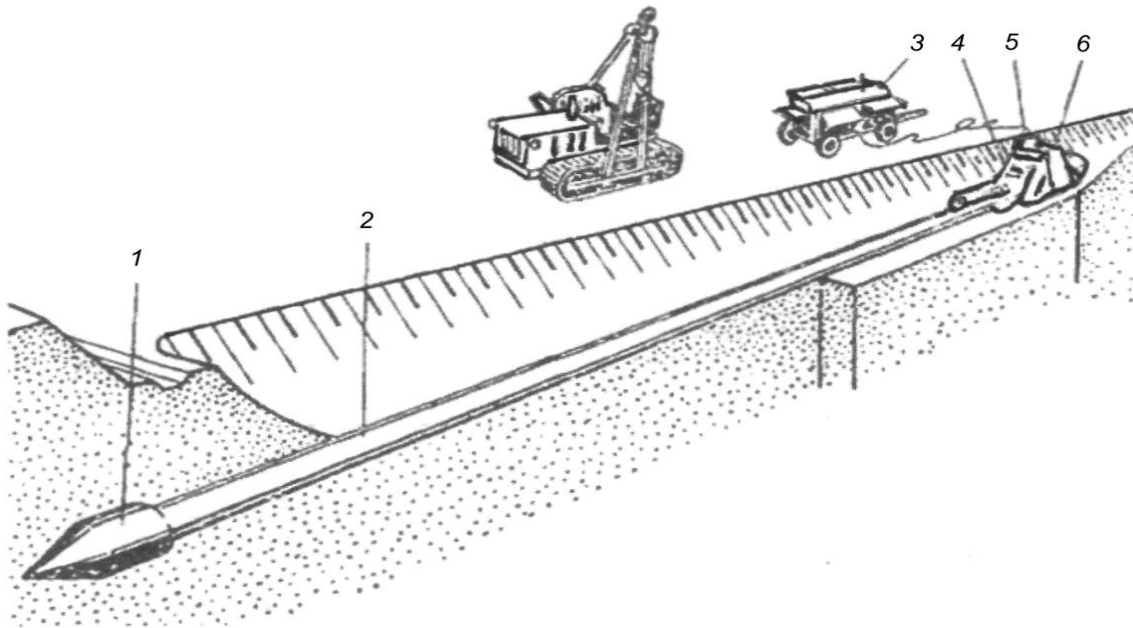


ნახ. 11.1. ჰორიზონტალურად მიმართული ბურღვის დანადგარი:

1. მილების ჩამწყობი აძწე; 2. შიგაწვის ძრავი; 3. გარცმის მილი; 4. შნეკი; 5. მიმმართველი ურიკა; 6. ფრეზის საბურღი თავი; 7. გამწევი ჯალამბარი; 8. ტრანსმისია

800 მმ-მდე დიამეტრის მილების გაჩხვლეტის მეთოდით გაყვანა ხორციელდება გრუნტის გამოღების გარეშე ჰიდრავლიკური დომკრატების, დარტყმითი და ვიბრაციული დანადგარების გამოყენებით (ნახ. 11. 2). გაჩხვლეტის პროცესში ქანის მასივის გახვრეტა ხორციელდება კონუსური ბუნიკით, რომელიც მდებარეობს გარცმის მილის წინა ნაწილში. გაჩხვლეტის მეთოდის გამოყენებისას გარცმის მილის ბოლოზე სტატიკურ დაწოლასთან ერთად ხორციელდება მილის ღერძის გასწვრივ მიმართული ვიბრაციული იმპულსების ზემოქმედება. დიდი სიღრმის მქონე მილების გაყვანისას გამოიყენება

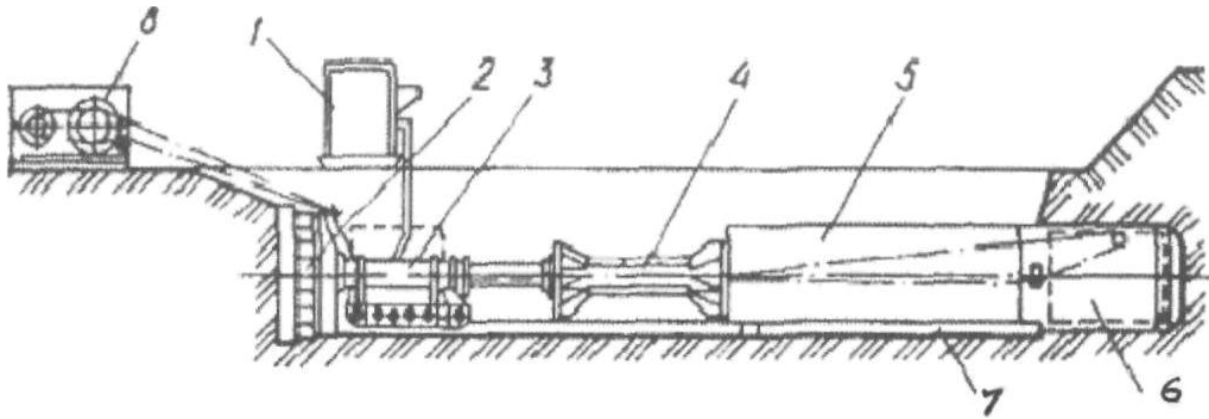
რამდენიმე დომკრატისაგან შედგენილი მოწყობილობა, რომელიც აწვითარებს 10 000 კნ-ზე მეტ დატვირთვას.



ნახ.11. 2. გარცმის მილის გაყვანა გაჩხვლეტის მეთოდით:

1. კონუსური ბუნიკი (თავაკი); 2. გარცმის მილი; 3. გადასატანი გენერატორი; 4. ვიბრაციული დანადგარის კორპუსი; 5. ელექტრული ძრავა; 6. პორტალური ჩარჩო

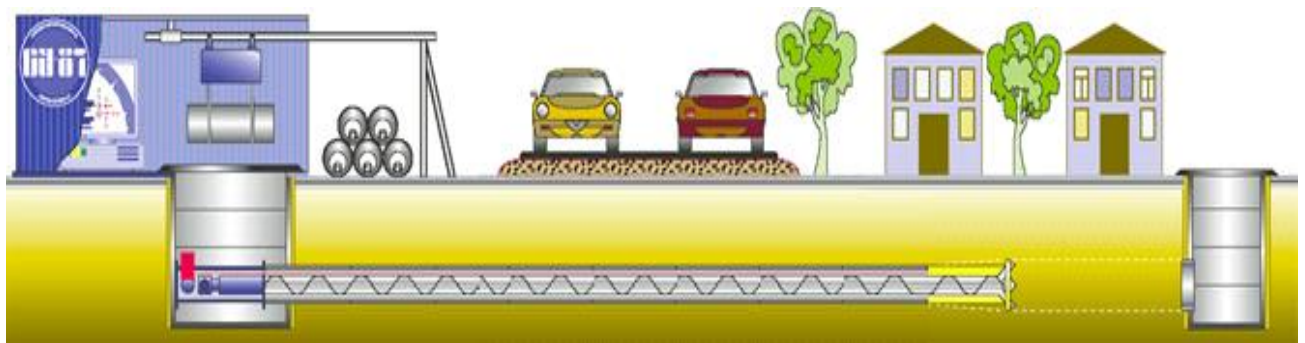
ჩაჭყლეტის მეთოდით ხორციელდება 529-1720 მმ დიამეტრის მილების გაყვანა I-III კატეგორიის გრუნტებში. ამ ტექნოლოგიის გამოყენებისას ხდება გარცმის მილის წრიული დანით აღჭურვილი ღია ბოლოს ჩაჭყლეტა გრუნტში. გრუნტის დამუშავება და გამოღება ხორციელდება მექანიზირებული წესით (ნახ. 11. 3). საგამყვანო სამუშაოები იწყება 13 მ სიგრძისა და 3 მ სიგანის მქონე ტრანშეის მოწყობით, რომელშიც ეწყობა საყრდენი კედელი და ჰიდროდომკრეტი. გარცმის მილის ჩასაჭყლეტად გამოიყენება 500-3400 ტ ტვირთამწეობის მქონე სატუმბე-სადომკრატე მოწყობილობები. დომკრატები გასაყვან მილებს აწვება უკანა ტორსზე და გადაადგილებს (ჩაჭყლეტს) მას გრუნტების მასივში დომკრატის შტოკის სვლის სიგრძეზე (1000 მმ). შემდეგ ხდება მაქოსებრი თავის გრუნტთან ერთად გამოღება და განტვირთვა. შემდეგ ციკლი კვლავ მეორდება, საჭირო სიგრძის კოლექტორის მოწყობამდე.



ნახ. 11.3. გარცმის მილის გაყვანა ჩაჭყლუტის მეთოდით:

1. ჰიდროამბრაგი; 2. საყრდენი კედელი; 3. ჰიდროდომკრატი; 4. დაშლილი მილყელი; 5. გარცმის მილი; 6. მაქოსებრი თავი; 7. მიმმართველი; 8. ჯალამბარი

კოლექტორების ტრანშეის გარეშე გაყვანის ერთ-ერთ მნიშვნელოვანი მეთოდია მიკროტუნელირება, რომლის გამოყენებით ხორციელდება მცირე განივკვეთის მქონე გვირაბების (ტუნელების) ავტომატიზებული გაყვანა მიკროფარების გამოყენებით, სანგრევში გვრებამყვანების მუშაობის გარეშე (ნახ. 11. 4). ამ მეთოდით საკოლექტორო გვირაბის გაყვანის პროცესში წარმოებს მოპირკეთების ბეტონის მილების სამაგრი კონსტრუქციის ჩაწნევა გრუნტის მასივში ერთმანეთისაგან 100-120 მ-ით დაშორებულ სადგურებს შორის, სპეციალური დომკრატებით. სადგურებს შორის მანძილის გაზრდა შესაძლებელია შუალედური დომკრატების გამოყენებით.



ნახ. 11.4. ქალაქის პირობებში კოლექტორის გაყვანა მიკროტუნელირების მეთოდის გამოყენებით

11. 2. მიკროტუნელირების მეთოდი

მიკროტუნელირების მეთოდის გამოყენებით შესაძლებელია როგორც საქალაქო კომუნალური მშენებლობის, ასევე სხვა სფეროების მრავალი საკითხის გადაწყვეტა, კერძოდ, ისეთის, როგორიცაა:

- ქალაქების მიწისქვეშა კომუნიკაციების (წყალმომარაგების ქსელები, კანალიზაციის კოლექტორები, გაზის მილსადენები, ელექტრო და ოპტიკური კაბელები და სხვა) მშენებლობა;

- თვითმფრინავების დასაფრენ-ასაფრენი ბილიკების, რკინიგზისა და ავტომაგისტრალების გადაკვეთა სხვადასხვა კომუნიკაციებით მათი ფუნქციონირების უწყვეტად;

- მდინარეებისა და წყალსატევების გადაკვეთა სხვადასხვა კომუნიკაციებით;

- საპილოტე, მცირე განივკვეთის გვირაბის გასაყვანად დიდი განივკვეთის მქონე გვირაბების მშენებლობის დაწყებამდე.

ჩამოთვლილი ამოცანების გადასაწყვეტად მიკროტუნელირების მეთოდის გამოყენებას აქვს უდავო უპირატესობა იქ, სადაც ჩვეულებრივი მეთოდებით მათი გადაწყვეტა გართულებულია, ან საერთოდ შეუძლებელია.

მიკროტუნელირების მეთოდის გამოყენებასას თავდაპირველად, მოსამზადებელ ეტაპზე, ეწყობა ორი ქვაბული (სასტარტო და მიმღები), რომელთა შორის მანძილი შეადგენს 50–500 მ-ს. ნახ. 11. 5-ზე ნაჩვენებია სასტარტო ქვაბულის მიმდებარე მოედანი. სადომკრატე სადგური ეწყობა სასტარტო ქვაბულში (ნახ. 11. 6). 200 მ-ზე მეტი სიგრძის



ნახ. 11.5. სასტარტო ქვაბულის მიმდებარე მოედანი.

მილსადენის გაყვანისას ძირითადთან ერთად გამოიყენება შუალედური სადომკრატე სადგური. გეგმაში ქვაბულებს შესაძლებელია ჰქონდეს წრიული ან მართკუთხა ფორმა, რომლის გვერდების სიგრძემ, საგამყვანო მიკროფარის ზომებიდან გამომდინარე,



ნახ. 11.6. სადომკრატე სადგური

შესაძლებელია შეადგინოს 6 მ-მდე. გრუნტის დამუშავება (მონგრევა) ხორციელდება საგამყვანო ფარის მჭრელი ორგანოს საშუალებით. მონგრეული ქანი ერევა სანგრევში

მილსადენით მიწოდებულ წყალში და პულპის სახით მიეწოდება სასტარტო ქვაბულთან მოწყობილ სალექარში. მიკროფარი აღჭურვილია მართვის ავტომატური სისტემით, რომლის საშუალებით შესაძლებელია მიკროფარის გადაადგილების, შესაბამისად, კოლექტორის გაყვანის მიმართულების შეცვლა. მიკროფარი შეიძლება გადაიხაროს რამდენიმე გრადუსით, როგორც ვერტიკალური, ასევე ჰორიზონტალური მიმართულებით. კოლექტორის გაყვანის მიმართულების ზუსტად დაცვა მიიღწევა მიკროფარის ლაზერული სისტემით აღჭურვილი მართვის კომპიუტერული კომპლექსით. ბურღვის პროცესის კონტროლს ახორციელებს ოპერატორი მიწის ზედაპირზე განლაგებული ნავიგაციის კომპლექსის საშუალებით.

მიკროფარით კოლექტორის გაყვანა სრულდება მიმღებ ქვაბულში, რის შემდეგ იწყება მისი დემონტაჟი. ამ ტექნოლოგიით შესაძლებელია კოლექტორების მშენებლობა განსხვავებული კატეგორიის ქანებში (წყლით გაჯერებული ქვიშებიდან დაწყებული კლდოვანი ქანების ჩათვლით) გაყვანის საკმაოდ მაღალი სიჩქარით - 15 მ-დე დღეღამეში.

წარმოდგენილი კვლევის მონაცემებზე დაყრდნობით შესაძლებელია შემდეგი საერთო დასკვნების გაკეთება:

- კოლექტორების გაყვანისას ტრანშეის გარეშე არ ირღვევა მიწის ზედაპირის მთლიანობა და მასზე არსებული საინჟინრო ნაგებობების (საავტომობილო გზები, სარკინიგზო მაგისტრალეები და სხვა ნორმალური ფუნქციონირება;

- 60%-მდე მცირდება მიწის სამუშაოები, მათი შესრულების ვადები და ღირებულება;

- ზემოთ განხილული მეთოდის გამოყენებით შესაძლებელია როგორც საქალაქო კომუნალური მშენებლობის, ასევე სხვა სფეროების მრავალი საკითხის გადაწყვეტა;

- განხილული ტექნოლოგიებით შესაძლებელია კოლექტორების მშენებლობა განსხვავებული კატეგორიის ქანებში (წყლით გაჯერებული ქვიშებიდან დაწყებული, კლდოვანი ქანების ჩათვლით);

- ჩამოთვლილი ტექნოლოგიების გამოყენებით მიიღწევა გაყვანის საკმაოდ მაღალი სიჩქარეები - 15 მ-დე დღე-ღამეში.

12. სამაგრი კონსტრუქციების გაანგარიშება

სამაგრი კონსტრუქციების გაანგარიშება წარმოებს სიმტკიცეზე, მდგრადობასა და სიხისტეზე, სამშენებლო მექანიკის მეთოდებით.

სიმტკიცესა და მდგრადობაზე გაანგარიშების მიზანია, რომ სამაგრი კონსტრუქცია არ დაირღვეს მასზე მოქმედი გარე დატვირთვების გავლენით; ე.ი., სამაგრის ელემენტების ზომები ისე უნდა შეირჩეს, რომ უზრუნველყოს საკმარისი ზიდვის უნარი ძალთა მოქმედების ყველა შესაძლო გადანაწილების დროს.

სიხისტეზე გაანგარიშების მიზანია, რომ არ წარმოიშვას სამაგრი კონსტრუქციისათვის დაუშვებელი დიდი დეფორმაციები.

სამაგრი კონსტრუქციების გაანგარიშება სიმტკიცესა და მდგრადობაზე ხორციელდება: სამაგრზე მოსული საანგარიშო დატვირთვების განსაზღვრით, კონსტრუქციაში მოქმედი საანგარიშო ქაღმების გამოთვლით, სათანადო მასალის შერჩევით და სამაგრის ელემენტების განიკვეთის ზომების დადგენით.

ამგვარად ჩატარებული სტატიკური გაანგარიშების საფუძველზე შესრულდება ამა თუ იმ სახის გვირაბებისათვის საჭირო სამაგრის მოწყობის პროექტი.

12.1. სამაგრზე მოქმედი დატვირთვების განსაზღვრა

სამაგრზე მოქმედი დატვირთვების განსაზღვრა საკმაოდ დიდი სიზუსტით შესაძლებელია მოხდეს სამთო წნევის გამოვლინების ექსპერიმენტულ-საწარმოო კვლევის მონაცემების მიხედვით. კვლევის ასეთი - ანუ გვირაბებში უშუალო დაკვირვების - მეთოდი უფრო სწორ წარმოდგენას იძლევა სამთო წნევის სიდიდესა და მის ხასიათზე და თავიდან გვაცილებს ყოველგვარ მოულოდნელობებს.

როგორც ცნობილია, ღრმად განლაგებულ გვირაბებში სამთო წნევის გამოვლინების ხასიათი იცვლება როგორც რაოდენობრივად, ასევე ხარისხობრივადაც. ამის მიზეზია გვირაბის კონტურის გადანაცვლება, რომელიც აღწევს რამდენიმე ათეულ სანტიმეტრს და მიმდინარეობს ხანგრძლივი დროის განმავლობაში.

ღრმად განლაგებულ გვირაბებში უშუალო დაკვირვების შედეგად მიღებული მონაცემების საფუძველზე დონეკის საკვლევი ინსტიტუტის მიერ შემუშავებულია ემპირიული ფორმულები გვირაბის კონტურის გადანაცვლებათა გამოსათვლელად ჭერის კონტურისათვის:

$$V_{\text{ჰ}} = 0,1 \cdot a \left[e^{\frac{\gamma H - 10 \left(\frac{R}{R_0} \right)^2 \cdot q_{\text{ჰ}}}{R}} - 1 \right]. \quad (12.1)$$

გვერდებისათვის:

$$V_{\text{ს}} = 0,07h \left[e^{\frac{0,85 \cdot \gamma H - 15 \left(\frac{R}{R_0} \right)^2 \cdot q_{\text{ს}}}{R}} - 1 \right]. \quad (12.2)$$

სადაც $V_{\text{ჰ}}$ და $V_{\text{ს}}$ არის, შესაბამისად, ჭერის კონტურისა და კედლის კონტურის გადაადგილებები, სმ;

a და h - შესაბამისად, გვირაბის სიგანე და სიმაღლე, სმ;

$q_{\text{ჰ}}$ და $q_{\text{ს}}$ - სამაგრის რეაქცია ჭერში და კედლებში, კგ/სმ²;

H - გვირაბის განლაგების სიღრმე, სმ;

R - გვირაბის 1,5 სიგანის ტოლი ჭერის ქანების სიმძლავრის საშუალო შეწონილი სამტკიცე კუმშვაზე, ხოლო კედლის ქანებისათვის - საშუალო შეწონილი სიმტკიცე კუმშვაზე გვირაბის სიმაღლის მიხედვით, კგ/სმ²;

R_0 - ქანების პირობითი სიმტკიცე კუმშვაზე, 300 კგ/სმ²;

γ - ზემდებარე ქანების მოცულობითი წონა, კგ/სმ³.

მრავალწლიანი ექსპერიმენტულ-საწარმოო კვლევების ჩატარების შედეგად შემუშავებულია ჭაურებში მოქმედი დატვირთვების განსაზღვრის ემპირიული მეთოდი. ამ მეთოდის გამოყენება შეიძლება დაკვირვებების ჩატარების ყველა ანალოგიურ გეოლოგიურ პირობებში, თუ ჭაურის დიამეტრი არის 8 მეტრამდე სინათლეში და წყლის მოდენა არ აღემატება 8 მ³/სთ-ს.

ემპირიული მეთოდით გაანგარიშების თანამიმდევრობა შემდეგში მდგომარეობს:

ჭაურის მთელ სიმაღლეზე და მალაროს ეზოსთან შეუღლებების ადგილებში ამოწმებენ ქანის კედლების მდგრადობას ფორმულით:

$$H_{\text{მდ}} = \frac{K \cdot R_3}{2\eta \cdot \gamma}, \quad (12.3)$$

სადაც η არის განზომილების არმქონე ძაბვების კონცენტრაციის კოეფიციენტი (შეუღლებასთან $\eta = 6$, ჭაურის დანარჩენ უბნებზე $\eta = 3$);

K - მასივში ქანის სტრუქტურული შესუსტების კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია შრეობრიობასა და ნაპრალიანობაზე; აიღება 1,0-0,3;

R_3 - სიმტკიცის ზღვარი ერთლერძიან კუმშვაზე;

γ - ქანის მოცულობითი წონა.

მდგრადი კედლის ქანების შემთხვევაში ($h < H_{\text{მდ}}$) სამთო წნევა ჭაურში - არ გამოვლინდება და სამაგრი შეირჩევა გაანგარიშების გარეშე, ნორმატივების მიხედვით.

იმ შემთხვევაში, თუ ჭაურის კედლის ქანები იმყოფება არამდგრად მდგომარეობაში ($h > H_{\text{მდ}}$), სამაგრზე მოქმედი დატვირთვა შეირჩევა მე-7 ცხრილის მიხედვით.

ცხრილი 7

ჭაურის სიღრმე, მ	საშუალო ნორმატიული დატვირთვა P_6 (ტ/მ ²), ფენის დაქანებისა და გაყვანის ხერხის მიხედვით			
	მიმდევრობითი და პარალელური ხერხი		შერეული ხერხი	
	30°-მდე	30°-ზევით	30°-მდე	30°-ზევით
400-მდე	5	6	7	9
(ნარიყის გამოკლებით) 400—700	7	9	11	13

ჭაურის სამაგრზე მოქმედი მაქსიმალური საანგარიშო დატვირთვა (ნარიყის გამოკლებით) გამოითვლება ფორმულით:

$$P_{\text{max}} = n \cdot n_1 \cdot P_6 [1 + 0,1 (r_0 - 3) (1 + 3\psi)], \quad (12.4)$$

სადაც n არის გადატვირთვის კოეფიციენტი, აიღება 1,5-ის ტოლი;

n_1 - უგანზომილებო კოეფიციენტი, რომელიც ჩვეულებრივ პირობებში ტოლია 0,67-ის, შეუღლებებთან აიღება 1,0, მზურცავ ქანებში შეირჩევა 1,34;

ν - უგანზომილებო კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს დატვირთვის უთანაბრო განაწილებას სამაგრის კონტურზე და აიღება 0,3-0,9-ის ტოლი;

r_0 - ჭაურის რადიუსი.

დასაგეგმარებელ სამაგრზე მოქმედი დატვირთვების განსაზღვრა შეიძლება აგრეთვე ანალოგიურ პირობებში მყოფი გვირაბის სამაგრის ზღვრული ზიდვის უნარის მიხედვითაც.

ამ შემთხვევაში არსებულ გვირაბში დაკვირვებების შედეგად შეირჩევა რამდენიმე დეფორმირებული სამაგრის კონსტრუქცია, რომელთა საშუალებითაც გამოითვლება დეფორმაციების გამომწვევი მრღვევი ძალები. მრღვევი ძალებით განისაზღვრება სამაგრის ზღვრული ზიდვის უნარი ანუ მრღვევი დატვირთვები.

თუ ვისარგებლებთ ამ დატვირთვებით და სამთო ქანის ხელუხლებელ მასივში ძაბვათა განაწილების ყველაზე მეტად გავრცელებული ჰიპოთეზით, მაშინ სამაგრზე მოქმედი დატვირთვების მაქსიმალურ ინტენსივობათა შორის დამოკიდებულება განისაზღვრება ფორმულით:

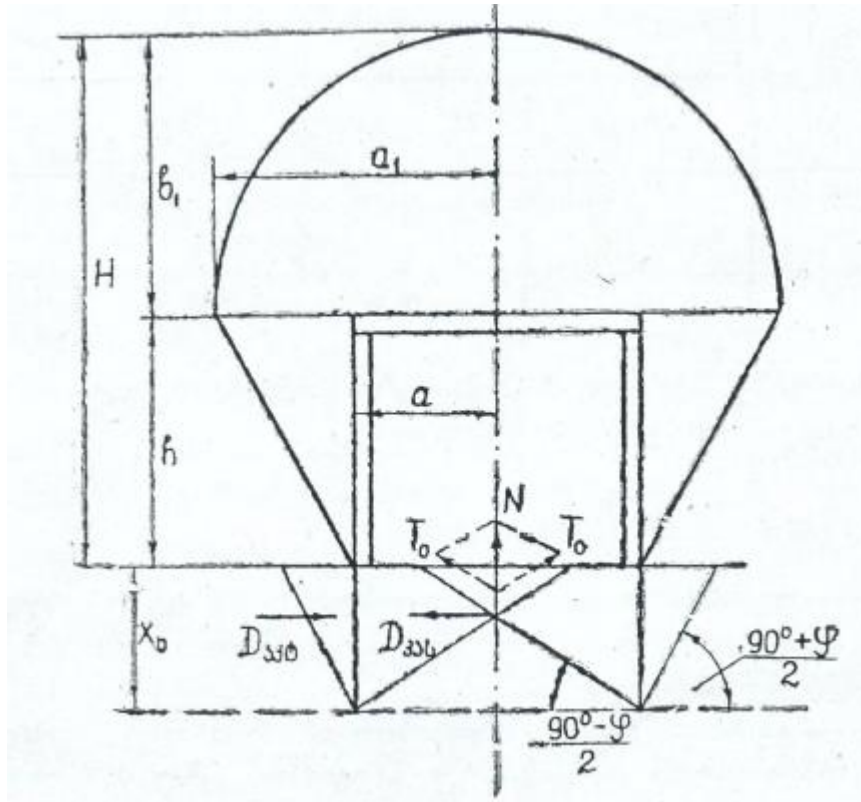
$$q_{33} = \lambda \cdot q_3, \quad (12.5)$$

სადაც q_3 არის ვერტიკალური დატვირთვის ინტენსივობა (დეფორმირებული სამაგრის მრღვევი დატვირთვა), ტ/მ;

Q_{33} - გვერდითი დატვირთვის ინტენსივობა, ტ/მ;

λ - 0,25-0,4 - თარაზული გაბრჯენის კოეფიციენტი.

ექსპერიმენტული მონაცემების არქონის შემთხვევაში მცირე სიღრმეებზე მდებარე თარაზული გვირაბების სამაგრზე მოქმედი დატვირთვები შესაძლებელია განისაზღვროს პროფ. მ. პროტოდიაკონოვის თეორიის მიხედვით (ნახ. 12.1).



ნახ. 12.1. სამთო წნევის საანგარიშო სქემა

ამ თეორიის მიხედვით ბუნებრივი წონასწორობის თაღის ზომები გამოითვლება ფორმულებით:

$$a_1 = a + h \cdot \operatorname{ctg} \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right), \quad (12.6)$$

$$b_1 = \frac{a_1}{f}, \quad (12.7)$$

სადაც a_1 არის წნევის თაღის ნახევარი მალი;

a - გვირაბის ნახევარი სიგანე გაყვანაში;

h - გვირაბის სიმაღლე გაყვანაში;

φ - შიგა ხახუნის კუთხე (ჭერის, გვერდითი ან იატაკის ქანებისათვის);

b_1 - წნევის თაღის სიმაღლე;

f - ქანების სიმაგრის კოეფიციენტი პროფ. მ. პროტოდიაკონოვის სკალის მიხედვით.

გვირაბის ერთ გრძივ მეტრზე მოქმედი სამთო წნევა.

$$P = 2\gamma \cdot a \cdot b_1, \quad (12.8)$$

სადაც γ არის ქანის მოცულობითი წონა (ჭერის, გვერდითი ან იატაკის ქანებისათვის).

თუ მივიღებთ, რომ სამთო წნევა გვირაბის სიგანეზე განაწილებულია თანაბრად, მაშინ ვერტიკალური დატვირთვის ინტენსივობა მოიღებს მნიშვნელობას:

$$q_3 = \gamma \cdot b_1. \quad (12.9)$$

სამაგრზე მოქმედი გვერდითი დატვირთვა ნაწილდება ტრაპეციული ფორმით და წნევა გვირაბის ჭერთან და იატაკთან გამოითვლება ფორმულებით:

$$q_1 = \gamma \cdot h_0 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \quad (12.10)$$

$$q_2 = \gamma (h_0 + h) \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \quad (12.11)$$

გვერდითი დატვირთვის თანაბრად განაწილების შემთხვევაში მისი ინტენსივობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$q_{33} = \gamma (h_0 + 0,5h) \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \quad (12.12)$$

სადაც $h_0 = b_1 \cdot \gamma_3 / \gamma_{33}$ არის გვერდითი ქანების მოცულობით წონაზე დაყვანილი ბუნებრივი წონასწორობის თაღის სიმაღლე;

γ_3 - ჭერის ქანების მოცულობითი წონა;

γ_{33} - გვერდითი ქანების მოცულობითი წონა.

გვირაბის იატაკიდან მოქმედი დატვირთვის სიდიდე შეიძლება განისაზღვროს პროფ. პ. ციმბარევიჩის მეთოდით.

ამ შემთხვევაში იატაკის ქანების შესაძლო მოძრაობის სიღრმე, ანუ დატვირთვაზე ზემოქმედების სიღრმე (ნახ. 12.1) გამოითვლება ფორმულით:

$$x_0 = \frac{H \cdot \operatorname{tg}^4 \frac{90^\circ - \varphi}{2}}{1 - \operatorname{tg}^4 \frac{90^\circ - \varphi}{2}}, \quad (12.13)$$

სადაც H არის იატაკის ქანების მოცულობით წონაზე დაყვანილი სიმაღლე ($H=h+b_1$).

გვირაბის იატაკიდან მოქმედი დატვირთვის ინტენსივობა იანგარიშება ფორმულით:

$$q_0 = \frac{N}{2a} = \frac{D_{\text{პქ}} - D_{\text{პს}}}{2a} \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi}{2}, \quad (12.14)$$

სადაც

$$D_{\text{პქ}} = \frac{\gamma}{2} (x_0^2 + 2x_0 \cdot H) \operatorname{tg}^2 \frac{90^\circ - \varphi}{2} \quad (12.15)$$

$$D_{\text{პს}} = \frac{\gamma}{2} x_0^2 \operatorname{tg}^2 \frac{90^\circ + \varphi}{2}. \quad (12.16)$$

პრაქტიკაში ჭაურების სამაგრზე მოქმედი დატვირთვები უმეტესად განისაზღვრება პროფ. პ. ციმბარევიჩის მეთოდით.

სამაგრის ფართობის ერთეულზე მოქმედი წნევა ყური ქანის შრის იატაკთან იანგარიშება ფორმულით:

$$P_n = \gamma_n \left(\frac{\gamma_1}{\gamma_n} \cdot h_1 + \frac{\gamma_2}{\gamma_n} \cdot h_2 + \dots + \frac{\gamma_{n-1}}{\gamma_n} \cdot h_{n-1} + h_n \right) \cdot A_n, \quad (12.17)$$

სადაც h_1, h_2, \dots, h_n არის ჭაურის მიერ გადაკვეთილი ქანების შრეთა სიმძლავრეები;

$\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ - მათი მოცულობითი წონები;

$$A_n = \operatorname{tg}^2 \frac{90^\circ - \varphi_n}{2} \quad - \text{თარაზული გაბრჯენის კოეფიციენტი};$$

φ_n - საანგარიშო შრის ქანის შიგა ხახუნის კუთხე.

(12.17) ფორმულის ფრჩხილებში მოთავსებული სიდიდე აღვნიშნოთ h_0 , მივიღებთ

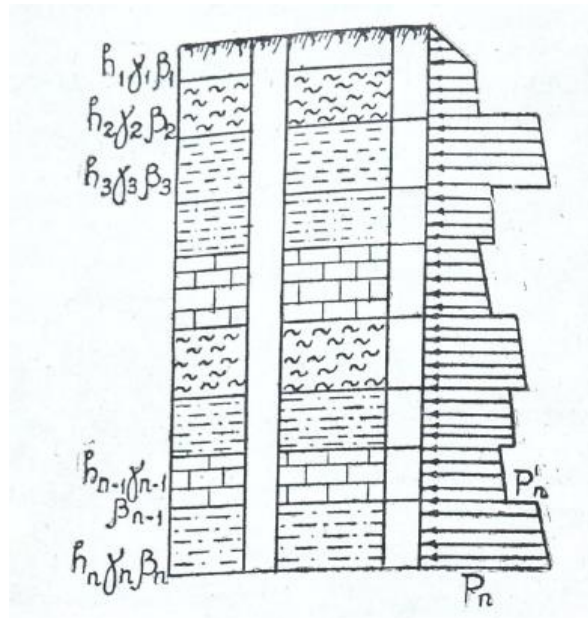
$$P_n = \gamma_n (h_0 + h_n) \cdot A_n, \quad (12.18)$$

სადაც h_0 არის n - ური შრის ქანის მოცულობით წონაზე დაყვანილი ზემდებარე შრეთა ჯამური სიმძლავრე;

h_n - n -ური შრის ქანის სიმძლავრე.

ამ მეთოდით სამთო წნევა განისაზღვრება თითოეული შრისათვის ცალ-ცალკე და აიგება წნევების ეპიურა ჭაურის მთელ სიღრმეზე.

პირველი შრისათვის ეპიურას ექნება სამკუთხედის სახე, ხოლო დანარჩენი შრეებისათვის - ტრაპეციების სახე (ნახ. 12. 2).



ნახ. 12.2. სამთო წნევის ეპიურა ჭაურებისათვის

დახრილ და ციცაბოდ დაქანებულ ფენებში აღმავლობითი წნევა მეტია, ვიდრე ფენის მიმართებით. ამგვარ უთანაბრობას კ. ციმბარევიჩი ითვალისწინებს კოეფიციენტით $m=1,1-1,5$ და მაქსიმალურ წნევას ადგენს დამოკიდებულებიდან:

$$P_{\max} = \omega \cdot P_{\text{საანგ}}, \quad (12.21)$$

სადაც $P_{\text{საანგ}}$ არის ზემოთ მოყვანილი წესით გამოთვლილი სამთო წნევა.

13. სამაგრის და გარემომცველი ქანთა მასივის ურთიერთქმედების გაანგარიშების მეთოდები

სამთო ქანების მასივისა და გვირაბების სამაგრის ურთიერთქმედების თეორიული კვლევებისას გამოიყენება შემდეგი ძირითადი მოდელები: დრეკადი, პლასტიკური, დრეკადპლასტიკური, არაერთგვაროვანი დრეკადპლასტიკური, დრეკადბლანტი და პლასტიკურბლანტი.

ქანთა მასივისა და სამაგრის ურთიერთქმედების დრეკადი მოდელის გამოყენებისას მასივი განიხილება, როგორც მთლიანი დრეკადი გარემო. დრეკადი მოდელი მეტწილად გამოიყენება იმ შემთხვევებში, როდესაც გვირაბის კონტური არ არის სრულად განტვირთული, როდესაც იკვლევენ სამაგრისა და არაერთგვაროვანი ქანების მასივის ურთიერთქმედების ხასიათს, როდესაც იკვლევენ გამაგრებულ გვირაბზე მის მიმდებარედ მშენებარე გვირაბის ზეგავლენას და სხვა.

ქანთა მასივისა და სამაგრის ურთიერთქმედების პლასტიკური მოდელის გამოყენებისას მიღებულია, რომ ქანების ძირითადი გადაადგილებები მიმდინარეობს არადრეკადი დეფორმაციების ზონაში ქანების საკუთარი წონის ზემოქმედებით. ქანების დრეკადი დეფორმაციები, რომლებიც მიმდინარეობს არადრეკადი დეფორმაციების ზონის მიღმა, გვირაბზე ზემოქმედებას ფაქტობრივად არ ახდენს. პლასტიკური მოდელი მეტწილად გამოიყენება ფხვიერი და ძლიერ დანაპრალიანებული ქანების შემთხვევაში. მასზეა დაფუძნებული ჩამოქცევის თაღის ჰიპოთეზა.

ქანთა მასივისა და სამაგრის ურთიერთქმედების დრეკადპლასტიკური მოდელის გამოყენებისას, პლასტიკურისგან განსხვავებით, ხდება არადრეკადი დეფორმაციების ზონის მიღმა მიმდინარე დრეკადი დეფორმაციების გათვალისწინება. დრეკადპლასტიკური მოდელი დამუშავებულია იმ შემთხვევებისათვის, როდესაც ქანების მასივს გააჩნია მხოლოდ შინაგანი ხახუნი, შინაგანი ხახუნი და შეჭიდულობა, იდეალური პლასტიკურობა და სხვა.

ქანთა მასივის და სამაგრის ურთიერთქმედების არაერთგვაროვანი დრეკადპლასტიკური მოდელის გამოყენებისას ითვალისწინებენ დეფორმაციებს და, შესაბამისად, ქანების თვისებების ცვლილებას, გვირაბის გარემომცველი ქანების მასივისა და სამაგრის ურთიერთქმედების პროცესში. ამ შემთხვევაში ქანი განიხილება, როგორც იდეალურად ფხვიერი გარემო, ან გარემო, რომელსაც გააჩნია მცირე შეჭიდულობა.

ქანთა მასივისა და სამაგრის ურთიერთქმედების დრეკადბლანტი მოდელის გამოყენებისას ითვალისწინებენ რეოლოგიურ ფაქტორებს, ხოლო ქანების მასივი მიღებულია გარემოდ, რომელსაც ახასიათებს ცოცვადობა. ამასთან, განიხილება მემკვიდროებითი ცოცვადობის თეორია, განმტკიცების თეორია, დენადობის თეორია და დაძვე-

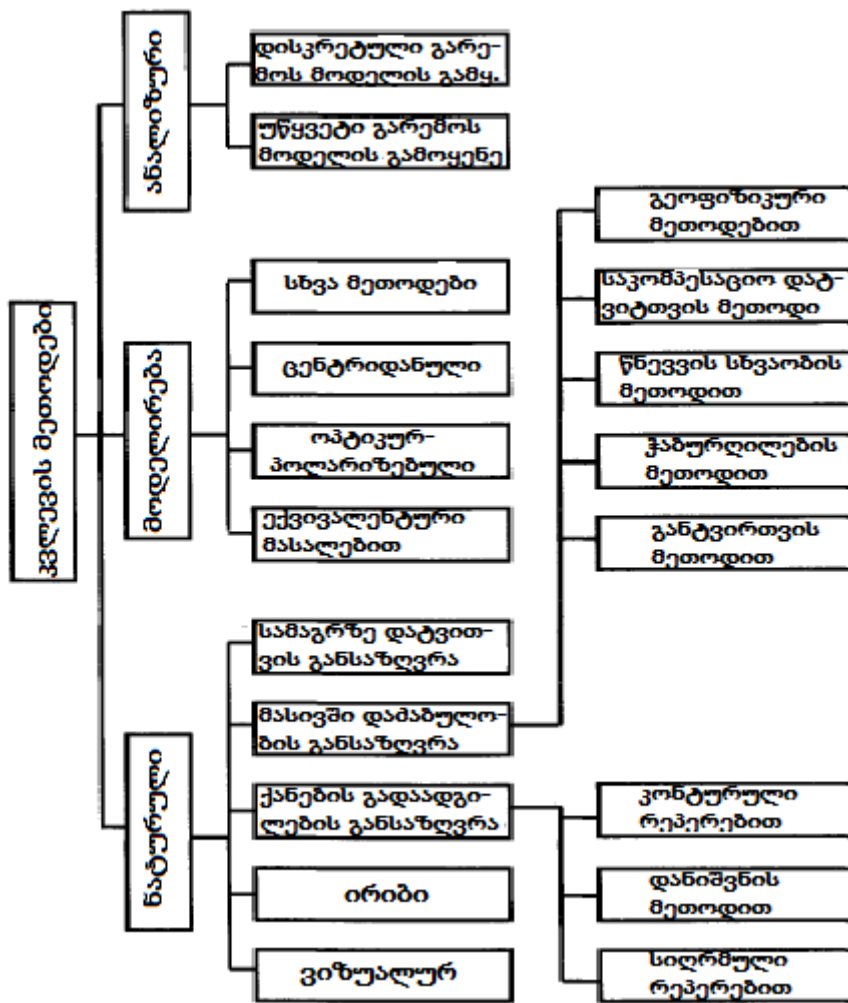
ლების თეორია. სამაგრი შესაძლებელია იყოს ხისტი, დრეკადი ან გააჩნდეს ცოცვადობის თვისება. ყველაზე ფართო გავრცელება პოვა მემკვიდროებითი ცოცვადობის თეორიამ.

ქანთა მასივისა და სამაგრის ურთიერთქმედების ბლანტპლასტიკური მოდელის გამოყენებისას ვარაუდობენ, რომ როდესაც მხები ძაბვების მნიშვნელობები გაუტოლდება ქანების ზღვრული წინააღობის მნიშვნელობას ძვრაზე, ქანების დეფორმაციები შესაძლებელია აღწერილი იქნეს ბლანტი სითხის მოძრაობის განტოლებებით. ბლანტპლასტიკური მოდელი გამოიყენება გვირაბში ქანების შემოწნების და ქანების სვეტის გვირაბის თავზე ჩამოშვების შესახებ ამოცანების ამოსახსნელად.

13.1. დინამიკურ დატვირთვებზე გაანგარიშების მეთოდები

სამთო სამუშაოებით, მათ შორის გვირაბების გაყვანის შედეგად ქანების მასივში წარმოქმნილი დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის (პრაქტიკაში მიღებული ტერმინოლოგიით - სამთო წნევის გამოვლინების) კვლევა შესაძლებელია რამოდენიმე მეთოდით: ნატურული (სამახტო) კვლევებით, მოდელირებითა და ანალიზური კვლევებით. გვირაბების გარემომცველი ქანების მასივში წარმოქმნილი დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის კვლევის მეთოდების კლასიფიკაცია მოცემულია ნახ.13.1-ზე.

ნატურული გაზომვების მეთოდის გამოყენებით შესაძლებელია მივიღოთ შედეგები, რომლებიც შეესაბამება კონკრეტული ექსპერიმენტის ჩატარების ადგილისათვის დამახასიათებელ სამთო-გეოლოგიურ პირობებს. ფიზიკური მოდელირების მეთოდების გამოყენებით შესაძლებელია ამოვხსნათ ამოცანები, რომლებიც მოიცავენ სამთო-გეოლოგიური პირობების შედარებით ფართო დიაპაზონს, თუმცა ამ მეთოდისათვის დამახასიათებელია ნატურული ობიექტების მაღალი ხარისხის სქემატიზება.



ნახ.13.1. ქანების მასივში წარმოქმნილი დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის კვლევის მეთოდების კლასიფიკაცია

ანალიზური მეთოდებით შესაძლებელია მივიღოთ შედეგები, რომლებსაც ახასიათებთ განზოგადების მაღალი ხარისხი, პირობების ცვალებადობის საკმაოდ ფართო დიაპაზონისათვის. მიღებული შედეგის სიზუსტე დამოკიდებულია მოქმედი ფაქტორების სრულად გათვალისწინებაზე. ამავე დროს, მიღებული შედეგების სიზუსტეს მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ანალიზური გზით მიღებულ ამონახსნებში გამოყენებული პარამეტრების რეალური სამთო მასივის თვისებებთან შესაბამისობა.

ანალიზური მეთოდების გამოყენების ძირითად პირობას წარმოადგენს ერთგვარი იდეალური სქემის ანუ გამოსაკვლევი მოვლენის მათემატიკური მოდელის შედგენა.

13.2. სამაგრის გაანგარიშების ნორმატიული დოკუმენტაცია

მიწისქვეშა ნაგებობების სამაგრი კონსტრუქციების მოწყობის საპროექტო დოკუმენტაცია (გამაგრების პასპორტი) უნდა დამუშავდეს საქართველოში მოქმედი ტექნიკური რეგულაციებისა და სტანდარტების შესაბამისად.

ქვემოთ მოცემულია იმ ნორმატიული დოკუმენტაციისა და სტანდარტების ნაწილის ჩამონათვალი, რომელთა გამოყენებით შესაძლებელია გვირაბებისა და სხვა მიწისქვეშა ნაგებობების სამაგრის ტიპის შერჩევა და მათი კონსტრუქციული ელემენტების გაანგარიშება:

1. Руководство по проектированию подземных горных выработок и расчету крепи. Москва, Стройиздат, 1983.
2. Методические рекомендации по расчету временной крепи тоннельных выработок. Москва, 1984.
3. Крепление выработок набрызг-бетоном и анкерами при строительстве транспортных тоннелей и метрополитенов. Нормы проектирования и производства работ. ВСН 126-90, Москва, 1991.
4. СНиП II-44-78, Тоннели железнодорожные и автодорожные, М., 1978.
5. СНиП 32-04-97, Тоннели железнодорожные и автодорожные, М., 1997.
6. СНиП 32-04-97, Тоннели железнодорожные и автодорожные, актуализированная редакция, М., 2012.

დასახელებული ნორმებისა და სტანდარტების გარდა შესაძლებელია გამოყენებული იქნეს საქართველოში მოქმედი ევროპისა და მსოფლიოს მოწინავე ქვეყნების ტექნიკური რეგულაციები, როგორცაა: AASHTO, BS, DIN და სხვა ანალოგიური ნორმები და სტანდარტები.

14. სამაგრი კონსტრუქციების სიმტიკვე და მდგრადობა

14.1. სიმტიკვისა და მდგრადობის პირობები

სამაგრის ელემენტების შერჩევა და სიმტიკვეზე შემოწმება დამოკიდებულია მასალაზე, მის საანგარიშო სიმტიკვეზე და კონსტრუქციაში მოქმედ მაქსიმალურ ძალებზე.

მაქსიმალური ძალებით ანუ მღუნავი მომენტებით, განივი და გრძივი ძალებით სამაგრის ელემენტების შემოწმება სიმტიკვეზე უნდა შეესაბამებოდეს დაპროექტების სამშენებლო ნორმებითა და წესებით (СНиП) გათვალისწინებულ მეთოდებს.

ქვემოთ მოყვანილია ამ მეთოდებით გაანგარიშება ხის, ლითონის, ბეტონის, რკინაბეტონისა და ანკერული სამაგრის ელემენტებისათვის.

14.2. ხის სამაგრის ელემენტები

ღერძულ გაჭიმვასა (ანკერები) და კუმშვაზე მომუშავე ხის სამაგრის ელემენტები იანგარიშება ფორმულებით:

სიმტიკვეზე გაჭიმვისას

$$N \leq m_8 \cdot R_8 \cdot F, \quad (14.1)$$

სიმტიკვეზე კუმშვისას

$$N \leq m_3 \cdot R_3 \cdot F, \quad (14.2)$$

მდგრადობაზე კუმშვისას

$$N \leq m_4 \cdot \varphi \cdot R_4 \cdot F, \quad (14.3)$$

სადაც N არის საანგარიშო გრძივი ძალა;

m_8 - ელემენტის მუშაობის პირობების კოეფიციენტი გაჭიმვაზე; ელემენტის მკვრივი განივკვეთისათვის $m_8 = 1,0$, ხოლო შესუსტებული განივკვეთისათვის - $m_8 = 0,8$;

R_8 - ხე-მასალის საანგარიშო სიმტიკვე (წინაღობა) გაჭიმვაზე;

F - ელემენტის განივკვეთის ფართობი;

m_3 - ელემენტის მუშაობის პირობების კოეფიციენტი კუმშვაზე;

R_3 - ხე-მასალის საანგარიშო სიმტკიცე კუმშვაზე;

φ - გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი.

გრძივი ღუნვის φ კოეფიციენტი იანგარიშება ფორმულებით:

$$\varphi = 1 - 0,8 \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2, \text{ როცა } \lambda \leq 75. \quad (14.4)$$

$$\varphi = \frac{3100}{\lambda^2}, \text{ როცა } \lambda > 75, \quad (14.5)$$

სადაც λ არის ელემენტის მოქნილობა და გამოითვლება დამოკიდებულებიდან

$$\lambda = \frac{l_0}{r}, \quad (14.6)$$

სადაც l_0 არის ელემენტის საანგარიშო სიგრძე;

r - განივკვეთის ინერციის რადიუსი.

ელემენტის განივკვეთის ინერციის რადიუსი განისაზღვრება ფორმულით:

$$r = \sqrt{\frac{I}{F}}, \quad (14.7)$$

სადაც I არის ელემენტის ინერციის მომენტი.

ღუნვაზე მომუშავე ხის სამაგრის ელემენტები იანგარიშება ფორმულით:

$$M \leq m_{\varrho} \cdot R_{\varrho} \cdot W, \quad (14.8)$$

სადაც M არის საანგარიშო მღუნავი მომენტი;

m_{ϱ} - მუშაობის პირობების კოეფიციენტი ღუნვაზე:

ფიცრებისათვის, ძელებისა და ძელაკებისათვის, რომელთა

კვეთის გვერდების ზომები არ აღემატება 15 სმ-ს, $m_{\varrho} = 1,0$,

ძელებისათვის, რომლის კვეთის გვერდების ზომები 15 სმ-ზე მეტია, $m_{\varrho} = 1,15$,

მორებისათვის $m_{\varrho} = 1,2$;

R_{e} - ხე-მასალის საანგარიშო სიმტკიცე ღუნვაზე;

W - ელემენტის განივკვეთის წინაღობის მომენტი.

ხის ელემენტების ჭრაზე შემოწმება ხდება შემდეგი ფორმულით:

$$Q \leq m_{\text{ჰ}} \cdot R_{\text{ჰ}} \frac{I \cdot b}{S},$$

(14.9)

სადაც Q არის საანგარიშო განივი ძალა;

$M_{\text{ჰ}} = 1$ - მუშაობის პირობების კოეფიციენტი;

$R_{\text{ჰ}}$ - ხე-მასალის საანგარიშო სიმტკიცეა ჭრაზე;

I - ელემენტის განივკვეთის ინერციის მომენტი;

b - კვეთის სიგანე;

S - განივკვეთის სტატიკური მომენტი ნეიტრალური ღერძის მიმართ.

14.3. ლითონის სამაგრის ელემენტები

ღერძულ გაჭიმვასა და კუმშვაზე მომუშავე ლითონის სამაგრის ელემენტები სიმტკიცეზე იანგარიშება ფორმულით:

$$N \leq m \cdot R \cdot F,$$

(14.10)

ხოლო მდგრადობაზე შემოწმდება შემდეგი გამოსახულებით:

$$N \leq m \cdot \varphi \cdot R \cdot F,$$

(14.11)

სადაც N არის საანგარიშო გრძივი ძალა;

m - სამაგრის მუშაობის პირობების კოეფიციენტი;

R - ნაგლინი ფოლადის საანგარიშო სიმტკიცე გაჭიმვა-კუმშვაზე;

F - სამაგრის ელემენტის განივკვეთის ფართობი;

φ - გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი.

ელემენტის მოქნილობა λ გამოითვლება (14.6) ფორმულით:

$$\lambda = \frac{l_0}{r},$$

სადაც L_0 არის ელემენტის საანგარიშო სიგრძე, რომელიც ღერძულ კუმშვაზე მომუშავე ლითონის ელემენტებისათვის დამოკიდებულია ბოლოების ჩამაგრების ხარისხზე და შეირჩევა ფაქტობრივი სიგრძისა და კოეფიციენტის ნამრავლით.

ელემენტის ბოლოების სახსრულად ჩამაგრების შემთხვევაში კოეფიციენტი ტოლია 1,0-ის; ერთი ხისტად ჩამაგრებული და მეორე თავისუფალი ბოლოთი ელემენტისათვის - ტოლია 2,0-ის; ერთი ხისტი და მეორე სახსრული ჩამაგრების ელემენტის ბოლოებისათვის - აიღება 0,8-ის ტოლი და ელემენტის ორივე ბოლოს ხისტად ჩამაგრების დროს - 0,65.

ლუნვაზე მომუშავე ლითონის სამაგრის ელემენტები იანგარიშება და სიმტკიცეზე შემოწმდება ფორმულებით:

$$M \leq m \cdot R \cdot W \quad (14.12)$$

$$Q \leq m \cdot R_{\text{ჰ}} \cdot \frac{I \cdot \delta}{S}, \quad (14.13)$$

სადაც M არის საანგარიშო მღუნავი მომენტი;

Q - საანგარიშო განივი ძალა;

R - ნაგლინი ფოლადის საანგარიშო სიმტკიცე ლუნვაზე;

$R_{\text{ჰ}}$ - ნაგლინი ფოლადის საანგარიშო სიმტკიცე ჰრაზე;

W - ელემენტის განივკვეთის წინაღობის მომენტი;

I - განივკვეთის ინერციის მომენტი;

S - განივკვეთის სტატიკური მომენტი;

δ - ელემენტის კედლის სისქე.

ექსცენტრულ გაჭიმვა-კუმშვაზე მომუშავე ლითონის ელემენტები სიმტკიცეზე შემოწმდება ფორმულებით:

$$N \leq \frac{m \cdot R \cdot F}{1 + e \cdot \frac{F}{W}} \quad (14.14)$$

$$\frac{N}{m \cdot F} + \frac{M}{m \cdot W} \leq R, \quad (14.15)$$

სადაც e არის გრძივი ძალის მოდების ექსცენტრისიტეტი.

14.4. ბეტონის სამაგრის ელემენტები

ღერძულ კუმშვაზე მომუშავე ბეტონის ელემენტები იანგარიშება გრძივი ღუნვის გათვალისწინებით:

$$N \leq \varphi \cdot R_s \cdot F \cdot m, \quad (14.16)$$

სადაც N არის საანგარიშო გრძივი ძალა;

R_s - ბეტონის სიმტკიცე კუმშვაზე;

F - ბეტონის ელემენტის განივკვეთის ფართობი;

φ - გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი (ცხრილი №8);

m - ბეტონის მუშაობის პირობების კოეფიციენტი.

ცხრილი 14.1

l_0/b	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
φ	1	0,98	0,95	0,92	0,88	0,85	0,81	0,77	0,73	0,69	0,65	0,59	0,55	0,5	0,45	0,41	0,36

ცხრილში l_0 არის ელემენტის საანგარიშო სიგრძე. $l_0 = 0,5 l$, როცა ელემენტის ორივე ბოლო ხისტად არის დამაგრებული; $l_0 = 0,7 l$, როცა ერთი ბოლო ხისტია, მეორე კი სახსრული; $l_0 = l$, როცა ორივე ბოლო სახსრულადაა დამაგრებული; $l_0 = 2l$, როცა ერთი ბოლო ხისტია, ხოლო მეორე - თავისუფალი.

l - ელემენტის გეომეტრიული სიგრძე; b - მართკუთხა კვეთის უმცირესი ზომა.

ლუნვაზე მომუშავე სწორკუთხა განივკვეთის ბეტონის ელემენტები იანგარიშება ფორმულით:

$$M \leq m \frac{b \cdot h^2}{3,5} \cdot R_b, \quad (14.17)$$

სადაც b არის კვეთის სიგანე;

h - კვეთის სიმაღლე, რომლის გასწვრივ მოქმედებს მღუნავი მომენტი;

R_b - ბეტონის სიმტკიცე გაჭიმვაზე.

ექსცენტრულ კუმშვაზე მომუშავე სწორკუთხა განივკვეთის ბეტონის ელემენტები მცირე ექსცენტრისიტეტის დროს იანგარიშება ფორმულებით:

$$e_0 < 0,225h; \quad (14.18)$$

$$N \leq 0,5m \cdot \varphi \cdot R_b \cdot \frac{b \cdot h^2}{e}, \quad (14.19)$$

ხოლო დიდი ექსცენტრისიტეტისათვის იყენებენ ფორმულებს:

$$e_0 > 0,225h; \quad (14.20)$$

$$N \leq 1,75 \cdot m \cdot \varphi \cdot \frac{R_b \cdot b \cdot h}{6 \cdot \frac{e_0}{h} - 1} \quad (14.21)$$

სადაც N არის საანგარიშო გრძივი ძალა;

e_0 - განივკვეთის სიმძიმის ცენტრიდან გრძივი ძალის მოდების წერტილამდე მანძილი;

e - განივკვეთის ნაკლებად დამაბული ნაწილის განაპირა გვერდიდან გრძივი ძალის მოდების წერტილამდე მანძილი.

b - განივკვეთის სიგანე;

h - განივკვეთის სიმაღლე;

R_b - ბეტონის სიმტკიცე კუმშვაზე;

R_b - ბეტონის სიმტკიცე გაჭიმვაზე;

φ - გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი (ცხრილი №8);

m - ბეტონის მუშაობის პირობების კოეფიციენტი.

R - ბეტონის საანგარიშო სიმტკიცე კუმშვაზე;

H_{pd} - შეკუმშული არმატურის საანგარიშო წინაღობა;

F_a - არმატურის განივკვეთის ფართობი.

ლუნვაზე მომუშავე ცალფარმატურიანი სწორკუთხოვანი კვეთები სიმტკიცეზე იანგარიშება ფორმულებით

14.5. რკინაბეტონის სამაგრის ელემენტები

ღერძულ კუმშვაზე მომუშავე რკინაბეტონის ელემენტები იანგარიშება ფორმულით:

$$N \leq m \cdot \varphi (FR + F_a \cdot R_{sd}), \quad (14.22)$$

სადაც N არის საანგარიშო გრძივი ძალა;

m - რკინაბეტონის მუშაობის პირობების კოეფიციენტი; (ცხრი 11);

φ - გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი (ცხრილი №8);

F - რკინაბეტონის ელემენტის განივკვეთის ფართობი; თუ დაარმატურების

კოეფიციენტის $\mu = F_s / F$ სიდიდე აღემატება 3%-ს, მაშინ (14. 22) ფორმულაში F უნდა შეიცვალოს $F - F_0$ სიდიდით;

R - ბეტონის საანგარიშო სიმტკიცე კუმშვაზე;

R_{sd} - შეკუმშული არმატურის საანგარიშო წინაღობა;

F_s - არმატურის განივკვეთის ფართობი.

ლუნვაზე მომუშავე ცალფარმატურიანი სწორკუთხოვანი კვეთები (ნახ.14.1) სიმტკიცეზე იანგარიშება ფორმულებით:

$$x < 0,55 \cdot h_0 \quad (14. 23)$$

$$M \leq m \cdot b \cdot x (h_0 - 0,5x) R_{sc} \quad (14. 24)$$

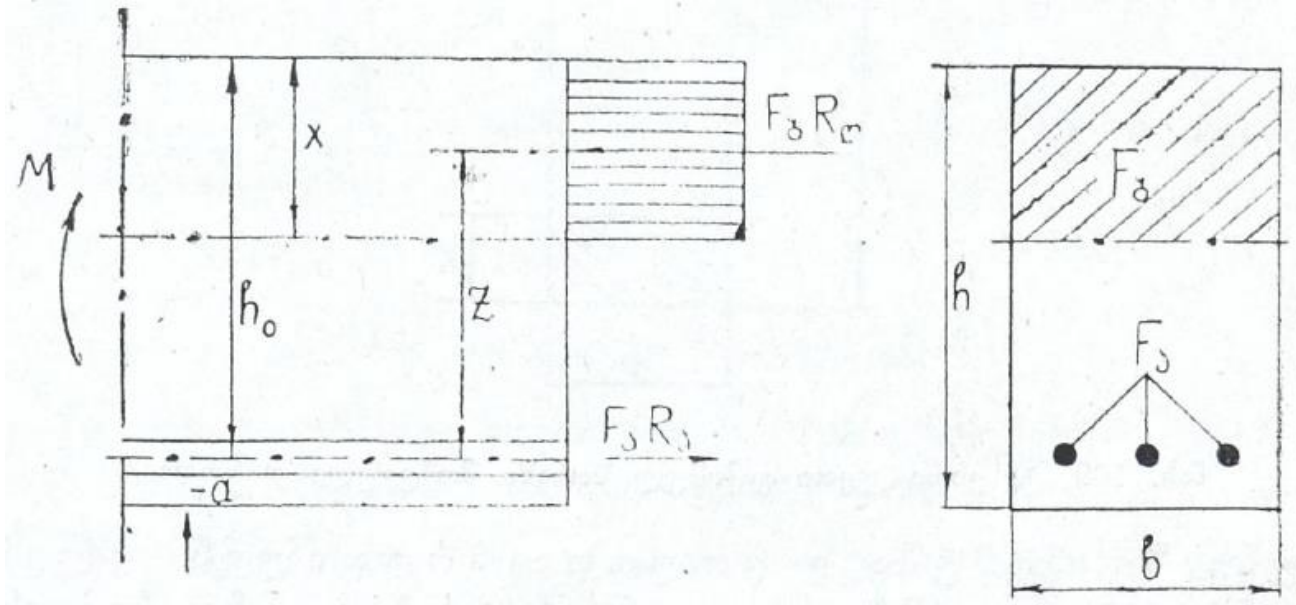
$$x = \frac{R_s \cdot F_s}{b \cdot R_{sc}} \quad (14. 25)$$

როცა

$$x \geq 0,55 \cdot h_0$$

$$M \leq 0,4 \cdot m \cdot b \cdot h_0^3 \cdot R_{\text{c}} \quad (14.26)$$

$$x = 0,55 \cdot h_0, \quad (14.27)$$



ნახ. 14.1. ცალფარმატურიანი სწორკუთხა კვეთის საანგარიშო სქემა

სადაც M არის საანგარიშო მღუნავი მომენტი;

R_{c} - საანგარიშო წინაღობა ბეტონის კუმშვაზე ღუნვისას;

F_s - გაჭიმული არმატურის ფართობი;

R_s - არმატურის საანგარიშო წინაღობა გაჭიმვაზე;

x - ელემენტის შეკუმშული ზომის სიმაღლე;

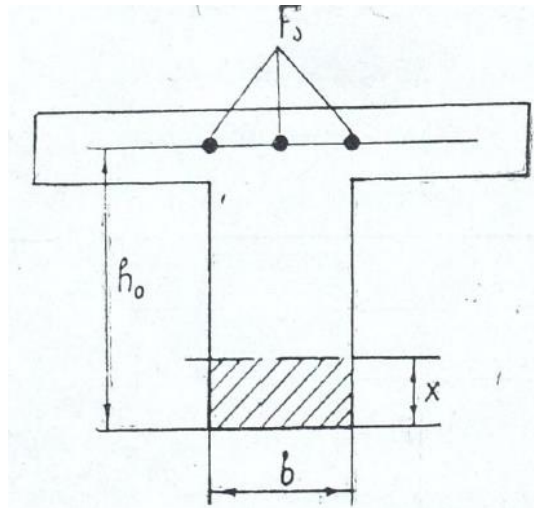
b - ელემენტის კვეთის სიგანე;

h_0 - ელემენტის კვეთის მუშა სიმაღლე.

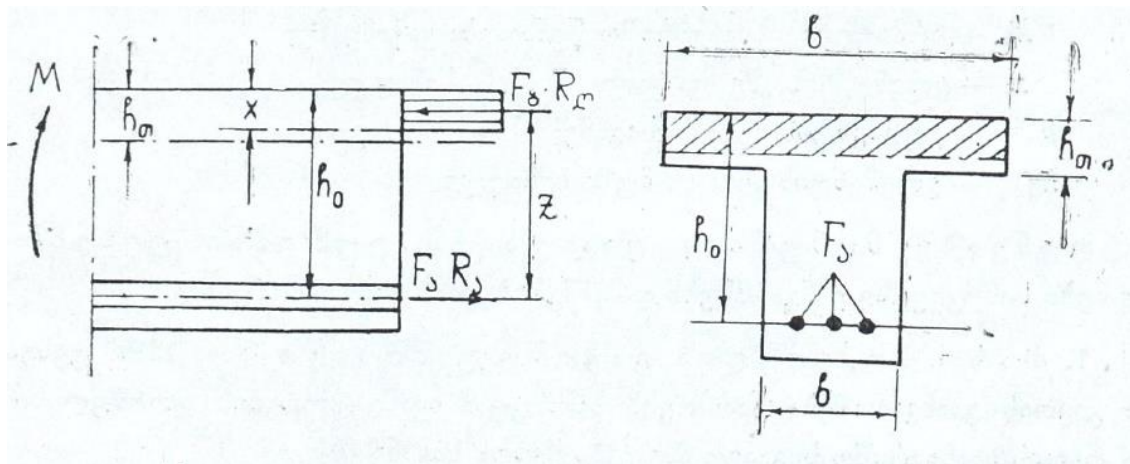
ღუნვაზე მომუშავე ცალფარმატურიანი T-სებრი კვეთები სიმტკიცეზე იანგარიშება ორი შემთხვევის მიხედვით:

1. თარო მოქცეულია გაჭიმულ ზონაში (ნახ. 14.2); T-სებრი კვეთის გაანგარიშება წარმოებს სწორკუთხოვანი კვეთების ფორმულებით და კვეთის საანგარიშო სიგანედ მიიღება წიბოს სიგანე (b);

2. თარო მოქცეულია შეკუმშულ ზონაში (ნახ. 14.3) და დაცულია პირობა $X \leq h_0$.
საანგარიშო ფორმულები მიიღებს სახეს:



ნახ. 14.2. T-სებრი კვეთი გაჭიმულ ზონაში მოქცეული თაროთი



ნახ. 14.3. T-სებრი კვეთი შეკუმშულ ზონაში მოქცეული თაროთი

$$M \leq m \cdot b_{\text{თ}} \cdot x (h_0 - 0,5 \cdot x) R_{\text{ლ}}, \quad (14.28)$$

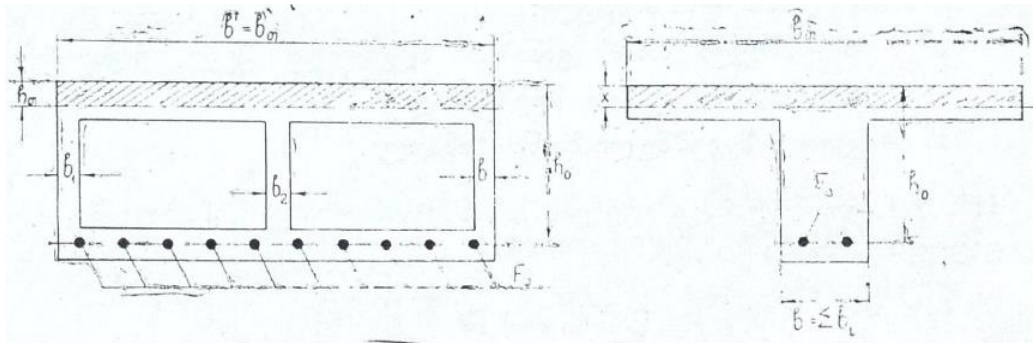
$$x = \frac{R_s \cdot F_s}{R_{\text{ლ}} \cdot b_{\text{თ}}}, \quad (14.29)$$

სადაც $b_{\text{თ}}$ არის თაროს სიგანე;

h_0 - თაროს სიმაღლე;

x - თაროს შეკუმშული ზონის სიმაღლე.

ღუნვაზე მომუშავე კოლოფა პროფილის ელემენტები (ნახ.14. 4) დაიყვანება ეკვივალენტურ T-სებრი კვეთზე, რომლის წიბოს საანგარიშო სიგანე უდრის ცალკეული წიბოების სიგანეთა ჯამს, ე. ი. $b = \sum b_i$, ხოლო თაროს სიგანე და სისქე აიღება კვეთის სიგანისა და სისქის ტოლი. ამგვარად მიღებული ეკვივალენტური კვეთი იანგარიშება, როგორც T-სებრი კვეთი.



ნახ. 14.4. კოლოფა პროფილის კვეთი

ღუნვაზე მომუშავე ორფაარმატურიანი ნებისმიერი ფორმის სიმეტრიული კვეთები (ნახ. 14. 5) სიმტკიცეზე იანგარიშება ფორმულით:

$$M \leq m (R_{\text{ბ}} \cdot S_{\text{ბ}} + R_{\text{ა}} \cdot S_{\text{ა}}), \quad (14. 30)$$

ამ შემთხვევაში ნეიტრალური ღერძის მდებარეობა და შეკუმშული ზონის ფორმისა და განივკვეთის შერჩევა ხორციელდება დამოკიდებულებიდან

$$R_{\text{ა}} F_{\text{ა}} - R_{\text{ა}}' \cdot F_{\text{ა}}' = R_{\text{ბ}} \cdot F_{\text{ბ}}, \quad (14. 31)$$

სადაც $S_{\text{ბ}}$ არის შეკუმშული ბეტონის ფართობის სტატიკური მომენტი გაჭიმული არმატურის სიმძიმის ცენტრის მიმართ.

$S_{\text{ა}}$ - შეკუმშული არმატურის ფართობის სტატიკური მომენტი გაჭიმული არმატურის სიმძიმის ცენტრის მიმართ;

$R_{\text{ბ}}$ - ბეტონის საანგარიშო წინაღობა კუმშვაზე ღუნვისას;

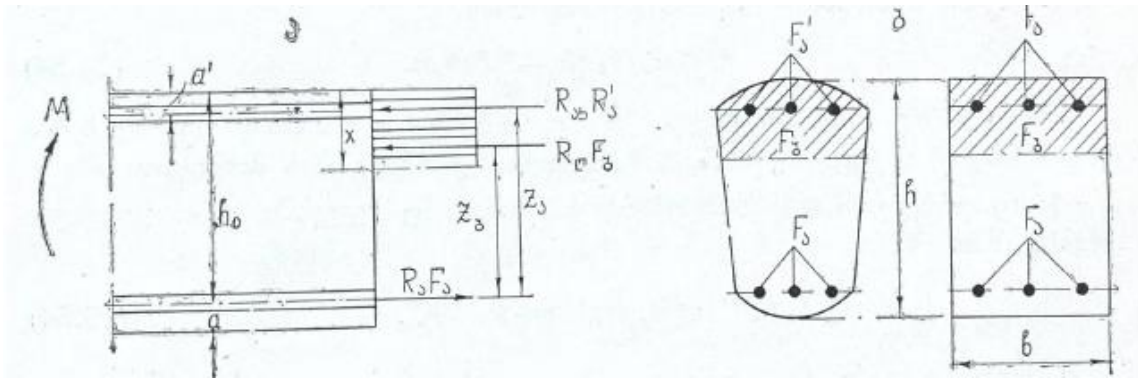
$R_{\text{ა}}$ - შეკუმშული არმატურის საანგარიშო წინაღობა;

$R_{\text{ა}}$ - არმატურის საანგარიშო წინაღობა გაჭიმვაზე;

$F_{\text{ა}}$ - გაჭიმული არმატურის ფართობი;

F_s' - შეკუმშული არმატურის ფართობი;

F_s - ბეტონის შეკუმშული ზონის ფართობი.



ნახ. 14.5. ორფარმატურიანი კვეთის საანგარიშო სქემა

ლუნვაზე მომუშავე ორფარმატურიანი სწორკუთხოვანი კვეთები (ნახ. 14.5, ბ) სიმტკიცეზე იანგარიშება ფორმულით:

$$M \leq m [b \cdot x \cdot R_{\text{e}} (h_0 - 0,5x) + F_s' \cdot R_{s\text{t}} (h_0 - a')] \quad (14.32)$$

სადაც h_0 არის კვეთის მუშა სიმაღლე;

a' - შეკუმშული ზონის განაპირა ადგილიდან შეკუმშული არმატურის სიმბიმის ცენტრამდე მანძილი;

X - კვეთის შეკუმშული ზონის სიმაღლე.

ამ შემთხვევაში ნეიტრალური ღერძის მდებარეობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$R_s \cdot F_s - R_{s\text{t}} \cdot F_s' = R_{\text{e}} \cdot b \cdot x, \quad (14.33)$$

(14.33) ფორმულის გამოყენება მიზანშეწონილია იმ შემთხვევაში, როდესაც დაცულია პირობა:

$$0,55h_0 \geq x \geq 2a', \quad (14.34)$$

თუ საანგარიშო კვეთი ჭარბად არის დაარმატურებული, ე. ი. $X > 0,55 h_0$, მაშინ დებულობენ $X = 0,55 h_0$ და კვეთს სიმტკიცეზე ამოწმებენ ფორმულით:

$$M \leq m [0,4R_{\text{e}} \cdot b \cdot h_0^2 + R_{s\text{t}} \cdot F_s' (h_0 - a')], \quad (14.35)$$

თუ $X < 2a'$, მაშინ კვეთს სიმტკიცეზე ამოწმებენ გამოსახულებით:

$$M \leq R_s \cdot F_s (h_0 - a'), \quad (14.36)$$

თუ X გაანგარიშებულია შეკუმშული არმატურის გათვალისწინების გარეშე, ე. ი.,

$$x = \frac{R_s \cdot F_s}{R_{\Sigma} \cdot b} < 2a', \quad (14.37)$$

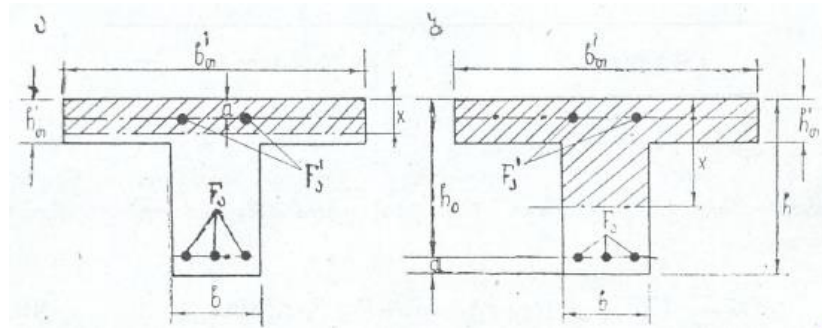
მაშინ კვეთის შემოწმება სიმტკიცეზე, შეკუმშული არმატურის მხედველობაში მიუღებლად, შეიძლება მოხდეს ფორმულით:

$$M \leq R_s \cdot F_s (h_0 - 0,5x) m. \quad (14.38)$$

ღუნვაზე მომუშავე ორფაარმატურიანი T-სებრი კვეთები სიმტკიცეზე იანგარიშება ორი მდგომარეობის მიხედვით:

1. ნეიტრალური ღერძი მდებარეობს თაროს ფარგლებში, ე. ი. დაცულია პირობა (ნახ. 14.6, ა) მაშინ კვეთი იანგარიშება, როგორც სწორკუთხოვანი კვეთი b'_m სიგანით.

$$R_s F_s \leq R_{\Sigma} \cdot b'_m \cdot x + R_{s3} \cdot F_{s'}, \quad (14.39)$$



ნახ. 14.6. ორფაარმატურიანი ტესებრი კვეთის საანგარიშო სქემა

2. ნეიტრალური ღერძი გადის წიბოზე (ნახ. 14. 6, ბ), მაშინ კვეთი იანგარიშება ფორმულით:

$$M \leq m [R_{\Sigma} \cdot b \cdot x (h_0 - 0,5 \cdot x) + R (b'_m - b) (h_0 - 0,5h'_m) \cdot h'_m + R_{s3} \cdot F_{s'} + (h_0 - a')]. \quad (14.40)$$

ამ შემთხვევაში ნეიტრალური ღერძის მდებარეობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$R_s \cdot F_s = R_{\Sigma} \cdot b \cdot x + R (b'_m - b) h'_m + R_{s3} \cdot F_{s'}, \quad (14.41)$$

სადაც $h_{\sigma'}$ არის თაროს სიგანე;

$h_{\sigma'}$ - თაროს სიმაღლე.

T-სებრი კვეთის ცალკეული ელემენტებისათვის გაანგარიშებაში შესატანი თაროს ნაშვერების სიგანე წიბოს თითოეულ მხარეს უნდა შეადგენდეს: თუ $h_{\sigma'} \geq h$, არა უმეტეს $6 h_{\sigma'}$ -ს; თუ $0,05h < h_{\sigma'} < 0,1h$, არა უმეტეს $3 h_{\sigma'}$ -ს; ხოლო თუ $h_{\sigma'} < 0,05h$, მაშინ თაროს ნაშვერები გაანგარიშებაში მხედველობაში არ მიიღება და T-სებრი კოჭი იანგარიშება, როგორც სწორკუთხოვანი კოჭი, რომლის სიგანედ წიბოს სიგანე აიღება.

აღსანიშნავია, რომ ღუნვაზე მომუშავე რკინაბეტონის ელემენტების სიმეტრიული კვეთების გაანგარიშებისას აუცილებელია დაცული იყოს პირობა:

$$\frac{S_{\delta}}{S_0} \leq \xi \text{ და } z_{\delta} < z_0, \quad (14. 42)$$

სადაც z_0 არის მანძილი ბეტონის შეკუმშული ზონის სიმძიმის ცენტრიდან გაჭიმული

არმატურის სიმძიმის ცენტრამდე;

z_{δ} - გაჭიმული და შეკუმშული არმატურების სიმძიმის ცენტრებს შორის მანძილი;

ξ - ბეტონის სიმტკიცეზე დამოკიდებული კოეფიციენტი, რომელიც შეირჩევა მე-9 ცხრილიდან;

S_{δ} - შეკუმშული ბეტონის ფართობის სტატიკური მომენტი გაჭიმული არმატურის სიმძიმის ცენტრის მიმართ;

S_0 - ბეტონის კვეთის მთელი მუშა ფართობის (დამცველი შრის გარეშე) სტატიკური მომენტი გაჭიმული არმატურის სიმძიმის ცენტრის მიმართ.

ღუნვაზე მომუშავე რკინაბეტონის რგოლური (მილოვანი) ელემენტები, რომლებშიც გრძივი არმატურა წრეხაზზე თანაბრად არის განაწილებული (ნახ. 14.7), უნდა აკმაყოფილებდეს სიმტკიცის პირობას

$$M \leq \frac{m}{\pi} [0,5R_{\text{გ}} \cdot F (r_1 + r_2) + (R_s + R_{s_j}) F_s \cdot r_s] \sin \alpha_s, \quad (14. 43)$$

α_s გამოითვლება ფორმულით:

$$\alpha_3 = \frac{F_s \cdot R_s}{(R_s + R_{s3}) F_s + R_{\text{re}} \cdot F} \leq \frac{\xi}{2,7} \quad (14.44)$$

სადაც F - არის ბეტონის მთლიანი კვეთის ფართობი;

F_s - გრძივი არმატურის მთლიანი ფართობი;

I_1, I_2 - რგოლური კვეთის შიგა და გარე რადიუსები;

R_s - გრძივი არმატურის სიმძიმის ცენტრში გამავალი წრის რადიუსი;

ξ - კოეფიციენტი, რომელიც შეირჩევა მე-9 ცხრილიდან.

$\alpha_3 \leq \xi / 2,7$ დამოკიდებულებიდან შერჩევის შემთხვევაში გრძივი არმატურის

მთლიანი ფართობი იანგარშება ფორმულით:

$$F_s = \frac{\alpha_3 \cdot R_{\text{re}} \cdot F}{(1 - \alpha_3) R_s - \alpha_3 \cdot R_{s3}} \quad (14.45)$$

ლუნვაზე მომუშავე სიმეტრიული კვეთები (სწორკუთხოვანი, T-სებრი, კოლოფა და სხვ.) თუ აკმაყოფილებ პირობას:

$$Q \leq m \cdot b \cdot h_0 \cdot R_s, \quad (14.46)$$

სადაც R_s არის ბეტონის საანგარიშო წინაღობა ღერძული გაჭიმვისას, მაშინ განივ არმატურას ირჩევენ კონსტრუქციულად.

ცხრილი №9

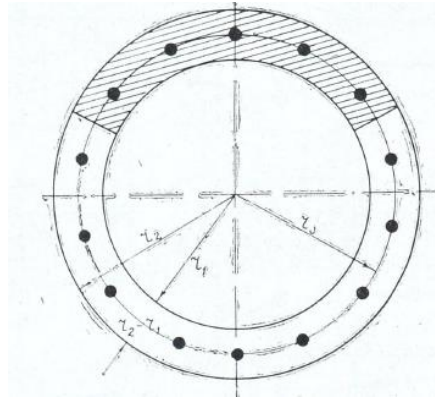
ბეტონის სახე	ξ კოეფიციენტი ბეტონის მარკის მიხედვით				
	300	350	400	500	600
მძიმე	0,8	—	0,8	0,7	0,65
მსუბუქი	0,8	0,7	0,65	—	—

სხვა შემთხვევაში განივი არმატურის გაანგარიშება აუცილებელია. რკინაბეტონის ელემენტის სიგრძის ერთეულზე მოსულ ცალკეულში (განივ ღეროებში) მოქმედი ძალვა გამოითვლება ფორმულით:

$$q_{\theta} = \frac{\left(\frac{Q}{m}\right)^2}{0,6 \cdot R_{\theta} \cdot b \cdot h_0^3} \quad (14. 47)$$

ელემენტის სიგრძის ერთეულზე მოსული ცალულების საერთო განივკვეთი გამოითვლება ფორმულით:

$$F_{\theta} = \frac{q_{\theta} \cdot u}{R_{\theta}} \quad (14. 48)$$



ნახ. 14. 7. რკინაბეტონის რგოლური ელემენტის განივკვეთი

ცალულებს შორის მანძილი, ანუ u ბიჯი, ყოველთვის ნაკლები უნდა იყოს მაქსიმალურ სიდიდეზე, ე. ი., დაცული უნდა იყოს პირობა:

$$u \leq u_{\max} = \frac{0,1bh_0^3 \cdot R_{\theta}}{Q}, \quad (14. 49)$$

სადაც Q არის საანგარიშო განივი ძალა;

m - მუშაობის პირობების კოეფიციენტი;

R_{θ} - ცალულის საანგარიშო წინაღობა.

ექსცენტრულ კუმშვაზე მომუშავე რკინაბეტონის ელემენტების სიმტკიცეზე გაანგარიშებისას, საწყისი ექსცენტრისიტეტის e_0 სიდიდის მიხედვით არჩევენ ექსცენტრული კუმშვის ორ შემთხვევას:

I - კუმშვა დიდი ექსცენტრისიტეტებით;

II - კუმშვა მცირე ექსცენტრისიტეტებით.

I შემთხვევა ხასიათდება იმით, რომ ექსცენტრულ კუმშვაზე მომუშავე ელემენტებში გაჩნდება შეკუმშული და გაჭიმული ზონები. რღვევის მომენტში ძაბვა შეკუმშულ ბეტონში ყოველთვის აღწევს სიმტკიცის ზღვარს კუმშვაზე ღუნვისას, ხოლო გაჭიმულ და შეკუმშულ არმატურაში - დენადობის ზღვარს, ე. ი., რღვევის სქემა განივი ღუნვისაა.

II შემთხვევის დროს მთელი კვეთი განიცდის კუმშვას ან კვეთის მხოლოდ უმნიშვნელო ნაწილი მუშაობს გაჭიმვაზე. რღვევა იწყება მაქსიმალურად დაძაბული ბეტონის იმ ბოჭკოებიდან, რომლებიც ნორმალურ ძალასთან ახლოსაა არიან განლაგებული, ხოლო ძაბვა მაქსიმალურად შეკუმშულ არმატურაში აღწევს დენადობის ზღვარს. რაც შეეხება გაჭიმულ არმატურას, რომელიც უფრო დაშორებულია გრძივი ძალიდან, მასში ძაბვა ვერ აღწევს დენადობის ზღვარს.

თუ ექსცენტრისიტეტის სიდიდე $e_0 \leq h_0 / 600$, მაშინ მისი გავლენა შედარებით უმნიშვნელოა და ელემენტი იანგარიშება ცენტრალურ (ღერძულ) კუმშვაზე.

14.6. ანკერული (შტანგური) სამაგრის კონსტრუქციული

პარამეტრების შერჩევა

განზრჯენის ტიპის ანკერების კლიტის შპურში ჩამაგრების სიმტკიცის განსაზღვრა ხორციელდება ფორმულებით:

სიმეტრიული სოლისათვის

$$P = 2 \cdot C \cdot D \cdot h_j \cdot \sigma_s \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_1), \quad (14.50)$$

არასიმეტრიული სოლისათვის

$$P = C \cdot D_j \cdot h_j \cdot \sigma_s \cdot \operatorname{tg}(\beta + \rho_1), \quad (14.51)$$

სადაც

$$C = \frac{\pi (1 - \sin \varphi) \operatorname{ctg} \mu}{4 (\cos^2 \mu - \sin \varphi)}; \quad \mu = 45^\circ - 0,5\varphi, \quad (14.52)$$

აქ D_j არის განსაზრჯენი ქუროს დიამეტრი;

h_j - განსაზრჯენი ქუროს სიმაღლე;

σ - ქანის სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე;

α - სიმეტრიული სოლის კუთხის ნახევარი;

β - ასიმეტრიული სოლის კუთხე;

φ - ქანის შიგა ხახუნის კუთხე (ცხრილი №10);

ρ_1 - კლიტის ელემენტების ერთმანეთთან ხახუნის კუთხე.

შიგა ხახუნის φ კუთხე (გრადუსობით) სხვადასხვა ქანებისათვის ასე შეირჩევა:

სუსტი თიხაფიქლები 20°;

მკვრივი თიხაფიქლები 20°;

კირქვები 20°;

ქვიშა-ფიქლები 30.2;

ქვიშაქვები 30;

C კოეფიციენტის მნიშვნელობები სხვადასხვა შიგა ხახუნის კუთხის მქონე ზოგიერთი ქანებისათვის მოცემულია მე-10 ცხრილში, მოხახუნე ფოლადების ხახუნის კოეფიციენტის ($f_1 = \text{tg } \rho_1$) მნიშვნელობებია:

ზეთით გაპოხილი ზედაპირებისათვის 0,15;

მშრალი ზედაპირებისათვის 0,2 - 0,22;

მეტად გაჭუჭყიანებული ზედაპირებისათვის 0,25.

ცხრილი №10

ქანის შიგა ხახუნის კუთხე φ , გრადუსი	μ , გრადუსი	C	ქანის შიგა ხახუნის კუთხე φ , გრადუსი	μ , გრადუსი	C
20	35	2,25	35	27,5	2,97
25	32,5	2,47	40	25	3,55
30	30	2,60			

შტანგის დიამეტრი გამოითვლება დამოკიდებულებიდან:

$$9k_0 \cdot M^2 + 3R_0^2 \cdot P^2 + \frac{P^3}{\pi \sigma_{\text{ფ}}} = 4\pi^2 \cdot \sigma_{\text{ფ}}^2 R_0^6, \quad (14. 53)$$

სადაც $k_0=3$ არის გუბერ-მიზესის დენადობის კოეფიციენტი;

M - ანკერზე მოქმედი მგრები მომენტი;

R - ხრახნკუთხვილის შიგა დიამეტრი;

P - შტანგაზე მოქმედი მაქსიმალური გამჭიმავი დატვირთვა;

$\sigma_{\text{ფ}}$ - ანკერის მასალის დენადობის ზღვარი.

ანკერზე მოქმედი მგრები მომენტი გამოითვლება ფორმულით:

$$M = 1,1 R_0 \cdot P_b \cdot \text{tg} (\alpha + \text{arctg} 1,155 f_1), \quad (14. 54)$$

სადაც α არის ხრახნკუთხვილის აწევის კუთხე;

P_b - ანკერის საწყისი დაჭიმულობა (ანკერის დაყენებასთან დაკავშირებული დაჭიმულობა).

(14. 53) და (14. 54) ფორმულებით შესაძლოა გამოითვალოს შტანგის დიამეტრი სხვადასხვა სამთო-გეოლოგიური პირობებისათვის, ვინაიდან (14. 53) განტოლება მიიღება მეექვსე ხარისხის, $y=R_0^2$ - ის ჩასმის შედეგად ის დაიყვანება განტოლებაზე:

$$y^3 - 3P \cdot y - 2 \cdot q = 0 \quad (14. 55)$$

შტანგის სიგრძე

$$l_{\text{შ}} = l_1 + l_2 + l_3, \quad (14. 56)$$

სადაც $l_{\text{შ}}$ არის შტანგის მთლიანი სიგრძე;

l_1 - ქანში მოთავსებული შტანგის ნაწილი (აქტიური სიგრძე);

l_2 - ჩამოქცევის თაღს მიღმა მოთავსებული შტანგის ნაწილისა და კლიტის სიგრძე,

პრაქტიკულად აიღება $l_2 \geq 40$ სმ;

l_3 - გვირაბში გამოშვებული შტანგის ნაწილი.

$l_{\text{შ}}$ სიგრძე შეირჩევა კონსტრუქციულად, ვინაიდან დამოკიდებულია საყელურის ხიმის ან უღლის სისქესა და ქანის სიმძლავრეზე.

როდესაც ანკერის ჩამაგრება ხდება ჩამოქცევის თალის მიღმა, მისი სიგრძე განისაზღვრება ფორმულებით:

1. გვირაბებისათვის, რომლებიც არ განიცდიან წმენდითი სანგრევის გავლენას:

ა) გვირაბის მდგრადი კედლებისათვის

$$l_{\text{გ}} = \frac{1,5a}{f} + l_{\text{ა}} + l_{\text{ბ}}, \quad (14.57)$$

ბ) გვირაბის არამდგრადი კედლებისათვის

$$l = \frac{1,5 \left(a + h \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi_{\text{ა}}}{2} \right)}{f} + l_{\text{ა}} + l_{\text{ბ}}, \quad (14.58)$$

სადაც a არის გვირაბის ნახევარი სიგანე;

f - ქანის სიმაგრის კოეფიციენტი;

h - გვირაბის სიმაღლე;

$\varphi_{\text{ა}}$ - გვირაბის კედლის ქანების შიგა ხახუნის კუთხე.

2. გვირაბებისათვის, რომლებიც განიცდიან წმენდითი სანგრევის გავლენას:

ა) გვირაბის მდგრადი კედლებისათვის

$$l_{\text{გ}} = \frac{2,5a}{f} + l_{\text{ა}} + l_{\text{ბ}}, \quad (14.59)$$

ბ) გვირაბის არამდგრადი კედლებისათვის

$$l_{\text{გ}} = \frac{2,5 \left(a + h \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi_{\text{ა}}}{2} \right)}{f} + l_{\text{ა}} + l_{\text{ბ}}, \quad (14.60)$$

როდესაც გვირაბის ჭერში ჩამოქცევის თალი არ ჩნდება, შტანგის სიგრძე განისაზღვრება ფორმულით:

$$l_{\text{გ}} = l_{\text{ა}} + l_{\text{ბ}}, \quad (14.61)$$

სადაც $l_{\text{ა}}$ არის ანკერებით შეკრული ქანების სიზრქე, რომელიც უზრუნველყოფს გვირაბის ჭერის მდგრადობას.

ამ მდგრადი სიმძლავრის გაანგარიშება შესაძლოა მოხდეს ფორმულით:

$$l_0 = \sqrt{\frac{3k \cdot P \cdot a^2}{2\psi(\sigma_{j,b} - \sigma_x)}}, \quad (14. 62)$$

სადაც $P = \sum_{i=1}^h \gamma_i \cdot m_i$ არის ქანის ძელზე მოსული თანაბრად განაწილებული დატვირთვა, რომელიც გამოითვლება ყველა შრის ქანის მოცულობითი წონისა და სიმძლავრის ნამრავლთა ჯამით;

$K=2-5$ - მარაგის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ქანის ძელის მუშაობის პირობებს;

ψ - შედგენილი ძელის წინაღობის მომენტის შემცირების კოეფიციენტი მონოლითურ ძელთან შედარებით;

$\sigma_{j,b}$ - საანგარიშო სიმტკიცის ზღვარი ერთდერძიან კუმშვაზე.

ψ კოეფიციენტი შეიძლება შეირჩეს შემდეგი მონაცემებით:

როდესაც ქანის ძელის შრეების რაოდენობაა ...1,2, 3,4 და მეტი,

$$\psi \dots 1; 0,75; 0,7; 0,65;$$

მეორე მხრივ,

$$\sigma_{j,b} = \sigma_j \cdot \xi \eta; \quad \sigma_x = \lambda \cdot H \cdot \gamma_b = \frac{\mu}{1 - \mu} \cdot H \cdot \gamma_b, \quad (14. 63)$$

სადაც $\xi=0,5-0,7$ არის სიმტკიცის შემცირების კოეფიციენტი ხანგრძლივი დატვირთვების შემთხვევაში;

η - ქანების სიმტკიცის შემცირების კოეფიციენტი ბზარიანობისა და შრობრიობის გამო;

$\mu=0,2-0,4$ - ჰუნსონის კოეფიციენტი ქანებისათვის;

H - გვირაბის განლაგების სიღრმე;

γ_b - ზემდებარე ქანების (ზედაპირამდე) საშუალო შეწონილი მოცულობითი წონა.

η კოეფიციენტი შეირჩევა ბზარიანობის ხარისხის მიხედვით:

მცირენაპრალიანი ქანები 0,3-1,0;

საშუალონაპრალიანი ქანები 0,5-0,8;

მეტადდანაპრაღიანებული ქანები . . . 0,3-0,5;

მალზე დიდბზარიანი ქანები 0,1-0,3.

(14. 62)-ით სარგებლობა მიზანშეწონილია, თუ დაცულია პირობა:

$$\sigma_{3,ს} > \sigma_x, \quad (14. 64)$$

როდესაც $\sigma_{3,ს} < \sigma_x$, საანგარიშო ფორმულას აქვს სახე:

$$l_3 = \sqrt{\frac{3k \cdot P \cdot a^2}{2\psi (\sigma_{3,ს} + \sigma_x)}}, \quad (14. 65)$$

სადაც $\sigma_{3,ს}$ არის ქანის საანგარიშო სიმტკიცის ზღვარი გაჭიმვაზე.

გვირაბის უშუალო ჭერის ნაკლებად მდგრადი შრეების დაკავშირებისას (მიკერებისას) მის ზემოთ მდებარე მდგრად ქანებთან შტანგის სიგრძე განისაზღვრება ფორმულით:

$$l_3 = h_{3,3} + l_3 + l_3, \quad (14. 66)$$

სადაც $h_{3,3}$ არის უშუალო ჭერის სიმაღლე.

ანკერების კვადრატული ბადით განლაგებისას მათ შორის დასაშვები მანძილი გამოითვლება ფორმულით:

$$a_0 = \sqrt{\frac{P}{\gamma_b' \cdot b \cdot k_1}}, \quad (14. 67)$$

სადაც P არის ანკერის კლიტის ჩამაგრების სიმტკიცე;

γ_b' - ჩამოქცევის თაღს შიგნით მოთავსებული ქანების საშუალო მოცულობითი წონა;

b - ჩამოქცევის თაღის სიმაღლე;

$k_1 = 2-3$ - მარაგის კოეფიციენტი.

ანკერებს შორის მაქსიმალურად დასაშვები მანძილი, ჭერის ქანების ყველაზე ქვედა შრის ზიდვის უნარის მიხედვით, გამოითვლება ფორმულით:

$$a_0 = \sqrt{\frac{\sigma_x \cdot m_0^2}{6q(0,1 + 0,13 \cdot \mu)}}, \quad (14. 68)$$

სადაც σ_{e} არის ქვედა შრის დასაშვები ძაბვა ღუნვაზე და საშუალო სიმაგრის ქანებისათვის აიღება $\sigma_{\text{e}} = 2-5 \text{ კმ/სმ}^2$;

m_0 - ქვედა შრის სიმძლავრე;

q - ქვედა შრის ერთეული ფართობის ქანის მასა.

(14. 67) და (14. 68) ფორმულებით გამოთვლილ სიდიდეთაგან შეირჩევა მინიმალური a_0 .

განაპირა ანკერებიდან გვირაბის კედლებამდე მანძილი უნდა შეირჩეს:

თუ არ არსებობს წმენდითი სანგრევის გავლენა,

$$a_3 \leq \frac{a_0}{2}; \quad (14. 69)$$

წმენდითი სანგრევის გავლენის შემთხვევაში:

$$a_3 \leq \frac{a_0}{3} \quad (14. 70)$$

გვირაბის ვერტიკალური კედლები მდგრადია, თუ დაცულია უტოლობა:

$$k_3 \cdot \gamma_b \cdot H \leq \xi \cdot \mu \cdot \sigma_{\text{კ.კ}}, \quad (14. 71)$$

სადაც $k_3 = 2-3$ არის ვერტიკალური მკუმშავი ძაბვების კონცენტრაციის კოეფიციენტი;

H - გვირაბის განლაგების სიღრმე;

$\sigma_{\text{კ.კ}}$ - გვირაბის კედლის ქანების სიმტკიცის ზღვარი ერთღერძიან კუმშვაზე.

თუ (14. 71) უტოლობა არ არის დაცული, გვირაბის კედლები არამდგრადია და მოითხოვს გამაგრებას.

გვირაბის ვერტიკალური კედლების ანკერებით გამაგრების შემთხვევაში შტანგის სიგრძე იანგარიშება ფორმულით:

$$l_3 = h_3 \cdot \text{tg} \frac{90^\circ - \varphi_3}{2} + l_{\text{კ}} + l_{\text{ბ}}, \quad (14. 72)$$

სადაც h_3 არის გვირაბის იატაკიდან ანკერების ზედა რიგამდე მანძილი;

φ_3 - კედლის ქანების შიგა ხახუნის კუთხე.

გვირაბის ერთ გრძივ მეტრზე მოსული ანკერების კლიტეების ჩამაგრების P_x ჯამური სიმტკიცე, მათი კედლების მართობულად დაყენებისას, გამოითვლება ფორმულით:

$$P_z = \frac{P_{\text{თ}}}{\sin \frac{90^\circ - \varphi_d}{2} \left(\sin \frac{90^\circ - \varphi_d}{2} \operatorname{tg} \varphi_d + \cos \frac{90^\circ - \varphi_d}{2} \right)}, \quad (14.73)$$

სადაც $P_{\text{თ}}$ არის გვირაბის ერთ მეტრზე მოქმედი გვერდითი (კედლის) ქანების წნევა და გამოითვლება ფორმულით:

$$P_{\text{თ}} = \frac{\gamma_d \cdot h}{2} (2h_0 + h) \operatorname{tg}^2 \frac{90^\circ - \varphi_d}{2}, \quad (14.74)$$

სადაც γ_d არის კედლის ქანების საშუალო მოცულობითი წონა;

h - გვირაბის სიმაღლე;

$h_0 = b \gamma_3 / \gamma_d$ კედლის ქანებზე დაყვანილი სიმაღლე;

γ_3 - ჭერის ქანების საშუალო მოცულობითი წონა;

$$b = \frac{a + h \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi_d}{2}}{f} \quad (14.75)$$

გვირაბის ერთ მეტრზე საჭირო ანკერების რიცხვი კედლისათვის

$$n = \frac{P_z \cdot k_1}{P}, \quad (14.76)$$

სადაც P არის ერთი ანკერის ჩამაგრების სიმტკიცე კედელში;

k_1 - მარაგის კოეფიციენტი.

დახრილი კედლების შემთხვევაში მათი მდგრადობა უზრუნველყოფილია, თუ დაცულია პირობა:

$$\alpha' < \Theta, \quad (14.77)$$

სადაც

$$\Theta = \frac{90^\circ + \varphi_d}{2}. \quad (14.78)$$

α' არის კედლის დახრის კუთხე ჰორიზონტთან.

თუ $\alpha' > \Theta$, კედლები არამდგრადია და უნდა გამაგრდეს.

ანკერების კედლის ზედაპირის მიმართ მართობულად დაყენების შემთხვევაში შტანგის სიგრძე გამოითვლება ფორმულით:

$$l_3 = h_3 \cdot \operatorname{tg}(\alpha' - \theta) + l_3 + l_3, \quad (14.79)$$

ანკერების რიცხვი განისაზღვრება (14.76) ფორმულით.

დახრილკედლებიან გვირაბებში გვერდითი წნევა განისაზღვრება დამოკიდებულე-
ბიდან:

$$P_{\text{თ}}' = k_3 \cdot P_{\text{თ}}, \quad (14.80)$$

სადაც $P_{\text{თ}}'$ არის გვერდითი წნევა გვირაბის ერთ გრძივ მეტრზე;

k_3 - დახრილკედლებიან გვირაბებში გვერდითი წნევის შემცირების კოეფიციენტი, რომელიც იანგარიშება ფორმულით:

$$k_3 = 1 - \frac{\operatorname{tg}(90^\circ - \alpha')}{\operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi_3}{2}}. \quad (14.81)$$

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. მ. მახარაძე. „გვირაბების სამაგრი კონსტრუქციები და გაანგარიშება“, გამომცემლობა „განათლება“, თბილისი, 1984.
2. ა. დაუშვილი, „გვირაბები“, გამომცემლობა „განათლება“, თბილისი, 1972.
3. М.Н. Гелескул, В.Н. Хорин, „Справочник по креплению горных выработок“, «Недра», 1976.
4. Н.М. Покровский, „Проектирование комплексов выработок подземных сооружений“, «Недра», 1970.
5. С.С. Гребенкин, В.Л. Самойлов, Ю.А. Петренко; „Управление состоянием массива горных пород“, «Вик», Донецу, 2010.

შინაარსი:

1. გვირაბების სამაგრი კონსტრუქციების მიმართ არსებული ძირითადი მოთხოვნები ---	4
1.1. გვირაბების სამაგრის სახეები -----	5
1.2. გვირაბების სამაგრი კონსტრუქციების კლასიფიკაციები-----	6
2. სამაგრი კონსტრუქციების შერჩევა-----	10
2.1. ხის სამაგრი-----	11
2.1.1. სამაგრი ხეტყის სორტამენტი -----	13
2.1.2. მერქნის ექსპლუატაციის ვადის გაზრდის საშუალებები -----	14
2.2. ლითონი -----	15
2.3. მჭიდა მასალები და დულაბები -----	19
2.4. ბეტონი და რკინაბეტონი -----	22
2.5. ბუნებრივი და ხელოვნური ქვა -----	28
2.6. ახალი სამაგრი მასალები -----	29
3. ჰორიზონტალური და დახრილი სამთო გვირაბების სამაგრი კონსტრუქციები-----	30
3.1. ხის სამაგრი -----	28
3.2. ლითონის სამაგრი -----	35
4. რკინაბეტონის სამაგრი კონსტრუქციები -----	46
4.1. შერეული სამაგრი -----	51
5. მონოლითური სამაგრი კონსტრუქციები -----	54
5.1. მონოლითური ბეტონის სამაგრი -----	54
5.2. გვირაბების შეუღლებისა და გადაკვეთის სამაგრი -----	60
6. ანკერული სამაგრი -----	65
7. ვერტიკალური გვირაბების სამაგრი კონსტრუქციები -----	72
7.1. ხის სამაგრი -----	74
7.2. ლითონის სამაგრი -----	80
7.3. მონოლითური ბეტონის სამაგრი -----	91
7.4. რკინაბეტონის სამაგრი -----	97

8. სარკინიგზო და საავტომობილო გვირაბების სამაგრი კონსტრუქციები -----	101
8.1. სარკინიგზო გვირაბები -----	101
8.2. საავტომობილო გვირაბები -----	104
9. მეტროპოლიტენის მიწისქვეშა ნაგებობათა სამაგრი კონსტრუქციები -----	108
9.1. სამაგრი კონსტრუქციები სამთო წესით მშენებლობის დროს -----	108
9.2. სამაგრი კონსტრუქციები ღია წესით მშენებლობის დროს -----	115
10. მიწისქვეშა ჰიდროტექნიკური გვირაბებისა და ნაგებობების სამაგრი კონსტრუქციები-----	118
11. სპეციალური დანიშნულების მიწისქვეშა ნაგებობათა სამაგრი კონსტრუქციები-----	122
11.1. კოლექტორების გაყვანა ტრანშეის გარეშე -----	122
11.2. მიკროტუნელირების მეთოდი -----	126
12. სამაგრი კონსტრუქციების გაანგარიშება -----	129
12.1. სამაგრზე მოქმედი დატვირთვების განსაზღვრა -----	129
13. სამაგრისა და გარემომცველ ქანთა მასივის ურთიერთქმედების გაანგარიშების მეთოდები -----	136
13.1. დინამიკურ დატვირთვებზე გაანგარიშების მეთოდები -----	138
13.2. სამაგრის გაანგარიშების ნორმატიული დოკუმენტაცია -----	140
14. სამაგრი კონსტრუქციების სიმტიკცე და მდგრადობა -----	141
14.1. სიმტიკცისა და მდგრადობის პირობები -----	141
14.2. ხის სამაგრის ელემენტები -----	141
14.3. ლითონის სამაგრის ელემენტები -----	143
14.4. ბეტონის სამაგრის ელემენტები -----	145
14.5. რკინაბეტონის სამაგრის ელემენტები -----	147
14.6. ანკერული (შტანგური) სამაგრის კონსტრუქციული პარამეტრების შერჩევა-----	156
გამოყენებული ლიტერატურა -----	165
შინაარსი-----	166

რედაქტორი მ. ბალიაშვილი

გადაეცა წარმოებას 10.09.2018. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 09.07.2019. ქალაქის ზომა 60X84
1/8. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 10. №2927.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77



Verba volant,
scripta manent